

Facultad de Geografía e Historia  
Departamento de Geografía Física  
y Análisis Geográfico Regional  
Doctorado en Cambios Ambientales y Riesgos Naturales



**SIERRA DE BAHORUCO OCCIDENTAL**  
República Dominicana

*Estudio Biogeomorfológico  
y Estado de Conservación  
de su Parque Nacional*

Doctorando: José Ramón Martínez Batlle  
Director: Dr. Rafael Cámara Artigas

Enero 2012



Facultad de Geografía e Historia  
Departamento de Geografía Física  
y Análisis Geográfico Regional  
Doctorado en Cambios Ambientales y Riesgos Naturales

**SIERRA DE BAHORUCO OCCIDENTAL**  
República Dominicana

*Estudio Biogeomorfológico  
y Estado de Conservación  
de su Parque Nacional*

**Visto Bueno**

**Doctorando**

**Dr. Rafael Cámara Artigas**

**José Ramón Martínez Batlle**

La mayor parte de las fotografías son autoría del doctorando, lo cual se indica en el correspondiente pie bajo las siglas "JRMB". En caso contrario, se acredita el autor bajo la inicial de su nombre seguida de su apellido.

# ÍNDICE

---

## **NOTA INTRODUCTORIA / XI**

---

## **PARTE I: ÁMBITO, OBJETIVO Y MÉTODO / I**

### **Capítulo I. Introducción / 3**

### **Capítulo II. Objetivo, Material y Método / 9**

#### **Objetivos de la tesis / 11**

##### *Objetivo general / 11*

##### *Objetivos específicos / 11*

##### *De Geografía Física / 11*

##### *Metodológicos / 11*

##### *Aplicados / 12*

#### **Metodología / 12**

##### *Métodos analíticos / 15*

##### *Técnica del análisis biomorfoedáfico / 15*

##### *Técnicas de balance hídrico y diagrama bioclimático / 16*

##### *Técnicas cartográficas y fotogramétricas / 18*

##### *Técnicas de teledetección espacial y SIG / 19*

##### *Técnicas de interpolación de variables climáticas / 20*

##### *Método de diagnóstico por Unidades Ambientales (MEDUA) / 20*

##### *Materiales: fuentes, instrumentos y equipamiento logístico / 21*

##### *Fuentes / 21*

##### *Instrumentos / 25*

### **Capítulo III. Ámbito Territorial del Estudio / 27**

#### **Síntesis descriptiva de República Dominicana / 29**

##### *Situación y dimensiones / 29*

##### *El nombre de la isla y el país / 29*

##### *Organización estatal y demografía / 31*

**Medio físico / 33****Síntesis descriptiva de la Región****Enriquillo / 37****Presentación del ámbito geográfico:****Bahoruco Occidental y PN Sierra de****Bahoruco / 43****Sierra de Bahoruco y Bahoruco Occidental / 43**

## Sierra de Bahoruco / 43

## Bahoruco Occidental / 47

**Bahoruco Oriental / 49****Síntesis descriptiva del Parque Nacional Sierra de Bahoruco / 50****Accesos / 51**

## Accesos por el N / 51

## Accesos por el E / 52

## Accesos por el S / 53

**Marco Legal / 54**

## Reconocimiento internacional de protección: Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo / 54

## Las áreas protegidas en la Ley de Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00) / 55

## Límites del PNSB: análisis pormenorizado de una delimitación irresoluble. Ley 202-04 o "sectorial de áreas protegidas" (Figura 3-16) / 59

## Delimitaciones anteriores / 64

**Demografía / 68**

## El problema de la unidad "paraje" y la posición de los asentamientos respecto del PNSB / 68

## Toponimia local / 72

**Capítulo IV. Estado de la Cuestión / 73****El dominio tropical y la tropicalidad en El Caribe / 75****La tropicalidad climática / 77**

## Tipos de climas de la zona tropical / 85

**La tropicalidad geomorfológica / 87****La tropicalidad biogeográfica / 93****Montaña y karst tropical / 103****La montaña / 103**

## Definición y caracterización / 103

## Tipología geológica y morfoestructural / 105

Cadenas monoliminales / 106  
Cadena de colisión biliminal / 107  
Arco insular / 107  
Horsts / 108  
Especificidad de la montaña tropical / 108  
Sistema climático / 109  
Herencia paleoclimática / 112  
Sistema morfoclimático edafo-alterológico / 113  
Escalonamiento bioclimático / 114

### **Karst / 117**

Definición / 117  
Rocas karstificables y mecanismos físico-químicos  
fundamentales / 119  
Formas del karst / 122  
Microformas / 122  
Macroformas / 124  
Tipología evolutiva y zonal / 138  
Especificidad del karst tropical / 140

### **Tipología propuesta para la sucesión altitudinal de medios naturales del karst de baja y media montaña tropical / 142**

*Baja montaña y karst submontano tropical / 144*  
*Montaña media y karst nublado tropical / 148*

---

## **PARTE II: BIOGEOMORFOLOGÍA DEL BAHORUCO OCCIDENTAL Y EL PNSB / 153**

### **Capítulo V. Topografía General del PNSB / 155**

Hipsometría / 157

Pendientes / 159

### **Capítulo VI.**

### **Clima e Hidrografía / 163**

Clima y bioclima / 165

*Distribución de la temperatura y  
precipitación / 165*

Temperatura / 167

Precipitación / 170

*Patrones anuales de precipitación / 170*

*Tipos de tiempo / 174*

**Tipos de tiempo y patrones de precipitación / 174**  
**Repercusiones sobre la distribución de la vegetación / 177**  
**Balance hídrico / 178**  
**Diagrama bioclimático / 180**  
**Hidrografía / 182**  
**Factores que controlan la escorrentía del PNSB / 182**  
**Cuencas y subcuencas / 184**  
    Cuencas con al menos un cauce permanente / 184  
    Cuencas con cauces del tipo “cañadas” / 187  
**Patrones de drenaje / 187**  
**Capítulo VII. Lito-estructura, Modelado Kárstico y Evolución / 191**  
**Formaciones geológicas y respuesta al modelado / 193**  
    **Litología / 193**  
        Cretáceo / 195  
        Paleógeno / 200  
        Neógeno / 214  
    **Pliegues y fracturas / 220**  
    **Modelo geológico y morfoestructural: convergencia entre estructuras geológicas y caracterización geomorfológica / 227**  
**Modelado kárstico: formas y síntesis evolutiva / 231**  
    **Significación geomorfológica de las superficies corrosivas en la evolución del relieve / 231**  
    **Superficies corrosivas y pedimentos / 233**  
        Las superficies culminantes de Los Pinos y El Aceitillar / 233  
        **Pedimentos / 238**  
            Pedimento El Aceitillar (vertiente S) / 238  
            Pedimento Monte Palma (vertiente N) / 245  
            Pedimento Las Mercedes / 251  
    **Síntesis evolutiva de las Superficies Corrosivas y Pedimentos de la Sierra de Bahoruco / 255**  
    **Polje de Pelempito / 258**



***Algunas consideraciones finales / 264***

***Sobre el modelo evolutivo y la biogeografía de la Sierra / 264***

***Sobre los mecanismos del modelado kárstico, y en su relación con la litología y dispositivo estructural / 264***

**Capítulo VIII. Diversidad de Flora y Vegetación / 271**

**Estudios previos / 273**

**Diversidad botánica de la sierra de Bahoruco / 275**

***Diversidad botánica de la sierra de Bahoruco / 275***

***Diversidad botánica del PNSB / 277***

***Riqueza específica e índices de diversidad por formaciones vegetales del PNSB a partir de parcelas estructuradas / 284***

**Pisos bioclimáticos de la Sierra y formaciones vegetales asociadas / 287**

***Pisos bioclimáticos representados en la Sierra de Bahoruco / 294***

***Pisos premontanos y montanos / 294***

***Pisos bioclimáticos basales / 297***

***Formaciones vegetales asociadas / 299***

***Matorral xerófilo / 300***

***Bosque tropófilo / 301***

***Bosque mesófilo / 302***

***Bosque ombrófilo / 303***

***Bosque higrófilo / 304***

***Pinar y herbazales de alta montaña: dinámica de funcionamiento y relación con otras formaciones / 305***

**Dinámica de las formaciones vegetales de Bahoruco occidental / 312**

***Bosque tropófilo / 312***

***Bosque mesófilo / 312***

***Bosque ombrófilo / 313***

**Bosque nublado/bosque higrófilo / 313**

**Bosque mesófilo de pinos / 313**

**Consideraciones finales sobre la flora y la  
vegetación del Bahoruco Occidental / 315**

**Correlación entre vegetación y  
posición geomorfológica: "fidelidad  
biogeomorfológica" / 315**

**Comparación florística con macizos  
similares / 316**

### **Capítulo IX. Unidades Biogeomorfo- lógicas / 353**

a, Superficies culminantes con bosques de  
pino, higrófilos y ombrófilos / 356

b, Superficie degradada con bosques en  
escalonamiento bioclimático / 357

c, Pedimento con bosque en  
escalonamiento bioclimático de la cliserie y  
régimen de humedad de los vientos / 359

d, Bosques de pino abierto y bosques  
tropófilos con condicionamiento hídrico  
sobre cono rocoso / 360

e, Mont derivado con bosque mesófilo / 361

f, Grandes y medianos poljes con bosques y  
herbazales / 362

---

## **PARTE III: CONSERVACIÓN BIOGEOFOLÓGICA DEL PNSB / 367**

### **Capítulo X. Unidades Ambientales: límites y descripción / 369**

**Introducción / 371**

**Metodología para la evaluación y diagnóstico de Unidades Ambientales (MEDUA): objetivo, variables, valoración y fuentes. / 371**

***Fuentes para el MEDUA / 377***

Imágenes de satélite LandSat de los años 1973 y 2003 / 377

Reconocimiento de campo / 377

Talleres participativos / 377

**Delimitación y descripción de las Unidades Ambientales seleccionadas / 378**

***TIPO LOS PINOS-ACEITILLAR / 380***

UA Loma del Toro-Savane Pebligue / 380

UA Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marramié-Mata Bonito / 381

UA Canote / 382

UA El Cielo-Higo Grande / 382

UA Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes / 383

***TIPO RANCHO VIEJO / 383***

UA Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo / 383

UA Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho / 384

***TIPO PUERTO ESCONDIDO / 385***

UA Loma de los Charcos-Puerto Escondido / 386

***TIPO RIO ARRIBA / 386***

UA Río Arriba / 386

***UA Escarpes de Monte Palma / 387***

***TIPO PELEMPITO / 388***

UA Maniel Viejo-El Limonal / 388

UA Pelempito-El Tunal / 389

***TIPO LAS MERCEDES / 390***

UA Los Arroyos-El Mogote / 390

UA Mencía-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes / 390

UA Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero / 391

UA Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales / 392

**Capítulo XI. Diagnóstico por Unidades Ambientales / 397****Análisis de la dinámica del uso y la cobertura del suelo por Unidades Ambientales, 1973-2003 / 399****Estados de Conservación y Degradación por Unidades Ambientales del PNSB y Entorno / 408****TIPO LOS PINOS-ACEITILLAR / 410**

UA Loma del Toro-Savane Pablique / 410

UA Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marramié-Mata Bonito / 410

UA Canote / 411

UA El Cielo-Higo Grande / 411

UA Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes / 413

**TIPO RANCHO VIEJO / 414**

UA Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo / 414

UA Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho / 414

**TIPO PUERTO ESCONDIDO / 415**

UA Monte Palma / 415

UA Loma de los Charcos-Puerto Escondido / 415

**TIPO RIO ARRIBA / 416**

UA Río Arriba / 416

UA Escarpes de Monte Palma / 416

**TIPO PELEMPITO / 416**

UA Maniel Viejo-El Limonal / 416

UA Pelempito-El Tunal / 417

**TIPO LAS MERCEDES / 417**

UA Los Arroyos-El Mogote / 417

UA Mencía-La Altagracia-Aguas UA Negras-Las Mercedes / 418

UA Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero / 418

UA Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales / 419

**Estados de Conservación y Degradación del PNSB en base a IED / 420**

***Síntesis y valoraciones sobre los Estados de Conservación y de Degradación del PNSB y su Entorno / 420***

**Amenazas sobre la avifauna y recomendaciones / 424**

***Amenazas principales / 424***

***Avance de la frontera agropecuaria / 424***

***Protección efectiva de la Loma de los Charcos / 425***

***Mamíferos introducidos / 425***

***Incendios forestales / 425***

***Actividades comerciales en el Parque / 426***

***Captura de pichones / 426***

***Movimientos migratorios no controlados a través del Parque / 426***

***Baja efectividad de la vigilancia en los límites del Parque / 427***

***Cacería / 427***

***Aprovechamiento no sostenible del bosque seco / 427***

***Recomendaciones / 427***

***Inmediatas / 427***

***Alta prioridad / 427***

***Mediana prioridad / 428***

**Sobre la gestión del PN y propuestas de actuación / 428**

---

**CONCLUSIONES / 431**

**A la Geografía Física / 433**

**A la Geomorfología / 434**

**A la Biogeografía / 439**

***Diversidad botánica / 439***

***Pisos bioclimáticos y formaciones vegetales asociadas / 440***

***Fidelidad biogeomorfológica y comparación florística / 445***

**A la Biogeomorfología / 445**  
**A la Ordenación y la Gestión / 447**

---

**BIBLIOGRAFÍA / 451**

---

**ANEXOS / 475**

**Anexo 1. Toponimia y Nombres**

**Vernáculos / 477**

**Anexo 2. Acrónimos / 491**

**Anexo 3. Lista de especies de flora / 497**

**Anexo 4. Lista de especies de flora  
amenazadas / 525**

**Anexo 5. Especies de flora inventariadas por  
parcelas / 531**



# **NOTA INTRODUCTORIA**





Para la realización de esta tesis doctoral conté con el apoyo de varias iniciativas de investigación internacionales, en las que participaron instituciones americanas y españolas, las cuales se mencionan a continuación como muestra de agradecimiento.

Desde 1999 hasta 2003, los estudios de doctorado y la estancia en España fue apoyada por el **Programa de Becas Mutis**, de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), institución a la cual deseo expresar mi más sincero agradecimiento por hacer posible esta tesis.

Entre 2001 y 2003, conté con el apoyo del Proyecto Conjunto de Investigación "**Estudio ecodinámico del Parque Nacional Lago Enriquillo (República Dominicana): bases para el diseño de un plan de uso y gestión integrado**", financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a través de su Programa de Cooperación Científica con Iberoamérica, ejecutado por el Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla, y en el que el Viceministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad fungió como contraparte dominicana.

En 2003 y 2004, el **Proyecto Araucaria-Bahoruco, financiado por AECID y ejecutado por la Oficina Nacional de Planificación de República Dominicana (ONAPLAN)**, contrató al Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional para la elaboración del "**Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia Pedernales (República Dominicana)**". La coordinación en terreno recayó sobre el doctorando, por lo que una buena parte de los datos de la vertiente S de la Sierra se colectaron en el marco de esta iniciativa.

Durante la segunda mitad de 2005, el **Consortio Ambiental Dominicano (CAD)**, con el auspicio de la **Asociación Suiza para la Cooperación Internacional (HELVETAS)**, contrató al doctorando para la elaboración del "**Plan de Manejo del Parque Nacional Sierra de Bahoruco (República Dominicana)**". El Plan se realizó conjuntamente con el **Viceministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad**, del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de República Dominicana. La mayor parte de los datos de las vertientes N y E se colectaron en este marco.

Como complemento del conocimiento del dominio tropical, el doctorando tuvo acceso a medios e informaciones de otros países de la Región Caribe, debido a su implicación en distintas intervenciones de AECID que se mencionan a continuación.

Entre 2002 y 2003, en el marco del Proyecto "**Elaboración y Aplicación del Plan de Desarrollo Sostenible del Golfo de Montijo (República de Pa-**

namá)", financiado por el **Fondo Mixto Hispano-Panameño de Cooperación y ejecutado por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM)**, se elaboró el documento "**Directrices de gestión para la conservación y desarrollo integral de un humedal centroamericano: Golfo de Montijo**". En esta iniciativa el doctorando participó en el equipo de trabajo y como co-autor del referido texto.

Otras acciones financiadas por dicho Fondo, en las que el doctorando participó como co-autor y colaborador entre los años 2002 y 2004 fueron: "**Cartografía y Evaluación de las Unidades Ambientales del Manglar de la Provincia Chiriquí, República de Panamá**", que tuvo como contraparte a la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM); "**Ordenación de los Recursos Naturales en la Zona del Golfo de Kuna Yala (Panamá)**", cuya contraparte fue el Congreso General Kuna (CGK).

En 2003, el doctorando participó en el equipo de trabajo y como co-autor del documento "**Plan de Manejo del Plan de Ordenamiento Territorial de la Cuenca Hidrográfica del río Savegre (Costa Rica)**", financiado por la **Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)** y ejecutado por el **Ministerio del Ambiente y la Energía (MINAE)** de Costa Rica.

Entre 2006 y 2008, el doctorando participó en la elaboración de las "**Directrices de Ordenación para la Gestión Integrada de las Cuencas Hidrográficas de los ríos Indio y Miguel de la Borda (Panamá)**", conjuntamente con la **Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM)**, en el marco del Proyecto Integral para el Desarrollo de la Costa Abajo de Colón (PIDCAC), financiado por el Fondo Mixto Hispano-Panameño de Cooperación.

Finalmente, el doctorando recibió el apoyo decidido del Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, sede en la cual desarrolló la mayor parte del trabajo de gabinete, con el apoyo de los profesores **Fernando Díaz del Olmo y Rafael Cámara Artigas**, a quienes también expreso mi agradecimiento.



**PARTE I: ÁMBITO,  
OBJETIVO Y MÉTODO**



# **CAPÍTULO I.**

## **INTRODUCCIÓN**



**M**ontaña media tropical y karst con escalonamiento y contraste biogeomorfológico en República Dominicana es equivalente a Sierra de Bahoruco y, especialmente, a Bahoruco Occidental. Gracias a este macizo, el país cuenta con un geosistema kárstico de montaña media bien conservados y, sin duda, uno de los más representativos del Caribe Insular.

La Sierra de Bahoruco tiene aproximadamente 2,900 km<sup>2</sup> de extensión, situada entre los paralelos y meridianos (WGS84) 18°24'28.8''N, 17°53'42''N 71°47'52.8''O y 71°04'33.6''O. Se trata de un macizo con amplia diversidad de procesos, formas, ecosistemas y formaciones vegetales. Guarda además registros morfológicos y sedimentarios de un cambiante pasado morfoclimático.

El denominado Bahoruco Occidental, ámbito máximo del presente estudio, tiene unos 1,550 km<sup>2</sup>, que supone un 53% del total de la Sierra. Se inscribe entre los paralelos y meridianos (WGS84) 18°24'08.15''N, 17°55'26.40''N, 71°47'54.24''O y 71°18'28.43''O. Se alcanzan en este sector elevaciones de hasta 2367 m en Loma del Toro.

El conocimiento geológico sobre la Sierra es bueno, dado que hay estudios específicos de más de 50 años de antigüedad. La geomorfología de la sierra se ha estudiado recientemente, siendo este un aspecto en el que esta tesis pretende avanzar. En el ámbito biológico se han realizado importantes estudios, con especial énfasis en la avifauna. En general, los estudios disponibles revelan un excepcional endemismo de flora y fauna, una historia geológica compleja y una singular evolución geomorfológica. En contraposición, el Bahoruco Oriental cuenta con una mayor cantidad de estudios botánicos y geobotánicos, aunque su geomorfología es igualmente poco conocida.

**Contraste** es otro de los atributos destacados de la Sierra de Bahoruco, adjetivo aplicable a sus rasgos geobotánicos, morfoclimáticos, morfotopográficos, geológicos, tectónicos, hidrográficos y ecológicos. Al menos tres gradientes de cambio caracterizan la Sierra: Este-Oeste, Norte-Sur, montaña baja-montaña alta.

Se registran aquí las razones de densidad poblacional más bajas del país (49 hab/km<sup>2</sup> en la región Enriquillo, 192 hab/km<sup>2</sup> para el país) y, quizás, de toda La Española. Es relativamente fácil adentrarse a puntos en los que el poblado más cercano se encuentra a más de 30 km a la redonda.

**Múltiples actividades humanas afectan y han afectado la Sierra de Bahoruco.** En fecha actual, la más importante presión la ejerce la agricultura de subsistencia, que ha avanzando desde el Sur con cultivos

herbáceos de ciclo corto, como la habichuela, tubérculos y hortalizas, y que está agotando las estrechas franjas de bosque nublado de la vertiente meridional. Por el E, éstos y otros cultivos, así como la ganadería caprina y bovina extensiva, están diezmando importantes manchas de bosque mesófilo y ombrófilo.

A esto se añade que durante las décadas 70 y 80 del siglo XX, se extrajo bauxita en sectores medios y bajos de la Sierra. Según estudios recientes, todavía quedan importantes volúmenes de este mineral e, incluso, se plantea desde el sector minero la reanudación de las explotaciones, lo cual podría convertirse en una seria amenaza para la conservación del Parque Nacional (PN).

Afortunadamente, un conjunto de áreas protegidas protegen una vasta proporción de este geosistema único. El Parque Nacional Sierra de Bahoruco (PNSB) es una ellas y constituye el ámbito específico de este estudio. La zonificación ambiental se ha realizado exclusivamente dentro de los límites del área protegida, mientras que el diagnóstico abarca prácticamente todo el Bahoruco Occidental.

El PNSB fue creado y delimitado por primera vez mediante el decreto 155-86 y posteriormente redelimitado en 1996 por el 233-96, ampliando significativamente su extensión. Un año más tarde, el decreto 319-97 anuló los límites de 1996 y rescató los de 1986. Posteriormente, la Ley 64-00 (General de Medio Ambiente y Recursos Naturales), ratificó los límites "amplios" (decreto 233-96). Finalmente, la Ley Sectorial de Áreas Protegidas (202-04) lo redelimitó con un perímetro nuevo, límites que todavía hoy se mantienen. **Todas las delimitaciones, sin excepción, incurren en errores cartográficos u omisiones de vértices, que impiden cerrar un polígono coherente.**

Según su delimitación actual, el PNSB tiene unos 1069.32 km<sup>2</sup> de superficie y un perímetro de 238.80 km, y se inscribe íntegramente en el Bahoruco Occidental. Se inscribe entre los paralelos y meridianos 17°53'44.4''N, 18°24'12''N, 71°47'25.2''W y 71°04'09.6''W. El Viceministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad, asegura que el PNSB tiene unos 1126 km<sup>2</sup>.

Regionalmente, se localiza en el Suroeste de República Dominicana, al Sur del Lago Enriquillo, al Oeste de la Bahía de Neyba, al Norte del Mar Caribe y el karst de Jaragua, y al Este del Massif de La Selle (Haití). Conjuntamente con los Parques Nacionales Jaragua y Lago Enriquillo, esta área protegida constituye uno de los tres núcleos de la "Reserva de Biosfera Jaragua, Bahoruco y Enriquillo".

Tras la aplicación del Método de Diagnóstico por Unidades Ambientales (MEDUA), se ha detectado que los límites del PN encierran una vasta



superficie de ecosistemas importantes de la Sierra. Otros igualmente importantes del entorno han sido incorporados recientemente al sistema nacional de áreas protegidas, pero la vigilancia debe ser reforzada para garantizar su conservación. Uno de los casos más importantes son los bosques mesófilos prístinos en la Loma de los Charcos (La Placa o Loma de Charco Azul) y del entorno de El Aguacate, ambos espacios recientemente declarados como área protegida pero que aún no cuentan con la vigilancia adecuada. También quedan manchas de este bosque al Este del Hoyo de Pelempito, El Limonal y Río Arriba que no están protegidas bajo ninguna categoría de manejo. El bosque higrófilo está bien representado en el Parque, aunque se encuentra muy amenazado, por lo que es deseable incluir otros sectores de la Sierra que cuenten todavía con este tipo de formación. Hay restos de este tipo de bosque fuera del Parque que deberían incluirse, especialmente los situados al S de la cuenca alta del río Pedernales (Los Arroyos). Además, quedan todavía algunas manchas conservables del higrófilo en el lado haitiano cuya protección debería ser promovida desde República Dominicana.

En definitiva, son muchas las amenazas actuales que existen en esta área protegida, por lo que resulta urgente reforzar la vigilancia de las nuevas áreas protegidas y ampliar los límites del PNSB para garantizar la conservación de tan valioso ecosistema y mejorar la gestión de la misma, así como para sensibilizar e involucrar más a la población en su manejo. Estos aspectos y la motivación por profundizar en el conocimiento de la biogeografía tropical, justifican la elaboración del presente estudio.



# **CAPÍTULO II.**

## **OBJETIVO,**

## **MATERIAL Y**

## **MÉTODO**

*En este capítulo se presentan los objetivos a alcanzar y se explica la metodología a emplear con sus técnicas, fuentes e instrumental.*



## **Objetivos de la tesis**

La presente tesis es el resultado de un proceso sostenido de investigación que inicia en el año 2000. El autor fue incorporado al programa de Doctorado “Cambios Ambientales y Riesgos Naturales” del Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla, contando además con una Beca Doctoral del Programa Mutis de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).

### **Objetivo general**

Aportar nuevos conocimientos teóricos y aplicados a la Geografía Física Tropical, con énfasis en el sector Occidental de la Sierra de Bahoruco y su Parque Nacional, un medio natural del suroeste de República Dominicana constituido por una montaña media kárstica tropical y amplias depresiones asociadas, desarrollando metodologías específicas para su diagnóstico y conservación.

### **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos están referidos al ámbito de estudio, conformado por el Bahoruco Occidental y, específicamente, el Parque Nacional Sierra de Bahoruco.

### **De Geografía Física**

#### **Biogeográficos**

- Efectuar inventarios florísticos para establecer unidades biogeográficas
- Realizar un estudio de la sucesión temporal de la vegetación
- Determinar el balance hídrico y el diagrama bioclimático para observatorios seleccionados
- Realizar un mapa de vegetación escala 1:50,000

#### **Geomorfológicos**

- Inventariar las morfologías y formaciones superficiales a escala de campo
- Realizar un mapa geomorfológico a escala 1:50,000

#### **Metodológicos**

- Integrar las aportaciones de la biogeografía y la geomorfología como una implementación de la metodología ecodinámica, segregando el medio natural en unidades ambientales para su estudio, diagnóstico y conservación

- Determinar el estado de conservación de las diferentes unidades ambientales

### **Aplicados**

- Proponer directrices para el uso y gestión integrados del medio natural

## **Metodología**

Dada la singularidad del medio físico en el dominio tropical y, en especial, de su montaña media kárstica, se requiere adaptar las metodologías previamente empleadas por tropicalistas. Las referencias y aportaciones más destacadas son las de autores como, Tricart y Cailleux (1969), Demangeot (1976 y 1999), Petit (1990), Díaz del Olmo, Cámara (1997), y otros.

Los resultados obtenidos en esta tesis suponen la continuidad de los trabajos que vienen desarrollando, desde el año 1989 en RD, Fernando Díaz del Olmo y Rafael Cámara Artigas, del Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla, quienes han realizado aportaciones a la Geografía Física Tropical y Mediterránea, haciendo especial hincapié en la formación de investigadores en países receptores de cooperación. A continuación se relacionan algunos de los trabajos más destacados de Díaz del Olmo y su equipo de colaboradores:

### **Tesis doctorales dirigidas por Díaz del Olmo y Rafael Cámara:**

- José Ojeda Zújar (1988): Aplicaciones de la teledetección espacial al estudio de la dinámica litoral (Huelva): geomorfología y ordenación del litoral. Director: Fernando Díaz del Olmo. Universidad de Sevilla.
- Francisco Borja Barrera (1992): Cuaternario reciente, Holoceno, y periodos históricos del Suroeste de Andalucía. Paleogeografía de medios litorales y fluvio-litorales de los últimos 30.000 años. Director: Fernando Díaz del Olmo. Universidad de Sevilla.
- Rafael Baena Escudero (1993): Evolución Cuaternaria (3 M.A.) de la depresión del Medio-Bajo Guadalquivir y sus márgenes (Córdoba y Sevilla). Geomorfología, aluvionamientos, formaciones superficiales y secuencia paleolítica. Director: Fernando Díaz del Olmo. Universidad de Sevilla.
- Manuel Colón Díaz (1995): Montaña y karst mediterráneos: especificidad, paisajes, antropización y gestión ambiental. Director: Fernando Díaz del Olmo. Universidad de Sevilla.
- José Juan Fernández Caro (1997): Las industrias paleolíticas del Bajo Guadalquivir: Río Corbones. Director: Fernando Díaz del Olmo. Universidad de Sevilla

- Rafael Cámara Artigas (1997): República Dominicana: dinámica del medio físico en la región Caribe (Geografía Física, sabanas y litoral): Aportación al conocimiento de la tropicalidad insular. Director: Fernando Díaz del Olmo. Universidad de Sevilla.
- José Antonio Caro Gómez (1999): Yacimientos e industrias ache-lenses en las terrazas fluviales de la depresión del Bajo Guadalquivir (Andalucía, España): secuencia estratigráfica, caracterización tecno-cultural y cronología. Director: Fernando Díaz del Olmo. Universidad de Sevilla.
- Laura González Rodríguez (2005): Caracterización y ecodinámica de las unidades de paisaje de la cuenca del río San Marcos (Tamaulipas, México). Director: Rafael Cámara. Universidad de Sevilla.
- José Placido de La Cruz (2005): Sabanas y manejo ganadero en la cuenca del río Soto La Marina (Tamaulipas, México): impactos y dinámica de pastizales naturales tropicales. Director: Rafael Cámara. Universidad de Sevilla.

#### **Investigación básica conjuntamente con otros expertos:**

- Proyecto Mapa Ecológico de Doñana 1:25.000 (1994-1996). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Investigador principal: Carlos Montes del Olmo.
- Proyecto Doñana (CSIC 143/90) 1994-96 "Evolución post-Flandriense en Doñana. Dinámica de geosistemas fluvio-litorales". Investigador principal: Francisco Borja Barrera.
- Proyecto Abalarío CE ENVIREG nº 90.11.10.002 (1993-1995) "Bases científicas para la recuperación de las lagunas del Abalarío, Huelva, Parque Natural del Entorno de Doñana". Investigador principal: Carlos Montes del Olmo.
- Proyecto (036/2008) (2009-2011) "Dinámica y conectividad hidrobio-geomorfológica de las lagunas de Doñana: modelos de funcionalidad y evolución por transectos a escala de detalle mediante un Sig (Sigrald) para una gestión adaptada a la variabilidad climática". Investigador principal: Fernando Díaz del Olmo.

#### **Investigación aplicada conjuntamente con otros expertos:**

- Proyecto Mapa Ecológico de Doñana 1:25.000 (1994-1996). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Investigador principal: Carlos Montes del Olmo.
- Proyecto Doñana (CSIC 143/90) 1994-96 "Evolución post-Flandriense en Doñana. Dinámica de geosistemas fluvio-litorales". Investigador principal: Francisco Borja Barrera.
- Proyecto Abalarío CE ENVIREG nº 90.11.10.002 (1993-1995) "Bases científicas para la recuperación de las lagunas del Abalarío, Huelva, Parque Natural del Entorno de Doñana". Investigador principal: Carlos Montes del Olmo.

**Proyectos de planificación para la ordenación y gestión de recursos naturales**

- Plan de Ordenación de recursos naturales y uso y gestión del Parque Nacional Los Haitises (República Dominicana, 1991).
- Plan de ordenación para la restauración de los humedales del Abalarío, Parque Natural del Entorno de Doñana (Huelva, España, 1994).
- Reconocimiento biofísico y mapa ecológico del Parque Nacional de Doñana, (España, 1999).
- Programa de restauración ecológica del Guadiamar y el Entremuros de Doñana, Parque natural de Doñana (Sevilla, España, 2001).
- Criterios para la ordenación de los arrecifes de Paso Catuano, Parque Nacional del Este (República Dominicana, 2002).
- Plan de manejo de la cuenca hidrográfica del río Savegre (Costa Rica, 2003).
- Cartografía ecodinámica del Parque Nacional Lago Enriquillo (República Dominicana, 2003).
- Plan de desarrollo sostenible del sur de la Provincia de Veraguas (Panamá, 2003).
- Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia Pedernales (PORN-Pedernales, República Dominicana, 2003).
- Conservación y valorización socio-ambiental de los recursos naturales del litoral de Paraiba. Fundación Biodiversidad.(FBIO08-002)
- Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica (PCI) entre España e Iberoamérica (AECID), Proyecto nº A/7486/05 (2006-2007). "Análisis integral del paisaje como instrumento para la ordenación del territorio en la Sierra de Tamaulipas"
- Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica (PCI) entre España e Iberoamérica (AECID), Proyecto nº D/7536/07 (2008-2010) "Propuesta de Reserva de Biosfera de la Sierra de Tamaulipas".
- Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica (PCI) entre España e Iberoamérica (AECID), Proyecto nº A/8988/07 (2008-2009) "Conservación y valorización socio-ambiental de los recursos naturales del litoral de Paraiba".
- Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica (PCI) entre España e Iberoamérica (AECID), Proyecto nº D/024312/09 (2010-2012) "Recursos, manejo del territorio y del agua en la cuenca hidrográfica del río Paraiba: disponibilidad y uso para el desarrollo de las comunidades locales".

El Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología, con sede en el Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla y bajo la dirección de Díaz del Olmo, ha desarrollado la metodología ecodinámica, la cual está inspirada en los principios de la Ecogeografía y de la Geomorfología aplicable de Jean



Tricart e impulsada durante la década de los años 70 y 80 para el levantamiento de cartografías aplicadas al desarrollo-conservación de los ecosistemas.

Siguiendo sus principios sistémicos, el método ecodinámico plantea la interpretación del medio natural organizado por sistemas integrales de funcionamiento. Cada uno de estos sistemas se puede reconocer como ecosistemas, agrosistemas, u otras unidades ecogeográficas de referencia territorial según las escalas. La aproximación territorial requiere que cada una de estas unidades sean ecológicamente integrales en sí mismas y que recojan tanto los componentes naturales como los aprovechamientos históricos que la antropización ha producido. En síntesis, los componentes de tal integridad definen el uso y la intensidad del manejo de los recursos naturales existentes. Tradicionalmente la metodología se refiere a ellas como "unidades ambientales".

Para la obtención de estas unidades se lleva a cabo un doble análisis cruzado del medio natural (bio-morfo-edáfico) a escala de detalle de campo:

- Análisis geomorfológico y de formaciones superficiales
- Análisis de formaciones vegetales

En ambos casos, se enfatizan los elementos o procesos geomorfológicos y geobotánicos como geo o bioindicadores de la integridad ecológica de las unidades.

Esta fase analítica se completa con el conocimiento de las transformaciones de las unidades ambientales. Dicha transformación se evalúa tanto la debida a la presión antrópica como la generada por los procesos naturales del geosistema, ya sea en una diacronía de cambio decenal como secular o a escala de tiempo del Cuaternario e incluso mayor.

Estas unidades se reflejan cartográficamente y dan el soporte para múltiples aplicaciones, como la planificación y gestión de recursos naturales, ordenación del territorio, entre otras.

## **Métodos analíticos**

### **Técnica del análisis biomorfoedáfico**

El método ecodinámico requiere la realización de jornadas de campo y gabinete en las que se captura, analiza e interpreta suficiente información sobre dos elementos claves: 1) las formaciones vegetales y 2) las morfologías y formaciones superficiales. Se trata de un análisis biomorfoedáfico que relaciona los principales elementos del medio natural.

Sobre las formaciones vegetales, durante el trabajo de campo, se recoge su estado ambiental, se inventarían las especies de flora, con indicación particular de las amenazadas y se especifican los usos e impactos pasados y actuales, si los hubiere. Al mismo tiempo se realiza una colecta de especímenes y se genera la información necesaria para la determinación de la abundancia-dominancia y la sociabilidad. Se han generado varias colecciones de muestras, las cuales han sido depositadas en el Jardín Botánico Nacional de Santo Domingo.

En gabinete, se realizan representaciones de las formaciones mediante diagramas ecodinámicos estructurales de diversidad y cobertura (DEE-dc) diseñados e implementados por el Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología, e inspirados en las pirámides de Bertrand (1966). Además, se efectúa un análisis de los cambios recientes que afectan a las formaciones vegetales, interpretando datos de campo y empleando fuentes cartográficas diacrónicas, como imágenes de satélite o fotografías aéreas del área. Para este tesis se utilizaron 2 fuentes cartográficas que cubren toda el área de estudio (imágenes LandSat MSS de 1973 y LandSat ETM+ de 2003) así como 2 de tipo local (fotografías aéreas de 1967 y 1984).

Por otra parte, para el análisis de morfologías y formaciones superficiales se realiza una completa descripción en campo de formaciones superficiales, relacionándolas con la vegetación asociada. Esto se complementa con una observación directa de procesos geomorfológicos, indicadores de cambios ambientales, posibles registros, evidencia de cambios abruptos, entre otros. Dicho análisis se plasma en una cartografía de síntesis que se hace acompañar de transectos geomorfológicos. El mapa recoge el contexto geomorfológico regional así como las formas detalladas ordenadas según una cronología relativa. Se indican además las formaciones superficiales observadas en campo e interpretadas en fotografías aéreas. Los transectos son de escala grande (1:2,000 a 1:10,000) enfocando dos aspectos: 1) la geomorfología y la micromorfología, detallándose cualquier alteración del perfil topográfico e interpretando, su génesis y evolución; 2) las formaciones superficiales, para lo cual se excavan perfiles en campo que describen textura, color y estructura.

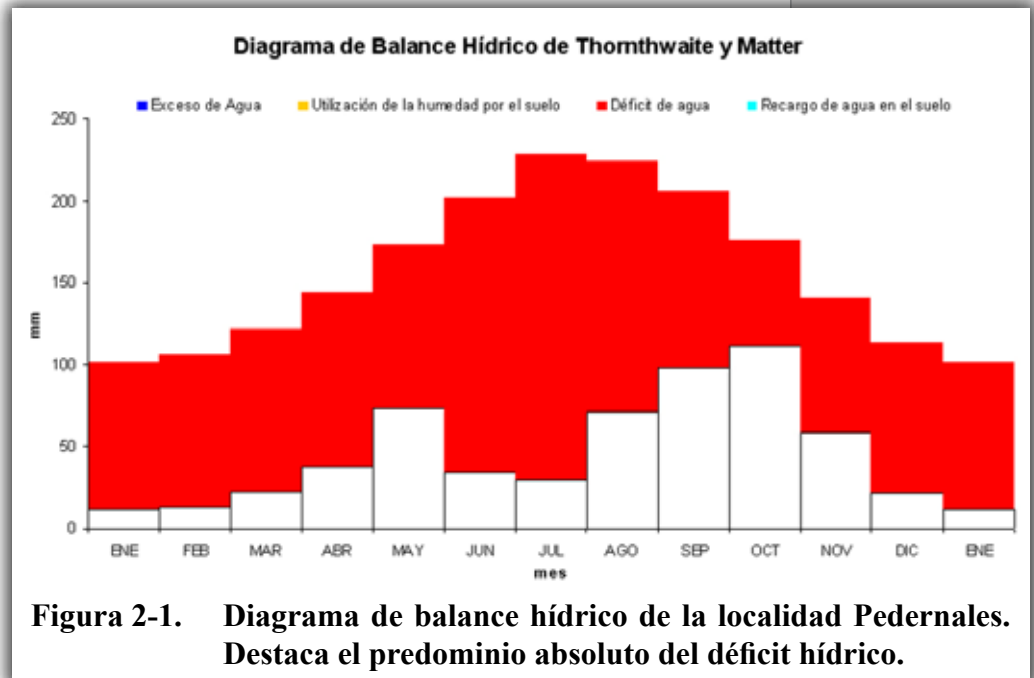
### **Técnicas de balance hídrico y diagrama bioclimático**

Como apoyo al análisis biomorfoedáfico se calcula el balance hídrico según Thornwaite y Matter (1955) y el diagrama bioclimático según Montero de Burgos y González Rebollar (1973), utilizando como fuente los datos termopluiométricos de ONAMET (2001) y observatorios inferidos.

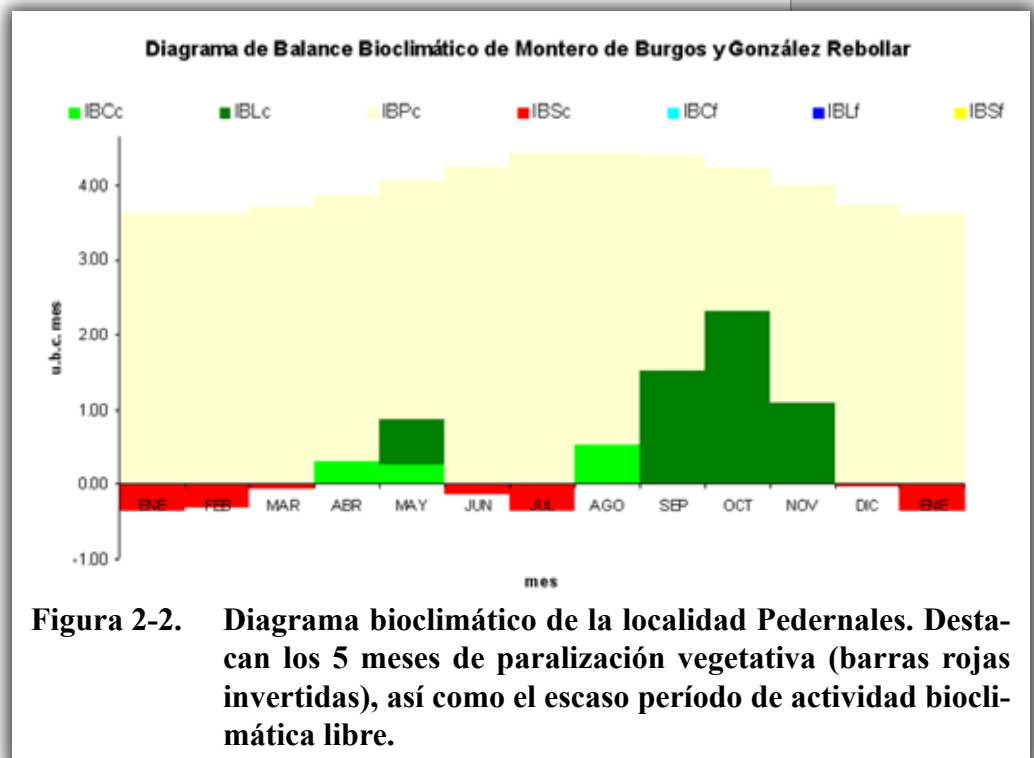
El balance hídrico permite conocer el comportamiento del agua higroscópica en una parcela de 1 m<sup>2</sup> de superficie durante un año promedio (Figura 2-1). Así, se determinan los períodos de déficit hídrico, recargo y excedente. Además se puede estimar el sobrante de agua susceptible de escorrentía superficial.

Es posible enlazar el balance hídrico con el diagrama bioclimático utilizando el sobrante del primero como “agua útil” en el segundo, tal y como sugiere Cámara (1997). El resultado obtenido es aceptable, porque el sobrante del balance hídrico constituye el agua útil real que las plantas pueden extraer sin necesidad de ejercer grandes esfuerzos.

El diagrama bioclimático informa sobre el comportamiento fenológico de la vegetación durante un año promedio (Figura 2-2). En términos concretos informa sobre el stress hídrico y el hipo-térmico (en el caso del dominio tropical húmedo y de estacionalidad contrastada, sólo aplica el primero) al cual se somete una determinada formación vegetal. Este parámetro se denomina “paralización vegetativa”, período en el que las plantas detienen la savia. La respuesta fenológica de las plantas en estos casos es la pérdida de sus hojas



**Figura 2-1. Diagrama de balance hídrico de la localidad Pedernales. Destaca el predominio absoluto del déficit hídrico.**



**Figura 2-2. Diagrama bioclimático de la localidad Pedernales. Destacan los 5 meses de paralización vegetativa (barras rojas invertidas), así como el escaso período de actividad bioclimática libre.**

para evitar la transpiración. También es posible calcular la intensidad bioclimática real, que ofrece una idea de cuánta actividad vegetativa pueden desarrollar las plantas, la cual se mide en "unidades bioclimáticas". Esta aproximación fue utilizada por Cámara (1997) para construir una clasificación dinámica de la vegetación, toda vez que responde a los parámetros de funcionamiento de las formaciones vegetales y no a las especies o a la fisonomía general. Dicha clasificación sirve para hacer comparaciones con otros dominios como el templado o el mediterráneo.

La conexión con herramientas de SIG, permite la representación espacial mediante mapas coro-isopléticos basados en los múltiples resultados que se derivan del balance y el diagrama bioclimático, como por ejemplo déficit y excedente hídricos, meses de paralización vegetativa, entre otros. Tales representaciones, ayudan a conocer la distribución de los regímenes ecodinámicos y, por lo tanto, a expresar en el territorio la clasificación de formaciones vegetales.

### **Técnicas cartográficas y fotogramétricas**

Se emplearon técnicas cartográficas y fotogramétricas para el análisis de mapas base, así como en la producción cartográfica propia. Algunas tareas comunes fueron: elaboración de mosaicos semi-controlados y ortofotos, traslados de escala y datums y, finalmente representación cartográfica semiológicamente apropiada.

Un mosaico semi-controlado es un conjunto de fotografías aéreas o imágenes de satélite individuales ensambladas formando una vista global del territorio en cuestión. Los mosaicos semi-controlados se preparan con control de tierra, por lo general empleando fotografías que no han sido ni rectificadas ni transformadas de escala; alternativamente, puede hacerse con fotografías que han sido rectificadas o transformadas de escalas, sin que exista control de tierra, pero este caso es poco común. Son utilizados como mapas en terrenos llanos o con poco desnivel. Para su producción se requiere la generación de un polinomio de grado N que, en la medida que se elija adecuadamente un buen número de puntos de control cuyas coordenadas son conocidas, el error posicional del mosaico será menor. La incorporación de herramientas informáticas hace muy eficiente el proceso. En esta tesis se han generado mosaicos semi-controlados de sectores llanos para análisis y cartografía local.

Las ortofotografías u ortofotos, así como las ortoimágenes, son apropiadas para terreno montañoso. Los mosaicos son imprecisos en tales ámbitos porque el desnivel induce cambio de escala. Hasta los años 80 las ortofotos y ortoimágenes se hacían con complicados instrumen-

tos de cambio de escala que proyectaban una pequeña sección de la fotografía a rectificar hacia una ranura con un cambio continuo de aumento y rotación. Para esta labor se utilizaba una "maqueta" tridimensional construida al efecto y el informe de vuelo. Este último indicaba la orientación de la cámara al momento de cada toma. Hoy en día, este procedimiento se ha facilitado enormemente con la utilización potentes ordenadores personales los cuales, mediante aplicaciones informáticas de fotogrametría, suficientes puntos de control de tierra y previa elaboración del modelo digital del terreno y el escaneo de las fotos a ortorrectificar, permiten obtener resultados precisos con relativa facilidad. Las fotos aéreas de ámbitos montañosos y las imágenes de satélite empleadas en esta tesis fueron rectificadas mediante dicha técnica.

Por otra parte, ha sido necesario recurrir a la técnica cartográfica tradicional de traslados de escala y datums, dado que la información base y temática disponible (mapas topográficos, geológico, etc.) es muy diversa en cuanto a datums y escalas. Esta labor se facilita enormemente con los sistemas de información geográfica.

Finalmente el correcto uso de la cartografía ha permitido realizar las representaciones apropiadas. Se ha elegido una escala óptima según los datos disponibles, así como los símbolos y colores que mejor se adaptaban a cada temática. La rotulación de mapas se ha realizado tomando en cuenta los principios de Joly (1982). Se han aprovechado al máximo las técnicas semiológicas de Bertin (1973) sobre el uso de variables visuales.

### **Técnicas de teledetección espacial y SIG**

Este conjunto de técnicas se ha empleado básicamente para el tratamiento visual y digital de las imágenes de satélite LandSat, para la manipulación de los fotogramas aéreos, así como para la elaboración de la base de datos espacial que apoya toda la cartografía de esta tesis.

La teledetección espacial se utilizó para el tratamiento visual y digital de las imágenes de satélite disponibles. El procedimiento elegido fue la clasificación supervisada, siguiendo las "fases de proyecto" propuestas por Chuvieco (1996), y los paquetes informáticos empleados fueron Erdas Imagine e Idrisi. Mediante la elaboración de composiciones en falso color, con las bandas 4, 5 y 7 de LandSat ETM+ (todo el espectro infrarrojo), se generó una imagen en falso color que ofreció resultados óptimos en las distintas salidas de campo, por su contraste entre tierra firme y humedales/mar. Esta información resultó muy útil como elemento base para realizar un primer tratamiento visual en campo (fase de entrenamiento),

interpretación que posteriormente fue empleada como insumo para el tratamiento digital en gabinete (clasificación). Los trabajos de campo para verificación alimentaron el tratamiento digital final de la imagen, sin los cuales la clasificación automática sería inexacta.

El segundo conjunto de técnicas empleadas son los sistemas de información geográfica (SIG), con los cuales se capturaron y manipularon todos los datos obtenidos en los subprocesos previamente descritos. Los software SIG empleados fueron el ArcGIS Desktop Lab Kit y el ArcView 3.2. Toda la información sobre formaciones vegetales fue vectorizada empleando el primero de los paquetes, la cual es susceptible, por lo tanto, de ser consultada mediante poderosas herramientas, como por ejemplo el lenguaje de consulta selectiva (SQL). El modelo de datos vectorial es además apropiado para impresión de mapas, así como para consultas de áreas, perímetros y coordenadas. El SIG también fue de utilidad para automatizar las tareas cartográficas comunes: elaboración de mosaicos, ortofotos, traslados de escala y datums, representación cartográfica, entre otras.

### **Técnicas de interpolación de variables climáticas**

No existen observatorios meteorológicos dentro del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, y los 9 que se sitúan fuera están a baja altura. Para llenar este vacío, ha sido necesario inferir observatorios. Con los valores de T y P reales e inferidos, y utilizando como variables independientes las coordenadas  $x$ ,  $y$  y  $z$ , se generaron modelos de regresión polinómica con buen ajuste ( $r^2$  cercano a la unidad 1). Los polinomios se evaluaron al conjunto del territorio, generándose superficies continuas de temperatura y precipitación. El método es explicado en detalle en el apartado correspondiente.

### **Método de diagnóstico por Unidades Ambientales (MEDUA)**

El método ecodinámico exige que el diagnóstico incluya criterios de cambio ambiental reciente. Díaz del Olmo y otros (2004b) propusieron un método que, además de considerar aspectos inherentes a los impactos presentes y detectables a simple vista, incluye variables relativas a la fragmentación y el cambio reciente de la vegetación. Se trata de la "Metodología para la evaluación y diagnóstico de unidades ambientales (MEDUA)", que fue formulada por primera vez en los trabajos que el Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología de la Universidad de Sevilla desarrolla en el dominio tropical. Dada su especificidad, la misma es tratada en el apartado dedicado al diagnóstico de los recursos naturales del PNSB y su entorno. Por su amplio desarrollo, la explicación detallada del MEDUA se aborda de manera específica en la Parte III sobre Conservación del PNSB.

## **Materiales: fuentes, instrumentos y equipamiento logístico**

La recopilación y revisión de información del medio físico ha consistido en una acumulación y análisis de aportaciones científicas, así como de cartografía básica y temática (uso y cobertura, capacidad de uso, zonas de vida), modelos generales de interpretación, imágenes de satélite fotografías aéreas de distintas fechas, cartas náuticas y otras. Entre ellos se citan los estudios geológicos (BGR y otros, 1991) e hidrogeológicos (INDRHI y otros.), así como inventarios florísticos (SEA/DVS y otros, 1990a, 1990b,

1992, 1994). Se revisó también la serie de trabajos a escala nacional sobre vegetación y uso y cobertura del suelo de distintas fechas publicadas en la revista *Moscosa*. En general, estas fuentes constituyen un insumo importante en la presente tesis.

### **Fuentes**

Las más empleadas, todas referidas al ámbito de estudio, se agrupan en 5 grandes conjuntos:

- Cartográficas: fotos aéreas (Figura 2-3), imágenes de satélite (Figura 2-4 y Figura 2-5) y capas vectoriales
- Base de conocimiento sobre República Dominicana del Grupo de investigación Cuaternario y Geomorfología RNM 273 (Estudios tropicales y cooperación al desarrollo)
- Datos no representados cartográficamente
- Bibliografía y documentos no publicados de ámbito nacional y local.
- Datos originales obtenidos en reconocimientos de campo



**Figura 2-3. Fotograma aéreo de la localidad Pedernales, adquirido en el año 1967, colección pancromática escala 1:30,000, administrada por el Instituto Geográfico Universitario y mejor conocida como “DRB”.**

En el conjunto de las fuentes cartográficas se dispone de dos tipos de información: analógicas y digitales. En el primer caso se trata de mapas impresos, adquiridos en los organismos cartográficos oficiales ubicados en Santo Domingo. Se emplearon mapas topográficos escala 1:50,000 (ICM, 1989), mapa topográfico escala 1:250,000 (ICM, 1989), así como los mapas de división territorial a nivel de parajes (ONE, s/f).



**Figura 2-4. Ortoimagen Landsat MSS de 9 de diciembre de 1973, resultante del proceso de ortorectificación y mosaico. Las escenas fueron provistas por el Proyecto Araucaria-Bahoruco**

Las fuentes digitales han sido recibidas en soporte magnético u óptico, todas en formato nativo. Se citan las más relevantes: colección de imágenes Landsat ETM+ de 2001-2003 del Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología, Universidad de Sevilla, imágenes Landsat MSS de 1973 del Proyecto Araucaria-Bahoruco, colección de mapas topográficos a escala 1:50,000 escaneados y montados en mosaico en formato digital cedidos por DIARENA, capas vectoriales en formato SHP (ArcView) del Sistema GEOSIDE (IGU, 2004), las cuales contienen la digitalización integral de los MTN escala 1:50,000 de ICM (1989).

Las imágenes Landsat MSS consisten en dos escenas identificadas por el *World Reference System* (WRS) como Path 008/Row 047 y Path 008/Row 048. La primera corresponde al sector septentrional región Suroeste (Sierra de Bahoruco, Lago Enriquillo, Sierra de Neyba, etc.). La segunda abarca el sector meridional (Jaragua) del área de estudio. La fecha precisa de adquisición de ambas escenas es 9 de diciembre de 1973, y fueron compradas por el Proyecto Araucaria-Bahoruco para la elaboración del PORN-Pedernales (OTC-AECI y otros, 2004). Se trata de una fuente útil para identificar las transformaciones en el ámbito del área de

Las imágenes Landsat MSS consisten en dos escenas identificadas por el *World Reference System* (WRS) como Path 008/Row 047 y Path 008/Row 048. La primera corresponde al sector septentrional región Suroeste (Sierra de Bahoruco, Lago Enriquillo, Sierra de Neyba, etc.). La segunda abarca el sector meridional (Jaragua) del área de estudio. La fecha precisa de adquisición de ambas escenas es 9 de diciembre de 1973, y fueron compradas por el Proyecto Araucaria-Bahoruco para la elaboración del PORN-Pedernales (OTC-AECI y otros, 2004). Se trata de una fuente útil para identificar las transformaciones en el ámbito del área de



estudio. Se componen de 4 archivos, con una resolución espacial de 60 m, correspondientes a las bandas espectrales verde y rojo, y dos en el infrarrojo cercano. El proveedor de dichas escenas es el *United States Geological Survey (USGS)* en coordinación con el *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, ambos organismos de la administración estadounidense. Fueron recibidas mediante descarga desde servidor FTP. Se indicó al USGS que las imágenes sólo fueran corregidas al nivel 1G (se eliminan distorsiones como saturación del sensor, sesgo, etc.), y que fueran proyectadas en UTM, datum WGS84. El USGS realizó un remuestreo a la imagen (propio del nivel 1G), para lo cual se solicitó utilizar el método del "vecino más próximo" (*nearest neighbour*), el cual reduce transformaciones de los números digitales. Esta fuente digital también fue ortorrectificada utilizando como base los mapas topográficos ya citados y el modelo digital de elevaciones (MDE o DEM, por sus siglas en inglés) de 90 m de resolución que proveen NASA y otros (2000). Ambas escenas fueron posteriormente puestas en mosaico mediante superposición de áreas comunes empleando la función "difuminado" (*feather*) con prioridad de la imagen N sobre la S, y excluyendo las áreas marinas, lacustres y nubosas del cálculo del histograma de concordancia.

estudio. Se componen de 4 archivos, con una resolución espacial de 60 m, correspondientes a las bandas espectrales verde y rojo, y dos en el infrarrojo cercano. El proveedor de dichas escenas es el *United States Geological Survey (USGS)* en coordinación con el *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, ambos organismos de la administración estadounidense. Fueron recibidas mediante descarga desde servidor FTP. Se indicó al USGS que las imágenes sólo fueran corregidas al nivel 1G (se eliminan distorsiones como saturación del sensor, sesgo, etc.), y que fueran proyectadas en UTM, datum WGS84. El USGS realizó un remuestreo a la imagen (propio del nivel 1G), para lo cual se solicitó utilizar el método del "vecino más próximo" (*nearest neighbour*), el cual reduce transformaciones de los números digitales. Esta fuente digital también fue ortorrectificada utilizando como base los mapas topográficos ya citados y el modelo digital de elevaciones (MDE o DEM, por sus siglas en inglés) de 90 m de resolución que proveen NASA y otros (2000). Ambas escenas fueron posteriormente puestas en mosaico mediante superposición de áreas comunes empleando la función "difuminado" (*feather*) con prioridad de la imagen N sobre la S, y excluyendo las áreas marinas, lacustres y nubosas del cálculo del histograma de concordancia.



**Figura 2-5. Ortoimagen Landsat ETM+, compuesta en mosaico por escenas de 4 de octubre de 2001 (vertiente N de la Sierra) y 3 de mayo de 2003. Las escenas brutas fueron provistas por el Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología (Universidad de Sevilla)**

todo del "vecino más próximo" (*nearest neighbour*), el cual reduce transformaciones de los números digitales. Esta fuente digital también fue ortorrectificada utilizando como base los mapas topográficos ya citados y el modelo digital de elevaciones (MDE o DEM, por sus siglas en inglés) de 90 m de resolución que proveen NASA y otros (2000). Ambas escenas fueron posteriormente puestas en mosaico mediante superposición de áreas comunes empleando la función "difuminado" (*feather*) con prioridad de la imagen N sobre la S, y excluyendo las áreas marinas, lacustres y nubosas del cálculo del histograma de concordancia.

Finalmente, la imagen ETM+. Es la fuente más actual empleada en la elaboración del mapa de uso y cobertura del suelo. Se compone de tres escenas:

- Dos del Path 008 / Row 047, correspondientes al N de la región Suroeste, que abarcan casi la totalidad del PNSB. Fueron adquiridas

en distintas fechas: una del 4 de octubre de 2001, y otra del 3 de mayo de 2003. Se emplearon dos fuentes del mismo ámbito porque nubosidad en la vertiente N de la Sierra de Bahoruco era alta en la escena de 2003, mientras que en la de 2001 aparecía “limpia”

- Una del Path 008 / Row 047, correspondiente a la escena S que abarca el borde S de la Sierra de Bahoruco y el Parque Jaragua.

Estas escenas se encuentran depositadas en la colección de imágenes del Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla.

Para producir un mosaico “sin costuras” (seamless) con las tres escenas, el primer paso fue ortorrectificarlas todas, empleando el MTN de ICM (1989) y el MDE de NASA y otros (2000). Posteriormente fueron unidas en un mosaico empleando la función “difuminado”. Fue necesario excluir sectores nubosos para evitar distorsiones en el histograma de concordancia. El resultado es un mosaico perfecto, correctamente balanceado y sin costuras, útil para múltiples aplicaciones.

Por otra parte, se ha aprovechado un conjunto de datos que, aunque no fueron servidos cartográficamente, contienen abundante información temática del área de estudio. Los más importantes son: datos termopluviométricos, resultados de los censos de población y vivienda de 1993 y 2002, así como la división territorial de República Dominicana a nivel de parajes.

En cuanto a los datos termopluviométricos, ONAMET (2001) cuenta con un total de 9 observatorios bien distribuidos en la Región Enriquillo. La mayoría dispone de series largas, de más de 30 años. Sin embargo, existen importantes vacíos de información, especialmente en el Bahoruco Occidental. Para suplir este déficit, se han inferido 3 observatorios en las localidades de Las Mercedes, El Aceitillar, Loma del Toro. Para ello, se han tomado como referencia los observatorios existentes, empleando un gradiente térmico de  $-0.72153^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de ascenso para la temperatura. En el caso de la precipitación se utilizó un gradiente progresivo hasta los 1,500 m, altura a partir de la cual se hace negativo. Para el cálculo de ambos gradientes se han analizado otros observatorios termo-pluviométricos de montaña, localizados en ámbitos climáticos similares del país. Los observatorios inferidos, sumados a los reales completan un total de 12 satisfactoriamente distribuidos en el área de estudio. Utilizando estos como datos observados en modelos de regresión polinómica de grado 2, cuyas variables independientes eran la posición  $x$  e  $y$ , así como la altura  $z$ , se construyeron superficies de predicción de la precipitación y la temperatura.

Además, empleando estos datos termopluviométricos, así como la latitud, la capacidad de campo y la cobertura vegetal, se establece empíricamente el balance hídrico del suelo y el diagrama bioclimático.

Por otra parte, los censos de población y vivienda empleados son los que ha realizado la Oficina Nacional de Estadísticas y Censos en los años 1993 y 2002. Los datos del primero están desagregados a nivel de parajes y/o barrios. Es una fuente muy útil para conocer la demografía del área de estudio.

La división territorial a nivel de parajes y secciones en formato libro publicado por ONE (1999), es también una fuente de gran utilidad dado que recoge todas las unidades político-administrativa, aunque no se incluye cartografía de apoyo.

## Instrumentos

Los instrumentos de campo utilizados fueron (Figura 2-6):

- Receptor de sistema de posicionamiento global (GPS) para la localización de puntos y trayectos en la cartografía según coordenadas UTM.
- Cuaderno de campo.
- Carta de colores Munsell, para la caracterización del color en los horizontes edáficos y de alteración geoquímica de las formaciones superficiales.
- Prensa para toma de muestras de plantas y su conservación e identificación en herbario.
- Herramientas para excavación de perfiles de suelo y análisis/muestreo de rocas.
- Martillo para rocas.



**Figura 2-6.** Instrumentos de campo más empleados: martillo para rocas, palín y cuchillo para limpieza de perfiles, carta de colores Munsell, receptor de sistema de posicionamiento global (GPS) y cuaderno de campo

En cuanto a los instrumentos de gabinete, los más comúnmente empleados fueron:

- Estereoscopio de espejos, para visualización tridimensional de fotografías aéreas. Este instrumento apoya la identificación e interpretación de morfologías, así como manchas de vegetación. Esta información facilita el trabajo de campo, porque previamente se ha podido observar el conjunto geomorfológico del que forma parte cada uno de los sectores de estudio.
- Ordenador de altas prestaciones, con aplicaciones informáticas de SIG, tales como Erdas, ArcGis e Idrisi. Estas aplicaciones apoyan la producción de cartografía, tanto en el modelo de datos ráster como vectorial. También apoyan el trabajo de ortorrectificación y clasificación de imágenes (mapa de formaciones vegetales, mapas de cambio de cobertura), así como para la representación y generación de bases de datos vectoriales.

**CAPÍTULO III.**  
**ÁMBITO TERRITORIAL**  
**DEL ESTUDIO**



## Síntesis descriptiva de República Dominicana

### Situación y dimensiones

La Española o de Santo Domingo es la segunda isla en tamaño de las Antillas Mayores (Figura 3-1). Se localiza en la región Caribe, entre el mar homónimo o de las Antillas, el Océano Atlántico, el Canal o Paso de los Vientos y el Canal de la Mona, al S, N, O y E respectivamente. Se encuentra en la zona intertropical, entre los paralelos 17°36' N y 19°56' N y los meridianos 68°17'O y 74°31'O. Su superficie alcanza los 77,914 km<sup>2</sup>.

República Dominicana ocupa las 2/3 partes orientales de la isla, con 48,730 km<sup>2</sup>. El tercio occidental lo ocupa la vecina República de Haití y está separada de ésta por una frontera terrestre de 275 km de largo. Las aguas territoriales dominicanas ocupan unos 350 km<sup>2</sup> (de la Fuente, 1976).

El punto más oriental de la Isla se sitúa en Cabo Engaño-Punta de Agua (República Dominicana) y el más occidental se sitúa en Cabo Irois (Haití), entre los que existe una distancia de 650 km (Figura 3-2).

Dentro de República Dominicana, la distancia máxima este-oeste es de 390 km, medida entre Cabo Engaño-Punta de Agua y Las Lajas (Hoya de Enriquillo). En el eje norte-sur, la distancia máxima es de 265 km desde La Isabela hasta Cabo Beata.

Una serie de islas adyacentes componen también el territorio dominicano, de las que destacan: Beata, Saona, Catalina, Cayos Siete Hermanos y Alto Velo.

### El nombre de la isla y el país

La forma de gobierno de Dominicana es República. El nombre completo o denominación larga es "República Dominicana". No tiene forma



Figura 3-1. Situación de la isla La Española en el contexto Caribe

corta de designación, es decir, se le nombra utilizando la forma de gobierno. Sin embargo muchos autores mantienen la designación histórica de “Santo Domingo”, que es la capital de la República situada al sur-centro.

El nombre de la Isla también está rodeado de un amplio debate en distintos círculos históricos dominicanos. Se llama “La Española” a la isla

ocupada hoy por las Repúblicas Dominicana y de Haití, nombre que utilizó Colón en su diario de navegación el 9 de Diciembre de 1492 y que luego fue rescatado por Fray Bartolomé de Las Casas en “Historia de las Indias”.

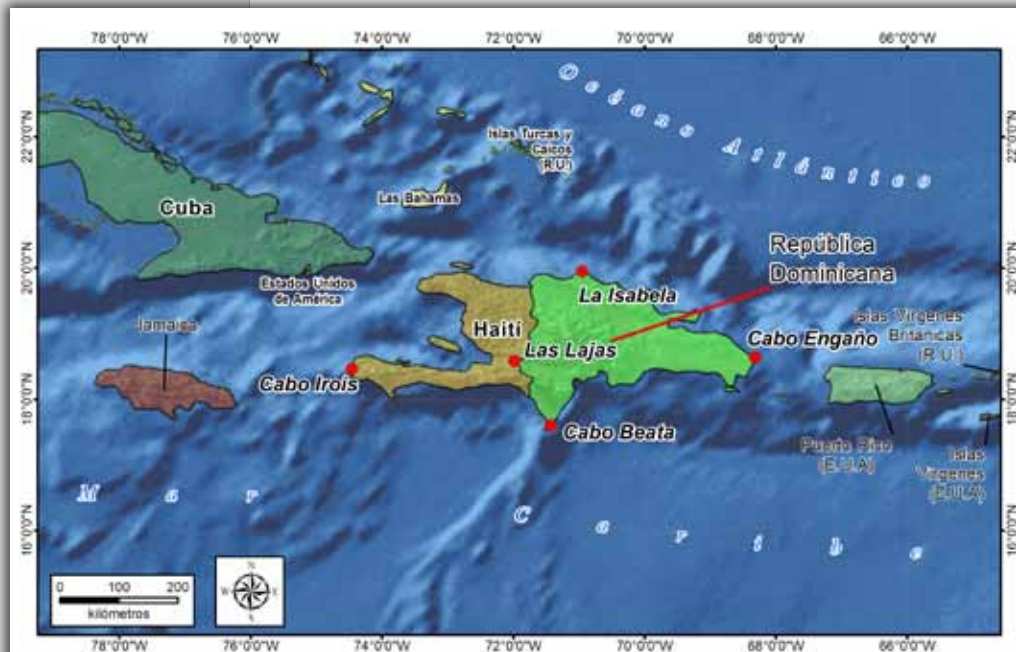
A partir del siglo XVI entró en desuso “La Española” y, en su lugar, se generalizó “Santo Domingo”, por ser el nombre de su ciudad más im-

portante y sede de la audiencia homónima.

Después del siglo XIX, se le refirió como “Haití”, nombre promovido por los libertadores haitianos durante su proclamación de independencia de Francia (1804), como forma de romper con el pasado colonial galo. Según Gonzalo Fernández de Oviedo en “Historia General y Natural de las Indias” (s. XVI), con este nombre se referían los taínos a la isla, aunque dicha afirmación también es discutida por historiadores.

Posteriormente, cuando la “parte española” se separa de Haití en 1844, se rescata el nombre de Santo Domingo para la isla e, incluso, queda recogido así en su primera Constitución Política. En ella también se designa al país utilizando su forma de gobierno como “La Republica Dominicana”. Por décadas se utilizaron ambos nombres para designar a la isla. Las Constituciones Dominicanas subsiguientes han mantenido dicha denominación, suprimiendo, el artículo “La” del nombre del país.

En 1891, el United States Geographic Board (Junta Geográfica de los EEUU) adoptó para toda la isla el nombre de “Hispaniola”. Se rescataba



**Figura 3-2. Contexto en el Caribe, países de La Española y distancias y dimensiones axiales más relevantes**



así la raíz latina de “La Española” que Mártir de Anglería (cronista de indias y Miembro del Consejo de Indias) empleaba en sus publicaciones del s. XVI, las cuales fueron traducidas al inglés desde entonces respetando dicha denominación.

En resumen, para el país no existe forma de designación corta aceptada oficialmente, mientras que para la isla se reconoce “La Española”, “Santo Domingo” e “Hispaniola”. Los dos primeros son históricos y originalmente escritos en lengua castellana. El tercero es la raíz latina del primero y se ha hecho popular en el mundo anglosajón.

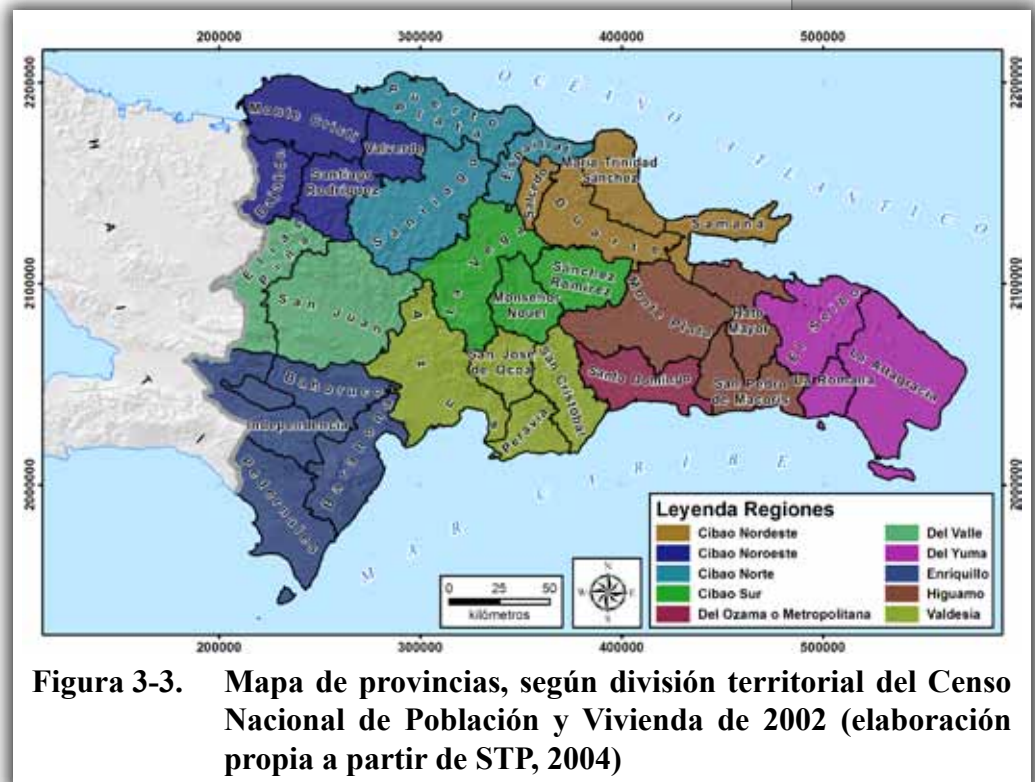
Algunos autores, como Bernardo Vega, abogan porque el país defina oficialmente una forma de designación corta. Otros, como Óscar Cucurullo, rechazaron en su momento el uso del nombre Hispaniola por tratarse de una derivación inadecuada del original “La Española”.

A los efectos del presente estudio la isla será referida como “La Española” y el país como “República Dominicana” suprimiendo en todo caso el artículo “La”, salvo que se haga referencia expresa a su forma de gobierno.

### Organización estatal y demografía

La capital del país es Santo Domingo, situada en la costa meridional de la isla. Otras ciudades destacan por su población y relevancia económica, como Santiago de los Caballeros, La Vega, Puerto Plata, La Romana, Barahona y San Pedro de Macorís.

Administrativamente está muy compartimentado (Figura 3-3): 10 Regiones, 31 Provincias y 1 Distrito Nacional, divididas a su vez en más de 150 municipios. Esto provoca una masificación de órganos de administración de los distintos niveles de la administración pú-



blica (Ayuntamientos, Oficinas Regionales de las carteras del Gobierno, Gobernaciones Provinciales, entre otras,).

La organización estatal está constituida por tres poderes. Los dos primeros son elegidos por sufragio universal y voto popular, mientras que en la selección del tercero participan los otros dos poderes:

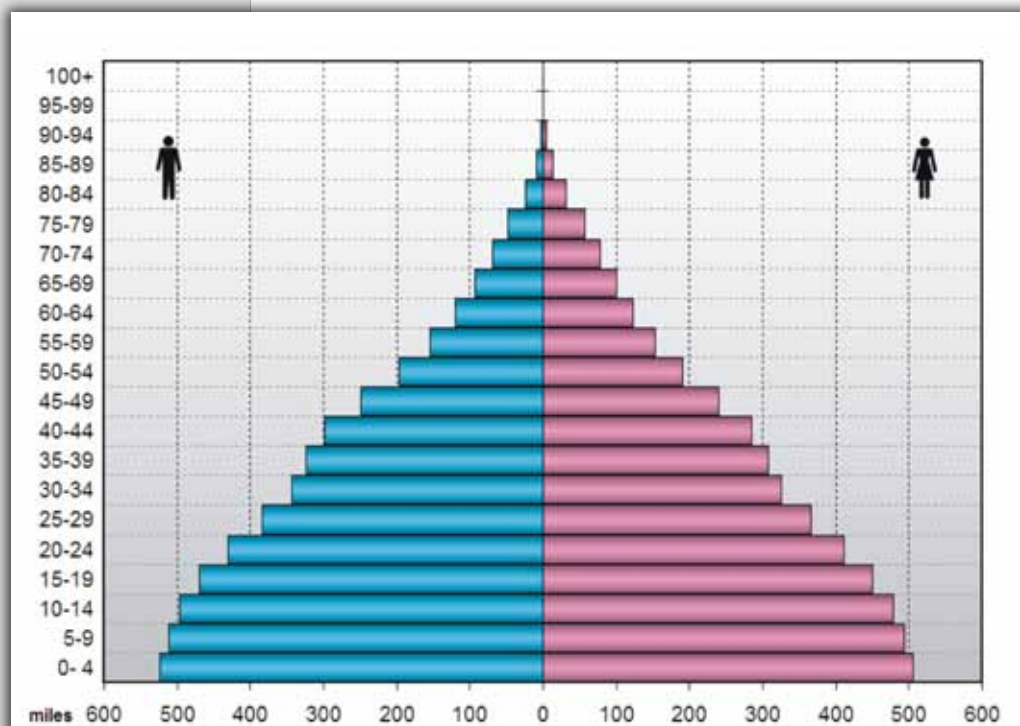
- Legislativo, bicameral, compuesto por la Cámara del Senado (representación territorial) y la Cámara de Diputados (representación popular);
- Ejecutivo, o "Gobierno Dominicano", representado por la Presidencia de la República.
- Judicial representada por la Suprema Corte de Justicia, inicialmente elegida mediante un Consejo compuesto por miembros de los Poderes Legislativo y Ejecutivo y presidido por el Presidente de la República.

La población dominicana censada al 2002 por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) de República Dominicana era de 8,562,541 habitantes,

para una densidad poblacional de 175 hab/km. Según la Oficina de Censos de Estados Unidos (U.S. Census Bureau), a mitad del año 2007 había 9,365,818 habitantes para una densidad poblacional 192 hab/km<sup>2</sup>. Su pirámide de población es progresiva (Figura 3-4).

Según ONE, la tasa de crecimiento anual en 2001 fue de 1.63%, mientras que la de natalidad fue de 24.77‰. El saldo migratorio fue -3.81‰, y el índice

sintético de fertilidad es 2.97 hijos por mujer. La esperanza de vida media al nacer era en 1972 de 73.44 años (aunque descendió a partir de 2004). La estructura de la población por edades muestra unas altas natalidad y mortalidad, así como un rápido crecimiento, dejando una pirámide de población es claramente progresiva. En cuanto a grupos



**Figura 3-4. Pirámide de población de la República Dominicana para 2007, según estimaciones de la Oficina de Censos de Estados Unidos (2007)**

étnicos un 16% es blanco, 11% negros y 73% mulatos y otros. Un 82.1% de la población estaba alfabetizada en 1995.

## **Medio físico**

Existen algunas aportaciones recientes relativas a clima, vegetación y usos, fisiografía, geomorfología, hidrografía, geología y morfo-estructura. En cuanto al clima y según el sistema de clasificación climática de Köppen (1930), se identifican 5 tipos: Af', clima tropical de pluvisilva de litoral en costas orientales; Am, clima tropical monzónico; Aw, clima tropical de estaciones contrastadas; BSh, clima seco de estepa cálida; Cwa, clima subtropical de invierno seco y lluvioso y muy cálido en las áreas de montañas.

Cámara (1997), en su propia clasificación, establece 5 grandes regímenes climáticos en función de las características termo-pluviométricas, la repartición estacional de las lluvias y la existencia o no de sequía estacional, así como sus repercusiones en el desarrollo vegetativo de las plantas. Estos son:

- Régimen tropical hiperhúmedo con bosque denso ombrófilo;
- Régimen tropical húmedo de estaciones contrastadas con bosque ombrófilo;
- Régimen tropical húmedo de estaciones contrastadas con bosque mesófilo;
- Régimen tropical subhúmedo de estaciones contrastadas con bosque tropófilo;
- Régimen tropical seco de estaciones contrastadas con bosque tropófilo espinoso.

Sobre la vegetación y usos de la tierra en República Dominicana, el último inventario (SEMARN, 2004c) para el periodo 1999-2001, determina que predominan las áreas dedicadas a la actividad agrícola con un 38%, cifra que comparada con el 48% de 1992, revela un retroceso en el avance de la frontera agrícola. Sin embargo, las áreas de pasto (pecuarias) han aumentado de un 5.5% en 1992 a 8% en el referido periodo.

Destaca también el alto porcentaje de bosques, con un 33%, que comparado con el 27% de 1992, evidencia una importante remontada biológica. El incremento de los bosques, así como la reducción de los espacios agrícolas, Tal descenso podría deberse a un abandono de tierras marginales para la agricultura, al refuerzo en la protección de la naturaleza y al incentivo del uso de gas propano. Sin embargo, a 2007, esta tendencia debe haberse invertido dados los altos precios del referido combustible. La siguiente tabla muestra un resumen con los resultados más relevantes:

**Tabla 3-1. Coberturas y usos de República Dominicana, 2003 (SEMARN, 2004c)**

CATEGORIAS	Ha	km <sup>2</sup>	%
<b>COBERTURA BOSCOSA</b>	<b>1,585,258.74</b>	<b>15,852.59</b>	<b>2.89</b>
Bosque Conífero Denso	242,223.03	2,422.23	5.03
Bosque Conífero Abierto	36,084.60	360.85	0.75
Bosque Latifoliado Nublado	156,928.23	1,569.28	3.26
Bosque Latifoliado Húmedo	466,982.55	4,669.83	9.69
Bosque Latifoliado Semihúmedo	205,806.33	2,058.06	4.27
Bosque Seco	443,756.34	4,437.56	9.21
Bosque Humedales Salobres (Mangle)	29,399.04	293.99	0.61
Bosque Humedales de Agua Dulce (Drago)	4,078.62	40.79	0.08
<b>MATORRALES</b>	<b>781,873.83</b>	<b>7,818.74</b>	<b>16.22</b>
Matorral Latifoliado Húmedo	219,114.00	2,191.14	4.55
Matorral Seco	562,759.83	5,627.60	11.68
<b>SABANAS</b>	<b>12,238.38</b>	<b>122.38</b>	<b>0.25</b>
Sabana de Humedales Salobres	11,062.80	110.63	0.23
Sabana de Humedales de Agua Dulce	1,090.98	10.91	0.02
Eneal	84.60	0.85	0.00
<b>PASTOS (USO PECUARIO)</b>	<b>382,525.74</b>	<b>3,825.26</b>	<b>7.94</b>
<b>USOS AGRICOLAS</b>	<b>1,851,188.67</b>	<b>18,511.89</b>	<b>38.41</b>
Cultivos Intensivos	279,665.73	2,796.66	5.80
Cultivos Mixtos	531,652.95	5,316.53	11.03
Arroz	168,385.05	1,683.85	3.49
Caña	453,548.16	4,535.48	9.41
Cítricos	13,407.03	134.07	0.28
Cacao	219,225.33	2,192.25	4.55
Palma Africana	13,577.13	135.77	0.28
Café	150,752.70	1,507.53	3.13
Coco	20,974.59	209.75	0.44
<b>OTRAS COBERTURAS</b>			
Lagos y lagunas	27,519.75	275.20	0.57
Presas	8,866.71	88.67	0.18
Escasa vegetación	74,016.18	740.16	1.54
Minas	60.21	0.60	0.00
Áreas pobladas	70,142.04	701.42	1.46
Zona no clasificada	25,558.74	255.59	0.53
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>4,819,248.99</b>	<b>48,192.49</b>	<b>100.00</b>

Se advierte además que la clasificación empleada considera a la sabana como matorral o uso agropecuario. Por lo tanto, que no se puede establecer con certeza la distribución y proporción del territorio dominicano cubierto por dicho ecosistema. Una leyenda parecida fue empleada en la clasificación de una imagen de 1996 (Tolentino, 1998; ver Figura 3-5).

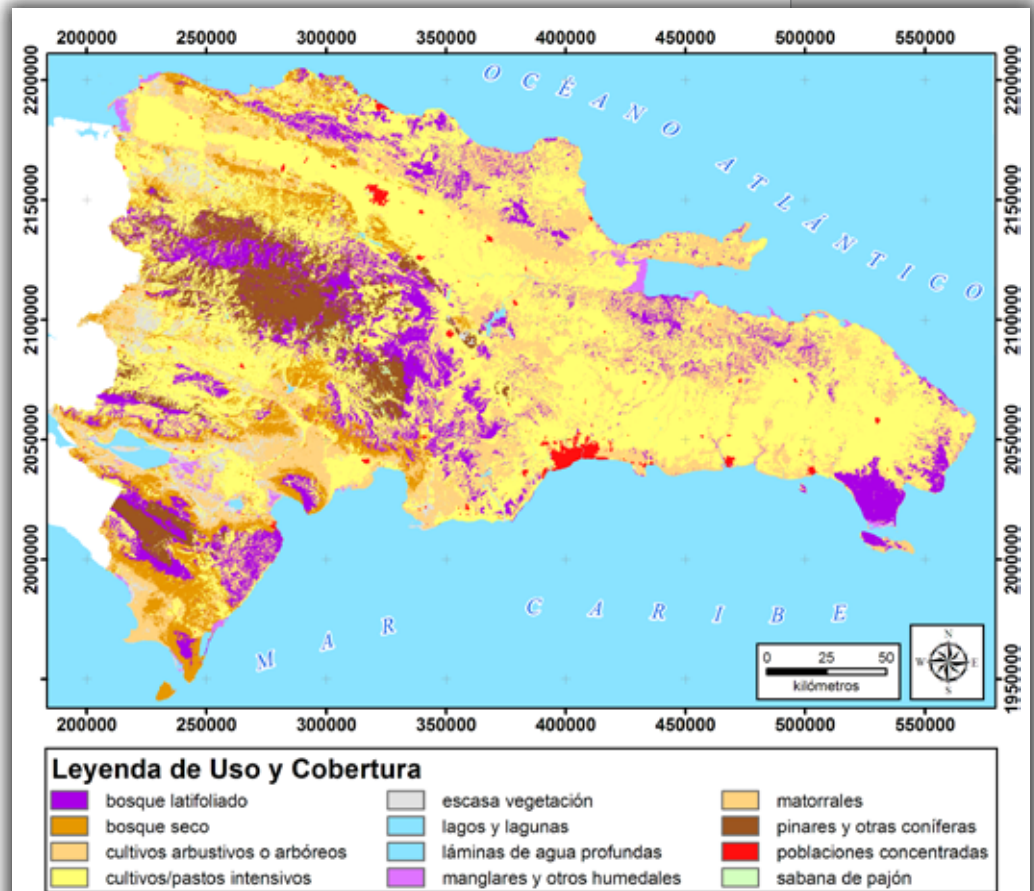
En cuanto a las unidades fisiográficas de la República Dominicana, Cámara (1997) propone una clasificación adecuada, toda vez que emplea los siguientes criterios:

- Relevamiento de la toponimia tradicional;
- Posición de cada unidad respecto del conjunto;
- Se otorga importante peso específico a la geomorfología de las unidades, así como a los procesos que en ellas inciden;
- La organización geológica de las unidades internas y periféricas del territorio.

Este autor califica de “unidades internas” a la Cordillera Central y la Sierra de Neyba, los cuales están separados por la Depresión Central del Valle de San Juan, y de unidades periféricas a las Cordilleras Septentrional, Oriental y Suroccidental. El Sistema Central es un relieve complejo de fallas en su periferia, mientras que las Sierras de Bahoruco y Neyba, constituyen estructuras anticlinoriales y cordilleras de plegamiento asociadas a la Hoya de Enriquillo. Sin embargo, nueva evidencia sugiere que la Sierra de Bahoruco es una estructura mucho más compleja (ver Figura 3-6).

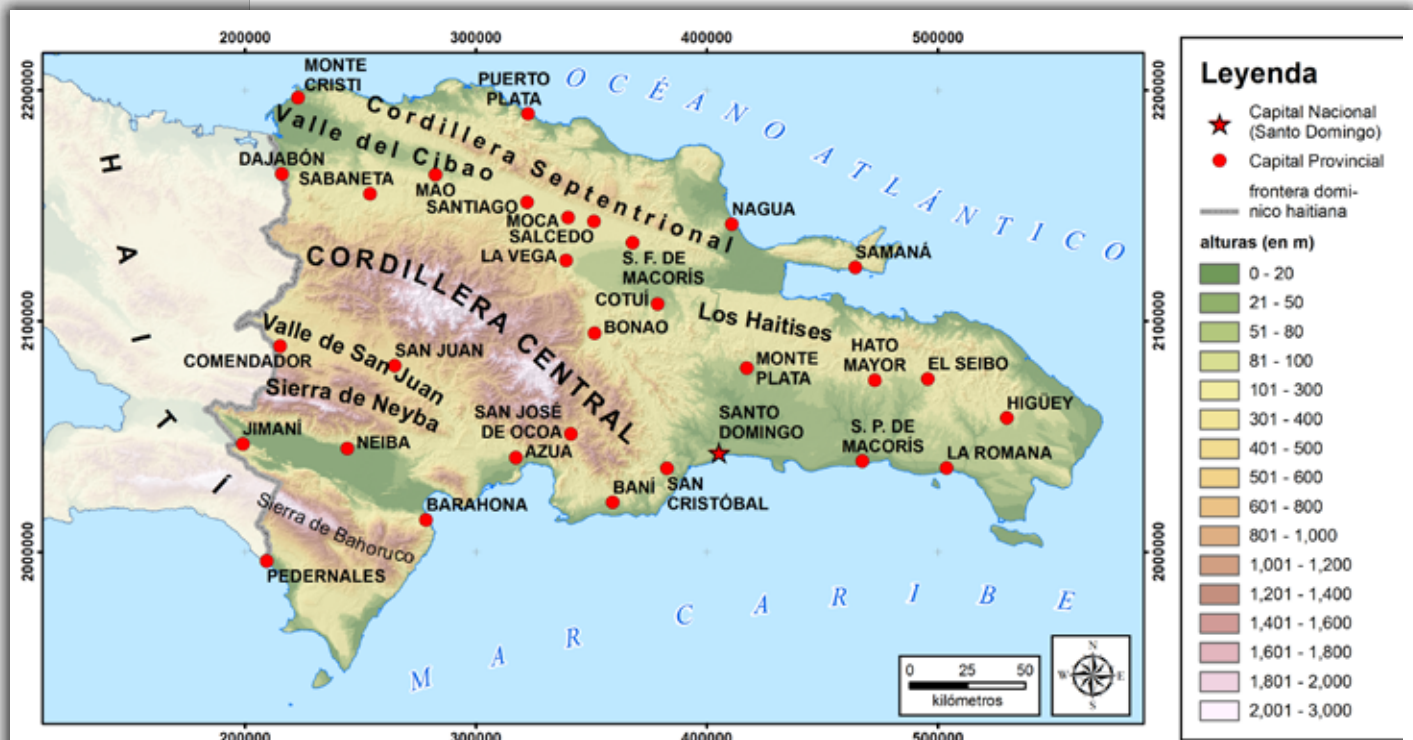
Los Valles del Cibao (Depresión Septentrional), San Juan (Depresión Central) y Hoya de Enriquillo (Depresión Meridional) son las cuencas sedimentarias que completan el mapa, siendo el primero el más grande. Dentro de estos, o en su periferia, destacan los relieves aclicinales de Monte Cristi y La Isabela, así como el monoclinal de Los Haitises.

Por otra parte, los modelados, que predominan en el país son: modelado kárstico, modelado cristalofílico, procesos de capturas fluviales. Existen además procesos fluviales y rasgos hidrográficos muy extendidos en el país, especialmente en las cuencas de los ríos Yaque del Norte, Yaque del Sur, Yuna. A nivel limnológico hay tres importantes cuerpos de agua, dos de los cuales se sitúan en la Hoya de Enriquillo: el lago hipersalino homónimo (el más grande de la Isla y el Caribe Insular) y la Laguna de Cabral (oscila entre los 15 y 25 km<sup>2</sup>). Destaca también la Laguna de Oviedo (muy estable, con casi 28 km<sup>2</sup>), un cuerpo de agua hipersalina en la periferia oriental del karst de Jaragua.



**Figura 3-5. Mapa de coberturas vegetales de 1996 (adaptado a partir de Tolentino, 1998)**

Litológicamente el basamento de la isla está constituido por rocas cristalofílicas, con predominio de las vulcano-sedimentarias, que afloran en



**Figura 3-6. Mapa hipsométrico de República Dominicana (elaboración propia a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)**

los sistemas Central, y Oriental, así como al E de la Cordillera Septentrional (DGM-IGU-BGR, 1991). Hay una banda de esquistos azules y mármoles que afloran en Samaná y otra de calizas dolomíticas al NO del Valle de San Juan. Este conjunto es intruido por tonalitas y gabros. Cronológicamente datan del cretáceo, aunque algunos afloramientos en Bahoruco y Neyba datan del paleógeno.

Por encima del basamento y, en contacto conforme y disconforme, se sitúa la cobertera sedimentaria de caliza arrecifal, margas, calizas margosas, areniscas, conglomerados y molasas desde el Eoceno hasta el Plioceno. Por último, una serie de formaciones superficiales y elementos morfológicos, mayoritariamente terrazas marinas y fluviales, así como depósitos lacustres, completan la serie hasta el Pleisto-Holoceno.

En cuanto a los grandes ejes de fallas y fracturas destacan:

- Sistema Septentrional, compuesto de una familia de fallas de corrimiento en sentido longitudinal;
- Sistema Central: grandes mantos de cabalgamiento con dirección NE-SO, siendo más denso sobre materiales de flysch al S, y fallas en dirección E-O que atraviesan la Cordillera;
- Cabalgamiento de Hatillo: orientados en dirección NE-SO y la falla del Yabón más al E;

- Sistema Oriental: estructuras anticlinales en forma de arco y fallas en dirección NO-SE y fallas NNO-SSE que limitan al E la Cordillera Oriental;
- Sierra de Neyba y Depresión Meridional: anticlinales y sinclinales en dirección NO-SE, así como una serie de mantos de corrimiento en dirección N-S, y finalmente fallas NO-SE;
- Sistema Suroccidental: domina un sistema de fallas compresionales debidas a la transpresión del conjunto, en dirección No-SE, con sinclinales y anticlinales en la misma dirección y algunos mantos de corrimiento que se extienden por el norte de la Sierra de Bahoruco.

En cuanto a la hidrografía dominicana destacan los ríos Yaque del Norte, Yuna Nizao, Yaque del Sur, Artibonito y Ozama. Se subdivide al país en 14 grandes zonas (sistemas hidrográficos compuestos de muchas pequeñas cuencas) y/o cuencas hidrográficas, según la división tradicional de la OEA (1967):

- Cuenca del río Dajabón;
- Cuenca del río Yaque del Norte;
- Zona de la Costa Norte;
- Zona de la Península de Samaná;
- Cuenca del río Yuna;
- Cuenca del río Yaque del Sur;
- Zona de la Sierra de Bahoruco;
- Zona de Miches y Sabana de la Mar;
- Zona de Higüey;
- Zona de San Pedro de Macorís y La Romana;
- Cuenca del Ozama;
- Zona de San Cristóbal, Baní y Azua;
- Hoya del Lago Enriquillo;
- Cuenca del Artibonito.

## Síntesis descriptiva de la Región Enriquillo

Enriquillo es una de las 10 Regiones de Desarrollo de la división político-administrativa del país.



**Figura 3-7.** Regiones de Desarrollo establecidas por el decreto 710-04, destacando, en rojo, la denominada “Enriquillo”. El ámbito de estudio coincide con el polígono de borde amarillo.

nistrativa de República Dominicana (ver Figura 3-7), según consta en el decreto 710-04, el cual se apoya a su vez en el 685-00 relativo a los “mecanismos y procedimientos institucionales para la coordinación de las acciones del Sistema Nacional de Planificación Económica, Social y Administrativa y el Proceso de Formulación, Ejecución, Control y Evaluación del Presupuesto Público”. Dicha regionalización oficial se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 3-2. Superficie y población por regiones (elaboración propia a partir de ONE, 2007)**

Región y Provincia	Superficie (km <sup>2</sup> )	Población	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )
<b>Total país</b>	<b>48,670.83</b>	<b>8,562,541</b>	<b>176</b>
<b>Del Ozama o Metropolitana</b>	<b>1,400.79</b>	<b>2,731,294</b>	<b>1950</b>
Distrito Nacional	104.44	913,540	8747
Santo Domingo	1,296.35	1,817,754	1402
<b>Valdesia</b>	<b>5,445.27</b>	<b>973,970</b>	<b>179</b>
Peravia	792.33	169,865	214
San Cristóbal	1,265.77	532,880	421
Azua	2,531.77	208,857	82
San José de Ocoa	855.40	62,368	73
<b>Del Yuma</b>	<b>5,451.09</b>	<b>491,093</b>	<b>90</b>
El Seibo	1,786.80	89,261	50
La Altagracia	3,010.34	182,020	60
La Romana	653.95	219,812	336
<b>Higuamo</b>	<b>5,216.89</b>	<b>569,751</b>	<b>109</b>
Monte Plata	2,632.14	180,376	69
San Pedro de Macorís	1,255.46	301,744	240
Hato Mayor	1,329.29	87,631	66
<b>Cibao Nordeste</b>	<b>4,171.23</b>	<b>607,763</b>	<b>146</b>
Duarte	1,605.35	283,805	177
María Trinidad Sánchez	1,271.71	135,727	119
Salcedo	440.43	96,356	219
Samaná	853.74	91,875	108
<b>Cibao Sur</b>	<b>4,475.76</b>	<b>703,898</b>	<b>157</b>
La Vega	2,287.24	385,101	168
Sánchez Ramírez	1,196.13	151,179	126
Monseñor Nouel	992.39	167,618	169
<b>Cibao Norte</b>	<b>5,528.03</b>	<b>1,446,047</b>	<b>262</b>
Españat	838.62	225,091	268
Puerto Plata	1,852.90	312,706	168
Santiago	2,836.51	908,250	320
<b>Cibao Noroeste</b>	<b>4,879.60</b>	<b>390,982</b>	<b>80</b>
Dajabón	1,020.73	62,046	61
Monte Cristi	1,924.35	111,014	58
Santiago Rodríguez	1,111.14	59,629	54
Valverde	823.38	158,293	192
<b>El Valle</b>	<b>4,995.59</b>	<b>304,984</b>	<b>61</b>
Elías Piña	1,426.20	63,879	45
San Juan	3,569.39	241,105	68
<b>Enriquillo</b>	<b>7,102.58</b>	<b>342,759</b>	<b>48</b>
Bahoruco	1,282.23	91,480	71
Barahona	1,739.38	179,239	103
Independencia	2,006.44	50,833	25
Pedernales	2,074.53	21,207	10



La Región Enriquillo es la más grande en términos de superficie. Es también la segunda menos habitada y la de menor densidad poblacional. Junto con la Del Valle, acoge la mayor proporción de habitantes pobres respecto de su total de población (68%).

Está situada en el extremo SO, y abarca aproximadamente 7,000 km<sup>2</sup>. Comprende 4 provincias, que son: Independencia, Barahona, Bahoruco y Pedernales. La superficie y población de cada una se relaciona en la siguiente tabla:

**Tabla 3-3. Superficie y población por provincias (superficies según ONAPLAN-STP y otros, 2005; población según ONE-STP, 2003)**

Provincia	Superficie (km <sup>2</sup> )	Población (habitantes)
Bahoruco	1,289.78	91,480
Barahona	1,650.49	179,239
Independencia	2,013.26	50,833
Pedernales	2,042.40	21,207
<b>Total</b>	<b>6,995.93</b>	<b>342,759</b>

Las provincias se dividen en municipios y distritos municipales y estos, a su vez, en secciones y parajes. Actualmente, la Región Enriquillo se segrega en 29 municipios y 19 distritos municipales, cuya distribución se relaciona en la siguiente tabla:

**Tabla 3-4. Provincias, municipios y distritos municipales en 2005 (ortografía según las Leyes) (fuente: Sistema de Información “Geoside” de IGU, 2005)**

Provincia	Municipio	Distrito municipal	
Bahoruco	Neiba	El Palmar	
	Galván		
	Tamayo		Ubilla
			Santana
			Montserrat
	Villa Jaragua		
	Los Ríos	Las Clavellinas	
Independencia	Jimaní	Boca de Cachón	
		El Limón	
	Duvergé		
	La Descubierta		
	Postrer Río	Guayabal	
	Cristóbal		
	Mella	La Colonia	

Provincia	Municipio	Distrito municipal	
Barahona	Barahona	El Cachón	
	Cabral		
	Enriquillo	Arroyo Dulce	
	Paraíso	Los Patos	
	Vicente Noble		Canoa
			Quita Coraza
			Fondo Negro
	Las Salinas		
	Polo		
	El Peñón		
	Fundación	Pescadería	
Jaquimeyes	Palo Alto		
La Ciénaga	Bahoruco		
Pedernales	Pedernales		
	Oviedo	Juancho	

La precipitación anual de la Región es 1145 mm, mientras que La temperatura promedio anual es de 24.52°C. La precipitación acumulada es alta debido a la gran proporción de la Región ocupada por montañas bien regadas. Este hecho también explica el atenuado, pero alto, valor de temperatura promedio anual.

En términos hipsométricos, Enriquillo es una Región relativamente montañosa, con altura media de aprox. 450 m, mínima de -46 m (lámina de agua del Lago Enriquillo, década de los 90) y máxima de 2367 m (Loma del Toro, Parque Nacional Sierra de Bahoruco). La mayor parte del territorio (45%) se sitúa entre -46 m y 200 m, seguido del rango 201 m a 600 m con un 25%, de 601 m a 1000 m con 15% y, finalmente, por encima de 1000 m se sitúa el restante 15%.

**Tabla 3-5. Tabla de distribución de alturas (fuente: elaboración propia a partir de NASA y otros, 2004)**

Altura (en m)	% de territorio
-46 a 200	45.34
201 a 400	13.14
401 a 600	11.32
601 a 800	8.04
801 a 1000	6.79
1001 a 1200	4.89
1201 a 1400	3.50
1401 a 1600	2.34
1601 a 1800	1.80
1801 a 2000	1.76
2001 a 2200	0.96
2201 a 2367	0.13

En la Región se inscriben 15 áreas protegidas, las cuales se relacionan continuación:

1. Parque Nacional Sierra de Bahoruco, con 1069.32 km<sup>2</sup>.
2. Parque Nacional Lago Enriquillo e Isla Cabritos, con 412 km<sup>2</sup>.
3. Parque Nacional Sierra Martín García, con 268 km<sup>2</sup>.

4. Parque Nacional Sierra de Neyba, con 278 km<sup>2</sup>.
5. Parque Nacional Jaragua, con 1543 km<sup>2</sup>.
6. Parque Nacional Las Caobas, con 73 km<sup>2</sup>.
7. Parque Nacional Cerro de San Francisco, con 5.5 km<sup>2</sup>.
8. Parque Nacional Los Cacheos, con 51 km<sup>2</sup>.
9. Monumento Natural Miguel Domingo Fuerte, con 33.5 km<sup>2</sup>.
10. Refugio de Vida Silvestre Humedales del Bajo Yaque del Sur, con 61 km<sup>2</sup>.
11. Refugio de Vida Silvestre Laguna de Cabral o Rincón, con 58.5 km<sup>2</sup>.
12. Refugio de Vida Silvestre Barrero.
13. Vía Panorámica Mirador del Paraíso, con 70 km<sup>2</sup>.
14. Vía Panorámica Carretera Cabral-Polo, con 10 km<sup>2</sup>.
15. Área de Nacional de Recreo Cabo Rojo-Bahía de las Águilas, con 49.9 km<sup>2</sup>.

La morfoestructura de la Región la componen, de N a S: Sierra de Neyba, Hoya de Enriquillo, Sierra de Bahoruco, Escalera de Las Mercedes y Karst de Jaragua. Bahoruco y Neyba constituyen umbrales morfoestructurales que limitan a la Hoya de Enriquillo por el S y el N respectivamente, con alturas máximas de 2367 m el primero (Loma del Toro) y 2279 m el segundo (Sabana del Silencio). Igualmente, constituyen las prolongaciones hacia el E del Massif Hotte-Selle y el Massif du Nord haitianos.

Ambos umbrales enlazan con la Hoya de Enriquillo mediante sendas fallas inversas, que ponen en contacto materiales del Eoceno con rellenos del Holoceno. La orientación de ambos sistemas es predominantemente NO-SE.

La Sierra de Bahoruco se describe detalladamente en el siguiente epígrafe. La de Neyba y su piedemonte se extienden a lo largo de un pentágono con vértices en Comendador, Villarpando, cañada Sombrerito (en confluencia con el río Yaque del Sur), Santana (al N de Tamayo) y Las Lajas. Fisiográficamente está limitada al N por el valle de San Juan, al S por la Hoya de Enriquillo, al E por el río Yaque del Sur y al W por el Massif du Nord (Haití).

Tiene una longitud máxima de 105 km, calculado en una longitudinal NO-SE desde Las Lajas (al O) hasta la confluencia de la cañada Sombrerito con el río Yaque del Sur (al E). Su anchura es variable, siendo máxima en la transversal Boca de Cachón-Comendador (SO-NE) con 33 km, y mínima en la transversal Galván-Pueblo Nuevo (SO-NE) con 27 km. Está cortada por un surco interior de dirección O-E a lo largo del cual se sitúan las localidades de El Cercado y Vallejuelo. Las rocas que la componen son predominantemente calizas del Cenozoico, apoyadas sobre rocas magmáticas.

Por otra parte, la Hoya de Enriquillo tiene una superficie de más de 950 km<sup>2</sup>, orientada en dirección NO-SE. Tiene la forma de un rectángulo orientado en dirección NO-SE, con vértices en las localidades de Jimaní, La Descubierta, Puerto Alejandro y Barahona. Su longitud máxima es de 80 km, en la transversal NO-SE que une las localidades Tierra Nueva con la Bahía de Neyba. Su anchura es variable, mínima de 6 km en la transversal SO-NE que une Jimaní con Boca de Cachón y máxima en la transversal SO-NE que une Cristóbal con Santana. La altura mínima de la Hoya es la propia de la lámina de agua, cuyo record histórico ha sido de 46 mbnm. Sin embargo en el fondo del Lago, se registra una cota de 65 mbnm, situada a 5 km al SE del balneario La Azufrada.

La Hoya es una depresión limitada al S y al N por sendas fallas inversas que la separan las sierras de Bahoruco y Neyba. Los materiales son típicamente del Cuaternario, básicamente aluviales, deltaicos y arrecifales. Existe un importante arrecife de coral fósil del Holoceno en la isla Cabritos y todo el borde O de la Hoya. Un sistema de abanicos y glacisconos, ocasionalmente coalescentes, orlan la Hoya. Hay además numerosas surgencias denominadas localmente "cachones", en las proximidades de La Zurza, Duvergé, El Cachón, Cabral, Neyba, La Azufrada, La Descubierta, Boca de Cachón, entre otras localidades.

El Lago Enriquillo, situado al O en una posición excéntrica dentro de la Hoya, es un humedal hipersalino de superficie muy variable, con más de 280 km<sup>2</sup> en los momentos de máxima extensión y nunca menos de 180 km<sup>2</sup> (es el lago más grande del Caribe Insular seguido de Étang Saumâtre en Haití con unos 110 km<sup>2</sup>). Su profundidad oscila en torno a los 15 m. Está habitado en su interior y alrededores por diversas especies de fauna y flora adaptadas a una estacionalidad contrastada y a variaciones físico-químicas periódicas en la lámina de agua, en cuya evolución reciente, continua y rápida, han tenido especial protagonismo procesos marinos y fluviales que han quedado reflejados en sus formaciones vegetales y superficiales.

La laguna de Cabral es otro cuerpo de agua inscrito en la Hoya. Se sitúa al SE, con una superficie, aunque variable, de 28 km<sup>2</sup>. Sus límites son, por el E son el río Yaque del Sur, al O la localidad de Cristóbal, al S La Lista y al N los Cerros de Cristóbal. Tiene forma de rectángulo orientado en dirección SO-NE, con lados mayores de 6.4 km (dirección SO-NE) y lados menores de 4.4 km (dirección NO-SE).

El karst de Jaragua ocupa la posición más meridional de la Región Enriquillo. Este geosistema tiene forma de triángulo con vértices en Cabo Rojo, playa San Luis y Cabo Beata. Sus dimensiones son: desde Cabo Rojo hasta playa San Luis, 25 km; desde playa San Luis hasta Cabo Bea-

ta, 24 km; y desde Cabo Beata hasta Cabo Rojo, 22 km. Forma de parte de este geosistema la isla Beata.

La geomorfología de Jaragua es singular en el contexto de República Dominicana. Se trata de un karst de plataforma sobre calizas del Mioceno, con abundantes campos de dolinas y poljes, sistemas endokársticos y pedimentos de amplio desarrollo horizontal. Su micromorfología está dominada por lapiares de arroyada y de surcos, con ocurrencia ocasional del tipo tsingy. Lo rodea el Mar Caribe, en cuyo contacto se resuelve mediante: 1) playas de arena biogénica; 2) acantilados con desarrollo vertical; 3) bucanes y lagunas; 4) manglares.

## **Presentación del ámbito geográfico: Bahoruco Occidental y PN Sierra de Bahoruco**

El ámbito máximo de este estudio es el "Bahoruco Occidental", que constituye el sector occidental de la Sierra homónima y delimitado convencionalmente según se ilustra en la Figura 3-8 (ver también Figura 3-9). Por lo tanto, se describen en este apartado tanto la Sierra como el Bahoruco Occidental, contrastando aspectos físicos de este con aquel e incluyendo referencias al "Bahoruco Oriental".

También se describe el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas dominicano y que ocupa una importante porción del Bahoruco Occidental.

Algunos resultados del presente estudio, entre ellos la zonificación, se limitan al espacio natural protegido, mientras que el diagnóstico y otros análisis de naturaleza regional, utilizan como ámbito al Bahoruco Occidental. El uso del "doble ámbito" permite articular propuestas que superan los límites actuales del Parque Nacional, tales como su ampliación o el establecimiento de una zona de amortiguamiento.

### **Sierra de Bahoruco y Bahoruco Occidental**

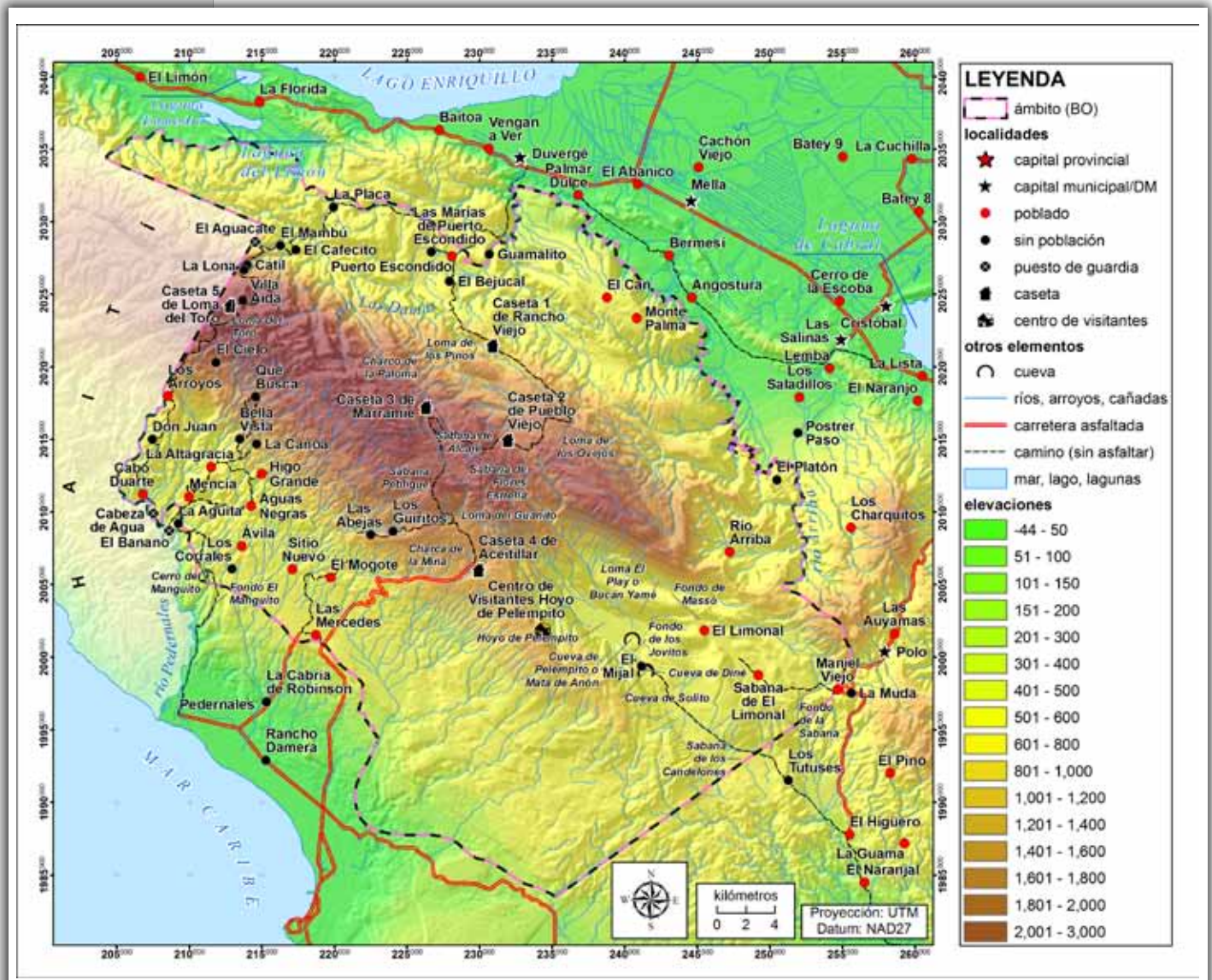
#### **Sierra de Bahoruco**

La Sierra de Bahoruco es, en términos morfotectónicos, una estructura en flor positiva, compuesta por una cobertera carbonatada que se apoya sobre una plataforma oceánica mesozoica. Esta Sierra es la extensión oriental de un complejo antiformal enraizado en Haití, donde destacan los macizos *La Selle* y *La Hotte*. Se divide en dos grandes unidades perfectamente diferenciables: Oriental y Occidental.

Se extiende sobre una estructura anticlinal semi-rígida, compuesta por un basamento cretácico de rocas magmáticas y una cobertera se-

dimentaria carbonatada, orientado en dirección NO-SE predominante, fracturada por fallas inversas en la vertiente N y normales en la S.

En términos geomorfológicos está constituida por un karst de montaña media tropical, modelado durante el Fini-paleógeno y el Neógeno en



**Figura 3-8. Ámbito máximo de estudio, que comprende el Bahoruco Occidental y el enlace meridional de la Sierra con el Mar Caribe**

forma de karst de cobertera (mogotes y conos) y aplanamientos poligénicos, con formas de erosión lineal (orientadas según la estructura), bajo sistemas morfoclimáticos tropical húmedo y tropical de estacionalidad contrastada.

Su historia paleogeográfica inicia con la conformación de una plataforma oceánica Jurásica, situada entonces al E de lo que para entonces era Centroamérica, que experimentó fenómenos de vulcanismo submarino durante el Cretáceo y una posterior sedimentación carbonata-

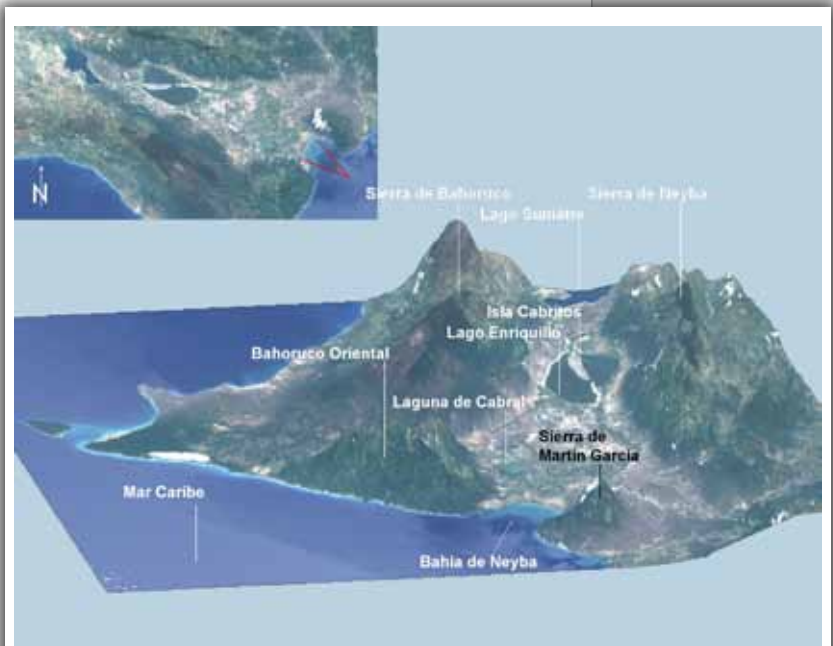
da durante el Paleógeno y que empezó a emerger al final de dicho Periodo. El sistema se unió al resto de La Española (por Puerto Príncipe) al final del Mioceno, gracias al movimiento oblicuo entre las placas de Norteamérica (moviéndose hacia el O) y la del Caribe (moviéndose hacia el E). Este movimiento genera transpresión que afecta especialmente a la Sierra de Bahoruco.

Biogeográficamente la Sierra está conformada por formaciones vegetales relictas de pinar y bosques ombrófilos e higrófilos en pisos medios y altos, con 35% de endemismos en especies de flora, que siguen fielmente los relieves del final de Paleógeno, y con bosques mesófilo y tropófilo en los pisos bioclimáticos inferiores que siguen los relieves del final del Neógeno.

La cota máxima del macizo se encuentra en la denominada "Loma del Toro" con 2367 m, una elevación no prominente respecto de su entorno próximo, situada en el borde más occidental de la Sierra. Sin embargo, las elevaciones haitianas *Pic Macaya* (2,347 m) y *Pic La Selle* (2,674 m) representan las alturas máximas del conjunto anti-forme.

Se sitúa en la Región Enriquillo de República Dominicana (al SO), encuadrada entre los paralelos (WGS84) 18°24'28.8''N y 17°53'42''N y los meridianos 71°47'52.8''O y 71°04'33.6''O. Incluyendo su piedemonte, la Sierra se extiende a lo largo de un rectángulo orientado en dirección NO-SE con los siguientes vértices: Jimaní, Enriquillo, Barahona y Pedernales.

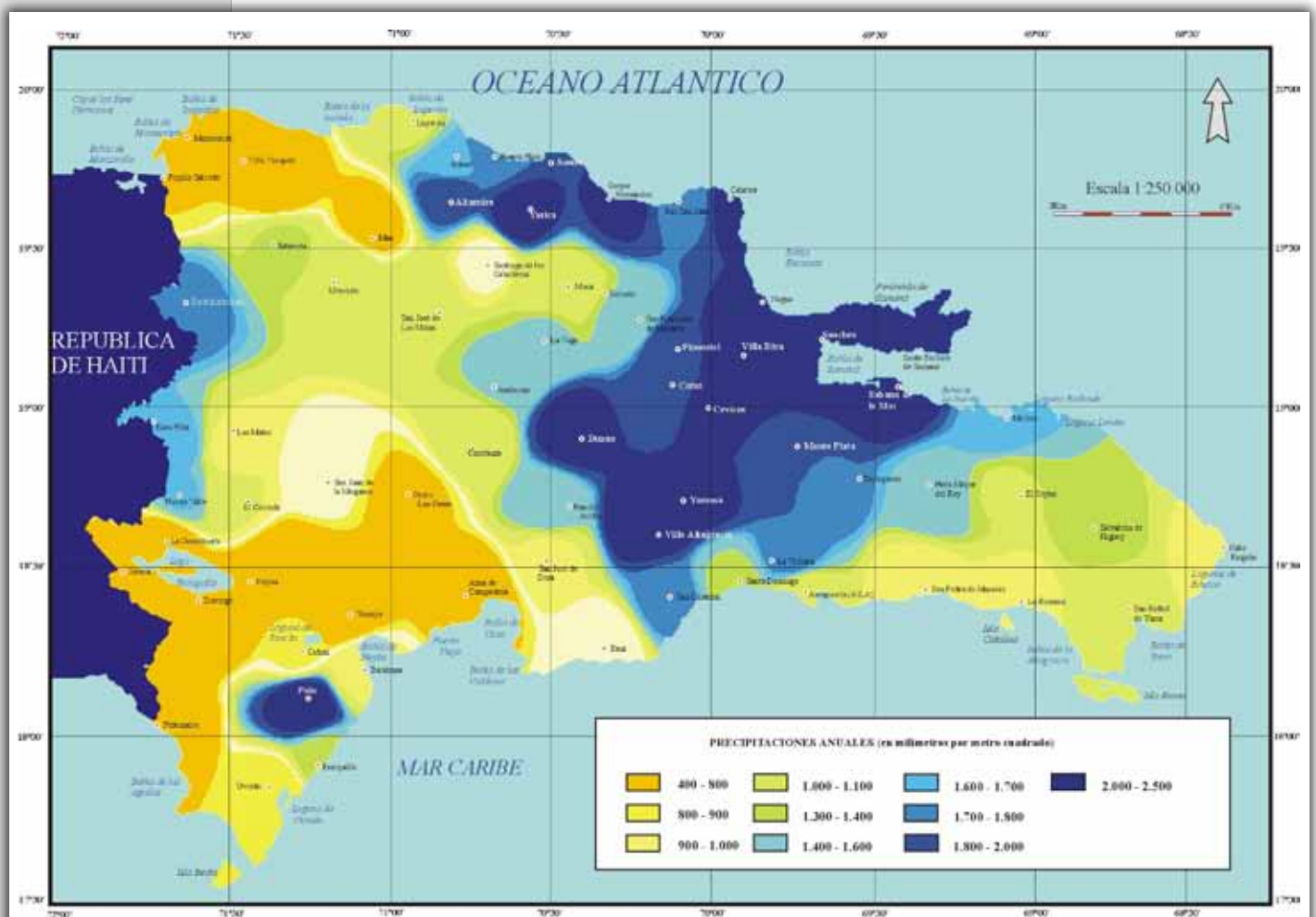
Tiene una longitud máxima de casi 100 km, desde el cañón del río Blanco al O hasta la localidad costera de Bahoruco en el borde E. Su anchura es variable, siendo máxima en la transversal Enriquillo-Barahona (SO-NE), con aprox. 40 km, y mínima en la transversal Las Mercedes-Angostura (SO-NE), con aprox. 30 km.



**Figura 3-9.** Perspectiva tridimensional de la Sierra de Bahoruco y la Hoya de Enriquillo enfocando desde el SE hacia el NO sobre un punto en el Mar Caribe a 2500 m de altura. Se observan además el Hoyo de Pelempito y Bahoruco Occidental. Nótese el carácter disimétrico de la Sierra de Bahoruco: la vertiente S muy tendida y la N abrupta (fuente: elaborado a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)

Su extensión supera los 2900 km<sup>2</sup>, y tiene un gradiente altitudinal muy pronunciado en la vertiente N, mientras que por la S es más tendido. Su altura media es 741 m con una pendiente media de 11.13° (19.67%), máxima de 69.78° (272%) y mínima de 0° (0%). Las pendientes más acusadas se sitúan, específicamente, en el entorno de las depresiones de Hoyo de Pelempito, Río Arriba, Angostura-Los Saladillos y Laguna de Limón.

La precipitación y la temperatura en la Sierra, dada la escasa densidad de instrumentos meteorológicos, no se podían establecer con precisión.



**Figura 3-10. Precipitación anual de República Dominicana, según Cámara (1997).**

Cámara (1997) realizó una aproximación mediante interpolación (Figura 3-10 y Figura 3-11). En esta tesis se ha aplicado un método específico para aumentar la precisión de estos parámetros, cuya explicación se aborda detalladamente en el capítulo correspondiente; sin embargo, en este apartado se avanzan algunos datos. La precipitación media en la Sierra es de 1754 mm, con máximas de casi 2300 mm en el Bahoruco Oriental, específicamente en las lomas Pie de Palo, Loma La Torre y Loma Remigio. En el Bahoruco Occidental sólo se registran precipitacio-



nes altas (de casi 2000 mm) en las cimas que rodean las depresiones de río Arriba y Hoyo de Pelempito. Las mínimas pueden ser tan bajas como 520 mm, estimadas para el piedemonte septentrional, específicamente en las depresiones de Angostura y Laguna Limón.

En el caso de la temperatura, se estima que la Sierra tiene un promedio anual de 22.3°C. Los promedios, según pisos bioclimáticos, varían entre

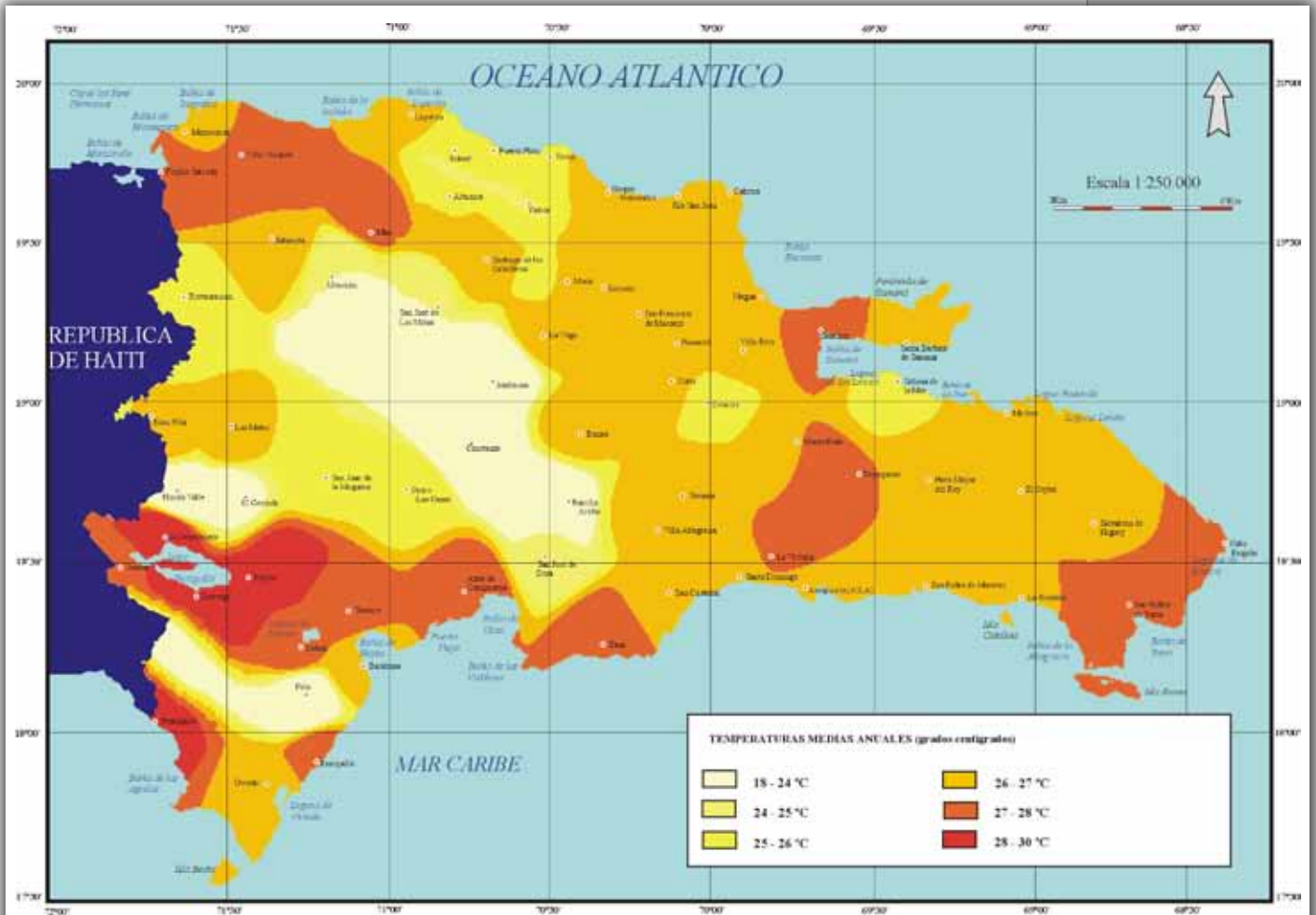


Figura 3-11. Temperatura promedio anual de República Dominicana, según Cámara (1997)

28.4°C para los sectores más bajos (piedemontes meridional y septentrional), y 10.5°C en las cumbres, como lomas del Toro, La Jo, Pie de Palo y La Torre, entre otras.

### Bahoruco Occidental

El ámbito de estudio, que coincide casi plenamente con el Bahoruco Occidental, tiene 1543.06 km<sup>2</sup>, lo cual equivale a un 53% de la Sierra. Se inscribe en la Región Suroeste de República Dominicana, encuadrado entre los paralelos (WGS84) 18°24'8.15''N y 17°55'26.40''N, y los meridianos 71°47'54.24''O y 71°18'28.43''O. Se inscribe en un rectángulo con

vértices en Jimaní, Manuel Goya, Cabral y Pedernales. Abarca las siguientes provincias: Independencia, con un 33.54% (aprox. 517.47 km<sup>2</sup>), Pedernales, con un 56.48% (aprox. 871.47 km<sup>2</sup>) y Barahona, con un 9.99% (aprox. 154.11 km<sup>2</sup>).

El Bahoruco Occidental acoge la máxima elevación del conjunto del macizo que, como se ha referido arriba, coincide con la Loma del Toro. La altura media es 975 m y la mediana 860 m. La desviación típica es de 530 m, por lo que la mayor parte del territorio está en cotas inferiores a los 1400 m.

Este subsistema se compone litológicamente de rocas carbonatadas del Cenozoico, con dominancia de calizas Paleógenas (a veces ligeramente dolomítica), así como calizas margosas y cretas Neógenas. Hay abundantes afloramientos de estratos de calizas Eocenas plegados y sub-verticales en los sectores cimeros, mientras que en el Piedemonte Meridional es frecuente el carácter acinal o monoclinial. La dirección del plegamiento regional es NO-SE, existiendo algunos ejes anticlinales que se prolongan por decenas de kilómetros. Destacan 2 pliegues de dirección no concordante con el sistema regional, situados en la vertiente S del Bahoruco Occidental (Los Güiritos) cuya dirección es OSO-ENE. Las fallas de largo recorrido (muchas de más de 10 y 20 km) tienen igual dirección que el plegamiento regional NO-SE, acompañadas de un sistema conjugado de fallas pequeñas de dirección NE-SO.

Las morfologías dominantes son superficies corrosivas Fini-Paleógenas y Fini-Pliocenas, escalonadas desde 2200 hasta los 100 m. De este conjunto destaca la denominada "Escalera de las Mercedes", que representa el conjunto más sobresaliente de la vertiente S de la Sierra, modelada sobre calizas Neógenas. Abundan también formas del karst tropical como poljes, dolinas, mogotes, y otras en los sectores cimeros e intermedios de la Sierra. En el Piedemonte Meridional dominan formas del karst de plataforma, como bogaz y dolinas.

En términos climáticos, el Bahoruco Occidental presenta un gradiente pluviométrico altitudinal muy marcado, con precipitaciones anuales en sus sectores bajos de menos de 550 mm y máximas de más de 2080 mm en sectores orientales por encima de 800 m y, especialmente, sobre los 1000 m (entorno de las depresiones de Río Arriba y Hoyo de Pelempito). A lo largo del año se registra un importante contraste estacional. Los valores de temperatura promedio no difieren mucho de los del conjunto de la Sierra. Su temperatura promedio anual es de 21.4°C, situándose el promedio más alto de 28°C en los piedemontes meridional y septentrional, mientras que el promedio más bajo es de 10.5 °C y se localiza en el sector cimero (Loma del Toro y su entorno) de 10.5°C.

La vegetación está adaptada a períodos de sequía estacional, como el pinar en los sectores cimeros e intermedios, y los bosques xerófilo, tropófilo y mesófilo que predominan en los bordes de los Piedemontes Septentrional y Meridional. Existen manchas de bosque nublado y ombrófilo confinadas en aquellos sectores del Bahoruco Occidental donde se conjuga la exposición a los vientos alisios y determinados factores paleo-biogeográficos. Este conjunto se inscribe parcialmente en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, el cual tiene una superficie de más de 1000 km<sup>2</sup>.

### **Bahoruco Oriental**

El macizo denominado Bahoruco Oriental ocupa unos 955 km<sup>2</sup> (32% del total de la Sierra), ubicado entre el Mar Caribe y el Bahoruco Occidental. Su altura máxima se alcanza en el Firme de la Jo, con aproximadamente 1670 m. Este sistema no ha sido estudiado en la presente tesis, sin embargo, algunos datos merecen especial atención por su marcado contraste respecto del Bahoruco Occidental.

Litológicamente se compone de rocas carbonatadas Paleógenas apoyadas sobre un basamento cristalofílico, destacando que, a diferencia de lo que ocurre en el Bahoruco Occidental, éste último sí aflora en espacios de reducida extensión, hacia el interior del macizo en la Loma de los Calimetes, Río Arriba, cuenca del río Sito, así como en la costa oriental en San Rafael, La Ciénaga, la localidad de Bahoruco entre otros.

El Bahoruco Oriental acoge los mega-acantilados más extensos y de mayor desnivel de toda República Dominicana, modelados sobre rocas magmáticas Cretáceas y calizas del Eoceno.

Como contraste, también destacan la temperatura promedio anual y la precipitación, que alcanzan los 22.9°C y los 1750 mm, respectivamente, los cuales superan a los valores similares registrados en el Bahoruco Occidental. Esto induce un predominio casi absoluto de los bosques ombrófilo y nublado, especialmente en la vertiente Oriental de dicho bloque. También destaca la ausencia de pinares, quizá más bien por causas paleogeográficas que por factores climáticos actuales, dado que existen localidades, especialmente al O del Bahoruco Oriental, en las que los valores promedio de precipitación y temperatura son óptimos para el desarrollo de dicha formación.

En términos biogeográficos destaca la presencia de especies endémicas del macizo o la ausencia de especies que son comunes en otros sectores de la Sierra. Se reporta la especie *Magnolia hamorii*, endémica del Oriental y ausente en el Occidental. Por otra parte, no se ha repor-

tado en este subsistema *Pinus occidentalis*, abundante en el sector Occidental.

### Síntesis descriptiva del Parque Nacional Sierra de Bahoruco

El PN Sierra de Bahoruco es la unidad de montaña más meridional del Sistema Nacional de Áreas Protegidas Dominicano. Junto a los Parques Nacionales Jaragua y Lago Enriquillo, este espacio protegido constituye una de las tres áreas núcleo de la Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo.

Oficialmente, según la Ley Sectorial 202-04, la cual lo delimita, el Parque Nacional Sierra de Bahoruco abarca una superficie de unos 1126 km<sup>2</sup> y un

perímetro de unos 274 km, íntegramente inscrito en el Bahoruco Occidental. Sin embargo, la superficie calculada tras interpretar en esta tesis dicha Ley es de 1069.32 km<sup>2</sup>. Es el más grande del subconjunto de espacios continentales del Sistema Nacional de Áreas Protegidas dominicano.

Tiene forma irregular, dado que sus límites siguen básicamente curvas de nivel. El área protegida, como la mayoría en RD, no está demarcada en el terreno, salvo en lugares concretos como la carretera Cabo Rojo-El Aceitillar, o en el camino Pedernales-Los Arroyos.

Según la división político-administrativa (ONAPLAN y otros, 2005), el Parque Nacional Sierra de Bahoruco abarcaba parcialmente el territorio de las provincias Pedernales, Independencia y Barahona (ver Figura 3-12). Un 57% del área protegida es parte de la provincia Pedernales, un 36% de Independencia y el restante 7% corresponde a Barahona. Los municipios y distritos municipales que intersectan el límite del Parque son



**Figura 3-12. División político-administrativa a nivel de provincias del Parque Nacional Sierra de Bahoruco y su Entorno: Pedernales, Independencia y Barahona (fuente: ONAPLAN y otros, 2005)**

7: Pedernales (52.5%), Duvergé (22%), D.M. Mella (14%), D.M. Polo (5%), Oviedo (4%), D.M. Las Salinas (2%), Enriquillo (0.5%). De estos, 4 aportan la mayor parte de la superficie del área protegida, que son Pedernales, Duvergé, Mella y Polo, dado que suponen el 94% y, de esos, los dos primeros representan un 75%.

## **Accesos**

Estando en territorio dominicano, hay 3 formas de acceder al Parque: por el Norte, ruta por la cual el gradiente altitudinal es máximo; por el Este, atravesando poljes y otras depresiones; por el Sur, con un gradiente muy tendido y más accesible.

### **Accesos por el N**

Por esta vertiente se requiere primero entrar por la localidad de Duvergé, Provincia Independencia. Desde Santo Domingo se toma la carretera Sánchez (número 2), actualmente en perfecto estado. Este recorrido supone unos 250 km, mientras que desde Barahona son aproximadamente 50 km. Hasta Duvergé se puede llegar en cualquier tipo de vehículo, y existe transporte de línea desde Santo Domingo y Barahona. En Duvergé hay que tomar dirección S por la carretera que conduce a Puerto Escondido. Este tramo tiene una longitud de 12 km, y se asciende desde los 0 m en Duvergé hasta los 400 m en Puerto Escondido. La superficie de la carretera no está afirmada y, dado que discurre sobre margas, en tiempo seco es muy polvorienta. Sólo es recomendable la circulación en vehículos todo-terreno. No existe transporte de línea entre Puerto Escondido y Duvergé. Si no se dispone de vehículo todo-terreno propio se suele contratar los servicios de un motorista. En Puerto Escondido es donde tiene asiento la administración del Parque, cuya oficina es visible al entrar al pueblo. Desde este punto se pueden hacer 2 recorridos hacia el interior del PNSB, siempre que se disponga de vehículo todo-terreno.

De estas, la ruta de menor dificultad permite acceder hasta la Loma del Toro por la "Carretera Internacional", e incluso atravesar la Sierra por su borde occidental y llegar hasta Pedernales bordeando la frontera dominico-haitiana. Desde Puerto Escondido hasta Loma del Toro el trayecto supone unos 33 km de longitud. La superficie de la carretera no está afirmada, pero los materiales son duros y permiten un recorrido aceptable en tiempo seco. Se asciende desde los 400 m en Puerto Escondido hasta los más de 2300 m en Loma del Toro. Desde este punto se puede continuar hasta Pedernales recorriendo unos 47 km hacia el S, pasando por Los Arroyos y varios asentamientos y puestos militares dispuestos a lo largo de la carretera.

La otra ruta posible tiene un alto grado de dificultad, aun cuando se disponga de un vehículo todo-terreno. Permite atravesar la Sierra por su centro, pasando por varias casetas de la administración del PNSB (no hay comunidades). El recorrido parte desde Puerto Escondido hacia el S, llegando a Rancho Viejo (caseta 1), luego a Pueblo Viejo (caseta 2) y, finalmente, El Aceitillar (caseta 4), punto donde se conecta con la carretera construida por Alcoa para el traslado de la bauxita hacia Cabo Rojo. Desde Puerto Escondido hasta El Aceitillar el recorrido tiene una longitud de aproximadamente 45 km. Desde este punto se puede continuar en dirección S hasta conectar con la carretera Barahona-Pedernales (número 44).

En resumen, para llegar por el N a la Loma del Toro desde Santo Domingo hay que recorrer 295 km (si se sigue hasta Pedernales suman 342 km), mientras que hasta El Aceitillar es necesario recorrer 310 km.

### **Accesos por el E**

Existen dos vías de acceso al Parque por el E. En ambos casos se necesita un vehículo todo-terreno, pero se puede acceder hasta puntos concretos en transporte de línea o en vehículos normales.

La primera accede al Parque por el polje de La Sabana-El Limonal. Para llegar a este punto se llega a Cabral, a unos 215 km al Oeste de Santo Domingo y a unos 15 km al Oeste de Barahona, por la carretera Sánchez (número 2), asfaltada actualmente en perfecto estado. Al llegar a Cabral se toma la carretera que conduce a Polo en dirección S. Este tramo supone un recorrido de 23 km sobre carretera asfaltada y se asciende desde los 0 m en Cabral hasta los 700 m en Polo. Desde este punto se continúa por la misma carretera en dirección S hacia el Higüero. Al llegar al cruce de "La Muda", por un recorrido sobre carretera asfaltada de unos 5 km, se toma dirección O. Se pasa el asentamiento disperso de La Muda, Maniel Viejo (abandonado), La Sabana y finalmente se llega a El Limonal. Este camino no está asfaltado ni afirmado, y algunos tramos están completamente sueltos. En la época húmeda se vuelve intransitable por la gran cantidad de lodo que se acumula. En total, desde el cruce de La Muda hasta El Limonal, hay 12 km de longitud.

Hay otra forma de llegar al cruce de La Muda, por el S, entrando por la carretera que conecta la localidad de Los Cocos o Cuatro Bocas (justo al S de Enriquillo) con El Higüero y Polo. Para llegar desde Santo Domingo hasta Los Cocos se toma la carretera Sánchez (número 2) y posteriormente, al llegar a Barahona, a unos 200 km al O de Santo Domingo, se toma la carretera Barahona-Pedernales (número 44). Desde Barahona hasta Los Cocos el trayecto tiene una longitud de aprox. 60 km, y es necesario atravesar las comunidades de San Rafael, Paraíso, Los Patos

y Enriquillo. Al llegar a Los Cocos se toma la carretera que conduce a El Higüero en dirección NO (este tramo no está asfaltado, pero la superficie está afirmada, aunque es polvoriento en tiempo seco), trayecto que continúa hasta el cruce de La Muda. Desde Los Cocos hasta el cruce de La Muda se recorren 25 km. Desde el cruce de La Muda se continúa por la ruta ya descrita.

El otro acceso por el E se deriva de la ruta anterior. Se requiere llegar a la depresión de El Tunal a través de El Higüero y la Sabana de los Candelones. Para ello, hay que tomar la carretera Polo-El Higüero, ya sea desde Cabral o desde Los Cocos. Desde Polo a El Higüero hay una distancia de 16 km, mientras que desde Los Cocos son 15 km. Una vez en El Higüero se toma el camino que conduce en dirección O hacia la Sabana de los Candelones, la cual se atraviesa hasta llegar a la depresión de El Tunal y, si el vehículo está en buenas condiciones, hasta la depresión de El Mijal. Desde El Higüero hasta El Mijal el trayecto es de aprox. 15 km. Es necesario un vehículo todo-terreno, dado que hay que atravesar una cañada y varios tramos donde aflora la roca caliza. Desde El Mijal es posible descender hasta el Hoyo de Pelempito pero sólo andando.

En síntesis, para acceder por el E al PNSB hay 2 posibilidades. La primera es por El Limonal, paraje al cual puede llegarse por dos rutas distintas: a través de Cabral, que requiere recorrer unos 255 km desde SD; a través de Los Cocos, que supone un recorrido de 300 km. La opción por Los Cocos tiene la ventaja de que permite observar toda la costa acantilada del Bahoruco Oriental. La segunda opción es El Tunal/Mijal, que a su vez puede llegarse desde dos rutas distintas: 1) la opción más corta, que es Santo Domingo-Cabral-Polo-El Higüero-El Mijal, supone un recorrido de aprox. 270 km; 2) con un mayor recorrido, desde Santo Domingo-Los Cocos-El Higüero-El Mijal, para un recorrido total de 290 km.

### **Accesos por el S**

Es el más cómodo y apto para todo tipo de vehículos. Desde Santo Domingo se toma la carretera Sánchez (número 2) hacia el SO hasta llegar a Barahona, para un recorrido de unos 200 km. Desde aquí se toma la carretera Barahona-Pedernales (número 44), pasando San Rafael, Paraíso, Los Patos, Enriquillo, Juancho, La Colonia, Oviedo, Los Tres Charcos, Manuel Goya hasta llegar a Pedernales, un recorrido que supone unos 125 desde Barahona, para un total Santo Domingo-Pedernales de 325 km. Existe transporte de línea que traslada pasajeros entre Santo Domingo y Pedernales.

Once km antes de Pedernales está el cruce con la antigua carretera de la Alcoa. Desde este punto se sube hasta El Aceitillar en dirección N, recorriendo unos 30 km por la referida carretera. En total, desde Santo

Domingo hasta El Aceitillar, se recorren aproximadamente 345 km, en cualquier tipo de vehículo. Dado que existe transporte de línea entre Santo Domingo y Pedernales, allí es posible contratar un servicio de taxi para el acceso a El Aceitillar. Desde este punto se puede recorrer el camino que conecta hacia Puerto Escondido, pero para ello se requiere un vehículo todo-terreno.

En otra ruta por el S, partiendo desde Pedernales, se puede acceder hasta la Loma del Toro y de ahí a Puerto Escondido, a través de la Carretera Internacional, pero se necesita un vehículo todo-terreno. Para esta ruta se accede a Pedernales y, desde aquí, se toma la Carretera Internacional en dirección N hasta llegar a la Loma del Toro en un recorrido de 47 km (para un total Santo Domingo-Loma del Toro de aprox. 375 km). Desde este punto se puede conectar con Puerto Escondido recorriendo, en sentido contrario, el acceso explicado anteriormente.

Finalmente, al PNSB se puede acceder “informalmente” desde Las Mercedes-El Mogote, Aguas Negras-Higo Grande y La Altagracia-Bella Vista, pero no hay infraestructura de recibimiento ni servicios.

En síntesis, por el S se puede acceder por dos puntos distintos: 1) entrando a El Aceitillar, en cualquier tipo de vehículo, recorriendo unos 345 km desde Santo Domingo; 2) llegando Loma del Toro, en vehículo todo-terreno recorriendo unos 375 km desde SD.

### **Marco Legal**

La creación del Parque Nacional Sierra de Bahoruco ha seguido un largo derrotero que inicia en el año 1983 y que culmina en 2004 con la promulgación de la Ley 202-04 o “Sectorial de Áreas Protegidas”.

#### **Reconocimiento internacional de protección: Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo**

La creación de la Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo, supone un reconocimiento de los valores naturales, paisajísticos y humanos de la Sierra y su entorno próximo (Figura 3-14). La Reserva, cuyos límites encierran al Parque Nacional Sierra de Bahoruco (PNSB), alcanza una superficie de 4857.85 km<sup>2</sup>. Además del PNSB, se inscriben los Parques Nacionales Jaragua y Lago Enriquillo (este último recibió además la designación como Humedal de Importancia Internacional de la Convención Ramsar, **el 15 de mayo de 2002**). El territorio hoy declarado como Reserva se promovió como tal durante más de una década (portada del libro síntesis sobre la RB en Figura 3-13), hasta que el **6 de noviembre de 2002** se consignó su designación por el Consejo Internacional de Coordinación del Programa “El Hombre y la Biosfera (MaB)”, de la



Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

La Reserva de Biosfera cumple las tres funciones establecidas por el Comité MaB: conservación, contribuyendo a la protección de los paisajes, los ecosistemas, las especies y la diversidad genética; desarrollo, fomentando el desarrollo económico y humano sostenible desde los puntos de vista sociocultural y ecológico; y apoyo logístico, prestando apoyo a proyectos de demostración, educación y capacitación sobre el medio ambiente, así como a la investigación y observación permanente en relación con cuestiones locales, regionales, nacionales y mundiales de conservación y desarrollo sostenible.

La Reserva Jaragua-Bahoruco-Enriquillo ofrece a República Dominicana la oportunidad de convertirse en un modelo de ordenación y gestión territorial para los casi 50,000 habitantes que la ocupan. La ordenación del territorio de la Reserva plantea grandes oportunidades de desarrollo sostenible que podrían afianzar el arraigo de sus habitantes.

### **Las áreas protegidas en la Ley de Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00)**

El PNSB está protegido legalmente en el ámbito nacional bajo distintos instrumentos. El marco general de protección y administración lo dictamina la Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00), mediante un extenso y preciso articulado (ver portada de edición oficial en Figura 3-15).

En el Capítulo II del Título I de la referida Ley, Artículo 15, Inciso 4, se indica que uno de los Objetivos de dicha pieza es "Fortalecer el sistema nacional de áreas protegidas para garantizar la diversidad biológica y paisajística".

En el Capítulo IV del mismo Título, Sección I, Artículo 18, inciso 12, referente a las funciones de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se indica que es una función de esta cartera "elaborar y garantizar la correcta aplicación de las normas para la conservación, preservación y manejo de las áreas protegidas y la vida silvestre".



**Figura 3-13. Portada del libro síntesis para el sometimiento y posterior aprobación por UNESCO de la Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo, editado por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales en 2004**

En la Sección II del mismo Capítulo, el Artículo 20 establece la estructura de la "Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales" atendiendo a sus áreas de competencia y funciones, en cinco subsecretarías de Estado:

- Gestión ambiental;
- Suelos y aguas;
- Recursos forestales;
- **Áreas protegidas y biodiversidad;**
- y
- Recursos costeros y marinos"

(Nota: con posterioridad a la promulgación de la Ley, se crearon dos Subsecretarías más: la "Administrativa" y la de "Información y Educación Ambiental").

Según la Ley, la Subsecretaría de Estado de Áreas Protegidas y Biodiversidad es la responsable de la ordenación y gestión del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, del cual el PNSB forma parte. En el Título II, Artículo 27, Inciso 4, se señala al sistema nacional de áreas protegidas como uno de los 12 instrumentos para la gestión del medio ambiente y los recursos naturales.

En el Artículo 33, Capítulo III del referido Título, se crea el sistema nacional de áreas protegidas "que comprende to-



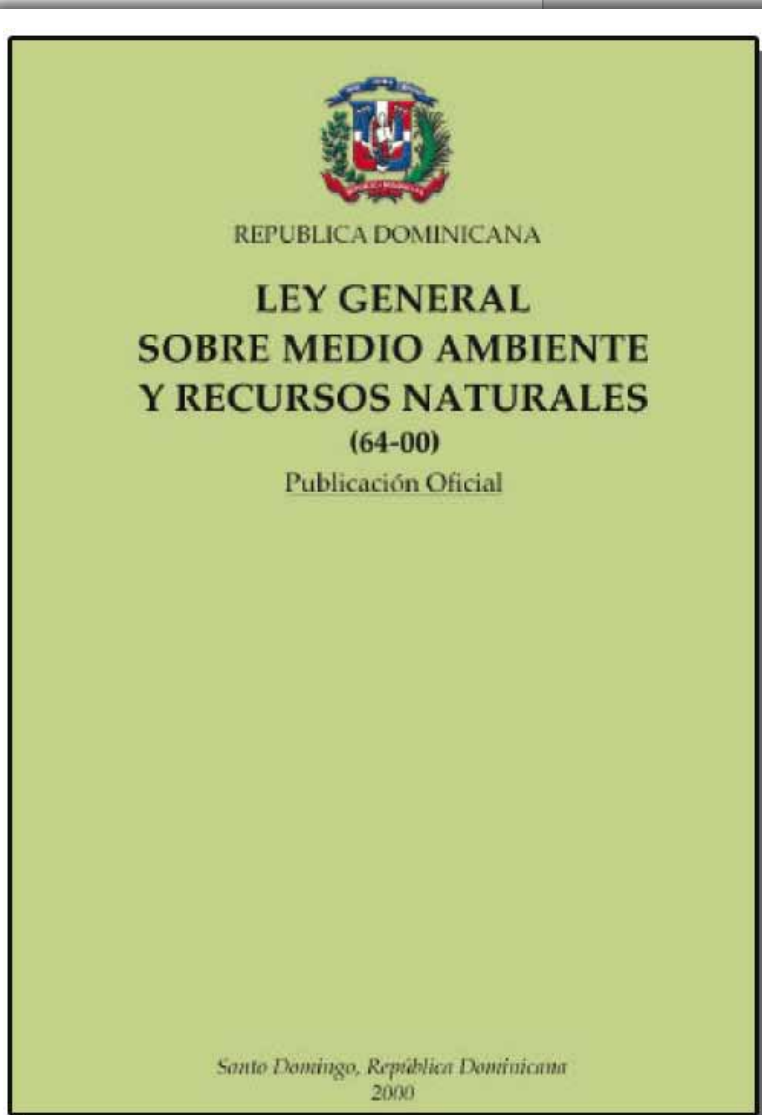
Figura 3-14. Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo, con límites del Parque Nacional de Sierra de Bahoruco (fuente: elaboración propia a partir de SEMARN, 2004b)

das las áreas de ese carácter, existentes y que se creen en el futuro, públicas o privadas”, expresándose los siguientes mandatos para el establecimiento de dichos espacios:

- Preservar los ecosistemas naturales representativos de las diversas regiones biogeográficas y ecológicas del país;
- Proteger cuencas hidrográficas, ciclos hidrológicos, zonas acuíferas, muestras de comunidades acuíferas, muestras de comunidades bióticas, recursos genéticos particulares y la diversidad genética de los ecosistemas naturales y de sus elementos;
- Favorecer el desarrollo de eco-técnicas y mejorar el aprovechamiento racional y sustentable de los ecosistemas naturales y de sus elementos;
- Proteger escenarios y paisajes naturales;
- Promover las actividades recreativas y de turismo en convivencia con la naturaleza;
- Favorecer la educación ambiental, la investigación científica y el estudio de los ecosistemas;
- Proteger los entornos naturales de los monumentos históricos, los vestigios arqueológicos, y artísticos.

En el Artículo 34 (transitorio), del mismo Capítulo, se ratifican los límites de un conjunto de espacios que ya formaban parte del sistema nacional de áreas protegidas. El Inciso 19 ratifica el Decreto 233 de 30 de julio de 1996, el cual redelimitaba numerosas áreas protegidas, entre ellas el PNSB. Estos límites tuvieron vigencia hasta la aprobación de la Ley Sectorial de Áreas Protegidas 202-04, en julio de 2004.

En el Artículo 35 se señalan los objetivos del sistema nacional de áreas protegidas, que son:



**Figura 3-15.** Portada de la edición oficial de la Ley 64-00, aprobada el 18 de agosto de 2000. Esta edición fue elaborada por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales

- Salvar, conocer, conservar y usar, conforme a su categoría de manejo, la biodiversidad y los ecosistemas bajo régimen de protección que conforman el patrimonio natural de la República;
- Mantener en estado natural las muestras representativas de comunidades bióticas, zonas de vida, regiones fisiográficas, unidades biogeográficas, recursos genéticos y especies de vida silvestre amenazadas, en peligro o en vías de extinción, para facilitar la investigación científica, el mantenimiento de la diversidad biológica, asegurar la estabilidad ecológica, promover las actividades recreativas y de turismo sostenible y para favorecer la educación ambiental, la investigación científica y el estudio de los ecosistemas;
- Promover y fomentar la conservación, recuperación y uso sostenible de los recursos naturales;
- Garantizar los servicios ambientales que se deriven de las áreas protegidas, tales como fijación de carbono, disminución del efecto invernadero, contribución a la estabilización del clima y aprovechamiento sostenible de la energía;
- Conservar y recuperar las fuentes de producción de agua y ejecutar acciones que permitan su control efectivo, a fin de evitar la erosión y la sedimentación.

El siguiente Artículo 36 indica que las áreas protegidas son patrimonio del Estado y otorga a la Secretaría de Medio y Recursos Naturales las competencias en materia de administración y planificación. **Se refiere al plan de manejo como la herramienta que debe diseñar y aprobar esta cartera para gestionar, de forma ordenada y planificada las áreas protegidas, integrando a las comunidades y sus organizaciones en su diseño y ejecución.**

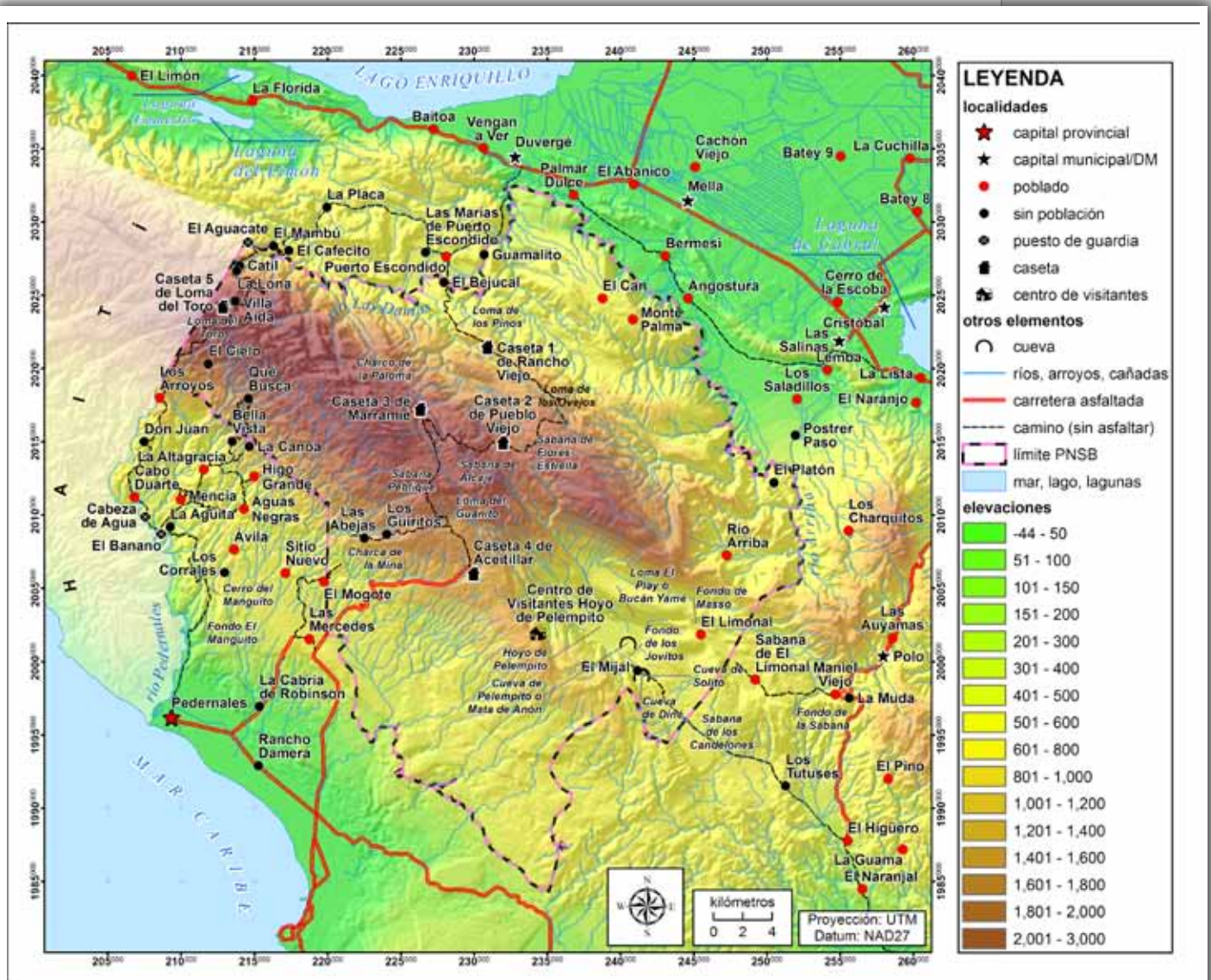
En cuanto a evaluación ambiental, en el Artículo 41 del Capítulo IV, Inciso 16, se exige la presentación de una evaluación de impacto ambiental para "la ejecución de obras, programas y actividades en parques nacionales y otras áreas protegidas".

Dado que las áreas protegidas son los espacios con mayor biodiversidad de República Dominicana, el Artículo 141, Capítulo IV del Título IV, establece que el proyecto de ley de biodiversidad que SEMARN debía presentar incluyera los aspectos relativos al tratamiento de la biodiversidad en las áreas protegidas.

En el Artículo 157 del referido Título, se encomienda a SEMARN a presentar un inventario de bosques nativos o artificiales pertenecientes a categorías de protección y producción.

En cuanto a los delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales, el Artículo 175 del Capítulo IV del Título V relaciona 8 acciones que pueden considerarse como tales. Entre éstas, el Inciso 2 indica que comete delito "quien produzca alteraciones, daños o perjuicios dentro del sistema nacional de áreas protegidas y quien corte o destruya árboles en áreas forestales de protección y en zonas frágiles, declaradas legalmente como tales".

**Límites del PNSB: análisis pormenorizado de una delimitación irresoluble. Ley 202-04 o "sectorial de áreas protegidas" (Figura 3-16)**



**Figura 3-16. Límite del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, según Ley Sectorial de Áreas Protegidas (202-04) (interpretación propia)**

La delimitación cartográfica vigente del PNSB está contenida en el Inciso 16, Artículo 37, de la referida Ley Sectorial de Áreas Protegidas (202-04), ratificándose la categoría de Parque Nacional para este singular espacio. Aunque la 202-04 ha sido y está siendo sometida a revisiones

técnicas y jurídicas, los límites contenidos en ella son los únicos legalmente vigentes. Con esta delimitación, trazada fundamentalmente en base a curvas de nivel, cauces de arroyos y cañadas, así como mediante la frontera Domínico-Haitiana, el PNSB tiene una extensión de 1,069.32 km<sup>2</sup> y un perímetro de 238.80 km.

En resumen los límites son los siguientes: por el N del Bahoruco Occidental se siguen curvas de nivel y cauces de arroyos; frecuentemente se utilizan las curvas de nivel de los 900 y los 500 m; el río Las Damas sirve de límite en el sector de Puerto Escondido; también se utiliza la curva de los 100 m a lo largo de un tramo E-O por la vertiente N de la Sierra. Por el E, el límite lo constituyen las curvas de 100 y 300 m, así como el río Arriba; durante un tramo corto se emplea la curva de los 700 m y el límite entre las provincias de Barahona y Pedernales. Por el S, el límite sigue la curva de los 1300, 500, 300, 200 y los 220 m, así como la carretera Cabo Rojo-El Aceitillar. Por el O el límite coincide con la frontera Domínico-Haitiana.

Todos los ecosistemas inscritos en esta delimitación son de alto valor ambiental. Quedan protegidos así los pinares y bosques higrófilos, ombrófilos, mesófilos y tropófilos, que ocupan la mayor parte del Bahoruco Occidental hacia el N, S y E. También se inscriben en esta delimitación unidades singulares como el Hoyo de Pelempito, la Loma del Toro, el yacimiento de bauxita de El Aceitillar, los poljes del Alto Bahoruco Occidental y la Loma del Toro, escarpes importantes para el anidamiento de aves amenazadas (como el diablofín), morfologías kársticas al N de Aguas Negras, La Altagracia y Los Arroyos, entre otros sectores.

Una debilidad para la aplicación de esta delimitación ha sido su escasa implantación en campo. No existen bornes que permitan a los agricultores, ganaderos y público en general, identificar el límite del Parque.

Otra debilidad es la imposibilidad de plasmar, cartográficamente, estos límites. Aproximadamente 20 errores u omisiones cartográficas y de redacción (3 de ellos graves) impiden cerrar un polígono consistente para el Parque. Hay errores que impiden dar solución de continuidad al límite propuesto. Se advierte en este análisis la necesidad de que la Subsecretaría de Áreas Protegidas y Biodiversidad presente una propuesta cartográfica viable.

A tal efecto, para delimitar el PNSB ha sido necesario interpretar con criterio conservador y tomar decisiones inexactas sobre los límites contenidos en el articulado de la Ley, lo cual es igualmente impreciso, pero al menos aceptable. La interpretación realizada es, en todos los casos, muy "benévola" y "consecuente" con los ecosistemas que se intentan proteger en el Bahoruco Occidental. Es además una delimitación de

“muy alta precisión”, dado que se ha colocado en el SIG un nodo por cada 5 metros (en total, 48192 nodos). Se asume que puede existir un error medio de no más de  $\pm 5$  m. A continuación se presenta, en modo cursiva y “entre comillas”, el texto de la Ley 202-04 (Artículo 37, inciso 16). En subrayado, las notas sobre errores u omisiones y la interpretación final adoptada en este documento:

*“Sierra de Bahoruco, cuyos límites y superficie se describen a continuación: se toma como punto de partida el Puesto Militar de El Aguacate en la frontera dominico-haitiana...”*

Este no es un punto exacto, porque la frontera podría ser tocada en muchos puntos que podrían considerarse como referencias válidas de “Puesto Militar de El Aguacate”. Es preferible indicar un punto con coordenadas específicas como referencia de partida. En la interpretación se ha asumido el punto más próximo al Puesto Militar sobre la línea de frontera.

*“...y se desciende por la carretera que viene de Puerto Escondido por la cota topográfica de los 900 metros, la cual se toma como límite hacia el Este hasta la cañada de Pedro Bello...”*

En este punto deberían indicarse las coordenadas del cruce entre la cañada de Pedro Bello y la curva de nivel de 900 m. La interpretación asumida en la presente tesis ha prescindido de este dato, aunque para fines cartográficos debió colocarse.

*“...por la cual se desciende a la cota de los 500 metros, la cual se sigue en la misma dirección, cruzando la cañada Las Cuabas hasta descender al río Las Damas, dos kilómetros al Este de Puerto Escondido...”*

No es posible establecer el punto hasta donde debe seguirse la curva de 500 m. Esta inexactitud se fundamenta en el hecho de que “2 km al Este de Puerto Escondido” pueden ser una infinidad de puntos, dado que “Puerto Escondido” no tiene un único punto de referencia. Aun cuando se asumiera que Puerto Escondido está en unas coordenadas específicas, no existe ningún punto al Este de Puerto Escondido en el que se intercepten la curva de 500 m y el río Las Damas. La interpretación realizada asumió un límite del PNSB que excluye los sectores cultivados del polje de Puerto Escondido, por lo que se ha asumido el cruce entre la cañada más oriental (sin nombre) de la depresión y la curva 500 m.

*“...luego se toma este río como límite hasta la hidroeléctrica Las Damas...”*

Debería indicarse el punto con coordenadas donde se produce esta intersección entre el río y la curva 100

*“...de donde los límites se dirigen hacia el Este, ascendiendo a la cota de los 100 metros, la cual se sigue cruzando las cañadas Palmar Dulce y el pie de Monte de los Cerros de Bermesí, y las lomas Derrico, Sangría y del Guano hasta la cañada Los Guanos, por la cual se asciende a la cota 200 metros, la cual se toma como límite hasta el arroyo Colorado, por el cual se asciende hasta la cota de los 300 metros, se sigue por ella hasta el río Arriba...”*

Esta parte del texto está casi del todo bien, salvo la última referencia, donde al igual que en el caso anterior, debieron indicarse las coordenadas del punto de intersección entre curva 300 y el río Arriba.

*“...el cual se toma como límite en dirección hacia el Sur hasta su nacimiento en la loma Los Arroyos Arriba, llegando luego hasta el firme (1,223 metros sobre el nivel del mar)...”*

No se sabe con certeza en esta redacción cuál cauce remontar, ni tampoco se indica cuál es el nacimiento del río mediante un punto de coordenadas UTM. Esta omisión es grave porque el río Arriba tiene muchos colectores que podrían considerarse como su “nacimiento”. La solución sería utilizar elementos no hidrográficos, porque entonces queda sujeto a la libre

consideración del interpretador cuál cauce remontar. Además, el punto de cota fija (1223 m) empleado como la “cabecera del nacimiento” debió expresarse también mediante coordenadas UTM. Tampoco es posible seguir el cauce de un río hasta llegar a una zona llana de cota fija, porque en la medida que se asciende la incisión del cauce se hace imperceptible. La interpretación elegida en esta tesis ha sido remontar el cauce que baja desde la loma cuya cota máxima son 1223 m, haciendo una libre elección del mismo y trazando arbitrariamente una línea para conectar el cauce con dicho punto de cota fija. Este es uno de los errores más graves de la redacción.

*“...para pasar en línea recta hacia el Alto de las Dos Palmas (961 metros sobre el nivel del mar) y de aquí hasta La Hoya de El Tunal, la cual se bordea por el Sureste hasta ascender a la cota 800 metros en la loma de Mateo...”*

No se indica cómo conectar el Alto de las Dos Palmas con la “Hoya de El Tunal”, porque la redacción sólo especifica “por el Sureste”, dejando la interpretación a infinitas rutas. Tampoco es posible determinar hasta qué coordenadas específicas llevar el límite en la curva de los 800 m, porque existen infinitos puntos sobre ella. Tampoco se indica si la conexión entre Alto de las Dos Palmas y la Loma de Mateo se resuelve, por ejemplo, mediante una línea recta. Para la interpretación asumida en este PM la conexión entre ambas lomas se materializó en la línea recta de menor longitud que conectaba a la cota fija 961 del Alto las dos Palmas con el punto más próximo a la curva 800 m en la Loma de Mateo. Esta omisión supone una interpretación libre que añade un error gravísimo a la delimitación.

*“...luego se sigue esta cota hasta la divisoria interprovincial Pedernales-Barahona para descender por la misma hasta tocar las coordenadas UTM 236650 ME y 1991050 MN...”*

Aquí también existe un error que más bien es una omisión. Cuando se indica “se sigue esta cota hasta” no se especifica en qué dirección seguirla, si Noroeste o Sudeste. En la interpretación asumida se siguió hacia el Noroeste. Otra imprecisión es el empleo de la palabra “descender”, lo cual sugiere que el límite baja en su altura sobre el nivel del mar. Esto es falso porque no existe la posibilidad de “descender” desde la intersección entre la curva de 800 m y la divisoria interprovincial. La interpretación asumida en esta tesis hizo caso omiso de dicho mandato.

Por otra parte, el uso de la divisoria interprovincial es un elemento que añade mucha imprecisión, porque en el propio MTN se indica que la divisoria es “aproximada”. Los límites provinciales que publica ONE (s/f), revelan que la división político-administrativa es variable según los autores. Por lo tanto, si la división interprovincial es variable, entonces los límites del PNSB también lo son. En esta tesis se ha preferido asumir como buena y válida la división que aparece en el MTN, porque de lo contrario el polígono sería irresoluble.

*“...de donde se continúa la delimitación en dirección Sur hasta tocar el camino que comunica a Gran Sabana con Parimón de Gil, se continúa por este último en dirección Suroeste hasta tocar las coordenadas UTM 235450 ME y 1989025 MN la cual coincide con la cota topográfica de los 300 metros sobre el nivel del mar...”*

En esta cita existe otro de los errores de delimitación graves. El punto de coordenadas referido no coincide con la curva de 300 m sino con la de 500 m. Además, el camino no corta esta curva (la de 500) en dicho punto, sino a unos 250 m al S. En este punto se demuestra la inaplicabilidad e irresolubilidad de la redacción, porque permiten establecer límites distintos según distintos enfoques y criterios de interpretación. La delimitación de un área protegida no puede estar sujeta a la libre interpretación, sino que debe basarse en datos técnicos fiables y congruentes.



En esta tesis se ha optado trazar la línea más corta que conecte el punto referido en la cita con el camino Gran Sabana-Parimón Gil.

*“...continuando luego la delimitación en dirección Sureste por la referida cota topográfica [300] hasta tocar la cañada localizada en las coordenadas UTM 236350 ME y 1987300 MN...”*

El punto de coordenadas UTM de esta cita (236350 ME y 1987300 MN) no coincide precisamente con la intersección de una cañada con la curva 300, sino a 35 m al NE de la intersección entre una cañada y la curva 500 m. Este hecho ratifica el comentario de la cita anterior: cuando se ha escrito “curva 300 m” se refiere a la curva de 500 m. A efectos de esta interpretación se ha asumido como bueno y válido dicho supuesto.

La inconsistencia de estos textos obliga a interpretar arbitrariamente los límites del PNSB, tal y como se ha indicado en la cita anterior, tomando la curva de 500 m en lugar de la de 300 m. Sin embargo, esto supone simplemente una aproximación benévola como forma de forzar el texto de la Ley para obtener un polígono perfectamente cerrado.

*“...por la cual se desciende [por la cañada] hasta alcanzar la cota topográfica de los 280 metros, por la cual se continúa la delimitación en dirección Sur hasta tocar las coordenadas UTM 235780 ME y 1987000 MN...”*

No es posible seguir esta cañada hasta la curva 280 m, dado que sólo ha sido dibujada en el MTN hasta 380 m, y en el campo es incluso difícil seguirla por debajo de dicha referencia. Además, el último punto de coordenadas UTM referido (235780 ME y 1987000 MN), cae sobre la curva 480 m. Ocurre igual que en la cita anterior: donde se ha escrito “curva 280 m” se ha querido poner “curva 480 m”. Aquí hay una muestra de otro error que impide delimitar un polígono cerrado y objetivo siguiendo al pie de la letra el contenido de la Ley. A los efectos de esta tesis se asumirá la curva 480 en lugar de la 280 como la solución para obtener un polígono correcto, porque de lo contrario, no sería posible cerrarlo.

*“...de donde se continúa la delimitación en dirección Noroeste en línea recta hasta tocar las coordenadas UTM 235100 ME y 1984300 MN las cuales coinciden con la cota topográfica de los 1,280 metros sobre el nivel del mar...”*

El punto de coordenadas UTM referido se sitúa a unos 20 m al E de la curva 280 m. Por otra parte, dicho punto está situado a varios kilómetros de distancia de la curva 1280, por lo que se interpreta que donde se ha escrito “curva 1280 m” se ha querido poner “curva 280 m”, supuesto que, a efectos de este análisis, se dará como bueno y válido.

*“...por la cual se continúa la delimitación en dirección Noroeste hasta tocar la cañada Bucán Tusina en las coordenadas UTM 226250 ME y 1991050 MN...”*

Este punto coincide con la intersección entre la cañada Bucán Tusina y la curva 200 m. Dado que la delimitación se ha fijado previamente en la curva 280 m, no es posible forzar el perímetro para llevarlo a este punto. Esta inconsistencia hace suponer que la delimitación quiso hacerse coincidir con la curva 200 m, pero tal y como está redactado resulta imposible dibujar el límite por dicho punto. A efectos de esta interpretación, es necesario omitir la referencia a la curva de 200 m, asumiendo que se ha querido poner “curva de 280 m”.

*“...de donde se continúa la delimitación en dirección Noroeste por la referida cañada hasta tocar las coordenadas UTM 226800 ME y 1991350 MN...”*

El punto de coordenadas UTM referido en la cita se sitúa realmente a unos 21 m al Sudeste de la real intersección.

*“...de donde se continúa la delimitación en dirección Oeste en línea recta hasta tocar las coordenadas UTM 226500 ME y 1991900 MN la cual coincide con la cota topográfica de los 300 metros sobre el nivel del mar...”*

En esta cita sólo hay 2 errores leves: 1) la delimitación en realidad se dirige al Noroeste; 2) donde pone “...la cual coincide...” debería escribirse, “...justo en la cota topográfica...”.

*“...por la cual se continúa la delimitación en dirección Noroeste hasta tocar la cañada de Monte Grande en las coordenadas UTM 225800 ME y 1995700 MN de donde se continúa la delimitación en dirección Oeste por la referida cañada hasta tocar la cota topográfica de los 200 metros snm...”*

El punto de coordenadas UTM no coincide con la intersección entre la curva 300 m y la cañada Monte Grande. La posición real de la intersección está a unos 1000 m al Oeste de la referida en la cita. Probablemente se trate de un error tipográfico.

*“...de donde se continúa la delimitación en dirección Noroeste por la referida cota topográfica de los 200 metros snm hasta tocar las coordenadas UTM 221700 ME y 1996300 MN de donde se continúa la delimitación en dirección Norte paralelo a la carretera que comunica a Aceitillar manteniendo una separación de 1250 metros de la misma hasta tocar las coordenadas UTM 220650 ME y 2000000 MN...”*

Ninguno de los puntos de coordenadas UTM referidos en la cita se sitúa a 1250 m al Este de la carretera que conduce a El Aceitillar. A efectos de esta tesis se ha reforzado el criterio “distancia al Este de la carretera” sobre los puntos de coordenadas fijas. Por lo tanto, en el primer caso se ha seguido la curva 200 m hasta alcanzar el punto que sobre ésta se sitúa a 1250 m al E de la referida carretera. En el segundo caso (220650 ME y 2000000 MN), dado que dicho punto está a menos de 1250 m de la carretera, se ha elegido la localización más próxima a éste que conserva la referida distancia.

*“...de donde se continúa la delimitación en dirección Noreste en línea recta hasta tocar las coordenadas UTM 220750 ME y 2000750 MN de donde se continúa la delimitación en dirección Noreste en línea recta hasta tocar la cota topográfica de los 400 metros para seguir por ella hacia el Noroeste hasta la carretera Aceitillar-Cabo Rojo. De este punto se pasa en línea recta hacia el Norte hasta la cota de 1300 metros, la cual se toma como límite de dirección Noroeste, cubriendo completamente el bosque nublado de Las Abejas y pasando al Norte de Aguas Negras y La Altagracia, hasta la frontera dominico-haitiana, la cual se sigue hacia el Norte hasta el punto de partida, el Puesto Militar de El Aguacate.”*

La dirección por la que continúa la delimitación al comienzo de la cita es errónea. Donde pone “dirección Noreste” debe escribirse “dirección Noroeste”. El resto de la cita no tiene errores.

### **Delimitaciones anteriores**

La delimitación actual del PNSB es el resultado de esfuerzos iniciados en 1983, cuando fue creado por primera vez mediante el decreto 1315-83. A continuación se reseña, brevemente, la síntesis cronológica del proceso de creación, delimitación y redelimitación del PNSB.

El 11 de agosto de 1983, el Presidente Salvador Jorge Blanco promulgó el decreto 1315-83, mediante el cual se crearon el PNSB (Artículo 1, Inciso c) y otras áreas protegidas. La Ley 67-74, que creó a la Dirección Nacional de Parques, facultaba al Presidente de la República a delimitar espacios bajo varias categorías de protección, básicamente reservas científicas y parques nacionales. En el referido decreto únicamente se mencionaban algunos sectores del Bahoruco Occidental que deberían formar parte de dicho Parque Nacional (Laguna Limón, Puerto Escondi-

do, Hoyo de Pelempito, El Aguacate). No se mencionaban otros igualmente importantes, como Los Arroyos, Aguas Negras, La Altagracia, Las Abejas, etc. Además el Poder Ejecutivo se otorgaba un plazo de 6 meses para la presentación de unos límites específicos.

Tres años más tarde, el 26 de febrero de 1986 el Presidente Salvador Jorge Blanco promulga el decreto 155-86, en el cual se delimitaba por pri-

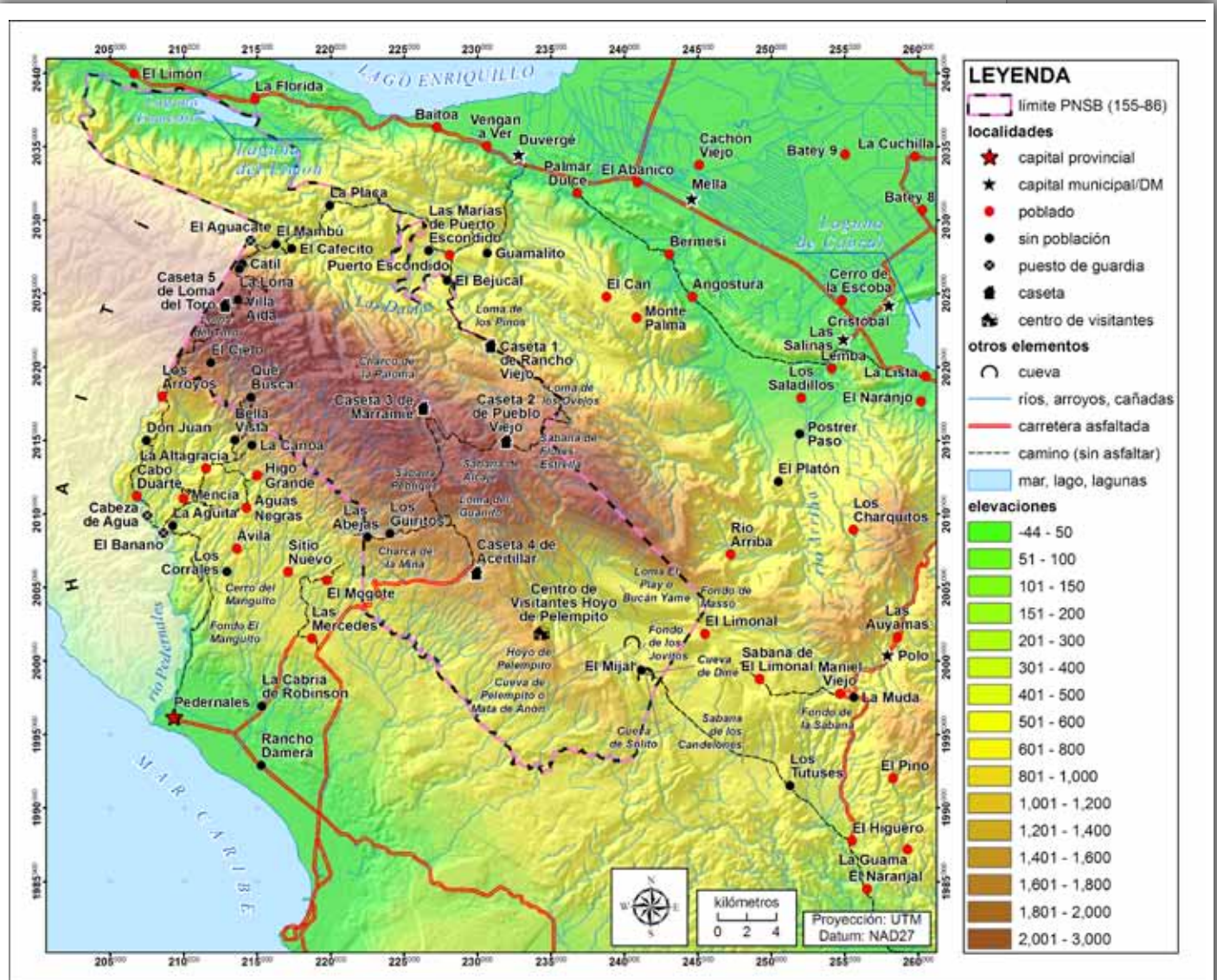


Figura 3-17. Límites del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, según decreto 155-86. Estos límites fueron ratificados posteriormente por el decreto 319-97 (Interpretación propia)

mera vez un área de aproximadamente 600 km<sup>2</sup>, mediante coordenadas geográficas del sistema sexagesimal (grados, minutos y segundos), sin que se indicara el Datum utilizado (Figura 3-17). Para delimitar este polígono se emplearon además cotas topográficas y curvas de nivel, cañadas y, ocasionalmente, caminos y carreteras. Esta delimitación no se implantó en el terreno ni se divulgó adecuadamente, por lo que la población nunca conoció dichos límites.

**Tabla 3-6. Tabla-resumen cronológica de la creación y delimitación del Parque Nacional Sierra de Bahoruco (Elaboración propia, 2004)**

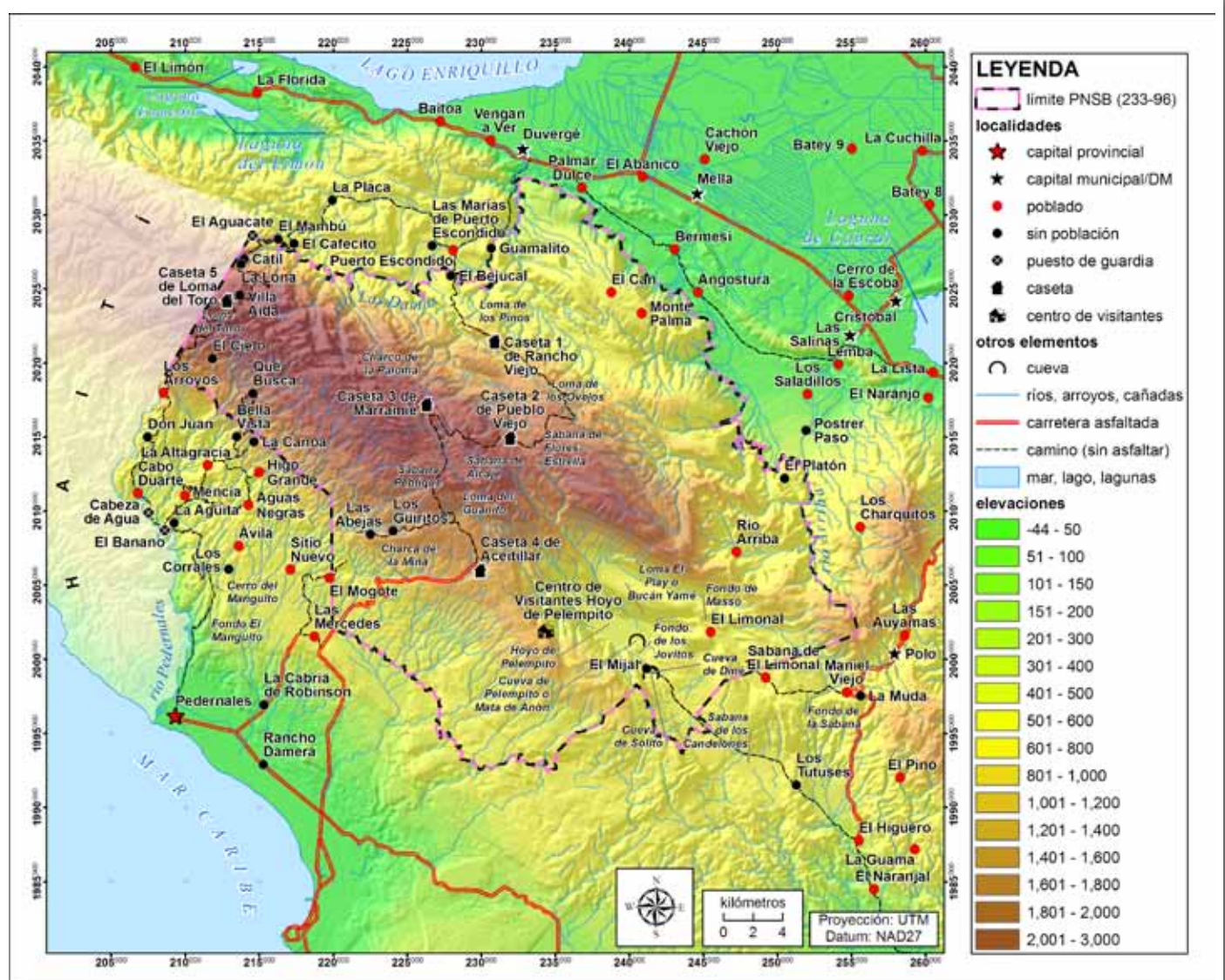
Fecha	Tipo	Número	Descripción general
11/08/1983	Decreto	1315-83	Crea el PNSB, sin límites, indicando "áreas" que deberían incorporarse al mismo en una delimitación posterior.
26/02/1986	Decreto	155-86	Delimita cartográficamente por primera vez el Parque. La superficie alcanza los 600 km <sup>2</sup> , incluyendo básicamente bosques del Alto Bahoruco Occidental y la Laguna del Limón. Los límites no se implantan en el terreno.
3/07/1996	Decreto	233-96	Redelimita cartográficamente el Parque. Se establece un área de amortiguamiento de 300 metros contados a partir del límite del Parque hacia fuera de éste. Se amplía la superficie a 1022.64 km <sup>2</sup> .
22/07/1997	Decreto	319-97	Restablece los límites del Decreto 155-86.
10/09/1997	Decreto	394-97	Deja en suspenso los límites del PNSB.
18/08/2000	Ley	64-00	Restablece los límites del Decreto 233-96 de forma transitoria hasta tanto se aprobara una Ley Sectorial de AAPP.
30/07/04	Ley	202-04	Redelimita el Parque extendiendo sus límites hacia el Sur.

El PNSB mantuvo dicha delimitación, hasta que en julio de 1996 el Presidente Joaquín Balaguer promulga el decreto 223-96, el cual lo redelimitaba (Figura 3-18). En este caso se emplearon como límites cotas topográficas, curvas de nivel, arroyos y algunas carreteras. El área redelimitada difería bastante de la vigente hasta entonces, alcanzando una superficie de 1022.64 km<sup>2</sup> y un perímetro de unos 233.1 km.

Además se creaba un área de amortiguamiento periférica, que rodeaba al límite mediante una banda de 300 metros de grosor. En ningún caso se demarcaron los límites en campo, ni tampoco fueron dados a conocer al público y los usuarios.

En términos concretos, con el decreto 233-96 se ampliaron los límites en todas las direcciones (la superficie se duplicó). Por el N se incluyeron nuevos sectores, como los escarpes que descienden desde Monte Palma hacia la depresión de Angostura-Los Saladillos; también se protegieron las depresiones de Río Arriba y El Tunal, así como una amplia extensión de bosque mesófilo en la vertiente S de la Sierra. Este nuevo polígono excluyó la Laguna de Limón (que fue transferida al Parque Nacional Lago Enriquillo), y las Lomas de Juan Ciprián y de Los Charcos. Aunque el PNSB y el conjunto del sistema de áreas protegidas ganaron con este decreto, el hermetismo con el que se elaboró provocó rechazo de parte de sectores no conservacionistas, tanto en el ámbito local como nacional.

Esta delimitación no estuvo exenta de errores cartográficos. Los problemas encontrados se resumen en la siguiente relación:



**Figura 3-18. Límites del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, según decreto 233-96 (interpretación realizada por la Subsecretaría de AAPP y Biodiversidad). Estos límites fueron derogados por el decreto 319-97 y posteriormente ratificados por la 64-00. Estuvieron vigentes hasta julio de 2004**

- Denominación de la loma de la Sequía como "loma la Sangía".
- Uso incorrecto del río Arriba, dado que el límite "remonta" el cauce de esta corriente sin que se indique por cuál de los colectores (error que se repitió en la ley 202-04).
- No se especifica cómo se empalman el Alto de las Dos Palmas, con la curva 800 m en la loma de Mateo, ni tampoco se deja claro cómo "bordear por el sureste" el Hoyo del Tunal" (similar falta se cometió en la ley 202-04).

- Se emplea la “divisoria interprovincial” como límite. Es bien sabido que esta delimitación, tal y como se recoge en el MTN, es aproximada.

En general, esta delimitación tenía menos vicios que la actual, pero en algunos puntos es igualmente irresoluble. Por otra parte, la delimitación de la ZA carecía de aplicabilidad, dado que resulta imposible identificar tal límite en campo.

Un año después, el 22 de Julio de 1997, el Presidente Leonel Fernández promulga el Decreto 319-97. Mediante esta pieza el PNSB vuelve a los límites contenidos en el Decreto 155-86. De esta manera se dejaron sin protección importantes áreas de la Sierra.

A partir de la promulgación de este Decreto, unos meses después, sectores conservacionistas del país motivaron que el Presidente Leonel Fernández lo dejara “en suspenso” mediante el Decreto 394-97. En el mismo, se encargaba a una comisión la revisión de los límites de todo el sistema nacional de áreas protegidas. Temporalmente, entre 1997 y 2000 las áreas protegidas, entre ellas el PNSB, quedaron en un limbo jurídico.

Esta situación quedó resuelta mediante la promulgación, por parte del Presidente Hipólito Mejía, de la Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00) de 18 de Agosto de 2000. En su Artículo 34 (transitorio) el PNSB recuperaba los límites contenidos en el Decreto 233-96, con lo que se restableció la protección a las depresiones de Río Arriba, El Tunal, algunas vertientes del Norte de la Sierra, entre otros sectores.

Los límites del PNSB se mantuvieron como tal hasta la aprobación de la Ley Sectorial de Áreas Protegidas el pasado 30 de julio de 2004. El Inciso 16 del Artículo 37 amplió los límites hacia el Sur, como se ha indicado en párrafos anteriores. No se delimitó una zona de amortiguamiento.

## Demografía

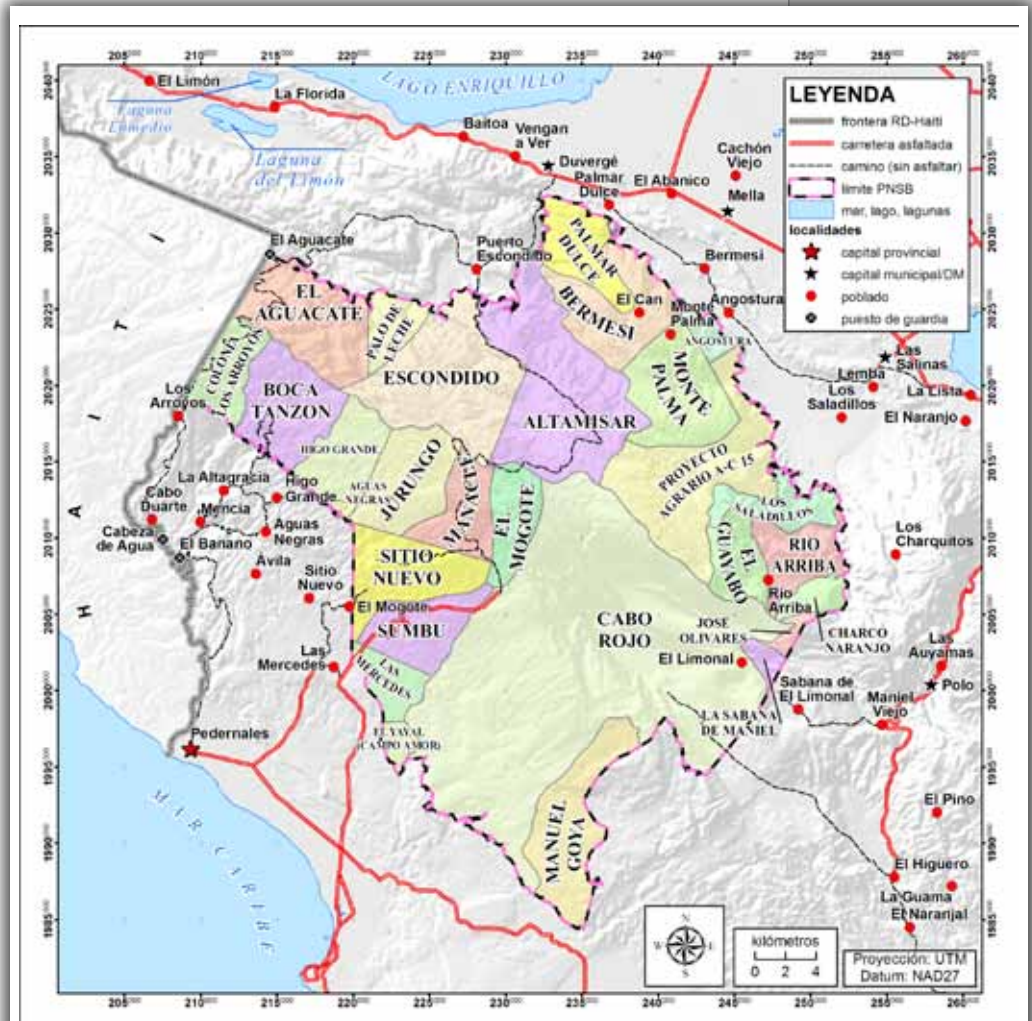
### **El problema de la unidad “paraje” y la posición de los asentamientos respecto del PNSB**

El paraje es una unidad territorial de superficie grande (generalmente de más de 50 km<sup>2</sup>) en relación con los asentamientos que contiene (los más grandes de esta región suelen ocupar menos de 1 km<sup>2</sup>). Por ejemplo, en la provincia Pedernales, el paraje “Cabo Rojo” (de más de 450 km<sup>2</sup>), se extiende desde el muelle homónimo hasta el Hoyo de Pelempito. El único asentamiento con suficiente entidad dentro de este

son las instalaciones de la Ideal Dominicana (actualmente administrada por Cementos Andinos), la cual está fuera del PNSB. Otro ejemplo es el paraje Aguas Negras, cuyo único asentamiento es el pueblo homónimo ubicado fuera del Parque Nacional.

Para obtener el dato preciso de población censada en 2002 dentro del PNSB, hace falta recopilar información específica sobre la localización de los asentamientos, lo cual requiere a su vez interpretación de las fotos aéreas administradas por INDRHI e investigación de campo. De esta forma, se localizarían las viviendas obteniéndose así un mapa confiable de asentamientos. Cruzando esto con los datos de ONE se inferiría, con mucha precisión, la población dentro del Parque.

Sin embargo, a falta de dicha información, se requiere emplear un método alternativo. Según ONAPLAN (2005), que utiliza la división administrativa de 2002 de ONE, 33 parajes intersectan al PNSB (Figura 3-19). Sólo 16 tienen comunidades dentro del área protegida, para una población de poco más de 1400 habitantes. De estos, 6 tienen más de 100 habitantes (72% del total), que son: Charco Naranjo, El Mogote, Higo Grande, Manacle, Río Arriba y Sitio Nuevo.



**Figura 3-19. Parajes intersectados por el PNSB. Se han omitido los 5 con menor territorio intersectado, que son: Vengan a Ver, Higüero, Las Tayotas, Puerto Escondido, Colonia Mixta.**

**Tabla 3-7. Datos de los parajes intersectados por el Parque Nacional Sierra de Bahoruco (elaboración propia a partir de ONAPLAN, 2005; ortografía según la fuente)**

nombre	km <sup>2</sup> total	km <sup>2</sup> dentro del PNSB	proporción dentro del PNSB	hab.	¿tiene comunidades dentro del PNSB?
Aguas Negras	23.06	1.66	7.21	338	☒
<b>Altamisar</b>	<b>88.03</b>	<b>85.24</b>	<b>96.83</b>	29	☑
Angostura	20.97	6.24	29.77	362	☒
<b>Bermesí</b>	<b>57.88</b>	<b>37.56</b>	<b>64.90</b>	10	☑
<b>Boca Tanzón</b>	<b>44.95</b>	<b>37.23</b>	<b>82.83</b>	95	☑
<b>Cabo Rojo</b>	<b>469.50</b>	<b>316.76</b>	<b>67.47</b>	10	☑
<b>Charco Naranja</b>	<b>9.13</b>	<b>8.70</b>	<b>95.38</b>	150	☑
Colonia Los Arroyos	43.61	20.94	48.02	234	☒
Colonia Mixta	30.14	0.56	1.85	1165	☒
<b>El Aguacate</b>	<b>97.75</b>	<b>45.58</b>	<b>46.63</b>	68	☑
<b>El Guayabo</b>	<b>18.43</b>	<b>18.43</b>	<b>100.00</b>	44	☑
<b>El Mogote</b>	<b>20.81</b>	<b>20.81</b>	<b>100.00</b>	389	☑
El Yayal (Campo Amor)	45.73	5.54	12.12	12	☒
<b>Escondido</b>	<b>70.66</b>	<b>66.60</b>	<b>94.25</b>	47	☑
<b>Higo Grande</b>	<b>29.00</b>	<b>26.00</b>	<b>89.66</b>	119	☑
Higuero	14.53	0.02	0.17	40	☒
José Olivares	19.24	3.68	19.11	145	☒
<b>Jurungo</b>	<b>33.57</b>	<b>33.57</b>	<b>99.98</b>	10	☑
La Sabana de Maniel	31.94	4.69	14.69	37	☒
Las Mercedes	42.53	13.55	31.87	306	☒
Las Tayotas	12.03	0.11	0.89	87	☒
Los Saladillos	78.96	17.51	22.18	733	☒
<b>Manacle</b>	<b>22.92</b>	<b>22.92</b>	<b>100.00</b>	114	☑
Manuel Goya	474.77	43.88	9.24	740	☒
<b>Monte Palma</b>	<b>41.38</b>	<b>41.38</b>	<b>100.00</b>	30	☑
Palmar Dulce	64.71	23.69	36.61	0	☒
Palo de Leche	70.22	13.61	19.38	304	☒
Proyecto Agrario A-C 15	80.69	67.39	83.51	162	☒
Puerto Escondido	17.89	0.55	3.09	1002	☒
<b>Rio Arriba</b>	<b>23.36</b>	<b>22.62</b>	<b>96.81</b>	138	☑
<b>Sifio Nuevo</b>	<b>47.52</b>	<b>35.31</b>	<b>74.30</b>	107	☑
<b>Sumbú</b>	<b>26.98</b>	<b>26.98</b>	<b>100.00</b>	51	☑
Vengan a Ver	30.72	0.00	0.01	1979	☒
TOTALES	2203.60 (con porción no incluida en el PNSB)	1069.32		9057 habitantes - 1411 dentro del PNSB	33 intersectados 16 con población dentro del PNSB

Esta estimación no está exenta de error, dado que no contabiliza bien la población itinerante que desarrolla temporalmente actividades primarias en el PN. Sin embargo, la cifra concuerda con las observaciones de campo realizadas.



También habría que valorar, en su justa medida, un fenómeno de reciente implantación: el establecimiento de improvisados campamentos de haitianos. En el Parque Nacional se han constatado al menos 2 rutas utilizadas por estos inmigrantes, al N y al S, respectivamente. Generalmente pasan por o se establecen en el PNSB y en su entorno, motivados por las fuentes de empleo que genera la agricultura migratoria de ciclo corto dirigida por dominicanos. Los responsables de esta práctica son los productores dominicanos, que incentivan esta forma de subempleo, afectando además sensiblemente los recursos naturales del Parque.

Los productos que se siembran son de alta demanda, como habichuela, papa, ajo, cebolla, repollo, entre otros, en pisos bioclimáticos por encima de los 800-1000 metros sobre el nivel del mar, primordialmente. Los capataces dominicanos (mayoritariamente residentes en Pedernales, incluso productores de Constanza que se han instalado en distintos puntos del sector más SO de la Sierra) les contratan para realizar las labores agrícolas intensivas en mano de obra, básicamente el "desbroce del monte", lo cual el haitiano resuelve con prácticas de tumba y/o quemas "autorizadas" por el propietario. Ello supone, en el mejor de los casos, la posterior remoción y uso como fuente de energía o para venta/construcción de la madera obtenida. De ello se deriva un nuevo cultivo de subsistencia que el propietario permite al haitiano, con arreglo a un convenio de partición de beneficios. El propietario también fija la condición de que el haitiano, al finalizar el uso de la propiedad, la deje sembrada de pasto mejorado. Este proceso, que puede catalogarse como de "sabanización intensiva", incide negativamente en el estado de conservación de los recursos naturales del PNSB. En el apartado dedicado a la transformación ambiental, se explica cómo esta práctica gana cada vez más terreno a los bosques higrófilo y ombrófilo de los pisos altos del área protegida.

No se sabe con certeza cuánta población haitiana, itinerante o ya establecida hay en el Parque. Se desconoce también el nivel de uso de los recursos naturales por parte de estos nuevos habitantes, pero se advierte que la transformación ambiental del Parque ha sido muy reciente e intensa en los últimos 30 años, y especialmente en los últimos 15.

En las visitas de campo se ha comprobado que existen indicios de un establecimiento formal de la población haitiana en territorio dominicano. En visitas de campo se han observado pequeñas enramadas que los haitianos utilizan como iglesias. Ello implica que sus cultos ya los realizan en el país y, por lo tanto, demuestra un cierto grado de arraigo y establecimiento.

En resumen, se puede afirmar que hay pocas comunidades y población permanente dentro del PNSB. También se advierte que, en el contexto

del sistema nacional de áreas protegidas, Sierra Bahoruco es un Parque Nacional despoblado.

### **Toponimia local**

La toponimia vernácula evidencia un importante patrimonio toponímico. Muchos son heredados de antiguos nombres en *creole*. En el Anexo 1 se puede consultar una relación en orden alfabético recogiendo, en el caso de aquellos en *creole*, la traducción correspondiente que los informantes locales han aportado. Esta es una especificidad de la mayoría de los territorios fronterizos, que han sido ocupados tanto por haitianos como por dominicanos. Por eso conviven topónimos resultado de combinaciones entre *creole* y castellano: Pelempito, Bucán Tanjón o Boca de Tanjón (una derivación del nombre original), Manacle, y otros.

En visitas de campo con informantes locales, se identificaron sitios clave del Parque y su entorno en los que no existe una alta concentración poblacional y que, por lo tanto, no aparecen en la división territorial de ONE. Su compilación en un “nomenclátor” es una tarea pendiente a cargo de los institutos responsables de la cartografía nacional. Algunos de estos topónimos de la provincia Pedernales e Independencia son: Los Mandines, Bucán Brosse, La Ceiba, La Pista, Las Abejas, Sitio Quemado, El 25, Pelempito, Monte Bonito, Macutucá, Marramié, Charco de la Paloma, Sabana de Canote, Pueblo Viejo, Loma del Toro, Los Naranjos, Zapotén, Rabo de Gato, El Rejanal, Palo de Agua, Villa Aida, San Isidro, El Tunal, El Mijal, Bucán Yamé, Guadome, Loma Los Pinos, El Aceitillar, Agua de Juancho. La toponimia referida a los cursos fluviales y a las lomas y montañas es igualmente rica: cañada de Pedro Bello, cañada de Las Cuabas, río Las Damas, río Mulito, río Aguas Negras, cañada Las Abejas, río Pedernales, cañada de Palmar Dulce, loma del Derrico, loma de la Sangría, loma del Guano, cañada Los Guanos, arroyo Colorado, río Arriba, loma Los Arroyos Arriba, loma Alto de las Dos Palmas, loma de Mateo, cañada de Bucán Tusina, cañada de Monte Grande, entre otros.

Resulta de interés realizar visitas de campo con varios prácticos conocedores de la zona, a fin de recopilar, con indicación de las coordenadas, la mayor cantidad de nombres y evitar así su desaparición.

**CAPÍTULO IV.  
ESTADO DE LA  
CUESTIÓN**



## **El dominio tropical y la tropicalidad en El Caribe**

La "tropicalidad" es un adjetivo sustantivado que hace referencia a un fenómeno singular, de componente predominantemente astronómico, que tiene distintas repercusiones sobre los procesos de la superficie terrestre. La inclinación actual del eje de la Tierra, de  $23^{\circ}26'47''$  respecto de la normal al plano de la eclíptica, condiciona la repartición anual de la incidencia perpendicular de la radiación solar en una franja de poco menos de  $47^{\circ}$  de anchura centrada en el Ecuador. Muchos autores la denominan zona intertropical. En términos cartográficos y geodésicos, sus límites exactos son los paralelos de  $23^{\circ}26'47''$  N y S, que reciben los nombres de Trópicos de Cáncer y Capricornio respectivamente. La zona intertropical ocupa el 40% de la superficie del globo (Demangeot, 1999).

Desde el punto de vista astrofísico los Trópicos suponen los paralelos más septentrional y meridional donde los rayos del Sol inciden perpendicularmente durante los solsticios de verano de los Hemisferios Norte y Sur, los días 21 de los meses de junio y diciembre respectivamente, fechas en las que, por lo demás, la duración del día es máxima en cada caso.

**Etimológicamente**, tropical proviene de la **raíz griega "trépô"**, que significa "**dar la vuelta hacia**" o "**desviarse hacia**". Esto guarda una relación perfecta con su significado astronómico: los Trópicos son las líneas imaginarias más septentrional y meridional donde la posición cenital del sol "**se desvía y comienza un recorrido contrario**" durante los solsticios en cada uno de los hemisferios.

Desde antes incluso de nuestra era, se ha podido medir y establecer con precisión la "tropicalidad" en términos astronómicos, con sólo observar a lo largo de un año el ángulo de incidencia de los rayos solares o la escasa variabilidad estacional de la duración del día y la noche. Ambas características astronómicas son, si se quiere, fijas (obviando por el momento las variaciones durante el Cuaternario), pero sus repercusiones climáticas, morfogenéticas y biogeográficas son más complejas y menos homogéneas en las representaciones cartográficas.

El adjetivo "tropical" es de uso generalizado y abarca **aplicaciones y acepciones numerosas**. Una de ellas, en geodesia, como ya se ha introducido, es la de **zonación astronómica**. Lo tropical delimita el ámbito geográfico comprendido entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (Cámara, 1997). Astronómicamente esta delimitación es válida, pero no resulta suficiente para explicar condiciones tropicales en ámbitos "extratropicales" y viceversa. Para ello, la geografía física recurre a explicaciones que buscan caracterizar climáticamente estos ámbitos con in-

dependencia de su inscripción en la zona intertropical astronómica. Así, por ejemplo, se habla de clima tropical con estacionalidad contrastada, clima ecuatorial, etcétera, aun cuando estas condiciones se producen al N y S de los trópicos de Cáncer y Capricornio, respectivamente.

Los parámetros climáticos de lo verdaderamente tropical exceden o están ausentes dentro de la zona intertropical "astronómica". Las formaciones vegetales tropicales incursionan fuera de la zona intertropical e, incluso, aun dentro de ésta pueden no presentarse. Igualmente, los procesos morfogenéticos típicos de la zona intertropical transgreden hacia latitudes templadas. Sin embargo, la climatología, la biogeografía y la geomorfología se han ocupado de establecer unos parámetros generalmente aceptados para caracterizar la tropicalidad. La integración de estas tres disciplinas en la superficie terrestre es objeto propio de estudio de la geografía física tropical. Cámara (1997) hace una revisión detallada sobre diversos autores en geografía física que han delimitado la singularidad de la tropicalidad desde estas tres disciplinas. En la presente tesis se han sintetizado y ampliado estos aportes.

Algunos autores matizan la problemática de lo tropical y la zona intertropical. Basándose en la zonación astronómica, Demangeot (1976) define el término **zona intertropical** como aquella **comprendida entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio**, pero no así lo tropical. Esta **definición** de zona intertropical es **cómoda**, pues no supone ningún planteamiento contradictorio: dos paralelos, llamados trópicos, y la zona comprendida entre ellos, es decir, "entre los trópicos", se denomina "intertropical". **Pero la zona intertropical no es igualable a lo tropical.**

El dominio tropical requiere matices; es más complejo que el simple hecho astronómico, porque actúan muchos otros factores. Por ejemplo resulta imposible designar con un mismo adjetivo un desierto como el Sahara meridional y las regiones húmedas del Golfo de Guinea, aun cuando ambas se inscriben en la denominada zona intertropical estricta. Esta diferenciación entre la zona intertropical y lo tropical, bastante útil y poco generalizada, es adoptada en la presente tesis.

Para algunos autores franceses, sin embargo, es tropical aquel espacio cálido todo el año y que a la vez es húmedo al menos una parte del año. Relacionándolo con la actividad humana, en especial, la agricultura, Gourou diría (en Demangeot, 1976): "las regiones tropicales son aquellas localizadas donde llueve lo suficiente como para permitir la agricultura sin riego".

Según Petit (1990), la tropicalidad se expresa también por algunos **complejos "bio-morfo-climáticos"** que responden al encadenamiento

“clima-vegetación-alteración-pedogénesis-erosión-modelado” de vertientes-relieves y paisajes. Todas estas variables juntas en estricta interrelación definen la noción de balance hídrico del suelo excedentario o deficitario, dependiendo de si las necesidades de las plantas son o no cubiertas.

Maire y otros (1994) aportan más elementos para la definición y la caracterización zonal de la tropicalidad. Admiten que no se puede negar la marcada especificidad de las regiones tropicales, pero reconoce también que **al interior de las mismas es criticable la zonalidad** debido, en gran parte, a la fuerte **domesticación de los paisajes por parte del ser humano**. La especificidad se constata en el dominio vegetal (alta biodiversidad), en los recursos hídricos y pedológicos, en la débil estacionalidad térmica del trópico húmedo, pero también en la diversidad étnica. En cuanto a la domesticación, cita como ejemplos los usos de cereales en Asia o la gestión de las legumbres en América. En todo caso, la tropicalidad está muy condicionada por la historia de los seres humanos que han habitado estas regiones.

### **La tropicalidad climática**

Los parámetros climáticos de la tropicalidad son singulares respecto de los medios templados. Se considera una temperatura media anual superior de 27°C para la tropicalidad climática (Miller, 1982). Excluyendo los desiertos, la mayoría en latitudes extratropicales y otros ambientes muy continentalizados, la temperatura media de los meses más cálidos del globo se registra en el dominio tropical, la cual es siempre superior a 25°C (Miller, 1982; Pagny, 1982).



**Figura 4-1. Lluvia monzónica tropical, en los manglares de Chiriquí, Panamá (R. Cámara, 2002)**

**Köppen y Geiger** (1930), en su clasificación empírica, revisada más tarde por Geiger y Pohl en 1953 (denominada "clasificación Köppen-Geiger-Pohl"), **caracterizan el clima tropical como aquel en el que el promedio de las temperaturas para cada mes es superior a 18°C.** Añaden que **no se presenta estación invernal y su pluviosidad anual es alta y excede la evaporación a lo largo del mismo período.** Destacan la escasa amplitud térmica intra-anual (5°C, excepcionalmente de 10°C).



Según **Petit** (1990), son de climas tropicales las **regiones donde la temperatura media mensual permanece por encima de los 15°C**

**Figura 4-2. Mar de nubes de la vertiente pacífica del volcán Barú, Panamá. El viento monzónico altamente cargado de humedad durante la estación húmeda, es obligado a subir por esta vertiente, el cual se enfría adiabáticamente, se satura y se "apiña" contra la vertiente (R. Cámara, 2002)**

(Gausson en Petit, 1990) y que, **fuera de toda influencia altitudinal, no se conocen las heladas.** También remarca la **importancia del binomio calor-humedad como una imposición relevante.** La lluvia marca la estacionalidad en esta zona (es habitual ver desde el aire el "mar de nubes, Figura 4-2), aunque es muy variable dentro del conjunto (Figura 4-1). Estudios recientes remarcan un singular patrón bimodal de precipitaciones para el Caribe (Gamble y Curtis, 2008).

En la clasificación de Köppen y Geiger (1930) adaptada por Cámara (1997), se distinguen **varios medios tropicales, dos de los cuales presentan diferentes rasgos pluviométricos: 1) siempre húmedo y 2) húmedo de estacionalidad contrastada.** El primero es el estereotipo de lo tropical, caracterizado por una precipitación anual superior a los 1,300 mm, generalmente, de origen convectivo; en el segundo sólo se acumulan anualmente entre 500 y 1,300 mm, con contraste estacional entre períodos de alta intensidad de precipitación y aridez (Martínez Batlle, 2002). En el último caso los fenómenos de precipitación extrema son provocados por la inestabilidad del aire cálido y húmedo que entra en contacto



con bolsas de aire frío en altura traídas por vaguadas, parecidos a los fenómenos de gota fría del levante español (Figura 4-4).

**Cuadrat y Pita (1997) caracterizan el clima tropical indicando que las temperaturas son altas y homogéneas a lo largo del año**, reflejo de los balances positivos de energía de las bajas latitudes. **Por lo tanto, los límites del mundo tropical son totalmente convencionales y en la práctica es imposible fijarlos con exactitud**, pero es evidente que sus condiciones climáticas son muy distintas a las existentes en las latitudes medias y altas.

**Biro (1962) destaca como rasgo característico del dominio tropical el alto contenido acuoso del suelo, aunque casi todos los meses la evapotranspiración**

**real iguala a la evapotranspiración potencial (1200 mm por año)**. Esto se explica por las grandes cantidades de lluvia que se registran en muchos lugares de la zona tropical. Si las precipitaciones mensuales caen por debajo de 100 mm las reservas del suelo comienzan a agotarse, pero la cubierta vegetal no padece si esta situación no se prolonga por más de dos meses consecutivos. Un manto freático permeante baña la base del suelo, el cual es de varios metros de espesor habitualmente.

**Strahler (1997)**, en su clasificación basada en masas de aire y frentes, **cataloga los climas tropicales como “climas de bajas latitudes”** (Grupo I), **donde se sitúan las “regiones manantiales” de las masas de aire tropicales y la zona de convergencia intertropical (ZCIT)**. Los climas de este grupo están bajo el **control que ejercen las células de altas presiones subtropicales**, o anticiclones, además de que están **divididas por la región depresionaria ecuatorial** de convergencia de vientos que proceden de los centros anticiclónicos. Aunque el aire de origen polar invade ocasionalmente las zonas tropicales y nunca las ecuatoriales, los climas



Figura 4-3. Nubes cúmulo-nimbos sobre la Sierra de Neyba (al fondo), desde el camino que comunica a Duvergé y Puerto Escondido, República Dominicana (JRMB, 29/07/2004)

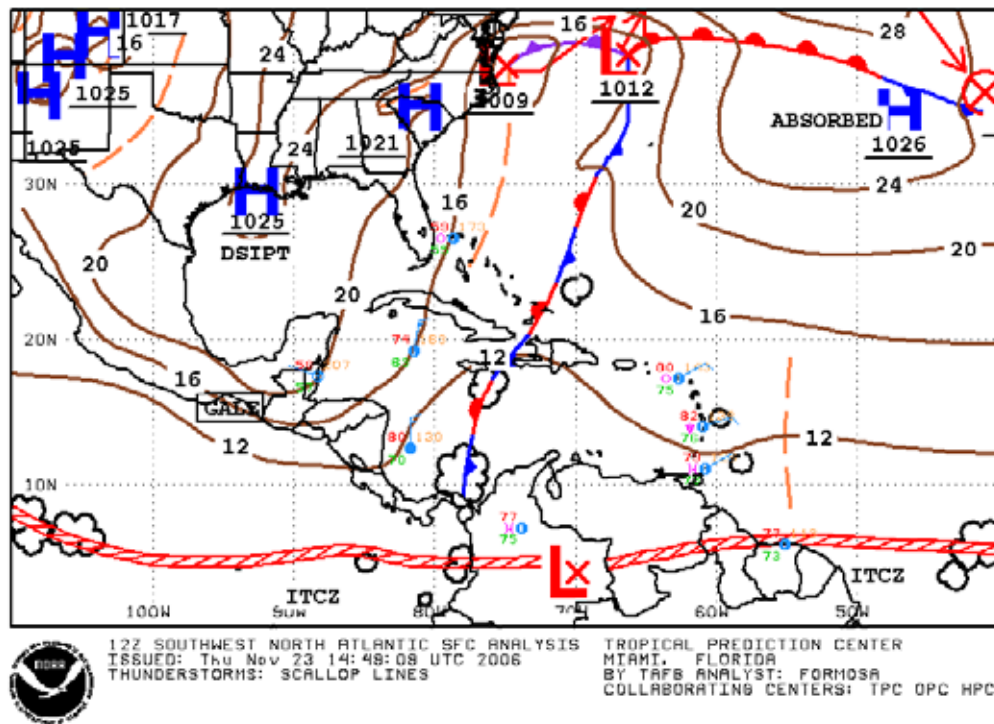
de este grupo están casi totalmente dominados por las masas de aire tropical y ecuatorial.

El dominio tropical es la única zona de la Tierra donde se desarrollan

nubes cúmulo-nimbos de hasta 15000 m de altura (Figura 4-3). Es habitual también el régimen monzónico (Figura 4-1), especialmente en la costa septentrional del Océano Índico y en la Pacífico de América Central (Panamá y Costa Rica básicamente).

Por otra parte, las Antillas Mayores, especialmente Cuba y RD, e incluso parte del Caribe Continental, son barridas anualmente de O a E por frentes fríos que hacen descender sensiblemente la temperatura mínima diaria, especialmente en las costas occidentales. Provocan también, en combinación con ondas tropicales o aire cálido en las capas bajas de la atmósfera, fenómenos hidrometeorológicos que concentran incluso más precipitación que los propios huracanes.

La onda tropical u onda del Este (Cua-



**Figura 4-4.** Arriba: mapa de superficie del 23/11/06, enfocado en El Caribe. Un frente actúa sobre Panamá, el cual, combinado con aire cálido en las capas bajas, produjo intensidades de precipitación de más de 700 mm/24 h (Fuente: NHC, 2006) Abajo: fotografía aérea de la Guásimo, cuenca del río Miguel de la Borda, Panamá, durante las inundaciones de noviembre de 2006 (foto cortesía de SINAPROC).

drat y Pita, 1997) es otro fenómeno típico del dominio tropical, que consiste en una curvatura de las isobaras que hace agolpar el viento alisio del E, obligándolo a subir y enfriarse adiabáticamente, con lo que precipita la humedad al alcanzar el punto de saturación.

Uno de los fenómenos atmosféricos más singulares y llamativos del dominio tropical es el ciclón tropical. **Se trata de un sistema depresionario que se caracteriza fundamentalmente por fuertes vientos y abundantes precipitaciones (Cotton, 1999).** Los daños provocados por tales vientos son aproximadamente proporcionales al cuadrado de su velocidad. Por tanto, un leve aumento de la velocidad puede dar lugar a un significativo incremento de los daños.

Existen tres tipos de ciclones tropicales según la velocidad de sus vientos máximos sostenidos: depresión tropical con hasta 63 km/h inclusive, tormenta tropical entre 64 y 118 km/h y huracán con 119 km/h o más. El huracán es el más dañino de los tres por sus vientos más veloces (Figura 4-5).

La temporada de ciclones tropicales (o temporada ciclónica) varía según el océano donde se forman éstos. En ambos océanos, Pacífico Oriental y Atlántico, la temporada termina el 30 de noviembre. La diferencia radica en la fecha de inicio, que en el primero es 15 de mayo, mientras que en el segundo es 1 de junio.

Las **depresiones tropicales son nombradas con números**, mientras que las **tormentas tropicales y los huracanes reciben nombres propios**. Antes de 1953, estos se designaban según el santoral, con lo que un mismo ciclón podía tener varios nombres según la fecha de impacto en distintos países. Entre 1953 y 1978 se utilizaban sólo nombres



**Figura 4-5. Daños provocados por el huracán Emily, de julio de 2005, en Soto de la Marina, Estado de Tamaulipas, México (JPC, 2005)**

de mujeres para designarlos. A partir de 1979 se alternan nombres de ambos géneros.

**El giro es una propiedad de los ciclones, especialmente de las tormentas y los huracanes.** En el Hemisferio Norte giran en sentido antihorario y a la inversa en el S (Figura 4-6).

Se producen en casi toda la zona intertropical, al N del paralelo 10° N y al S del paralelo 10° S (Figura 4-7). Hasta 1991 no se conocía de la existencia de ciclones en el Atlántico meridional, pero una tormenta tropical azotó Angola el 10 de abril de ese año y, el 18 de enero de 2004, un huracán categoría II, nombrado "Catarina", afectó a Brasil (Figura 4-6).

En la **ciclogénesis típica** la formación de un huracán habitualmente se desarrolla según **los siguientes estadios**, relacionados a continuación en orden secuencial:



**Figura 4-6.** Imagen de satélite del huracán Catarina (Brasil), con giro horario, propio estos sistemas en el hemisferio S, con ojo perfectamente definido (Fuente: NASA y JPL, última consulta: 2009)

- **Tormenta Eléctrica.** Los huracanes inician en un área de tormentas eléctricas o disturbios tropicales. Estas tormentas eléctricas se forman comúnmente en cualquiera de las siguientes situaciones: en el área de inestabilidad de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), desplazada generalmente al N durante la temporada ciclónica; como consecuencia de la actividad convectiva de ondas tropicales u ondas del este; debido a la inestabilidad generada por frentes fríos en el Golfo de México, en la fase más tardía de la temporada
- **Depresión Tropical.** Tan pronto un grupo de tormentas eléctricas se ha unido bajo las condiciones atmosféricas propias de la ciclogénesis por tiempo suficiente, éstas pueden organizarse y convertirse en una depresión tropical. En ella los vientos giran alrededor de un centro de forma sostenida entre 20 y 34 nudos (37 y 63 km/h)
- **Tormenta Tropical.** Si las condiciones ciclogénéticas son favorables, la depresión tropical se intensifica. Si sus vientos alcanzan o supe-

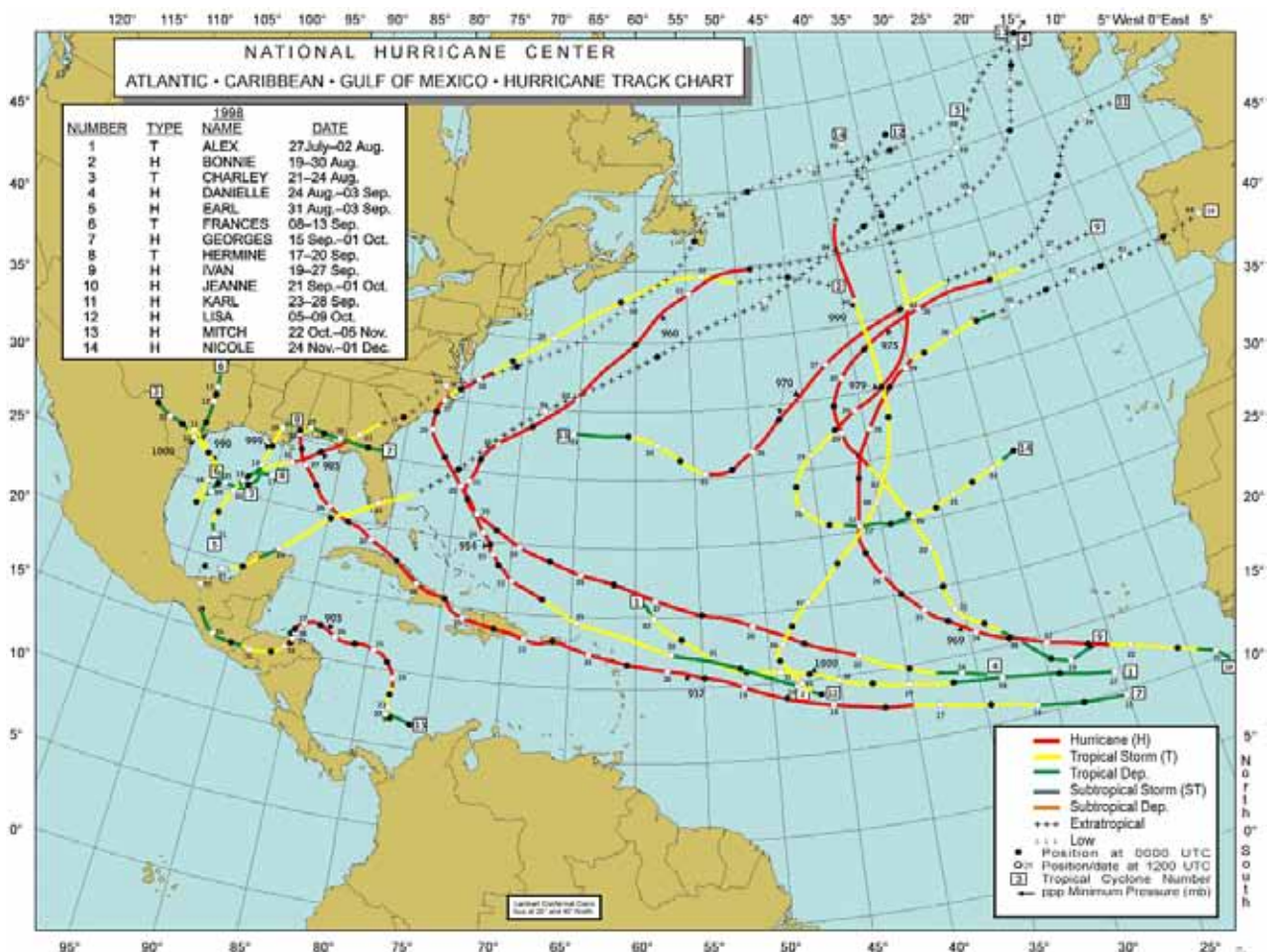


Figura 4-7. Depresiones y tormentas tropicales, huracanes, depresiones y tormentas subtropicales, sistemas extratropicales, y bajas presiones registradas en 1998 (Fuente: NHC, última consulta: diciembre 2009)

ran los 64 km/h, y son iguales o inferiores a 118 km/h, se convierte en una tormenta tropical

- **Huracán.** En la medida en que la presión continúa cayendo, una tormenta tropical se convierte en huracán cuando la velocidad de sus vientos sostenidos alcanza o supera los 119 km/h. Los huracanes son los ciclones tropicales más grandes. Una característica que los distingue del resto, según la mayoría de autores, es la existencia de un punto oscuro que se localiza en el centro del sistema. A este elemento del huracán se le llama "ojo". Sin embargo, se ha comprobado que no todos los huracanes lo desarrollan y, ocasionalmente, las tormentas también pueden generarlo o "sostenerlo".

**Huracán** es una palabra de origen taíno, usada por los indígenas de esta etnia para significar "la furia de los dioses". En otros lugares se alude a ellos como con nombres diversos; así por ejemplo, **willy-willy** (Norte de Australia); **tifón** y **baguío** en el Pacífico NO (costas de China y el archipiélago japonés); o **ciclones** en el Océano Índico (la India, Madagascar y África Meridional).

**Los ciclones tropicales son sistemas meteorológicos que desatan instantáneamente mucha actividad morfogenética:** el medio litoral, los ríos, las laderas, el karst, la montaña experimentan importantes transformaciones al paso de este tipo de fenómenos.

En base a sus propiedades climáticas, se alude a los ciclones como **borrascas térmicas tropicales**, que se diferencian de las borrascas del dominio templado en que:

- **La mayor parte se forma a finales del verano y principios del otoño.**
- **Siempre aparecen en latitudes tropicales**, muy cercanas a la zona ecuatorial. Un 65% de los huracanes se forman entre las latitudes 10° y 20° en ambos hemisferios. Esto se debe al efecto Corioli, el cual es muy reducido en las latitudes ecuatoriales y a las altas temperaturas de la superficie marina en esa franja.
- **Se generan** casi siempre sobre océanos con **temperaturas de la superficie del mar por encima de los 26.5 °C.**
- Su **diámetro**, por término medio, es de unos **500 km**. El de las borrascas, por término medio es de uno 2,000 km.
- **Carecen de frentes asociados.**
- **Los fenómenos en el huracán son muchísimo más violentos** que en las borrascas (intensidad de precipitación, velocidad de vientos, etc.).

Todo el Caribe insular, especialmente las Antillas Mayores, está afectado anualmente por ciclones tropicales. **En República Dominicana estos fenómenos, en especial los huracanes, no sólo provocan numerosas pérdidas humanas, sino también cuantiosos daños.**

## Tipos de climas de la zona tropical

Se conocen **matizaciones generales** que recogen las diferencias exis-

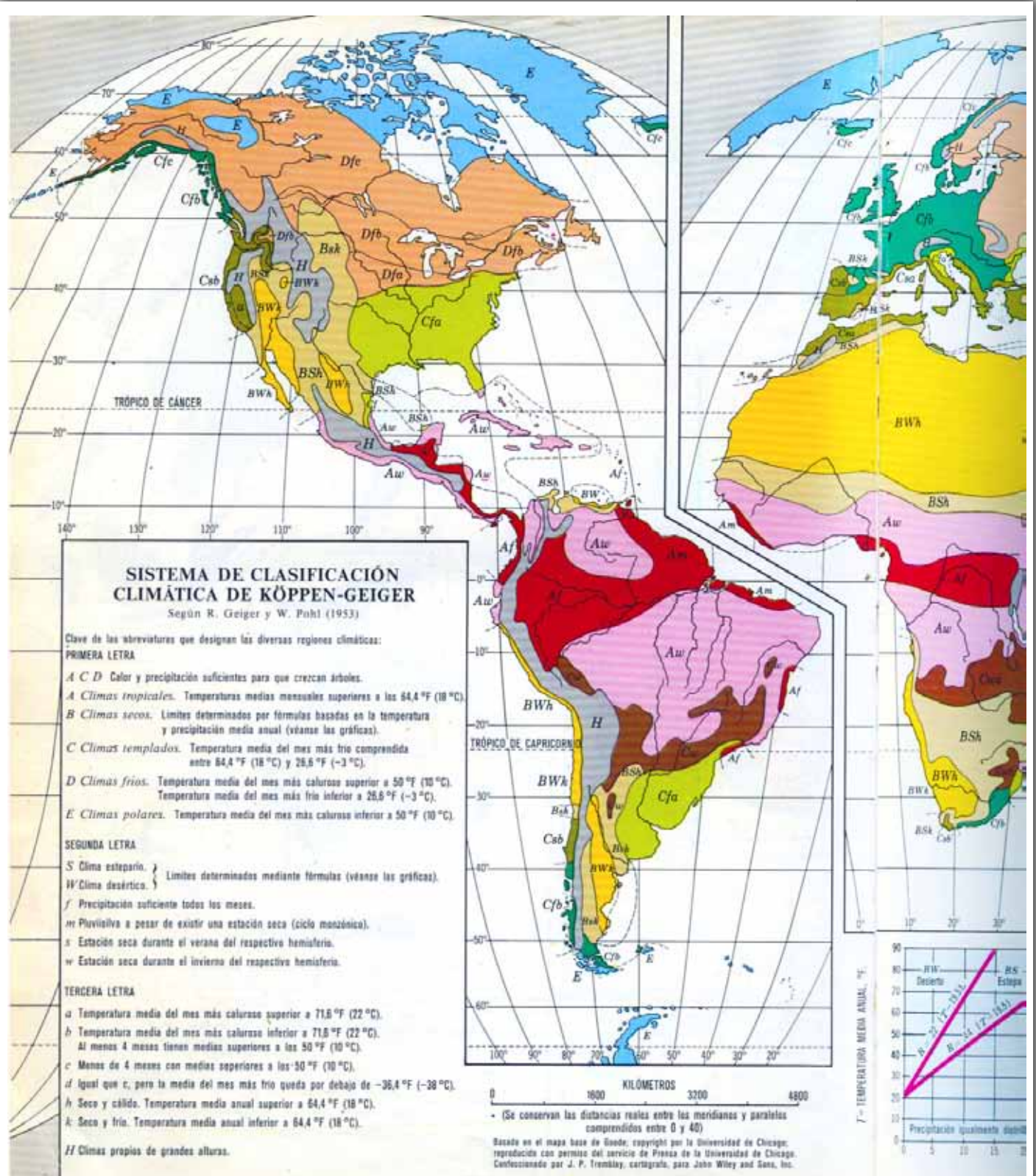


Figura 4-8. Tipos de clima (América y parte de África), según Köppen, en Strahler (1982)

tentes en el ámbito del clima tropical. Tradicionalmente dos grandes zonas climáticas quedan definidas dentro de este ámbito (excluyendo

las áreas de montaña): la **intertropical**, que abarca aproximadamente desde los 30° a los 10° de latitud N y S, y la **ecuatorial**, comprendida en el área de barrido anual de la ZCIT, y queda delimitada entre los 10° de la latitud N y S.

Dentro de la zona limitada por los trópicos, excluyendo las áreas de montaña, **Köppen y Geiger** (1930) distinguen los siguientes tipos (Figura 4-8):

- **Clima de la pluvisilva tropical o de selva tropical lluviosa** (Af). Húmedo. Caracterizado por una precipitación suficiente durante todo el año [desde el punto de vista del balance hídrico y las necesidades de las plantas], sin que exista estación seca. La pluviosidad del mes más seco es de 6 cm o más.
- **Clima de pluvisilva tropical, tipo monzónico** (Am). Derivación del anterior, pero la lluvia recogida durante el mes más seco es menor de 6 cm. La estación seca está fuertemente desarrollada.
- **Clima de sabana tropical** (Aw). Derivado de Af, pero se registra un mes, por lo menos, con precipitación menor de 6 cm. La estación seca está notablemente desarrollada.
- **Climas suaves con inviernos secos** (Cw). El mes más lluvioso del verano es, por lo menos, diez veces superior, en cuanto a lluvia recogida, que el mes más seco de los meses invernales. Las áreas tropicales catalogadas dentro de este tipo se ubican, generalmente, en el interior de los continentes.
- **Clima desértico caluroso** (BWh). Clima árido con precipitación anual normalmente inferior a 400 mm. Es caluroso, la temperatura media anual es superior a los 18°C. Las áreas tropicales catalogadas dentro de este tipo se encuentran en fachadas a sotavento o en zonas de aporte de aire seco.
- **Clima de estepa caluroso** (BSh). Clima árido caracterizado por sus praderas. Es caluroso, la temperatura media anual es superior a 18°C. Particularmente en las zonas tropicales ocupa una posición intermedia entre el clima desértico (BW) y los climas húmedos

**Cuadrat** (1997) designa los climas de la zona tropical como **intertropicales**. Reconoce **cuatro tipos de climas** para esta zona, que son:

- **Clima ecuatorial**. Muy parecido al clima de pluvisilva (Af) de Köppen. Tiene una disposición zonal a lo largo de la ZCIT. Son climas de gran uniformidad térmica, con medias mensuales y anuales próximas a los 27°C, débiles contrastes estacionales y oscilaciones diarias también modestas.
- **Climas tropicales secos y húmedos**. Parecido al Am de Köppen. Caracterizado por la alternancia de una estación lluviosa y otra seca, de duración y extensión variables, que influye en los totales de precipitación recibida.
- **Clima monzónico**. Se aproxima al Am de Köppen. Engloba áreas geográficas bajo dominio del monzón, caracterizadas por la inver-



sión estacional de los vientos alisios y la alternancia de un período lluvioso y otro seco

- **Clima seco.** Se aproxima a los BSh y BWh. Su característica esencial es la extrema aridez, fruto primordialmente de las escasas precipitaciones, unida a elevados valores de evaporación, que crean un balance de agua deficitario durante todo o buena parte del año.

Gausse y Legris utilizan como indicador la duración de la temporada seca y las repercusiones hídricas y bioclimáticas de la precipitación. Para ello, se apoyan en el “diagrama de Gausse”, que mantiene una relación escalar entre los ejes de  $P=2T$ , donde un mes se considera seco cuando la curva de precipitación es inferior a la de temperatura. Aplicando el diagrama, se obtienen cuatro categorías para el dominio tropical (Tabla 4-1):

**Tabla 4-1. Tipos de climas tropicales (Gausse y Legris, A. de G. 1963; Lauer, 1975; en Tricart, 1972b)**

Tipo	Clima	Meses secos
A (o I)	ecuatorial o subecuatorial	de 0 a 2
B (o II)	tropical medio diversamente húmedo	2 a 4
C (o III)	tropical atenuado	4 a 5-6
D (o IV)	tropical semi-árido	6 a 10

La clasificación de **Cámara** (1997) utiliza una mayor cantidad de parámetros. Se basa principalmente en Köppen y Geiger (1930), en el **balance hídrico (Thornthwaite y Matter, 1955)** y en el **diagrama bioclimático (Montero de Burgos y González Rebollar, 1973)**. A tal efecto recoge los siguientes **medios**:

- Medios tropicales continentales siempre húmedos.
- Medios tropicales continentales de estacionalidad contrastada en regiones fisiográficamente llanas.
- Medios tropicales continentales de estacionalidad contrastadas con régimen monzónico.
- Medios tropicales litorales siempre húmedos de costa oriental, con influencia de los alisios.
- Medios tropicales continentales secos de costas occidentales.
- Desiertos tropicales.
- Montañas tropicales.

### **La tropicalidad geomorfológica**

A nivel geomorfológico, la tropicalidad se hace particularmente singular. Thomas (1979) señala que los procesos geomorfológicos más destacados en el dominio tropical son la profundidad y naturaleza de la alteración química (más bien geoquímica), los movimientos en masa y la esorrentía superficial.

La alteración progresa porque en el dominio tropical es donde más se exageran los factores favorables para el ataque químico de las rocas, que son (Figura 4-9):



**Figura 4-9.** Perfil de alteración con abundantes arcillas de neoformación, producto de la hidrólisis actuando sobre rocas magmáticas del Mioceno en Quebrada Bonita, Panamá. (JRMB, 02/06/2006)

- **Climáticos:** temperatura y precipitación elevadas.
- **Bióticos:** densa cobertura vegetal del trópico húmedo que provee ácidos a las soluciones que hacen soluble el hierro, o por el contrario lo fijan como en los medios de estacionalidad contrastada.
- **Morfotopográficos:** referidos a la escasa pendiente, aunque es discutible en los sistemas montañosos; por ejemplo los del Caribe, Centroamérica y Suramérica.
- **Intrazonales:** drenaje impedido, nubosidad persistente.
- **Geológicos:** litologías, texturas, estructura.
- **Cronoevolutivos:** referido a los cambios ambientales, especialmente los del Cuaternario.

Algunos factores son comunes a otras zonas de la Tierra, pero los 2 primeros se intensifican notoriamente en el dominio tropical. No obstante, la presencia de determinadas litologías, escasas pendientes, o relieves heredados de procesos evolutivos previos, favorecen que la geomorfología en los medios tropicales desarrolle un carácter más complejo que en los templados.

Sin duda **el mecanismo por excelencia responsable de la alteración en la geomorfología tropical es la hidrólisis** (Thomas, 1979), mediante la cual se lavan bases, se disuelve la sílice y se producen arcillas de neoformación con alitización, monosialitización y bisialitización (Cámara, 1997). La hidrólisis potencial crece en relación directa con la temperatura. Las **reacciones se incrementan 2 ó 3 veces por cada 10°C según la ley de Van't Hoff**. Dado que la temperatura del agua edáfica del medio tropical respecto del templado puede ser de 15 a 20°C superior, la agresividad de la hidrólisis puede ser al menos 4 veces superior de uno a otro. Ésta se ve igualmente favorecida por la abundancia de agua y la vege-

tación del trópico húmedo. **La alitización (típica del trópico húmedo), conlleva la formación de ferralitas** (Foucault y Raoult, 1985), **y es uno de los productos residuales dominantes**

(a veces endurecido) en las formas modeladas sobre rocas cristalinas magmáticas por su composición de minerales silicatados. Dichas formas son las típicas del relieve cristalino, como son el **inselberg**, **panes de azúcar**, **llanuras grabadas (etchplain)**, **dambos** y otras (Figura 4-10). En el Caribe Insular los relieves cristalinos son abundantes, especialmente en la Cordillera Central, Sierra de Yamasá y



**Figura 4-10. Conjunto de inselberg con vertientes reguladas, Sierra de Tamaulipas, México (JRMB, 09/07/09)**

Cordillera Oriental, con progresión profunda de la alteración, especialmente en el segundo caso, con importantes mantos de alteración sobre peridotitas. En general, según los casos, la hidrólisis ha progresado desde el final del Paleógeno, lo que produce potentes mantos de alteración, algunos de ellos con interés comercial. Sin embargo, en la Cordillera de Talamanca (Costa Rica), la alteración no ha tenido ocasión de progresar como en el caso anterior, dado su escasa evolución desde el Mioceno Superior y la alta energía del relieve.

**Petit (1990) establece que los paisajes, relieves y modelados del dominio tropical, manifiestan a menudo una sucesión de evoluciones o de simples retoques** que constituyen resultados discretos de las variaciones climáticas durante el Mesozoico, pero más aún durante el Cenozoico. Por ello, este autor considera muy importante tener en cuenta el estudio de los paleoambientes y paleoclimas, describiendo los principales elementos a considerar:

- Sub-productos de la erosión acumulados en un receptáculo.
- Aluviones fluviales en terrazas o en estuarios.
- Depósitos eólicos de los sistemas dunares más o menos evolucionados morfológica y mineralógicamente.
- Suelos y sus "accidentes".

- Muestras propiamente morfológicas, como los glacis, etc.

**Gutiérrez (2001)** destaca que la **gran cantidad de radiación solar que se recibe en las zonas tropicales**, sumado a la **extensa cubierta vegetal** que frecuentemente se desarrolla en espacios húmedos, **condicionan sustancialmente una morfogénesis peculiar**.

**La disolución es igualmente importante en el dominio tropical pero no tan sensiblemente intensificada como la hidrólisis.** Con ayuda de varios factores específicos de la tropicalidad, la disolución es capaz de producir modelados kársticos como el **kuppenkarst, kegelkarst y turmkarst** (Nicod, 1972) **y el karst de mogotes** (Cámara, 1997). **El karst de Cockpit**, que se compone de dolinas irregulares profundas y bien individualizadas (generalmente en forma de estrella), **es también singular de lo tropical (Nicod, 1972). El trópico de estacionalidad contrastada es propicio para el karst de plataforma**, con dolinas salpicadas (generalmente "pozos") y localmente concentradas, en las que la proximidad del nivel freático las convierte en cenotes o xagüeyes (Karst de Jaragua). Cámara (1997) ha reportado para La Española todas las tipologías de karst tropical referidas. En otros puntos del Caribe Insular y Continental se reportan igualmente todas las tipologías.

Sin embargo, a una misma altura y considerando únicamente el aporte atmosférico, **el contenido de CO<sub>2</sub> en el agua es más alto en los climas fríos y templados**. Ello se explica porque a menor temperatura el agua es capaz de acoger más CO<sub>2</sub> (Trombe, 1951, en Nicod, 1972) y, por consecuencia, la disolución potencial es mayor en tales climas que en los tropicales (Nicod, 1972). Sin embargo, **el aporte de CO<sub>2</sub> por la abundante materia orgánica en el dominio tropical compensa este "déficit"**, haciendo que el agua adquiera 15 veces más CO<sub>2</sub> que la cantidad presente en la atmósfera (Sweeting, 1968, en Thomas, 1979). Por lo tanto, la vegetación es quizás la responsable de las singulares formas del karst tropical.

No obstante **la profundidad y naturaleza de la alteración geoquímica como un rasgo específico de la tropicalidad (por hidrólisis o alteración) sólo es aplicable al régimen húmedo**, mientras que en los medios de estacionalidad contrastada la alteración progresa muy poco, siendo común en cambio la génesis de costras.

Anteriormente la geomorfología tropical asociaba el relieve tropical con aquel típico de los medios húmedos. **A efectos de diferenciar los distintos regímenes en el dominio tropical, Büdel (1982) aclara qué morfologías son propias de cada uno. Distingue así la repercusión geomorfológica de dos morfo-climas: el tropical "perhumid" o siempre húmedo y el tropical de sabana o de estacionalidad contrasta-**

da. Sobre este último, Büdel realizó aportaciones destacadas sobre la génesis de superficies, la llanura grabada (*etchplain*) y el doble aplanamiento en la sabana.

Son también frecuentes en este dominio los glacis y abanicos aluviales (Figura 4-11); sobre el conocimiento de estos últimos, se han producido avances importantes en las últimas décadas, debido a que muchos están ocupados por asentamientos humanos vulnerables. En definitiva, no es habitual en el dominio tropical de estacionalidad contrastada el mecanismo de la hidrólisis o la disolución, sino que funcionan otros procesos menos conocidos.

Sin duda, la mayoría de los autores coinciden en que los rasgos precedentemente señalados son singulares y zonales de la tropicalidad



**Figura 4-11. Glacis y abanicos aluviales del dominio tropical de estacionalidad contrastada, frontera domínico-haitiana (Foto Defensa Civil, 27/05/05)**

geomorfológica. Sin embargo, algunos destacan que **se debe matizar la morfogénesis en los medios tropicales en base a fenómenos más de tipoazonal**, como pueden ser la tectónica o el diaclasado, entre otros. Se intenta evitar el sesgo hacia el factor climático en la morfogénesis,

porque se ha comprobado que **no todas las formas localizadas en el dominio tropical vinculan su génesis únicamente a factores zonales.**

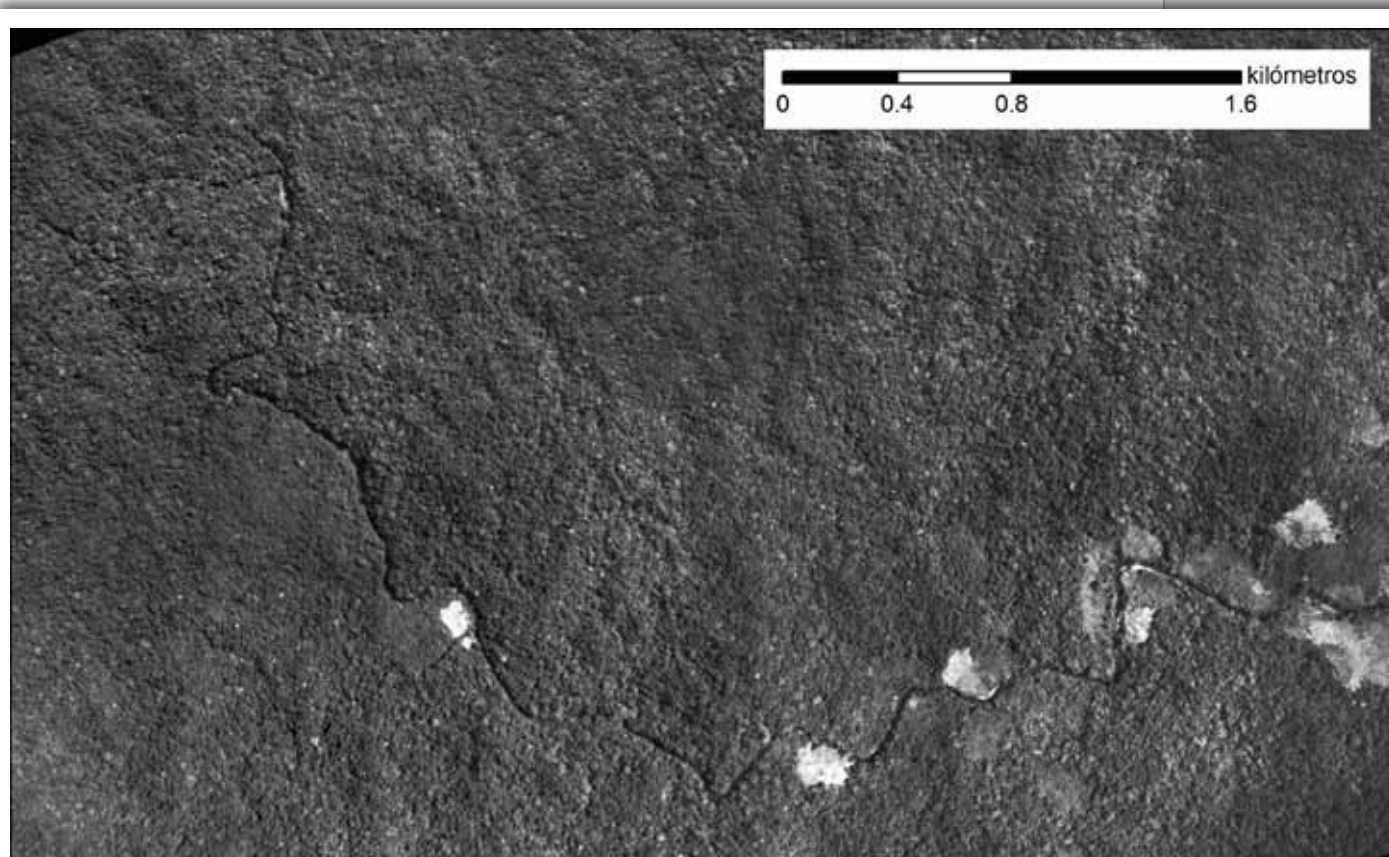
Así, Thomas (1974) **reconoce la importancia de distinguir entre “áreas estables” y áreas “tectónicamente activas”.** Las primeras se refieren **específicamente a los grandes escudos**, compuestos en principio de rocas cristalinas. Según este autor es discutible que determinadas formas y depósitos encontrados en áreas tropicales sean específicamente característicos de dicho dominio. Sugiere que estos podrían explicarse por la permanencia, la intemperización y la persistencia de un bajo índice de denudación como consecuencia de una prolongada estabilidad tectónica. Tales casos ofrecen oportunidades magníficas para estudiar morfologías específicas cuya génesis estará fundamentalmente vinculada al dominio tropical exclusivamente. En el segundo caso, las áreas con tectónica activa, **la penetración de la intemperización está limitada por los altos índices de denudación**, por lo que algunos autores (Ruxton, 1967, en Thomas, 1974) **sugieren que la diferenciación de morfologías en función del clima, bajo estas condiciones, es francamente limitada.**

**Otros autores comparten este punto.** Twidale (1982) y De Martonne (1964) **creen que las interpretaciones climáticas que explican una zonación de las morfologías gozan de una gran aceptación en muchos foros de discusión, pero podría incurrirse fácilmente en error.** Ciertas formas graníticas han sido utilizadas como indicadores de climas tropicales o templados. Si bien no se pretende negar la exclusividad morfo-climática respecto de ciertas morfologías, el problema radica en que muchas otras están ampliamente distribuidas, e incluso algunas están limitadas a lo que parecen ser dos o más tipos de climas. Este carácter azonal es atribuido a varios factores estructurales que han tenido una influencia significativa en la morfogénesis de formas graníticas.

Por otra parte, Thomas (1974) destaca problemas de orden técnico que afectan al estudio de la geomorfología en el dominio tropical húmedo. Se trata del escaso acceso a fuentes cartográficas, la espesa cobertura forestal y los potentes mantos de alteración (Figura 4-12). Como resultado, los datos que se tienen del trópico son insuficientes (Tricart, 1972b). En detalle, las consecuencias derivadas son las siguientes:

- **Escasa disponibilidad de mapas y fotos aéreas.** Ocasionalmente los países tropicales disponen de vuelos fotogramétricos para un período, pero carecen de una serie diacrónica, lo que dificulta los estudios ecodinámicos. Aun cuando existe una buena fuente fotográfica y unos buenos mapas topográficos, se carece de ortofotos, fotomapas u ortoimágenes, lo que dificulta el traslado de la información fotointerpretada hacia mapas proyectados y ortorrectificados

- **Las espesas cubiertas vegetales dificultan el estudio de las formas y formaciones superficiales**, lo que, añadido a la falta de información cartográfica, imposibilita el estudio de espacios grandes
- **Las complicaciones inherentes al sondeo sub-superficial**, especialmente en las zonas tropicales donde, habitualmente, existe defi-



**Figura 4-12.** En lugares con bosques densos, como Manguesal, en la cuenca del río Miguel de la Borda, Panamá, la foto-interpretación de elementos geomorfológicos y formaciones superficiales, se convierte en una tarea casi imposible. En este caso, se intuyen algunos lineamientos a partir del cauce del río Miguel de la Borda, pero en las vertientes o sectores cimeros, es imprescindible el reconocimiento de campo (fuente: Ortofotografía generada por el Proyecto Integral para el Desarrollo de la Costa Abajo de Colón (PIDCAC) (ANAM-Fondo Mixto Hispano Panameño de Cooperación, 2007), a partir de fotograma de 1983 del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, Panamá)

ciencia en la red de accesos. Todo esto añadido a que la intemperización en los medios tropicales puede exceder los 50 metros (Thomas, 1974)

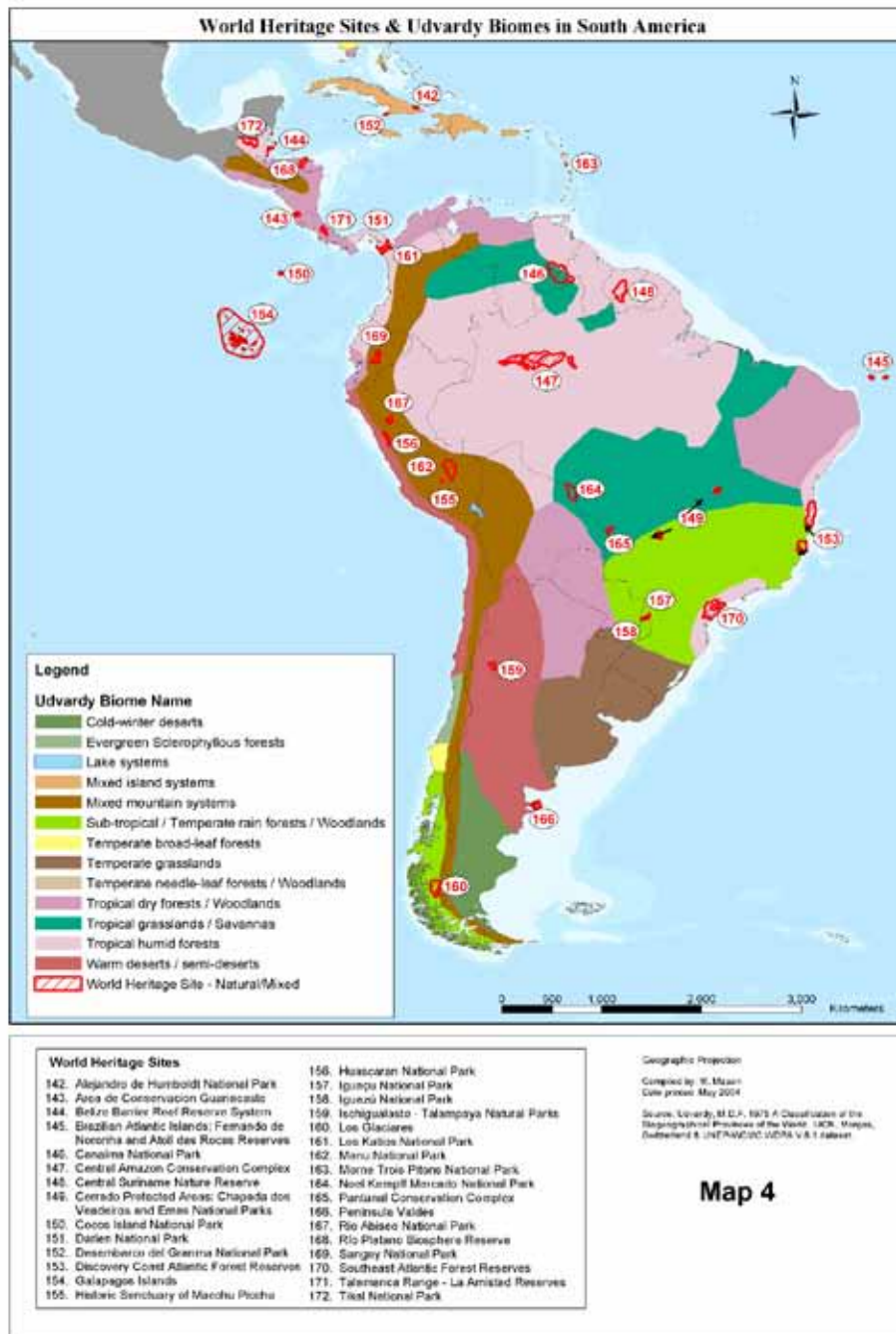
### **La tropicalidad biogeográfica**

En términos biogeográficos el dominio tropical presenta singularidades únicas y notoriamente diferenciadas. La diversidad de fauna tropical, tanto de vertebrados como de invertebrados, supera con mucho la de

otras zonas del globo. Destaca el grupo de los insectos (Cámara, 1997), aves, mamíferos, reptiles y anfibios (Martínez, 1999).

**Udvardy**, en "A classification of the biogeographical provinces of the world", trabajo que le fue encargado por la UNESCO, presenta una **clasificación de las diferentes unidades biogeográficas** (Figura 4-13). Jerarquiza las unidades de **mayor a menor** en dominio o **imperio** ("realm") y **provincia** (Rubio, en López y otros, 1992). Los imperios a nivel global son:

**Paleártico, Neártico, Neotropical, Africotropical, Indomalayo, Australiano, De Oceanía y Antártico.** A excepción de los dominios Antártico, Neártico (aunque la provincia de las Sierras Madres es tropical) y Paleártico (la provincia del Desierto Árabe es tropical, pero no es representativo de la zona tropical), el resto de imperios está contenido, al menos parcialmente, en la zona intertropical (Rubio, en López y otros, 1992). **La zona de estudio de la presente tesis se localiza en el imperio neotropical, específicamente en la provincia de las Antillas Mayores.**



**Figura 4-13. Mapa de Biomas de América del Sur y El Caribe de Udvardy, superponiendo los Sitios de Patrimonio de la Humanidad (Fuente: Udvardy, 1975)**



Según Udvardy, el **imperio Neotropical**, que ha permanecido aislado durante el Terciario, **ha evolucionado recibiendo pocas influencias del exterior**. Cuando las ha recibido, al formarse el puente de Centroamérica, no ha supuesto una "pérdida de personalidad". **Hay familias de animales preterciarios endémicos**, como *Didelphidae* y *Caenolestidae* (marsupiales, entre otros), desdentados (*Edenata*), los monos palatirinos (*Cebidae* y *Callithricidae*), vicuñas, guanacos y otros de *Camelidae*, colibríes (*Trochilidae*) y tucanes (*Ramphastidae*), reptiles (las boas de *Boinae*, por ejemplo). En cuanto a **especies vegetales**, son **numerosas las familias endémicas** (Rubio et al., 1992).

En particular, las Antillas Mayores y el resto del Caribe Insular es una de las regiones del mundo que mayor diversidad y endemismo presenta (Myers y otros, 2000). La siguiente tabla resume la diversidad de la región:

**Tabla 4-2. Diversidad de especies por grupos y endemismos**

Grupo	# especies	# endemismos	% endemismos
Plantas	12000	7000	58
Aves	668	148	22
Mamíferos	164	49	30
Reptiles	497	418	84
Anfibios	189	164	87

**Demangeot (1999)** asegura que la **característica** más impresionante de la **biota tropical**, o más bien, de lo que se ve a simple vista, es su **abundancia**. En el dominio tropical es **donde se encuentran los más grandes árboles**, la cubierta vegetal más densa, los más grandes animales salvajes terrestres, mamíferos o reptiles y, seguramente, los más grandes insectos.

**Biroť (1962)** destaca que las **condiciones de temperatura y humedad son tan favorables para la vida** en las zonas tropicales húmedas que se hallan representados un gran número de especies y géneros. La **fi-sionomía del bosque es además muy singular**: el porte de los árboles es grande y en general pertenecen a familias muy diferentes.

En definitiva, las plantas constituyen los seres vivos dominantes en el dominio tropical, superando a los animales en cantidad y diversidad. El 99% de la biomasa en el bosque ombrófilo (denominado también "tropical húmedo" o "tropical lluvioso") es fitomasa. Se estima que entre el 70 y el 90% de las especies de flora del globo están en los bosques tropicales (Martínez, 1999). Hay marcadas diferencias entre los bosques ombrófilos y los bosques de medios templados (Demangeot, 1976; Martínez Batlle, 2002), que se resumen a continuación:

- Abundancia de árboles de porte decamétrico y anchuras muy superiores a las especies templadas. Algunas pueden alcanzar y sobrepasar los 50 m (Biroť, 1967). Las copas están habitualmente interdigitadas entre sí.

- Número mucho mayor de especies de flora que en el templado y, generalmente, indeterminado, que crece de forma desordenada, sin patrón aparente, asociados a una fauna igualmente abundante y variada.
- En el trópico húmedo no existe una estación desfavorable y las hojas pueden persistir hasta 15 ó 18 meses. La floración no está sometida a un ritmo común.
- La competencia por la luz lleva consigo una estratificación compleja en varios pisos, en los que las condiciones de humedad de la atmósfera no son las mismas (Biro, 1967), lo que tiene varias consecuencias: el piso arbustivo se compone principalmente de árboles jóvenes; el piso de matorrales y herbáceas se encuentra mucho menos desarrollado que en el bosque templado.
- Los árboles tropicales no pierden la hoja en otoño
- Los árboles tropicales producen frutos grandes y frecuentemente leñosos.
- Algunas especies arbóreas presentan flores unidas al tronco, fenómeno conocido como cauliflora.
- El bosque es capaz de modificar la hidrología y geomorfología.
- Hay una organización en estratos de las plantas: desde el herbáceo a ras de suelo, hasta los estratos arbóreos que pueden llegar a los 50 m de altura. En los estratos arbóreos las copas de los árboles pueden llegar a tocarse cerrando un dosel.
- El suelo, dominado por un lavado de bases (por hidrólisis o disolución), es pobre en nutrientes.
- La materia orgánica en descomposición por micro-organismos contiene los nutrientes del conjunto, por lo que hay un constante movimiento de los mismos.
- Los árboles se enraízan superficialmente, por la escasez de nutrientes en profundidad y abundancia de agua superficial (encharcamiento estacional o permanente), de tal suerte que las tempestades les abaten con facilidad. Cuando el agua se infiltra excesivamente, como en el karst, los árboles desarrollan raíces profundas y pivotantes.
- Hay abundante materia orgánica en las hojas y troncos, y poca en las raíces.
- Las especies de porte arbóreo son las que producen la mayor cantidad de flores y no las herbáceas.

El bosque ombrófilo es típico de los medios tropicales sin contraste estacional y está representado en diversos puntos del Caribe Insular y Continental (Figura 4-14). En Cuba, Jamaica, La Española (principalmente en RD) y Puerto Rico, las extensiones de bosque ombrófilo son importantes. En el país se conserva una superficie equivalente al 10% (unos 4700 km<sup>2</sup>) del territorio nacional (SEMARN, 2004c).

No cabe duda de que el bosque ombrófilo contiene la mayor diversidad biológica en relación con todos los demás ecosistemas del globo. Sin embargo, en el medio tropical de estacionalidad contrastada dominan otras formaciones como el bosque mesófilo, tropófilo, las sabanas y el matorral xerófilo (Cámara, 1997; Martínez Batlle, 2002). Estos tienen caracteres peculiares que los hacen igualmente singulares. Bajo clima estacional se someten periódicamente a un déficit hídrico que puede durar todo el año, y a una paralización vegetativa que puede alcanzar varios meses del año, por lo que muchas especies pierden la hoja y otras desarrollan espinas para evitar la transpiración. Este tipo de rasgos fisiológicos y fenológicos están prácticamente ausentes en el bosque ombrófilo. Igualmente, reciben menor atención en las estadísticas mundiales y en los estudios de vegetación por su escasa similitud con el estereotipo “tropical” de bosques tupidos con árboles grandes siempre verdes (Cámara, 1997; Martínez Batlle, 2002). En el Caribe, los bosques y sabanas, sometidos a estación contrastada, dominan sobre vertientes y piedemontes a sotavento, así como en costas occidentales. En Centroamérica aparecen al N de Costa Rica, mientras que en el Caribe Insular se reporta en Cuba, Jamaica, La Española y Puerto Rico. En RD ocupan cerca de un 30% del territorio nacional (SEMARN, 2004c).



**Figura 4-14. Bosque ombrófilo no intervenido en la cuenca del río Miguel de la Borda, Panamá (JRMB, 31/08/06)**

**Biro** (1962) también **caracteriza los ámbitos tropicales de estacionalidad contrastada, a los que denomina “de estación seca”, y sitúa** potencialmente en ellas a la **sabana y el bosque seco**. La vegetación debe adaptarse a las grandes variaciones del contenido acuoso del suelo (que como ya se ha dicho pueden ser importantes si las precipitaciones no exceden los 1,200 mm), a lo que el bosque responde con árboles de hoja caduca o directamente aparece la sabana, formación herbácea continua salpicada de árboles más o menos xerófilos. Para justificar la

presencia de la sabana en estos ámbitos, el autor explica que, cuando se alarga la estación seca y el total anual de las lluvias se reduce, el manto freático desciende demasiado en los suelos espesos y permeables y los suelos delgados se desecan completamente. La supervivencia de un órgano vegetativo superficial se hace imposible. Es pues lógico encontrar una formación herbácea fisonómicamente “análoga” a la pradera templada: la sabana.

**Sin duda la formación vegetal característica del trópico de estacionalidad contrastada es la sabana** (Figura 4-15). Este ecosistema es propio



**Figura 4-15. Sabana de los Candelones, Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Se trata de una sabana herbácea (en primer plano) de *Uniola virgata* favorecida por la acción agrícola y ganadera (JRMB, 03/2001)**

de regímenes xerófilo, tropófilo y mesófilo, aunque también se reporta en regímenes ombrófilos, habitualmente como una formación intrazonal (drenaje impedido, etc.) o un estadio en la sucesión vegetal de un bosque ombrófilo alterado (Martínez Batlle, 2002). La sabana dominicana es el “holotipo” mundial y, curiosamente, ha permanecido alejada de sus orígenes semánticos durante bastante tiempo. Por ello es necesario realizar más es-

tudios ecodinámicos sobre esta formación en RD (Cámara, 1997; Martínez Batlle, 2002).

El origen de la palabra “sabana” se atribuye a los taínos, pobladores precolombinos de La Española. Según Fernández de Oviedo (1535) utilizaban este vocablo para designar una “superficie desprovista de árboles y arbustos, o a lo sumo muy dispersos”.

**Cámara (1997) caracteriza ampliamente la sabana**, basado en su experiencia en República Dominicana (Figura 4-16 y Figura 4-18). Considera que este ecosistema es uno de los **medios naturales prototípicos de las regiones intertropicales**, sean estos ámbitos de áreas continentales (África, Asia, Australia, América) o dominios insulares (Grandes y Pequeñas

Antillas, Bahamas, islas de Cabo Verde, Madagascar, etc) (Figura 4-17). Su reconocimiento ha sido constante por geógrafos, ecólogos y naturalistas que han desarrollado sus investigaciones en el dominio tropical, como **Mungo Park, Humboldt, Barth, Demangeot, Cole, Young** y otros.

En la Conferencia de Yangambi de 1956, un panel de expertos en el estudio de la sabana estableció una definición de carga dinámica, fisionómica y taxonómica: "se trata de un **ecosistema adaptado a una estacionalidad climática contrastada** (húmedo-seco) a veces en condiciones extremas, protagonizado por **gramíneas heliófilas**, y a veces por **árboles y arbustos** de talla y proporción media, aunque variable".

Cámara (1997) remarca que, además del multi-criterio propuesto en Yangambi, geográficamente **la sabana es un paisaje con una marcada poli-semia** que deriva en múltiples aproximaciones. A tal efecto **relaciona todos los enfoques que aparecen en la bibliografía sobre el concepto de sabana:**

- **Biogeográfico.** Trata a la sabana con un carácter corológico, taxonómico, fisionómico y fisiológico.
- **Ecológico.** Define sus propiedades a partir de ecosistemas y hábitats jerarquizados por la biocenosis y la dinámica del medio inter-tropical.
- **Climático.** Aborda a la sabana desde el clima tropical de estacionalidad contrastada, particularmente en la alternancia de los regímenes húmedo-seco.
- **Edafológico.** Se identifica a la sabana con suelos tropicales e intrazonales con déficit y superávit hídrico, desde las lateritas ferruginosas a los suelos más o menos hidromorfos.
- **Geomorfológico.** La sabana aquí es vista como un sistema morfoclimático tropical de bosques húmedos y secos, con una evolución geomorfológica similar, sea derivada del ritmo de cambios climáticos húmedo-seco o afectado por determinados procesos

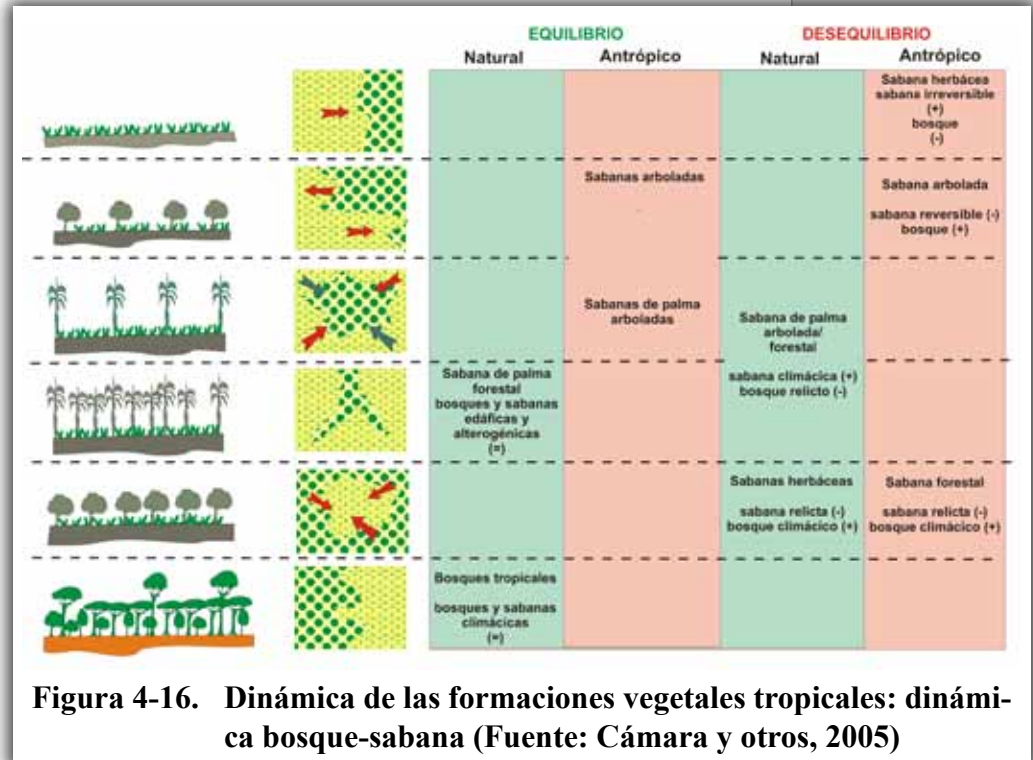


Figura 4-16. Dinámica de las formaciones vegetales tropicales: dinámica bosque-sabana (Fuente: Cámara y otros, 2005)

de antropización, pudiendo estar controlada por sistemas morfo-genéticos de montaña, piedemonte, vertientes y flujo lacustre, e incluso alcanzando el dominio litoral.

- **Hidrológico.** Este enfoque hace de la sabana un ecosistema adaptado a la dinámica del drenaje subsuperficial y superficial, que dan

lugar a situaciones de déficit o superávit hídrico en los suelos y formaciones superficiales de la zona tropical en los que, como se ha comentado arriba, tiene un papel importante la evapotranspiración.

- **Geosistémico.** Hace referencia a la sabana desde el punto de vista del funcionamiento integral, donde el agua actúa como factor controlador y motor de la dinámica, inductor de peculiares formaciones superficiales (suelos entre ellas) y vegetación herbácea con o sin árboles y matorrales.

- **Paleoambiental.** Ve a la sabana como un conjunto de rasgos e indicadores de los cambios y variaciones en el

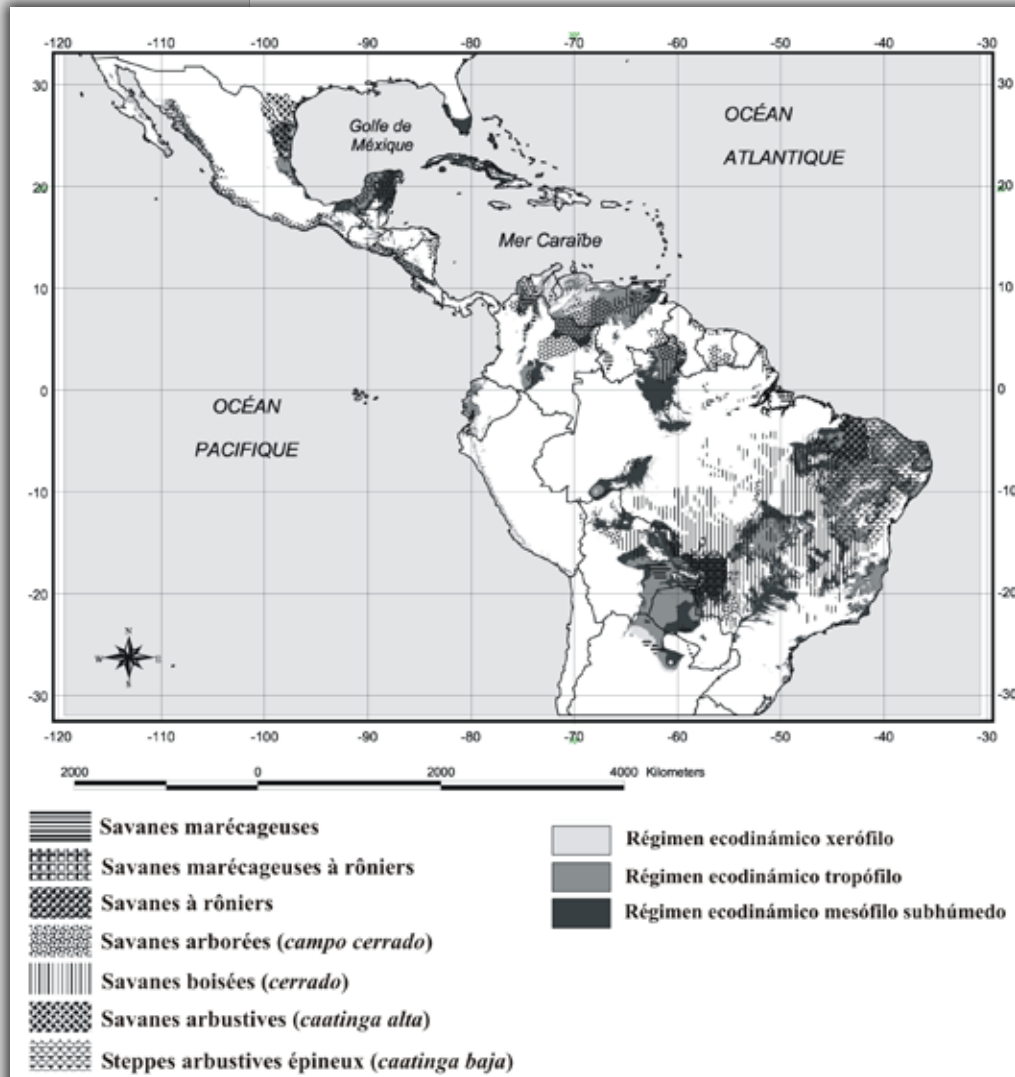


Figura 4-17. Mapa de los regímenes ecodinámicos en los que se desarrollan las sabanas, mostrando la distribución de las mismas para América (Fuente: Cámara, 2009)

medio natural tropical a lo largo del Cuaternario.

Martínez Batlle (2002) complementa y aporta nuevos elementos al concepto de sabana, enriquece su tipología y describe su dinámica mediante modelos (Figura 4-19). La define como: “ecosistema tropical, climáticamente estable o no, generalmente adaptado a unas condiciones bioclimáticas de estacionalidad contrastada y/o a condiciones hídricas extremas, a unos procesos geomorfológicos, tanto edafoalterológicos (distribución de nutrientes, costras, etc.) como morfo-genéticos, así como a unos procesos biológicos y humanos (actividades agrícolas,

quema, pastoreo, termitas, grandes mamíferos), cuya fisonomía responde a una superficie de gramíneas generalmente de porte herbáceo salpicada de especies leñosas de porte arbustivo y/o arbóreo más o menos dispersos u ocasionalmente sin ellas". Los factores que condicionan la sabana se desprenden de su definición:

- **Bioclimáticos:** cantidad y patrones de precipitación, déficit hídrico por alta evapotranspiración, estacionalidad contrastada con se-

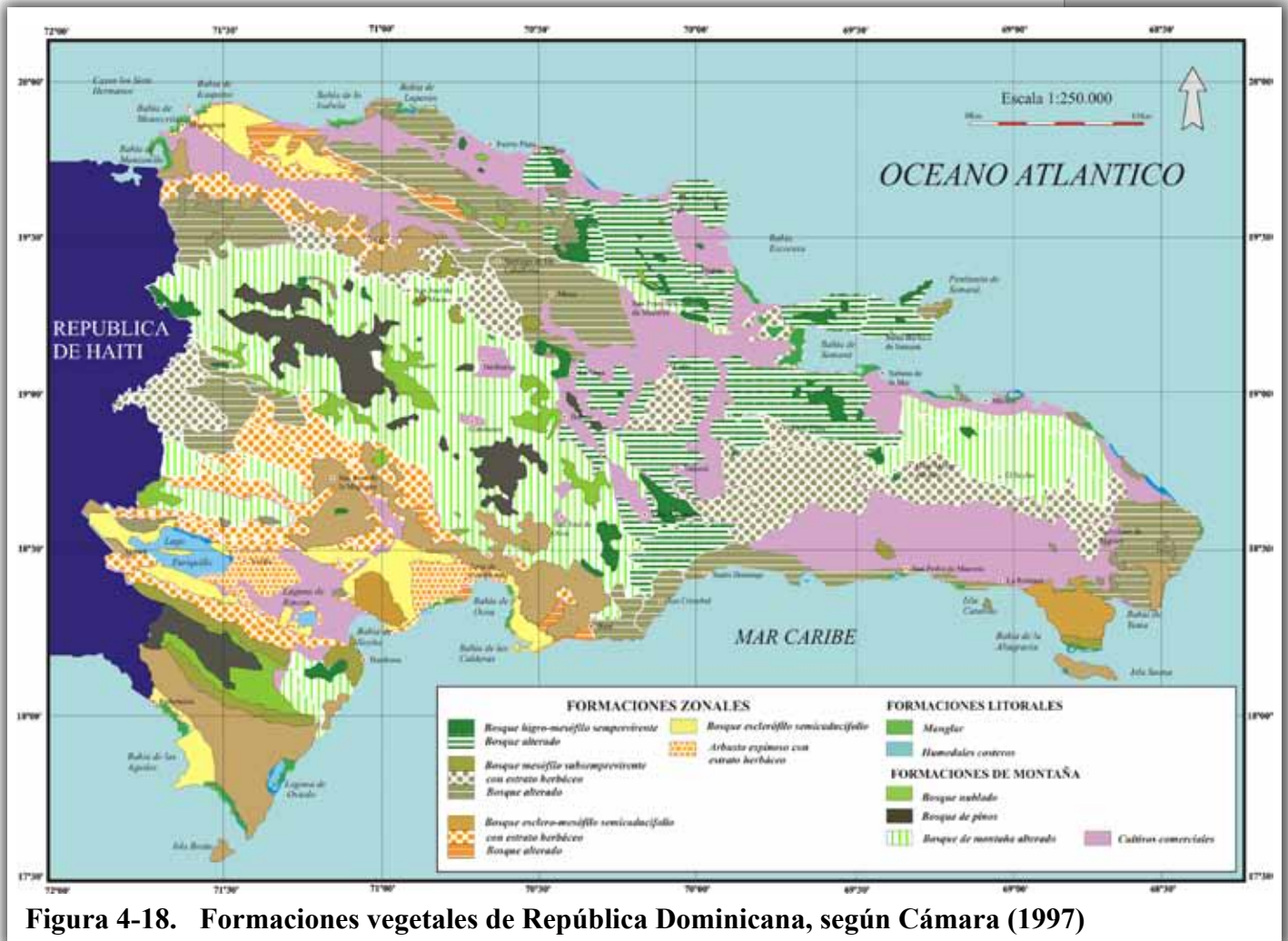


Figura 4-18. Formaciones vegetales de República Dominicana, según Cámara (1997)

quía estacional y paralización vegetativa por stress hídrico.

- **Geomorfológicos:** que incluye los edafoalterológicos (presencia de costras, distribución de nutrientes), hidrológicos e hidrogeológicos (textura del suelo/drenaje impedido, humedad edáfica, circulación superficial en arroyada difusa o concentrada, afloramiento de acuíferos), morfológicos propiamente (piedemontes con glacis y abanicos, vertientes, superficies de aplanamiento, morfologías y formaciones superficiales litorales).
- **Biológicos:** presencia de seres vivos inductores de la sabana: termitas, grandes mamíferos (propios de las sabanas africanas).
- **Antrópicos:** pastoreo, quema, tumba, carboneo. En presencia de un bosque tropical, cualquiera de dichos procesos produce lo que

muchos autores denominan "sabanización". Demangeot (1999) ha insistido en la caracterización de dichos procesos (un resumen de los mismos se puede consultar en Martínez Batlle (2002)).

- **Evolutivos:** la existencia previa de sabanas o bosques, condiciones favorables durante el Cenozoico (especialmente el Cuaternario) para la retracción/expansión de las sabanas.

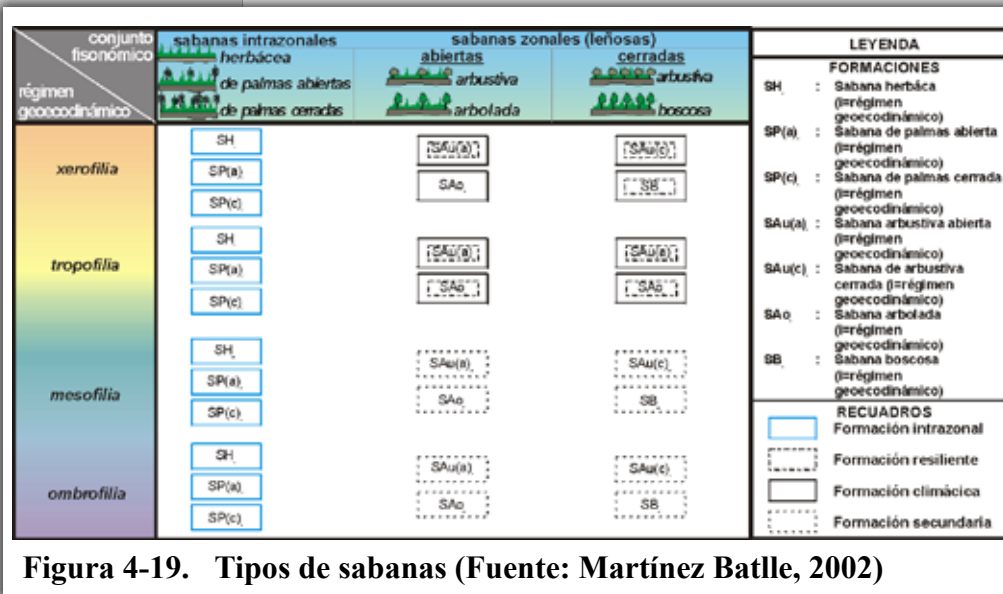


Figura 4-19. Tipos de sabanas (Fuente: Martínez Batlle, 2002)

representada por Los Llanos del Orinoco en el conjunto regional, siendo esta formación un prototipo mundial en su género. En el Caribe Insular la sabana predominante es zonal bajo régimen tropófilo, con especial presencia en La Española. En el tercio occidental del país, especialmente al N y S de la Cordillera Central, se reporta con frecuencia la sabana bajo régimen tropófilo (Cámara, 1997).

En términos de producción de biomasa, el dominio tropical es igualmente singular. Según Demangeot (1999), algunos autores sólo calculan la biomasa superficial o visible que se acumula en el suelo, lo que supone obviar las raíces y su posterior conversión en materia seca. Aun así, el bosque ombrófilo tropical es el de mayor producción de biomasa del mundo (ver Tabla 4-3).

Tabla 4-3. Biomasa vegetal comparada. Destacan los altos índices de producción de biomasa vegetal en el bosque ombrófilo tropical (o selva tropical lluviosa, o bosque húmedo). Se advierte además la baja producción de biomasa de la sabana (Demangeot, 1999)

En materia seca	Bosque ombrófilo tropical	Bosque tropófilo tropical	Sabana	Bosque templado (caducifolio)	Bosque boreal (taiga)
Biomasa (t/ha)	450	350	40	300	200
Productividad (t/ha/año)	22	16	0.9	12	0.8

En conclusión, aparte de su naturaleza astronómica, la tropicalidad está definida por unos singulares y complejos procesos climáticos, geomor-



fológicos y biogeográficos. Ello igualmente favorece que experimente una implantación territorial muy flexible y, por tanto transgrede, sus límites astronómicos (trópicos de Cáncer y Capricornio), mientras que en otros casos ni siquiera se manifiesta plenamente en la zona comprendida entre ellos.

## **Montaña y karst tropical**

### **La montaña**

#### **Definición y caracterización**

La montaña, desde un punto de vista fisiográfico, carece de una definición universalmente aceptada. La referencia fisiográfica que Jules Blache (en Demangeot, 1999) aportaba era la de “un relieve a la vez elevado y sobresaliente”. Por lo tanto, una alta meseta no puede considerarse montaña, ni tampoco una robusta colina. A la primera le falta la pendiente y a la segunda la altura. Estos son los dos principales parámetros que se utilizan de forma conjunta para establecer una divisoria entre lo que es y lo que no es montaña; pero no se ha determinado de modo generalmente aceptado el grado de la pendiente exigido ni la altura necesaria para considerar la tal.

Una montaña, según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, “es una elevación natural del terreno, o un territorio cubierto y erizado de montes”. Si bien esta definición es estrictamente fisiográfica, carece de muchos componentes.

Colón (1998) aporta otros elementos morfo-topográficos. Lo resume en la siguiente cita: “*la elevación relativa de la montaña sobre las regiones circundantes es, sin duda, el factor de definición de la montaña.... si el desnivel es suave, entonces la diferencia de altitud debe ser grande entre el llano y la montaña para considerarla como tal*”. El término “relativo” transmite subjetividad al concepto de montaña y por eso resulta difícil, en base a este criterio, establecer una definición universal.

La palabra montaña proviene del latín *montanea*, *mons* o *montis*, y “designa un conjunto de alturas, un relieve acusado que se eleva nítidamente respecto de regiones más bajas, como son mesetas, depresiones o valles periféricos” (en Colón, 1998). Así, un “territorio cubierto y erizado de montes”, puede constituir un macizo, una cadena (del latín “*catena*”) o una cordillera (del latín “*chorda*”).

Algunos autores plantean valores morfo-topográficos más concretos para delimitar el concepto de montaña. Por ejemplo, Demangeot (1999) utiliza la cota de los 1,000 m como límite inferior a partir del cual

un relieve determinado, puede considerarse montaña (Demangeot, 1999). Price (1981, en Colón, 1998), piensa que una elevación puede considerarse montaña si supera los 300 m respecto de los terrenos circundantes, mientras que Derruau y Temple lo sitúan en 700 m.

En definitiva, se advierte que la altura no es un criterio absoluto y, por lo tanto, establecer límites en base a éste resulta insuficiente. Sin embargo, existe acuerdo tácito en que la montaña debe contar simultáneamente con abundantes laderas cuyas pendientes sobrepasen los 15° (Piedraza, 1996) y que debe ser sobresaliente respecto de su entorno llano o deprimido.

Una forma de obtener datos cuantitativos, aunque discutible, es utilizar la cota de los 1,000 m como umbral inferior para la montaña. Utilizando este criterio, un 14% de la superficie planetaria es montañosa, mientras que en el dominio tropical la proporción sería de 12 a 13%.

Utilizando los datos del DEM GTOPO30 (USGS, 1996), para el caso específico de las Antillas Mayores, este porcentaje se reduce a 4% del territorio. Dicho valor oculta las diferencias entre las islas: Cuba, Jamaica y Puerto Rico sólo tienen, respectivamente, un 0.2%, 1.8% y 0.3% por encima de 1,000 m; la Española tiene 12%, muy próximo a la media mundial.

Por lo tanto, en las Antillas Mayores, hay terrenos que el criterio morfotopográfico para ser considerados como montañas, destacando entre estas islas el caso de La Española.

En resumen, los criterios morfo-topográficos para caracterizar la montaña son 3: **altura, pendiente y desnivel relativo respecto de las áreas circundantes**. Sin embargo, en la medida que el conocimiento de este medio ha progresado se ha advertido que tales elementos son por sí solos insuficientes para acotar y tipificar la montaña (Colón, 1998). Se trata de un medio complejo que merece una definición completa. Los nuevos enfoques, aportan nuevos criterios delimitadores. Price (1981, en Colón, 1998) aporta una definición integral: *"la montaña es una forma de topografía elevada, de alto relieve local, gran parte de su superficie con fuertes pendientes, normalmente con distintas variaciones climáticas y fenómenos biológicos asociados desde la base hasta la cumbre"*. Esta autor utiliza en su definición criterios de carácter geoecológicos, a los que Soffer (en Colón, 1998) denominaba "zonación florística, agrícola y los conceptos socioeconómicos". Este último se inclina por una diferenciación de tramos altitudinales en función de los usos del suelo.

Demangeot (1999) también hace lo propio y describe los distintos pisos bioclimáticos utilizando como referencia la terminología española de la América Andina, descritos en el siguiente epígrafe.

Díaz del Olmo (1997) destaca que la montaña constituye uno de los medios naturales más diversificado y frágil. La diversificación está condicionada por los factores climáticos, la peculiaridad de la organización de los paisajes y ecosistemas, la colonización de las formas biológicas o la condición de "refugio". La fragilidad deriva de la peculiar adaptación de los ecosistemas al escalonamiento altitudinal y al encadenamiento de los procesos naturales en los macizos y aún en las cordilleras.

La convergencia de ambas singularidades supone una originalidad adicional: la especificidad de las montañas dentro de las distintas zonas climáticas de la Tierra. Por lo tanto, aparte de la especificidad global de la montaña, existe una singularidad local en aspectos morfotopográficos, de procesos, de evolución climática, biogeográficos y morfogenéticos (Díaz del Olmo, 1997).

Por último, bajo un enfoque ecológico y moderno, García Ruiz (1991, en Colón, 1998) define la montaña como *"un relieve destacado en relación con la llanura circundante... con suficiente desarrollo altitudinal como para permitir la presencia de más de un piso de vegetación y notable variedad de procesos morfoclimáticos, con fuertes pendientes (más del 20%) en las laderas y presencia ocasional de escarpes y, finalmente, con usos del suelo basados en la fuerte cohesión social, la importancia de la ganadería, así como en la adaptación topoclimática para el aprovechamiento agrícola, que generalmente es posible sólo en las laderas bajas y medias"*.

### **Tipología geológica y morfoestructural**

Demangeot (1999) caracteriza la tipología geológica y morfoestructural de la montaña en base a los tipos de límites de placas, que son: convergentes, divergentes y de falla transformante. En distintas zonas del mundo, tanto la templada como la tropical, la aparición de montañas está vinculada especialmente a estos límites, especialmente al primero. Hay abundantes disertaciones sobre este tema, además de una constante revisión. De hecho en los últimos años se han publicado importantes aportaciones sobre el comportamiento de la astenosfera y su relación con los movimientos de las placas. Igualmente la zona intertropical es de especial interés, porque en ésta ocurren todas las tipologías de contacto.

La región Caribe no escapa a este hecho. En ella existen numerosas zonas sísmicamente activas, dada la ocurrencia de los dos tipos de límites

de placas: 1) convergente (con subducción) en la fosa de Puerto Rico, 2) de falla transcurrente, que tiene dos tipos: el primero, de falla transformante con rift oceánico asociado en la Fosa de Caimán (interpretado a partir de Van den Berghe, 1983); y el segundo, al N de La Española (interpretado a partir de Mann, 1991), con transpresión asociada. Hay un tipo mixto o más bien un subtipo, que es el de falla transcurrente-pseudosubducción en la Hoya de Enriquillo-Fosa de los Muertos (según Van den Berghe, 1983) en el cual también se produce transpresión.

El fenómeno del vulcanismo se asocia a los límites de placas, especialmente a los activos. Curiosamente la zona intertropical (que abarca el 40% de la superficie mundial) acoge el 55% de todos los volcanes activos ocurriendo generalmente en zonas montañosas. Igualmente el 53% de los epicentros sísmicos ocurren aquí (Demangeot, 1999). Estos hechos no guardan relación alguna con los rasgos climáticos de la zona intertropical, pero está claro que la vulcanología tiene un amplio campo de estudio en este ámbito de la Tierra.

En el Caribe Insular, tanto en las Antillas Mayores como en las Menores, hay vulcanismo asociado a los márgenes activos. En el caso de las Menores el vulcanismo se asocia a la subducción de la placa de Norteamérica que se desliza por debajo de la placa del Caribe, generando un arco insular. También hay vulcanismo inactivo pero reciente (0.3 Ma) en áreas interiores de La Española, aunque no se ha establecido su origen. Podría estar vinculado a la subducción de la placa de Norteamérica que se desliza debajo de La Española (Van den Berghe, 1983), aunque en los últimos años se están aportando nuevos resultados que podrían contrastar o alimentar esta hipótesis.

La tipología de montañas en base a criterios genéticos de Demangeot se detalla a continuación (Figura 4-20):

### **Cadenas monoliminales**

Consiste en la convergencia de una placa continental y una oceánica. En este supuesto, dos situaciones cinemáticas son posibles. Si la placa oceánica se desliza por debajo de la continental se produce una subducción, caso de la Cordillera de Los Andes. Si por el contrario, la placa oceánica sobremonta la continental se produce una obducción, caso de Nueva Guinea. Como ya se ha indicado para el Caribe Insular, Van den Berghe (1983) y Mann (1991) sostienen que la fosa de Puerto Rico es una zona de subducción, causa fundamental de la existencia de la Cordillera Septentrional (La Española) y que, por lo tanto, constituye un prisma de acreción. La Sierra de Neyba debe su orogénesis a la pseudo-subducción de la placa del Caribe contra La Española. La Sierra de Bahoruco, según Van den Berghe (1983), es el resultado del abomba-

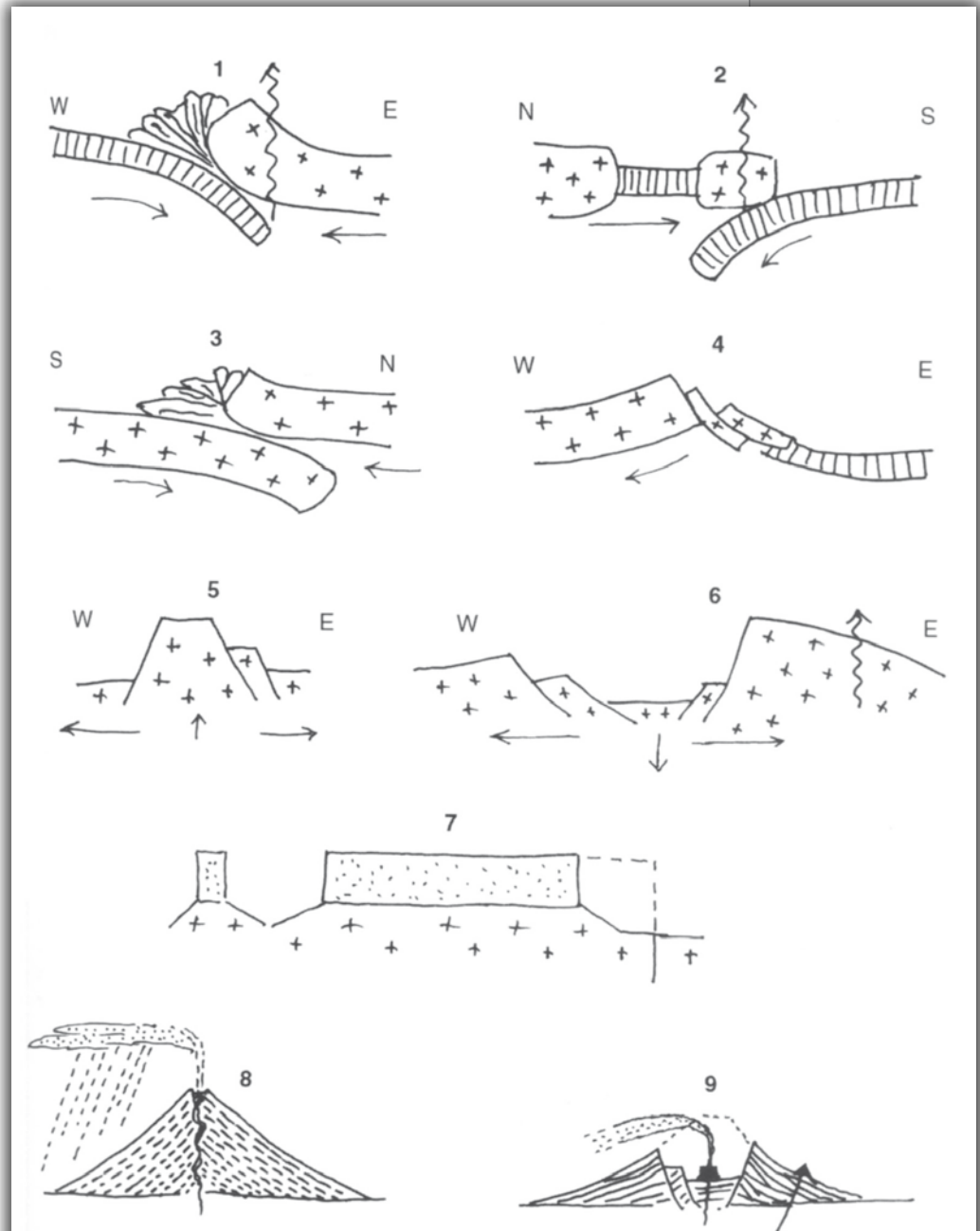
miento de la corteza gracias al mismo proceso, pero no constituye un prisma de acreción. Sin embargo, recientes investigaciones apuntan a que esta última es una estructura en flor positiva generada por la transpresión resultante del contacto entre la plataforma jurásica sobre la que se apoya y el resto del Arco Insular de la Española.

### **Cadena de colisión biliminal**

En este caso se produce una convergencia entre dos placas continentales. El Himalaya es el ejemplo prototípico, donde se ha producido una colisión desde el Eoceno que perdura hasta hoy. También los Alpes y los Apalaches se citan como ejemplo extratropicales. No hay ejemplos de este tipo en el Caribe.

### **Arco insular**

Es el resultado de la convergencia entre dos placas oceánicas. Los archipiélagos de las Antillas Mayores y Menores son buenos ejemplos de esta tipología, el primero más antiguo que el último. Particularmente, en las Antillas Mayores, la Cordillera Central de La Española tuvo su origen a partir de un arco insular. En las islas grandes de las An-



**Figura 4-20. Tipos de montañas (según Demangeot, 1999). Montañas plegadas: 1. Cadenas de subducción, 2. Arco de islas, 3. Cadena colisión, 4. “Escalera de margen pasivo”; montañas bloques: 5. Horst vertical, 6. Horst basculado, 7. Bloque con cobertera; montañas “postizas”: 8. Volcán “pacífico”, 9. Volcán “atlántico”**

En las islas grandes de las An-

tillas Menores, como Guadalupe, Martinica y Dominica, existen verdaderos relieves de montaña. Se trata por lo general de volcanes activos.

### **Horsts**

El *horst* es una estructura tectónica constituida por fallas normales de la misma dirección que limitan compartimentos cada vez más hundidos conforme aumenta la distancia al centro de la estructura. La formación de un *horst* exige una extensión, por lo que son frecuentes las emisiones volcánicas (Foucault y Raoult, 1985). En la zona intertropical se conocen algunos *horsts*, como el de Nilgiri con 2600 m (la India). En el Caribe Insular se ha planteado que la Sierra de Bahoruco es un *horst* (De León, 1989; Cucurullo, 1949), y que por consiguiente el Lago Enriquillo es un *graben*. No obstante, otras investigaciones, muchas de ellas recientes (Mann 1991; Van den Berghe, 1983), han planteado que tal tipología no se corresponde con la geodinámica y la morfo-estructura del sistema.

### **Especificidad de la montaña tropical**

Los tres factores morfo-topográficos señalados en el epígrafe anterior, **altura, pendiente y desnivel relativo respecto de las áreas circundantes**, provocan cambios sobre los procesos climáticos, geomorfológicos y edafo-alterológicos, e inducen igualmente a un escalonamiento de la distribución de los seres vivos y las actividades humanas. Estos cambios inducen cuatro consecuencias que son comunes a la mayoría de los sistemas montañosos de cualquier latitud (con excepción de las montañas áridas, desérticas y subdesérticas):

- Conformación de un sistema climático caracterizado por bajas temperaturas y presiones, aire enrarecido y, hasta una determinada cota, aumento relativo de las precipitaciones.
- Herencia paleoclimática, que refleja la condición de montaña en el pasado reciente o temprano.
- Establecimiento de un sistema morfogenético y edafo-alterológico con potencial erosivo y capacidad de rejuvenecer los suelos.
- Definición de un escalonamiento bioclimático, que atañe a todos los seres vivos, en especial a la flora y por consiguiente a la vegetación, que presenta rasgos fisonómicos específicos. Dicho escalonamiento atañe igualmente al ser humano y sus actividades. En el dominio tropical, este escalonamiento es bio- y geodiverso, con gran riqueza de nomenclaturas según las regiones, y umbrales parecidos en algunos casos (ver Figura 4-22, Figura 4-23 y Figura 4-25).

En el dominio tropical, además de estas consecuencias, hay matices que merecen mención especial, los cuales son recogidos a continuación.

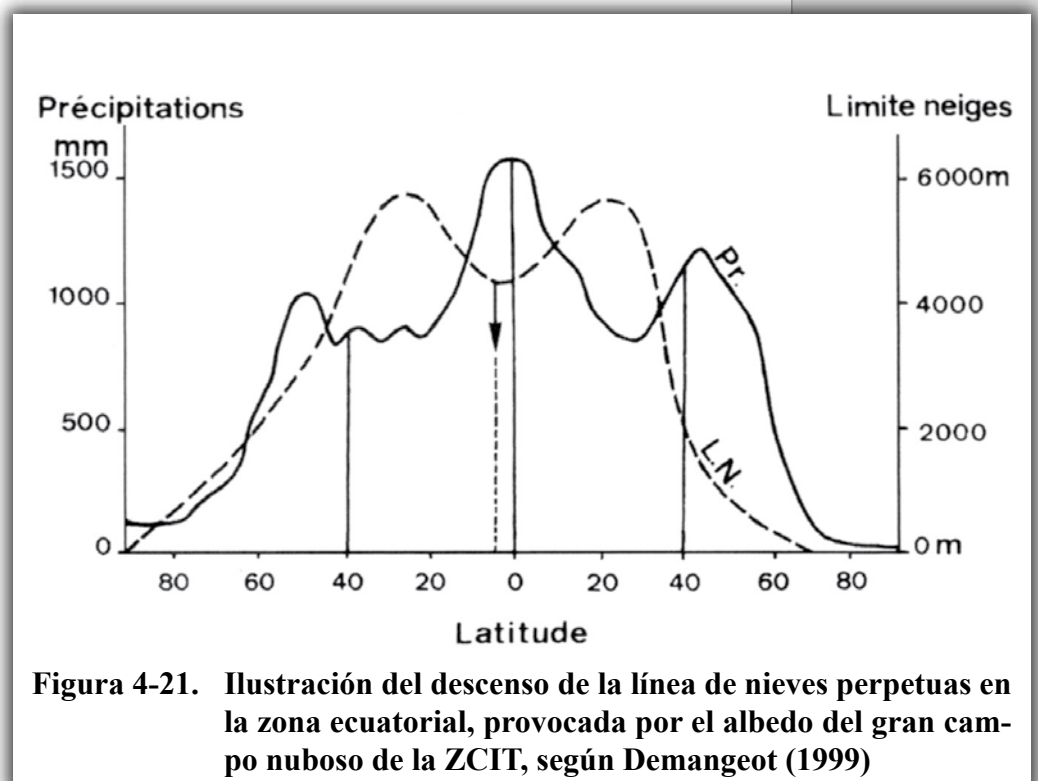
### Sistema climático

En cuanto al primer grupo, los aspectos climáticos, el desnivel supone muchos cambios en la naturaleza de la atmósfera. En todas las zonas de la Tierra existen varios efectos comunes, que son:

- Caída de la presión, porque la columna de aire es menor.
- Enrarecimiento del aire, que se refleja en una pobreza de oxígeno, CO<sub>2</sub> y vapor de agua.
- El aumento de la radiación solar, especialmente la ultravioleta, por la delgadez de la masa atmosférica.
- La rápida difusión de la radiación infrarroja hacia el espacio por la misma razón.
- La mayor facilidad de evaporación. Esto tiene como consecuencia un balance de mayor evaporación que condensación, reduciéndose la transferencia de calor latente a la atmósfera.
- La reducción del punto de saturación, porque el aire frío acoge menos vapor de agua que el aire caliente y, por lo tanto, condensa más pronto

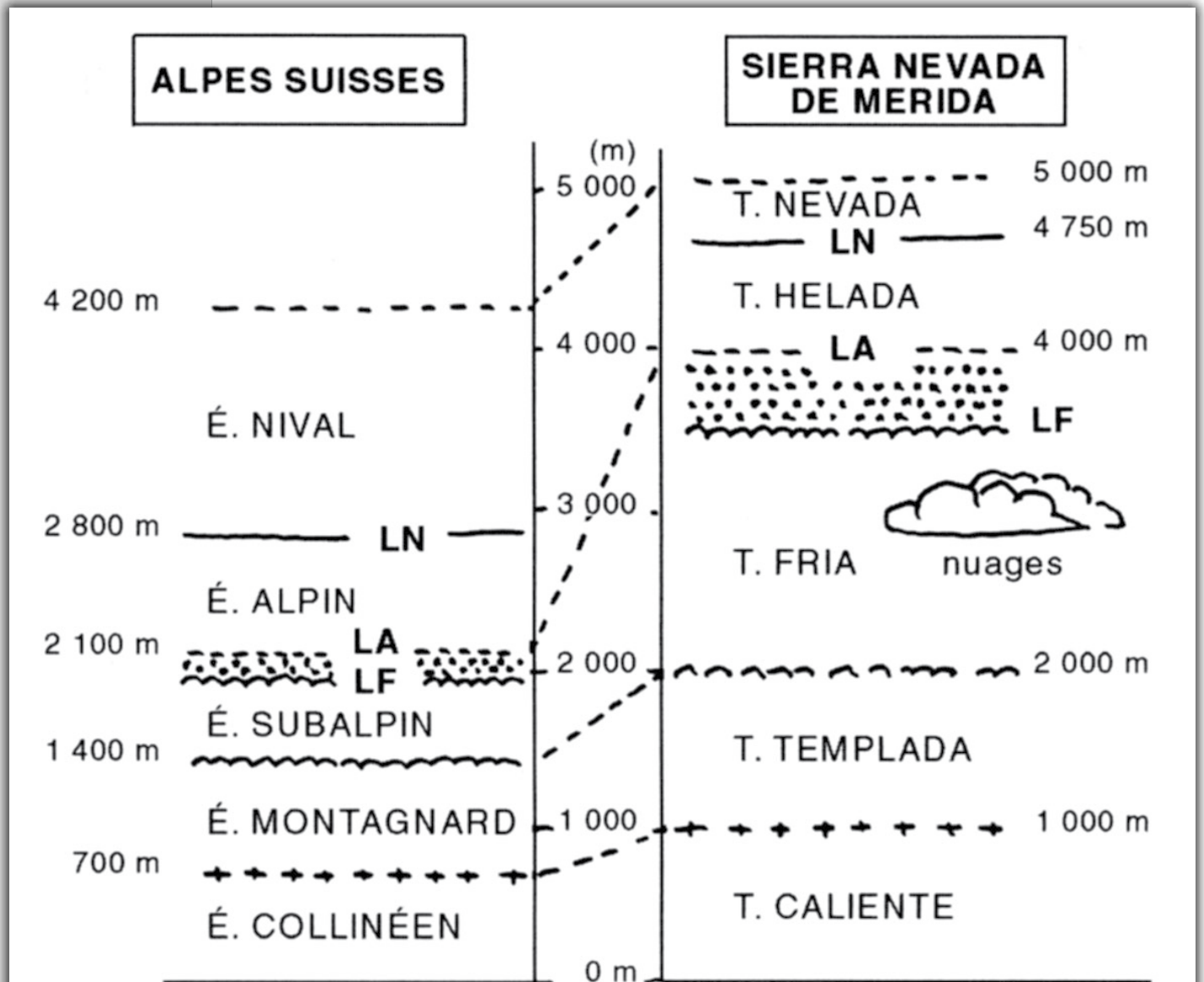
Pero en el dominio tropical hay algunas singularidades del clima de montaña que constituyen verdaderos rasgos específicos. Las más destacadas son (adaptado y ampliado a partir de Demangeot, 1999):

- La intensidad de la radiación solar es más fuerte, porque los rayos solares inciden perpendicularmente. La radiación en igualdad de condiciones de nubosidad es mayor en el dominio tropical que en el mundo templado.
- En la zona ecuatorial, la línea de nieves está más baja que en el resto de la zona intertropical, porque la constante evaporación resta calor y refresca la atmósfera, además de que la permanencia de nubes aumenta el albedo y reduce la temperatura (Figura 4-21).
- Ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes (al N y al S de los paralelos 10° N y S, res-



**Figura 4-21.** Ilustración del descenso de la línea de nieves perpetuas en la zona ecuatorial, provocada por el albedo del gran campo nuboso de la ZCIT, según Demangeot (1999)

- pectivamente), cuyo alcance respecto de los procesos geomorfológicos no ha sido del todo establecida en la montaña.
- La amplitud térmica intra-anual es débil respecto de los sectores bajos, sobre todo en presencia de una alta humedad relativa.
  - Dado que la temperatura basal en los sectores llanos circundantes



**Figura 4-22.** Escalonamientos bioclimáticos comparados. A izquierda, los Alpes Suizos; a derecha, Sierra Nevada de Mérida. Destaca el desplazamiento hacia arriba de todos los pisos bioclimáticos. Clave: LN=línea de nieves; LA=límite de los árboles; LF=límite del bosque; E=piso; T=tierra. Límites aproximativos (Fuente: Demangeot, 1999)

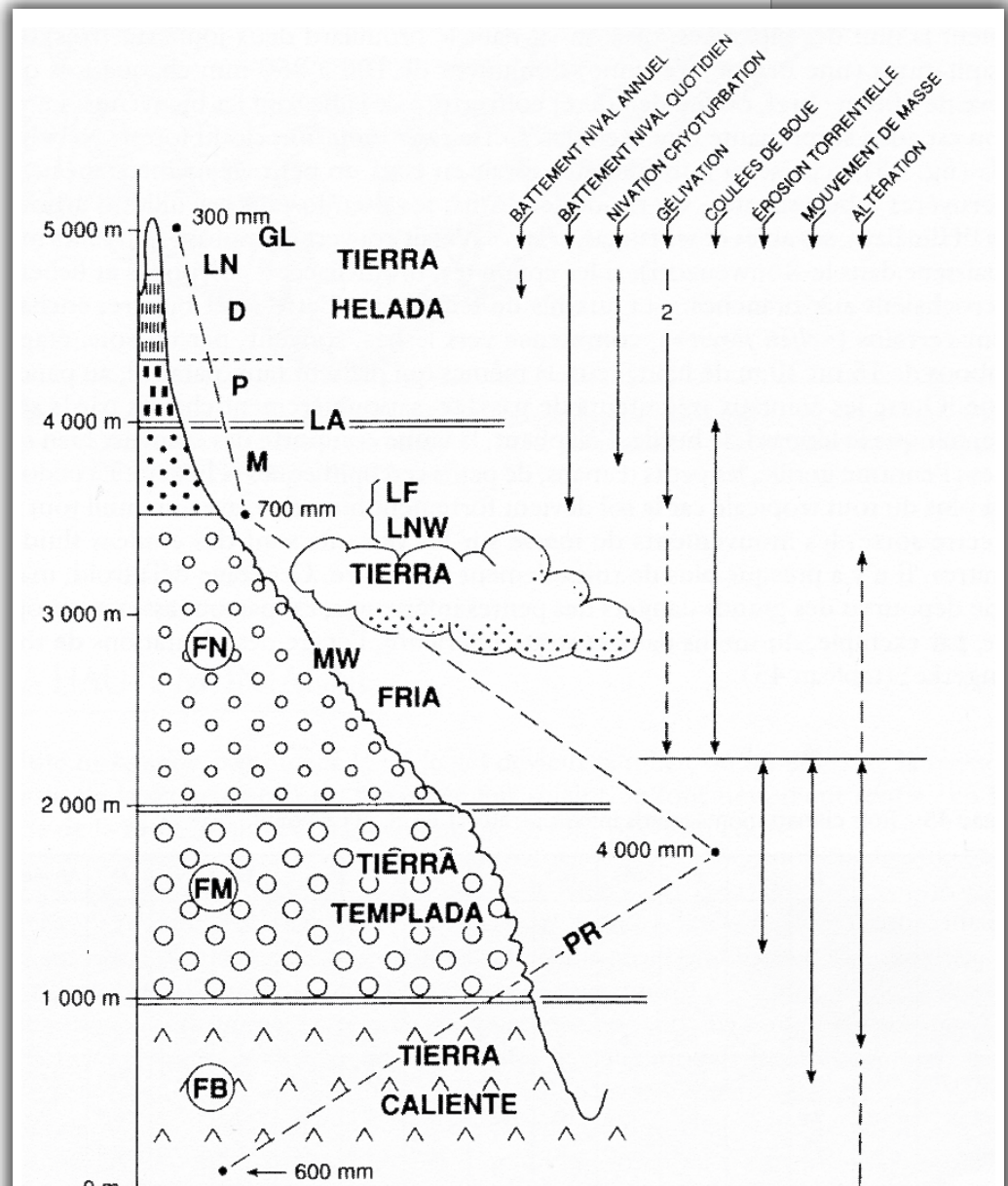
es alta, la posición de todos los pisos bioclimáticos se desplaza hacia arriba, muy especialmente el de las nieves perpetuas.

- En vista de que la temperatura en la montaña depende de la radiación solar y ésta a su vez es más intensa en el dominio tropical que en otras latitudes, la amplitud térmica diaria es mayor. A mayor altitud, mayor amplitud térmica diaria. Este fenómeno provoca



una inversión térmica que explica el “mar de nubes” típico de las montañas tropicales y que se amplifica en la época seca.

- La amplitud térmica diaria es también la responsable de las fluctuaciones rítmicas del límite instantáneo de las nieves. Este límite, que en la montaña templada tiene ciclos de un año, en la montaña tropical tiene ciclos diarios. La nieve se acumula por la noche y se derrite durante el día, lo cual refuerza la inversión térmica pues el aire en contacto con ella se enfría más.
- El gradiente pluviométrico altitudinal es progresivo en función de la altura, pero sólo hasta la montaña media, generalmente hasta una cota entre 1800 y 2000 m, a partir de la cual la precipitación disminuye. En el límite N de la zona intertropical, dicha cota es más baja. Por ejemplo en RD, según Cámara (1997), este fenómeno ocurre a 1,500 m.
- Inexistencia de vertientes solana-umbría, dado que la posición relativa del Sol en el firmamento cambia todos los años en un movimiento aparente de componente N-S que ilumina cualquier vertiente sin importar su dirección. Sin embargo, es específica de la



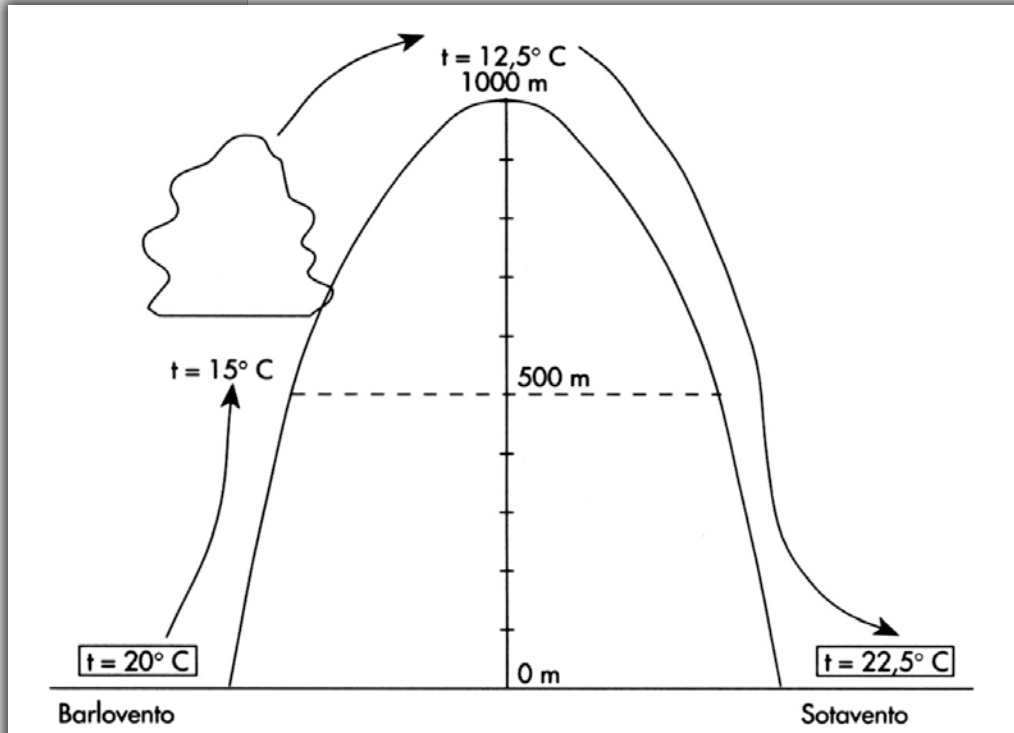
**Figura 4-23.** Sierra Nevada de Mérida (Andes de Venezuela). Se ilustran los distintos pisos bioclimáticos, pero interesa destacar de esta ilustración, la inversión del gradiente de precipitación (PR), la cual ocurre aproximadamente, y en este caso, a 1700-1800 m (Fuente: Demangeot, 1999)

montaña tropical la existencia de sectores umbríos gracias al mar de nubes, en los que se establecen bosques nublados.

- Dado que en el dominio tropical predomina el viento del E, las vertientes occidentales serán, por regla general, más secas que las orientales

(Figura 4-24). Por lo tanto, las vertientes a sotavento son occidentales y experimentan aires más cálidos y secos, bajo la acción de un efecto Föhn tropical. A mayor volumen del relieve, menor es la humedad del aire a sotavento. A mayor altura, mayor es la temperatura del aire a sotavento.

- El gradiente térmico altitudinal es similar al de las latitudes templadas (aprox.  $-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ), pero con la particularidad de que en el dominio tropical es muy variable localmente por la heterogeneidad de



**Figura 4-24.** Aunque no es un fenómeno estrictamente tropical, las vertientes a barlovento y sotavento están muy contrastadas. En la zona intertropical del hemisferio N, el viento es, generalmente, constante y del NE, lo que produce un *Efecto Föhn* en las vertientes SO (Fuente: Cuadrat y Pita, 1997)

la humedad relativa: a mayor valor de ésta, mayor es el gradiente.

### Herencia paleoclimática

En segundo lugar, la montaña también suele presentar herencia paleoclimática pre- y sin- Cuaternaria. Demangeot (1999) indica que en los horst modelados o retocados antes del Cuaternario, se reportan superficies de erosión y superficies corrosivas con formas heredadas (en las cordilleras plegadas las formas se conservan pobremente). Durante el Cuaternario, la alta montaña del borde meridional del dominio templado (a partir de los 2,000 a 2,500 m, excluyendo la mayor parte del Mediterráneo), experimentó glaciario y periglaciario (Colón, 1998), mientras que en el mundo tropical ocurrió a partir de los 3,000 m (Demangeot, 1999), aunque en la práctica se confirma que ocurrió muy por encima de dicha cota y, sobre todo, condicionado por múltiples factores locales. Sin embargo, en el dominio tropical hay muchos vacíos de información al respecto y no están del todo aceptados estos límites.

**Sistema morfoclimático edafo-alterológico**

En tercer lugar, el sistema morfogenético y edafo-alterológico tropical presenta singularidades frente al medio templado. Según Demangeot, la morfogénesis en la montaña tropical está controlada por diversos procesos según los pisos. En la Sierra Nevada de Mérida (Andes de Venezuela), identifica los siguientes procesos: alteración, desde los 800 hasta los 2,200 m (aprox.); movimientos en masa, desde los 500 hasta los 2200 m (aprox.); erosión torrencial y **máxima disolución kárstica registrada entre los 1,200 hasta los 2,200 m, dirigidas básicamente por el mayor contenido en CO<sub>2</sub> del agua más fría, la presencia de mucha materia orgánica, la escasa evapotranspiración y por la abundante precipitación, la cual es máxima en este piso respecto del conjunto de la cliserie**; "coladas de barro" desde los 2,200 hasta los 4,000 m; gelivación entre 3,500 y 4,800 m; nivación con crioturbación entre 3,800 y 4,800 m; pulsaciones nivales cotidianas entre 3,500 y 4,800 m; pulsaciones nivales anuales hasta entre 4,600 y 4,800 m (aprox.)

Las tormentas tropicales y huracanes inducen cambios profundos en los procesos geomorfológicos descritos por Demangeot. Estos fenómenos

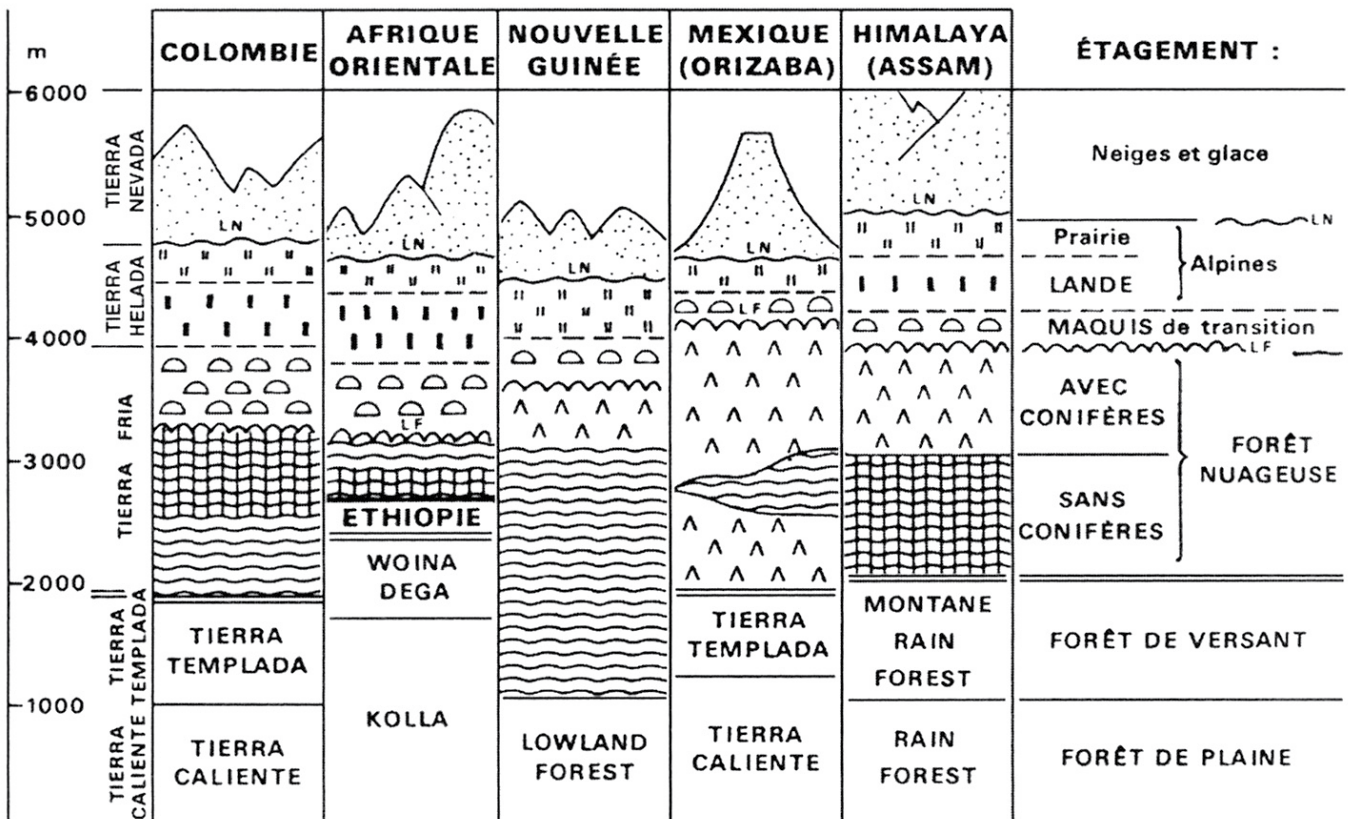


Figura 4-25. Escalonamiento bioclimático comparado en distintas montañas tropicales (Fuente: Demangeot, 1999)

atmosféricos no han sido reportados en Venezuela y Colombia y el resto del Caribe Continental de América del Sur, pero en países tropicales al

N y S del paralelo 10°N y 10°S (por ejemplo, los de América Central y Caribe Insular), respectivamente, su incidencia es directa en la aparición de arroyada y movimientos en masa. Las Antillas Mayores constituyen un laboratorio perfecto para estudiar su impacto.

El sistema edafo-alterológico es igualmente singular. Demangeot (1999) asegura que los suelos de montaña son más bien mejores que los de medios llanos. La evolución del bosque trae consigo la disminución del carácter tropical de los suelos. Por otra parte, la caolinitización se atenúa y desaparece hacia los 1,500-2,000 m porque la hidrólisis disminuye gracias al descenso de la temperatura, mientras que la humificación progresa mejor. Los suelos ferralíticos y fersialíticos son abundantes hasta los 1,000 m. Por encima de esta cota se suceden los suelos marrones más finos (0.5 m) con un buen contenido en materia orgánica (entre 10 y 20%). Por lo tanto, se advierte una reducción de la alteración geoquímica, que da paso a una alteración bioquímica más protagónica. Este tránsito se hace acompañar del efecto del drenaje oblicuo, el cual está en función de la pendiente y del espesor del suelo. Esto permite un avance lento de los suelos hacia abajo, que los reduce y renueva constantemente en los sectores cimeros. Es habitual en los suelos de montaña tropical la existencia de clastos, a veces en forma de canchales, que producen litosoles en los sectores cimeros. No obstante, estos suelos no son del todo improductivos en el medio tropical, porque existe una recarga mineral sostenida aportada por la materia orgánica. Sin embargo, suelos viejos formados en sectores llanos y elevados posteriormente, constituyen una excepción en el conjunto de la edafo-génesis en la montaña tropical.

### **Escalonamiento bioclimático**

En cuarto lugar, el escalonamiento bioclimático y la zonación de las actividades humanas en la cliserie son consecuencia de la altura y el desarrollo vertical. Este rasgo, típico de todas las montañas, se singulariza en el dominio tropical. Si bien el número de pisos bioclimáticos es similar al de la montaña alpina, su distribución, cota y rasgos característicos son muy diferentes. No tiene sentido hablar de piso sub-alpino porque su equivalente altitudinal tropical recibe precipitaciones muy superiores, no registra nevadas y experimenta los efectos del mar de nubes. Demangeot (1999) reconoce los siguientes pisos:

- Tierras calientes. Es el piso inferior, entre los 300 y los 1000 m. Sólo se diferencia de las llanuras de su entorno en que es menos cálido y mejor regado. La vegetación es más exuberante, provocado por la pendiente que pone mayor superficie foliar en exposición directa al sol. Existe además inestabilidad de suelos, porque el drenaje oblicuo favorece el potencial erosivo. La productividad relativa en términos agrícolas es mayor, pero existe la peligrosidad latente de la inestabilidad de suelos.

- Tierras templadas. Piso intermedio, generalmente entre los 1,000 y 2,000 m. Temperaturas templadas, entre 15 y 20°C. Hasta este piso llegan las máximas precipitaciones de la cliserie, aunque pueden existir rasgos de aridez en función del clima regional y local. Hay importantes plantaciones de diversos cultivos, algunos incluso con cobertura forestal, como el café, pero también musáceas [aunque no en el Caribe Insular]. Son escasas las palmeras [en el Caribe abunda *Prestoea* sp. en bosque nublados]. Es el reino de las Gimnospermas, como *Juniperus*, *Pinus*, *Podocarpus*, y los helechos arborescentes, aunque esto depende de la paleo-biogeografía. La morfogénesis y la edafo-alteración están controladas por la abundancia de precipitaciones. **Es el piso donde se registra una mayor disolución kárstica.**
- Tierra fría. Este piso cobra singularidad en el dominio tropical. Por convención se fija su límite inferior hacia los 2,000 m y el superior en 3,500. No obstante, en muchas montañas tropicales el límite inferior está muy por encima, dependiendo de las condiciones atmosféricas locales y la configuración del relieve. La temperatura media oscila en torno a los 10°C y las heladas son frecuentes, pero geomorfológicamente irrelevantes. Por la noche se forman los *pi-krakes*. Dos de cada tres días hay nieblas. A partir del límite inferior de este piso la precipitación disminuye 100 a 250 mm por cada 100 m de ascenso. La vegetación es exuberante, representada por el bosque nublado o *higrófilo*, ecosistema de altura inferior al bosque *ombrófilo*, con abundantes epífitas, líquenes y musgos. El suelo es húmifero, con un mull de gran espesor y, por lo tanto, son comunes las coladas de barro. Casi no existe arroyada concentrada ni grandes movimientos en masa, lo cual induce una relativa riqueza para fines agrícolas.
- Matorral de transición. Entre la tierra fría y la tierra helada, o lo que es lo mismo, entre la línea de bosque y la línea de árboles (aprox. entre 3,500 y 4,000 m), existe generalmente un matorral con individuos de *Ericaceae*, coníferas, y otras, pero siempre prostrados y raquíuticos. La precipitación es débil (menos de 1,000 mm) y el suelo es de tipo turba. La base de este matorral marca el límite inferior de la alta montaña, según Demangeot
- Tierras heladas. Se sitúa por encima de los 4,000 m habitualmente, y tiene 2 subpisos. El más bajo, que los autores franceses denominan "*lande d'altitude*" o "*landa de altura*", entre los 4,000 y los 4,300 m (aprox.), tiene contrastes térmicos e higrométricos considerables, con dos situaciones pluviométricas: 1) húmeda, cuyo resultado es el Páramo Colombiano, por ejemplo; 2) seca, a la que se adapta la Puna. El subpiso alto es el denominado "*periglacial*", cuyas formaciones superficiales son clastos de tamaño pequeño a medio, porque la gelivación no profundiza mucho. Se observan algunas

macollas vegetales muy dispersas sobre figuras de crioturbación ligadas al permafrost.

- Tierras nevadas o piso glaciár. Este piso es irrelevante en la montaña tropical, y por lo tanto no merece profundización. Sólo indicar que constituye el piso de las nieves perpetuas, sólo abarca 5,000 km<sup>2</sup> en el dominio tropical (equivalente a 0.0034% de las áreas continentales y a 0.0025% de la superficie tropical) y su función más importante atañe a la hidrología local de territorios muy concretos.

Por otra parte, Cámara (1997) aportó una tipología de pisos bioclimáticos para República Dominicana, en base a criterios de balance hídrico y diagrama bioclimático (Figura 4-26). Dicha clasificación es extensible al resto de las Antillas, en especial, aquellas con montaña media, como son Cuba, Jamaica y Puerto Rico. Los tipos identificados fueron:

- Piso infraantillano. Se caracteriza por la presencia de una paralización vegetativa repartida en uno o dos períodos, dominando la

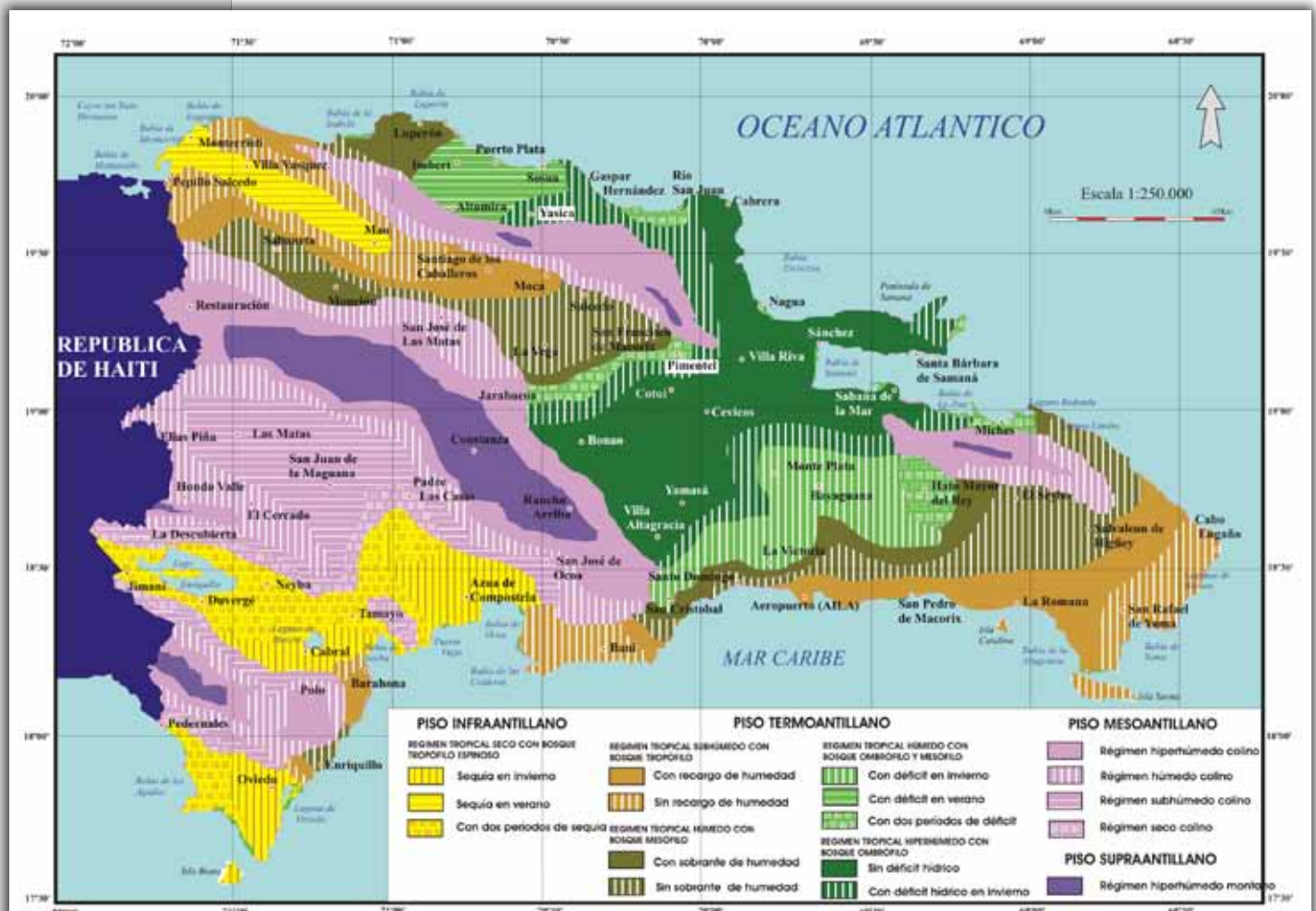


Figura 4-26. Mapa de pisos bioclimáticos y regímenes climáticos de RD, según Cámara (1997)

respiración vegetal sobre la fotosíntesis. Existe sequía estacional y el déficit hídrico ocupa todo el año alcanzando 1,400 mm. Su ETR se sitúa entre 600 y 900 mm. Sus caracteres bioclimáticos quedan de-

finidos por in IBP entre 45 y 50 ubc, IBR entre 7 y 15 ubc, IBS entre 0,5 y 2 ubc y TbIBR entre 27 y 29°C.

- Piso termoantillano. Se caracteriza por una temperatura media entre 24 y 27°C, mientras que la precipitación media oscila entre 800 y 2,300 mm. La paralización vegetativa es inferior a 2 meses con un déficit hídrico que puede ser más o menos extenso e importante variando de 0 a 900 mm. Su ETR presenta un intervalo entre 800 y 1,600 mm y sus condiciones bioclimáticas son IBP 42-47 ubc, IBR 15-43 ubc.
- Piso mesoantillano. Sus caracteres generales quedan definidos por una temperatura media entre 22 y 25°C, con valores de precipitación que pueden variar desde los 800 mm, pudiendo alcanzar los 1,800 mm. El período de déficit hídrico varía entre 0 meses y todo el año con volúmenes no superiores a los 700 mm, y puede presentar hasta 2 meses de sequía estacional, que contrastan con precipitaciones superiores a los 800 mm y que pueden incluso alcanzar los 1,600 mm. Su IBP varía entre 26 y 43 ubc, su IBR entre 17 y 39 ubc, su IBS no supera las 0,4 ubc, y su TbIBR oscila entre 21 y 26°C. El rango altitudinal oscila entre los 400-500 m y los 1,000-1,200 m.
- Piso supraantillano. Con una temperatura media entre 18 y 21°C y precipitación entre 1,200 y 2,500 mm, no presenta déficit hídrico. Su ETR se sitúa entre 800 y 1,000 mm. Sus características bioclimáticas son IBP 34-41 ubc, IBR 20-30 ubc, y TbIBR 18 a 22°C.

A nivel taxonómico las "orofitas" reemplazan las especies propias del llano. Por ejemplo, en la América Tropical, las Fabáceas dan paso a las Magnoliáceas y a las Gimnospermas. Los bejucos desaparecen mientras que las epífitas aumentan. La montaña tropical también se convierte en refugio de taxones antiguos, como los *Quercus* en América (México especialmente), así como los *Pinus* en Cordilleras y Sierras de las Antillas Mayores. Generalmente se trata de especies endémicas.

En cuanto a fisonomía, según aumenta la altura la vegetación se compone progresivamente de más especies de porte mediano y pequeño, con hoja media y pequeña (a 1,000 m hay aprox. un 50% de especies de hoja pequeña). Las especies arbóreas pierden sus contrafuertes, se hacen más comunes las sempervirentes y aumenta el espaciado entre los individuos (Demangeot, 1999).

## **Karst**

### **Definición**

Se han escrito abundantes tratados sobre el karst. Se atribuye al geógrafo Jovan Cvijic' (1893) la publicación científica pionera sobre el karst. Posteriormente los trabajos más destacados e integradores, con un enfoque genético del karst son los de Birot (1967) y Nicod (1972). Ford y Williams (1989) redactaron un manual completo, enfocando los procesos

geomorfológicos, con abundantes ilustraciones y una completa revisión de los rasgos hidrogeológicos. Berger (1996) hace una revisión del karst como geoindicador y registro primordial en la reconstrucción paleoambiental.

Según Ford y Williams (1989), la palabra karst se atribuye al pre-indoeuropeo. Deriva de *karra* que significa piedra, roca. En el norte de la Ex-República Yugoslava de Eslovenia (Región de Istria y, por tanto, del esloveno) la palabra evolucionó hacia *kars* o *kras* que, en adición a su significado primigenio, se utiliza para designar “zonas áridas de ese país”. En el período Romano el nombre regional era *Carsus* y *Carso*. Cuando Yugoslavia pasó a formar parte del imperio austro-húngaro, la palabra derivó en la voz germánica *karst*. La versión alemana del término tuvo éxito en el ámbito científico gracias a las aportaciones de Jovan Cvijic' en su obra *Die Karstphänomenen* (1893).

En una sugerente descripción comparativa, Nicod (1972) escribe: “estos terrenos calcáreos donde las leyes generales de la erosión parecen nulas (no hay red de valles jerarquizados pero si depresiones cerradas de todo tipo, que hacen de las plataformas de Vieux, Montenegro, un paisaje casi lunar), donde la hidrología subterránea adquiere por el contrario una gran importancia, los geógrafos de fin del siglo pasado [XIX] han denominado karst”. En esta definición el autor hace hincapié en los aspectos paisajísticos del karst y en su peculiar hidrografía.

**De Martonne había recomendado el empleo del término *cause* como equivalente francés** (en Nicod, 1972). Nicod (1972) destaca la necesidad de contar con un nombre único para la comprensión científica internacional. Según De Pedraza (1996), el término ***carst* se utiliza como castellanización de la palabra karst**. En esta tesis se utilizará la palabra “karst”, dada su amplia aceptación internacional.

Foucault y Raoult (1984) definen el modelado kárstico como “*tipo de relieve que afecta a los países [terrenos] calcáreos, debido principalmente a la disolución de las rocas por las aguas meteóricas cargadas de gas carbónico*”. Esta definición enfoca los procesos geoquímicos que intervienen principalmente en el modelado subaéreo.

Ford y Williams (1989) definen el karst como “*un sistema abierto compuesto de dos subsistemas integrados, el hidrológico y el geoquímico, operando sobre rocas de alta solubilidad con porosidad secundaria muy desarrollada y cuyo resultado es un medio de hidrología muy peculiar y morfologías abruptas*”. En esta definición destacan dos elementos necesarios en la karstogénesis: alta solubilidad de la roca y estructura de la formación.



**Strahler (1997)** lo define como un **paisaje o tipo de topografía dominada por elementos producidos por la disolución caliza y que contiene sistemas de cavernas subterráneas**. Esta definición, como puede comprobarse, carece de elementos genéticos y estructurales.

Berger (1996) define el karst como un tipo de paisaje que se encuentra en rocas carbonatadas (calizas, dolomías, mármol) o evaporitas (yesos, anhidritas, halitas), caracterizado por abundancia de depresiones cerradas, sistema de drenaje subterráneo bien desarrollado y escasez de corrientes superficiales. La variedad de posibles interacciones entre procesos químicos, físicos y biológicos, tiene un amplio rango de efectos geológicos que incluyen: disolución, precipitación (geoquímica), sedimentación y subsidencia de terrenos. La mayor parte del agua subsuperficial se mueve de forma laminar entre fisuras estrechas que se ensanchan en función de las variaciones del nivel freático para formar cuevas, dentro de las cuales el flujo se convierte en turbulento. Esta circulación es, en parte, responsable de elementos como las dolinas, pérdidas, cuevas y grandes surgencias. Las cuevas contienen una variedad de elementos de disolución, sedimentos y espeleotemas, y todos ellos pueden preservar un registro de historia geológica y climática del área donde se desarrollan. **Las formas y los depósitos kársticos pueden persistir durante períodos de tiempo extraordinariamente largos, tanto en el paleo-karst como en cuevas.**

En resumen, todos los autores destacan el carácter singular de la hidrología en el karst (infiltración a través de la porosidad secundaria, escasez de corrientes superficiales) y, puntualizan, que el paisaje es singular respecto de otros relieves litológicos, que Nicod denominaba paisaje "casi lunar", por lo abrupto y repetitivo de las formas kársticas deprimidas.

### **Rocas karstificables y mecanismos físico-químicos fundamentales**

Biro (1967) destaca que el ataque de las calizas resulta de tres procesos principales: 1) la puesta en solución del carbonato de calcio; 2) la crioclastia (en los medios templados); 3) la acción mecánica ejercida por las raíces de las plantas. Ford y Williams (1989) indican que los elementos necesarios para la karstogénesis son la alta solubilidad de la roca y la estructura de la formación. Nicod (1972) también destaca la solubilidad y la estructura como los principales elementos de la karstogénesis. Según éste "el karst está ligado a dos propiedades fundamentales de la roca: la primera, la solubilidad en el agua cargada de gas carbonico; la segunda, la permeabilidad desarrollada por las fisuras". Por supuesto, Nicod no se refiere a la permeabilidad de la roca *per-se*, sino a la permeabilidad generada por la red de fallas, diaclasas y planos de estratificación de la masa rocosa. Otros autores como Foucault y Raoult (1984),

Thornbury (1960) y De Pedraza (1996) también remarcan el papel de la solubilidad y la estructura en la karstogénesis.

Por lo tanto determinadas litologías, denominadas globalmente como "rocas karstificables", tienen la propiedad de ponerse en solución con mayor facilidad que otras. Como mecanismo, la disolución es el más importante en la karstogénesis. Como propiedades intrínsecas, la solubilidad de los materiales y la estructura de la masa rocosa. Esta última es determinante porque regula el alcance del modelado kárstico, favoreciéndolo o inhibiéndolo del todo.

Las rocas carbonatadas son las más extendidas entre las karstificables. Conforman el 12% de la superficie terrestre y pueden ser de dos grandes tipos: caliza y dolomía. La primera es con mucho la más común. Los karsts descritos por Cvijic' en Eslovenia, o los ejemplos tipo que emplean Birot y Nicod, se desarrollan sobre calizas. En general, el término caliza se aplica únicamente a aquellas rocas en las cuales la fracción de carbonato de calcio excede los componentes no carbonáticos, o sea, más de un 50% es calcita.

La abundancia de caliza se debe a la facilidad con que precipita el mineral calcita (originalmente "aragonito") en los medios carbonatados (mares especialmente) y a la abundancia de especies marinas que utilizan el carbonato de calcio en su estructura corporal. En RD, del conjunto de las rocas aflorantes, la caliza (y similares) supone aproximadamente el 35% respecto del total del territorio dominicano (DGM-IGU-BGR, 1991). La Sierra de Bahoruco es un macizo carbonatado del Cenozoico, con 90% de su superficie dominada por calizas de diversos tipos (margosa, arrecifal, creta, entre otras).

Según el origen de la calcita, las calizas pueden ser clasificadas en distintos tipos. La tipología más simple distingue las autóctonas de las alóctonas (Petitjohn, 1976). Esta clasificación tiene la ventaja de que puede aplicarse directamente en campo observando a simple vista los componentes de la muestra.

Las primeras son aquellas en las que la calcita se ha formado sin haber recibido arrastre visible posterior. Estas calizas se forman por extracción de aragonito (que diageniza en calcita) del agua de mar, interviniendo para ello procesos orgánicos o inorgánicos. La precipitación por medios orgánicos es observable hoy en día en los arrecifes de coral. Los pólipos formadores de coral, así como otros seres vivos que habitan dicho ecosistema, son capaces de segregar carbonato de calcio. Además, muchos animales y plantas marinas, especialmente los microscópicos (plankton, por ejemplo), aportan carbonato de calcio al depositarse sus restos en el fondo oceánico. Por otra parte, la precipitación inorgánica

ocurre al aumentar la concentración de carbonato de calcio por evaporación.

Las calizas alóctonas son aquellas conformadas por detritos carbonatados que han sido movilizados dentro de la propia cuenca sedimentaria. Petitjohn (1976) las define como aquellas en las que el material ha sido transportado y redepositado, por lo que no tienen "raíces" en la cuenca. Los detritos pueden ser trozos de arrecifes, restos de conchas fragmentadas y gastadas, entre otros. Todos estos materiales son seleccionados por las corrientes y posteriormente sedimentados. Por lo tanto estas calizas tienen una estructura similar a otras rocas compuestas de detritos, como por ejemplo las areniscas.

Otra tipología es la propuesta por Folk (1959, en Foucault y Raoult, 1984), que clasifica las calizas empleando como criterio esencial los constituyentes del cemento (ortoquímicos) y los elementos figurativos (aloquímicos) de las rocas. Folk distingue dos cementos: micrita y esparita; mientras que los aloquímicos son los "intraclastos", oolitos, fósiles y pellets. El nombre asignado a cada caliza se deriva de la contracción de un sufijo alusivo al cemento y un prefijo alusivo al aloquímico. Esta tipología es más precisa, pero requiere trabajo de laboratorio para la identificación de los componentes.

En RD el karst se desarrolla sobre calizas Cenozoicas. Uno de los más destacados es el karst de mogotes del Parque Nacional Los Haitises (calizas del Neógeno), que ocupa más de 1000 km<sup>2</sup> en el NE del país (Cámara, 1997). Destacan, entre otros, el karst de montaña media tropical de las sierras de Bahoruco y Neyba (calizas del Paleógeno), así como el de tipo "plataforma" de la "Llanura Costera del Caribe" (Neógeno). En las Antillas Mayores, el karst sobre calizas Cenozoicas es igualmente frecuente; son ejemplos característicos el karst de Los Órganos en Cuba, el de Arecibo en Puerto Rico y el de "cockpit" en Jamaica.

El otro tipo de roca carbonatada son las dolomías. Por regla general son escasas y todavía no se ha esclarecido su génesis. Existen dos teorías (Petitjohn, 1976): 1) diagénesis de calizas con enriquecimiento de magnesio; 2) precipitación sinsedimentaria de magnesio, apoyado en la existencia de paleo-mares con mayores contenidos de este elemento (una hipótesis no uniformitarista muy discutida en la actualidad). La Sierra de Bahoruco presenta dolomías karstificadas en su vertiente, como por ejemplo en la Loma de Bucán Yame donde se ha observado la arena resultante de su alteración.

En menor medida, existen otras rocas karstificables como las cuarcitas y areniscas silíceas (cementadas por sílice), los mármoles, las anhidritas,

los yesos y las halitas (Berger, 1996; Ford y Williams, 1989). Algunos autores consideran que el modelado sobre rocas distintas de las sedimentarias carbonatadas no es karst. Sin embargo, dada la tradición bibliográfica en esta materia se relacionan a continuación los procesos comunes de disolución en tales casos.

La solubilidad de la sílice bajo aguas meteóricas es muy reducida y por ello los karsts de areniscas síliceas y cuarcitas son poco comunes. Sin embargo, cuando la temperatura supera los 50°C la solubilidad aumenta, sobre todo si se trata de sílice amorfo. Para que estas rocas se modelen en karst deben darse las siguientes condiciones: 1) mineral altamente puro (poca arcilla), para evitar el taponamiento de los conductos y favorecer la progresión del agua en la masa rocosa; 2) bancos de potencia variable con fuerte pero dispersa fracturación; 3) ausencia de procesos de modelado que compitan con la alteración (Ford y Williams, 1989). Otros autores añaden que este tipo de relieves está vinculado a la persistencia de un modelado bajo clima tropical. En RD no se ha reportado karst en areniscas.

Los mármoles son también karstificables, sobre todo cuando el grado de metamorfismo no ha transformado sensiblemente su contenido en carbonato. Este tipo de karst es poco frecuente. En el país existen karsts desarrollados en los mármoles de la península de Samaná al NE del país.

Las rocas evaporíticas, como las anhidritas, yesos y halitas, afloran muy poco y cuando lo hacen son rápidamente disueltas. Normalmente están cubiertas por capas de otras rocas sedimentarias no solubles de grano fino. Pueden llegar a ser disueltas hasta 1000 m de profundidad, lo cual se conoce como "karstificación intraestratal" (Ford y Williams, 1989). Los karsts en yeso y sal no son muy comunes, y su distribución está restringida por lo general a medios áridos, como en el caso de la Loma de Sal y Yeso al pie de la vertiente N de la Sierra de Bahoruco.

## Formas del karst

### Microformas

Los "**lapiaces**", *lapiaz* en singular (*karren*, *karra*; términos alemanes derivados del latín *lapis* que significa piedra), generalmente son englobados dentro de las denominadas **microformas** del karst. La implantación repetitiva de estas formas en el terreno se denomina "campos de lapiaces" (*Karrenfeld*). Nicod (1972) los define como "manifestaciones kársticas en forma de hueco, ranura, acanaladura, cúpula o un relieve aserrado, debidas principalmente a la disolución", aunque también actúan la biocorrosión (Cámara, 1997), la crioclastia y la estructura, entre otros. Bögli y Cvijic' han sido pioneros en el estudio pormenorizado del lapiaz. Otros autores han desarrollado también completas descripciones

nes de esta microforma, entre ellas la síntesis de Salomon (2000), de la cual se extraen los más comunes:

- **Rinnenkarren**, “lapiés de ruissellement” (Nicod, 1972), lapiaz de arroyada o de canales (De Pedraza, 1996). Se compone de canales con perfil longitudinal convexo y sección transversal cóncava, que se disponen en el sentido de la pendiente. La división entre cada uno es aguda. Su profundidad oscila en torno a los 50 cm, y su longitud puede ser de 20 cm o más. Se desarrolla superficialmente (sin cobertera), generalmente en pendiente inclinada.
- **Rillenkarrren** o lapiaz de surcos (De Pedraza, 1996), “lapiez-cannelures” (Biro, 1967), “lapiés de fissures” (Nicod, 1972). Son surcos desde 1-2 cm de ancho, con hasta 50 cm de largo, de forma aguda tanto en las crestas como en la base. Se desarrolla en pendiente pronunciada, superficialmente o con escasa cobertera.
- **Meanderkarren**, o de surcos meandriformes (De Pedraza, 1996). Consiste en surcos o canales de 10 hasta 50 cm de profundidad por 1 m o más de largo. Se desarrolla en pendiente ligeramente inclinada, en superficie y con poca cobertera. A techo, en la división, el borde del surco es neto (con ruptura) y muy redondeado en la base.
- **Kamenitzas**, tinajitas (Salomon, 2000), microdolinas (De Pedraza, 1996). Son pequeñas depresiones de fondo plano desde unos pocos cm hasta más de 3 m de diámetro, y de más de 50 cm de profundidad. Se desarrollan en pendiente horizontal, superficialmente y ocasionalmente bajo una pequeña cobertera. Sus rebordes son rugosos cuando se desarrolla sin cobertera y suaves en el caso contrario.
- **Kluftkarren**, lapiaz de fracturas, callejones o microbogaz (De Pedraza, 1996). Son canales estrechos de algunos centímetros hasta 4 m de profundidad, y una longitud superior al metro. Se desarrolla a nivel superficial o bajo cobertera a lo largo de fracturas y diaclasas, por lo que el dispositivo es generalmente ortogonal. Es siempre de base suave y flancos pronunciados cuando se desarrolla sin cobertera, y cuando ésta existe los flancos son tendidos.
- **Rundkarren**, lapiaz de tubo, lapiaz de “cresta redondeada” (De Pedraza, 1996). Son canales de 10 hasta 50 cm de profundidad y más de 15 cm de longitud. Se desarrollan bajo cobertera en dispositivo horizontal o en pendientes inclinadas. Sus bordes son rugosos (“roídos”) cuando afloran a superficie y suave o liso en caso contrario.
- **Spitzkarren**, tsingy. Son crestas coalescentes (De Pedraza, 1996), cuya parte superior es muy aguda y sus bordes cortantes y dentados, dispuestas generalmente de forma circular y de pendientes inclinadas. En altura varían desde 50 cm hasta más de 30 m. El diámetro de la circunferencia puede ser desde algunos decímetros hasta varios metros. Su desarrollo es íntegramente superficial. La caliza sobre la que se desarrollan es cristalina y masiva, intensamente fracturada. Según Rossi (1980, en Salomon, 2000), no se conoce su génesis en dolomías. Si el tsingy es potente, por debajo

se instala una importante red subterránea. Este autor considera el lapiaz tsingy como una macroforma.

- **Seekarren, lapiaz litoral o espumoso.** Se trata de pequeñas crestas y hendiduras de 10 cm a 1 m de tamaño-profundidad, de bordes rugosos ("roídos") y fondos lisos. Se desarrolla de forma enteramente superficial (sin cobertera), en dispositivo subhorizontal. Es habitual en terrazas coralinas recientes.

Existe una morfología transicional entre el lapiaz y las macroformas del karst. Se trata del **forêt de pierre** (*stone forest, bosque de piedra*), que consiste en una sucesión de estadios evolutivos de distintos lapiaces (Salomon, 2000). En un primer estadio se vinculan con un criptokarst bajo cobertera pedológica y alterítica, donde puede existir bosque o no, desarrollándose pequeñas cúpulas a través del diaclasado. A continuación, por desmantelamiento parcial de la cobertera afloran los "dientes de dragón" (*dents de dragon*), que son formas "romas" tipo *Rundkarren*. Estos dientes son sólo el tramo somital de altos pilares denominados "pináculos". En el siguiente estadio se produce el desmantelamiento total de la cobertera exponiendo los pináculos de forma íntegra dando un relieve ruiniforme. Estos se individualizan y desarrollan un *Rillenkarren* y cúpulas de disolución en el tramo somital. Los espacios entre pináculos se convierten en bogaz y corredores a lo largo de las fracturas y diaclasas, los cuales en el tramo basal se rellenan de arcillas. A continuación, si las calizas son muy cristalinas y masivas, en el tramo somital se modela un *lapiaz tsingy*. Los *bogaz* se ensanchan y aparece vegetación en el fondo. Por último, en un estado muy evolucionado aparece un paisaje de pitones separados por corredores muy ensanchados que se colmatan de derrubios. El nivel freático aflora en ciertos puntos bajos.

### **Macroformas**

El otro grupo de formas del karst son las **macroformas, que pueden ser de 3 tipos: deprimidas, elevadas y aplanadas**. Las primeras engloban formas lineales, dolinas, uvalas y poljes; las segundas abarcan las colinas, también conocidas como cerros o relieves residuales positivos, cuya tipología se explica más adelante; por último, las aplanadas, incluyen las plataformas y superficies corrosivas. A continuación se comentará la bibliografía sobre cada uno de los grupos en ese mismo orden.

**Las formas lineales deprimidas son un conjunto de depresiones alargadas creadas por disolución y orientadas según la estructura. Los corredores, bogaz** (Cvijic', 1893; Nicod, 1972), **callejones** (varios autores, en De Pedraza, 1996), **zanjones** (Monroe, 1980) o **streets** (Brook & Ford, 1978). Según Ford y Williams (1989) se definen como anchos pasillos que han evolucionado a partir de ranuras rectilíneas, profundas y estrechas, con paredes verticales o abruptamente inclinadas, que se entrecruzan entre

sí en ángulos de 60-90-120°, gracias a la disolución de los planos de estratificación y fracturas denominadas *grikes*.

**Los valles** (varios autores en De Pedraza, 1996) **o cañones fluvio-kársticos** de Nicod (1972), son de dimensiones mayores. Este autor los define como *"toda garganta de grandes dimensiones excavada en una región de relieve tabular, como el célebre Gran Cañón del Colorado, donde el río se incide en mil metros"*. Derruau (1996) los define como *"valles de flancos abruptos, un verdadero corte de sierra entre dos plataformas o relieves calcáreos plegados"*. La dureza y la permeabilidad de las vertientes explican que la erosión sólo actúe en el fondo del lecho, mientras los flancos evolucionan de manera lenta. Pero cuando la caliza no es homogénea, las laderas se presentan como una sucesión de paredes abruptas o incluso voladizos y de taludes en pendiente menos pronunciada, todo dispuesto según la alternancia de los estratos. En la parte alta, la garganta adquiere entonces una cierta anchura. El autor sugiere que el Gran Cañón del Colorado no es un verdadero cañón, porque su génesis y evolución se corresponde más con una red de antiguos ríos subterráneos, cuyas bóvedas colapsaron; agrega además que el río Colorado excava una garganta sobre las rocas cristalinas de su base, mientras que las vertientes retroceden en la parte de arriba, en las calizas y areniscas, donde se intercalan rellanos estructurales, lo cual no cumple con el modelo tipo sobre calizas. Otros (en De Pedraza, 1996) explican que los cañones son formas exokársticas resultado de la incisión fluvial; vinculan su génesis a conductos subaéreos con paredes verticalizadas que sirven de valle a un río (hoces, si forman recodos de meandro), o quedan fuera de la corriente, dando lugar a valles secos o muertos. Plantean además que el bogaz o callejones son cañones de menores dimensiones.

**Por último, el valle en fondo de saco** (Jennings y otros, 1971, en De Pedraza, 1996), **reculéé** (Nicod, 1972) **o retroceso** (Foucault y Raoult, 1985). Se trata de una forma lineal con un "farallón" rocoso tipo anfiteatro en su cabecera, producto del colapso en la misma cavidad de la que surge un río (varios autores, en De Pedraza, 1996). Según Nicod (1972), se trata de valles alargados que penetran en el interior de las plataformas del relieve tabular del Jura, y que se terminan abruptamente al fondo de un circo calcáreo, al pie de las cuales brota una poderosa resurgencia.

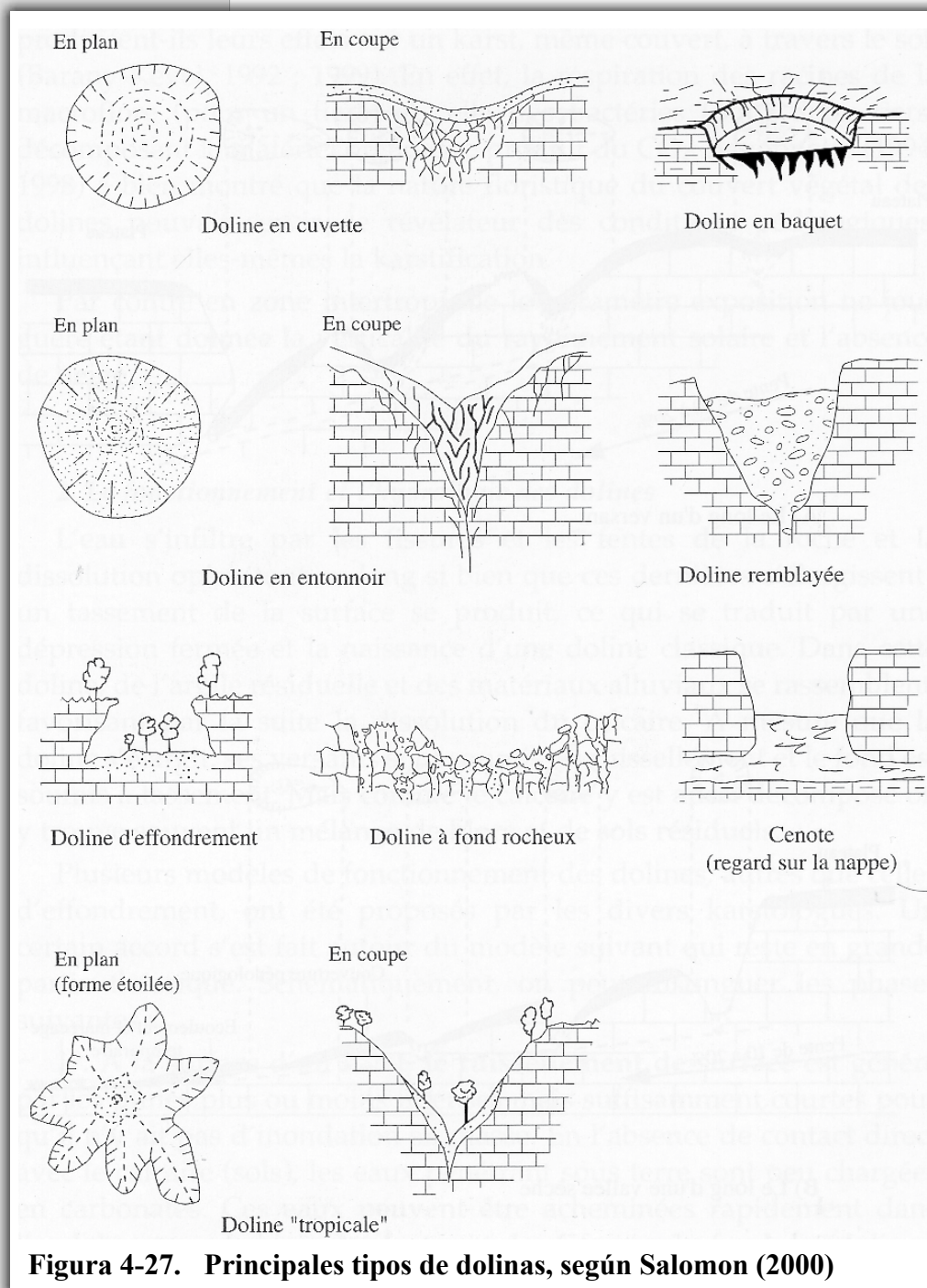
**Las dolinas y las uvalas** son depresiones no lineales. En la literatura científica aparecen como las formas mejor estudiadas y más características del karst (Nicod, 1972). Comprenden una amplia variedad de tipos. De Pedraza (1996) define la **dolina** como *"depresión con geometría tendente a cónica, troncóica o irregular, pero de planta más o menos circular, paredes escarpadas y fondo plano o en embudo"*. Nicod (1972) las define como *"depresiones circulares o elípticas que pueden tener algunos centenares de metros de diámetro (las más grandes) y una centena de*

metros de profundidad". La palabra deriva del serbocroata que significa tanto valle como depresión cerrada, pero el vocabulario geomorfológico sólo ha retenido la segunda acepción.

**Las uvalas** son depresiones más grandes, de fondo plano o irregular en las que se produce una intensa infiltración (De Pedraza, 1996), generalmente formadas por la coalescencia de dolinas. En el karst típico, las dolinas y uvalas ocurren de forma repetitiva y concentrada, lo que se denomina campo de dolinas.

Existen muchas **clasificaciones de dolinas**. Nicod (1972) recoge 10 tipos morfológicos que son:

**1) en baquet (bañera)**, de paredes escarpadas y fondo plano cubierto de alteritas (*terra-rosa*), con mayor anchura que profundidad; **2) en embudo**, cuya forma es troncocónica, con fondo plano de finos y material grueso, generalmente más anchas que profundas; **3) en cubeta o en "plato"**, con paredes tendidas y fondo plano o ligeramente cóncavo cubierto por alteritas (*terra-rosa*) con mayor anchura que profundidad; **4) dolina-pozo, sima, pocimán (RD)**, sin afloramiento del nivel freático, y **cenote (México) o xa-güey (RD)** si aflora el agua, todos con paredes escarpadas frecuentemente con amplio desarrollo vertical (mayores que el diámetro),



**Figura 4-27. Principales tipos de dolinas, según Salomon (2000)**



fondo plano y pocas o nulas alteritas; **5) en caldera**, con paredes verticales y fondo cóncavo cubierto de material grueso, de amplio desarrollo vertical que puede ser mayor que el diámetro; **6) en embudo evolucionada a cubeta**, similar a la tipo embudo con el fondo relleno de detrítico que lo levanta simulando una cubeta; **7) disimétrica de carácter estructural** por basculamiento de los estratos, con talweg excéntrico y la pared escarpada situada en el frente anaclinal; **8) disimétrica de carácter climático**, donde la génesis de la pared escarpada está vinculada a la acción de un nevé; **9) dolina-pozo**, resultante de un colapso brutal, con paredes escarpadas, mayor altura que anchura, y fondo expandido lateralmente más que el techo (tipo embudo invertido), relleno de abundante material grueso por colapso de una cueva próxima a la superficie; **10) colapso que hace remontar el techo de una galería en forma de una campana** y que además puede profundizarse dando mayor desarrollo vertical que horizontal (en este caso la “campana” no es dolina hasta tanto se produce el colapso total)

Existe un **tipo de dolina especial**, de evolución prolongada y asociada a múltiples procesos (Figura 4-27). Se trata de la dolina tipo “*cockpit*” cuya repetición sucesiva produce el “*cockpit karst*”, típico de Jamaica. Este tipo de dolina, según Salomon (2000), es de perfil cóncavo y regular, inscritas en relieves residuales, generalmente “mogotes” (descritos a continuación). La disolución superficial intensa explica que las líneas de debilidad sean explotadas a gran velocidad. Un *cockpit* nace en el cruce de fracturas, adquiriendo un diseño en “estrella”. Estas depresiones individualizan una colina circular. El paisaje final termina con dolinas en estrella y colinas residuales. Para que un karst sea considerado de tipo “*cockpit*” es necesario que la forma predominante sea esta dolina (Salomon, 2000). Si en un determinado karst la forma predominante es la colina entonces el karst es de colinas.

Nicod (1972), utilizando como referencia a Segre (1953), realiza una **clasificación genética**, distinguiendo 3 tipos principales:

- **Dolinas de colapso**: resultan del colapso de una cueva próxima a la superficie (dolina-pozo) o de la remontada del techo de una galería (en forma de campana) a partir de una cueva profunda y que, por lo tanto, desarrollan paredes muy escarpadas. En el primer caso, la dolina tiene al inicio una forma de embudo invertido (truncónica), porque se expande lateralmente en la base donde caen los materiales gruesos del colapso. Este relleno levanta el fondo, asemejándose entonces a una dolina-pozo o de baquet (bañera). En el segundo caso no existe la forma truncónica, sino que se trata del colapso del techo de una galería, sin que inicialmente se conforme una depresión subaérea, dando lugar a un pozo subterráneo en forma de campana, que puede profundizarse poste-

riormente. Si el techo colapsa, la dolina se expone, siendo por lo general de muchos metros de profundidad.

- **Dolinas “normales”**. Se forman por corrosión, subsidencia y succión de los materiales no solubles (terra-rosa, por ejemplo), y tienen formas muy variadas, como son: 1) regulares (circulares o elípticas) o irregulares (estrelladas); 2) en cubeta; 3) en baquet (bañera), simétrica o disimétrica, simple, doble alargada, coalescente (formando uvala); 4) en embudo. Las dolinas en baquet tienen vertientes rocosas y corroídas. Por el contrario, las grandes dolinas en embudo tienen vertientes reguladas. Las dolinas normales pueden ser ocupadas por mantos de agua temporal y, ocasionalmente, permanentes.
- **Dolinas del cripto-karst (unterirdische Karst)**. Estas son siempre en cubeta o embudo y se encuentran sobre una amplia variedad de materiales (arcillas, arenas, depósitos aluviales). Son debidas al colapso y al trasiego en el karst subyacente de los ríos subterráneos (acuíferos kársticos), o gracias a la disolución provocada por el nivel freático

La **clasificación genético-dinámica** aportada por Ford y Williams (1989) distingue 3 tipos: 1) **dolinas de colapso o desplome**, similares a las de Nicod; 2) **dolinas subsidentes**, en las que la superficie y los bancos subsuperficiales gradualmente se hundan hacia abajo sin que exista un fallamiento significativo de los materiales, aunque el plegamiento siempre se produce; 3) **dolinas de sufusión** (parecidas a las dolinas de cripto-karst de Nicod): son generadas por infiltración a través de una cobertera (de finos bancos de materiales detríticos no consolidados) sobrepuesta a las rocas karstificables, produciéndose una evacuación de finos mediante una combinación de disolución y lavado hacia abajo. El agua que se infiltra debajo de los materiales crea un lapiaz en la caliza, el cual, a su vez, se conecta con cavidades más profundas. La sufusión causa un “abollamiento” de la cobertera del tamaño de pequeñas dolinas.

**Los factores** que explican la distribución de las dolinas son variados y complejos, pero según Nicod (1972) se pueden resumir en cuatro:

- **Topográficos**. Cuando predomina la topografía como factor fundamental en la génesis de las dolinas éstas se sitúan en posiciones bajas, valles secos y fosas. Dichas localidades constituyen los sectores topográficamente favorables a la actividad corrosiva.
- **Topo-climáticos**. Los climas locales, como por ejemplo los provocados por el escalonamiento y la situación geográfica de las vertientes en la montaña, permiten la aparición de procesos nuevos que favorecen o detienen la corrosión, como la nivación; y, en países templados, el periglaciario o el glaciario.
- **Tectónicos**. Las fracturas favorecen la aparición de dolinas. La mayor parte de los campos de dolinas están en efecto dirigidos por

la dirección de las diaclasas, las cuales a su vez están ligadas a la tectónica. También el buzamiento de los estratos, y su mejor o peor disposición a los efectos corrosivos, condiciona la entrada de la corrosión a los bancos de caliza.

- **Espeleogenéticos.** Cuando se trata de las dolinas de colapso (tanto las dolinas-pozo como las profundas) es evidente la intervención de la espeleo-génesis en su formación.

Otra forma deprimida son los **poljes**, que son, con mucho, **las más grandes**. Según Ford y Williams (1989), la palabra polje significa "tierra cultivada", y es todavía ampliamente utilizada en las lenguas eslavas, sin que necesariamente se refiera a zonas kársticas. De todas formas, el término polje ha adquirido un uso especial en la literatura técnica kárstica, particularmente desde los escritos de Cvijic' (1893). Formas similares son nombradas como "plans" en Francia, "campo" en Italia, "wangs" en Malasia y "hojos" en Cuba. En la Sierra de Bahoruco, se les denomina "fondos".

Ford y Williams (1989) definen al polje como "*largas depresiones de fondo plano en terrenos kársticos. Estas morfologías están asociadas a la entrada o paso del agua y en muchos aspectos pueden ser consideradas como típicas de paisajes fluviales*". Aunque se han descrito especialmente en zonas tropicales y subtropicales, se han reportado también en zonas subárticas. Los más estudiados están en Yugoslavia y sus ex-repúblicas.

Gams (1978, en Ford y Williams, 1989) revisó las numerosas definiciones de esta morfología que se han publicado, concluyendo que todavía se mantiene mucha incertidumbre en torno a lo que realmente constituye un polje. No obstante, algunos elementos son comunes a la mayoría de las definiciones. Gams identificó **tres criterios que deben darse para clasificar una depresión como polje**: 1) **fondo plano** sobre roca (la cual puede estar aterrazada) o sobre sedimentos no consolidados, como ocurre en el caso de los aluviones; 2) **una depresión cerrada con laderas que se elevan abruptamente** en por lo menos una vertiente; 3) **drenaje kárstico**. Sugirió que el fondo debe tener por lo menos 400 m de ancho, pero esto es arbitrario. Cvijic' (1893) tomó la referencia de 1 km como anchura mínima. De hecho, los poljes varían considerablemente en tamaño. El más extenso es el polje de Lika en el karst Dinárico, con un fondo plano de 472 km<sup>2</sup> (Figura 4-28).

Nicod (1972) recoge los siguientes **caracteres del polje**: 1) **no es necesariamente una cuenca hidrográfica cerrada, pero sí debe disponer de una hidrografía endorreica**, la cual absorbe la escorrentía superficial que favorece una evolución morfológica singular; 2) **bordes escarpados** rectilíneos o sinuosos; 3) **fondo tapizado de terra rossa o corroído**; 4)

presencia de relieves residuales denominados **hums** troncónicos o caóticos que son diferentes de un polje a otro; 5) los **elementos estructurales son igualmente diversos** favoreciendo una amplia variedad de poljes; 6) **evolución geomorfológica compleja**.

Biot (1967) indica que los poljes existen bajo todos los climas, salvo en los periglaciares. Estos son **llanuras cerradas que se encuentran en medio**

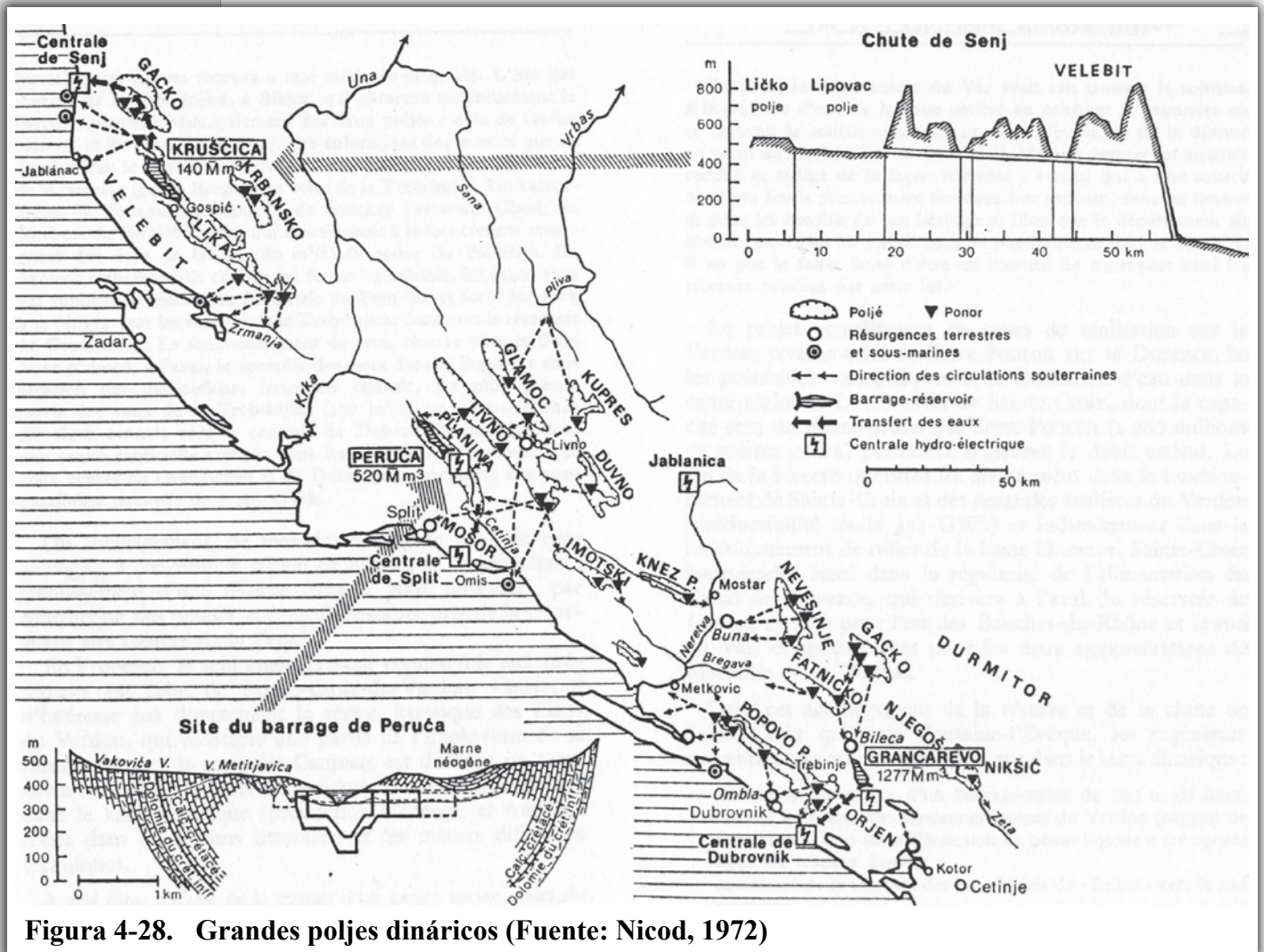


Figura 4-28. Grandes poljes dináricos (Fuente: Nicod, 1972)

de un relieve muy accidentado, con dificultad de drenaje al menos durante una estación y que pueden llegar a ocuparse por un lago. Se alimentan generalmente por una circulación subterránea que viene de los terrenos elevados circundantes y son vaciados aguas abajo por una circulación de iguales características. Puede tener una superficie de acumulación en el fondo (aluviones) o presentar una superficie de erosión que corta los estratos. En muchos poljes estas superficies de erosión forman "bancos" (conos rocosos), escalonados algunos metros por encima del fondo de inundación actual. Este autor destaca además el **control estructural del polje, frecuentemente instalado en una fosa simétrica, disimétrica o monoclin, en un sinclinal más o menos fractura-**

**do, incluso en un anticlinal por erosión diferencial o también en un anticlinal fracturado.** La erosión que da génesis al polje puede ser subterránea o superficial, o bien puede venir de colapsos de las bóvedas de cavernas. Pero, sin lugar a dudas, el fondo plano del polje está vinculado a la existencia de un nivel de base freático, que generalmente coincide con el nivel del agua en las cavernas que lo orlan.

De Pedraza (1996) los define como **depresiones de origen diverso, en general mixtas lito-estructurales, con un fondo plano relleno por material aluvial-coluial o residual de la disolución.** Pueden tener surgencias (*izvor*), sumideros (*ponor*) o cavidades que actúan indistintamente como ambos (*estavela*); todos ellos controlan el desarrollo de redes fluviales autóctonas o alóctonas. El nivel freático está próximo a la superficie, por lo que experimentan inundaciones estacionales, excepto en pequeñas colinas que destacan de su fondo (los ya referidos *hums*).

Dadas unas condiciones lito-estructurales, como pueden ser presencia de fallas, sinclinales y anticlinales fallados, o determinadas litologías, entre otras, la **génesis de los poljes** y sus umbrales, según Nicod (1972), se produce con arreglo a los siguientes **procesos**:

- **Acción lateral del “manto de inundación”.** Se le atribuye un rol determinante en la evolución de los bordes de los poljes, por corrosión y zapamiento de su base, típico en regiones tropicales húmedas. Este proceso es difícil de observar, aunque queda reflejado en la sinuosidad de los umbrales; lo mismo ocurre con los hums que, aun estando totalmente corroídos, no presentan aspecto caótico. Es común que el fondo de los poljes formados por este proceso esté cubierto de finos, generalmente *terra rossa*. En este caso el polje constituye un espacio socorrido desde el punto de vista agrario por su relativa alta fertilidad, dado que los escarpes limítrofes están muy drenados y son poco productivos. El manto de inundación se produce por varias razones, que, en el caso de los poljes colgados, son: 1) obstrucción ocasional o periódica de los ponors por materiales arrastrados, provocando que el drenaje quede impedido cuando llueva sobre el polje o la escorrentía superficial vierta en éste; 2) insuficiente desagüe respecto de la cantidad de agua caída (altas intensidades de precipitación). En los demás casos, el manto de inundación puede provenir del fondo o de los bordes del propio polje, a través de las fisuras y ponors que evacúan el agua estacional, en dos formas conocidas (excluyendo los poljes próximos a áreas costeras): 1) las redes subterráneas que circulan debajo o en el depósito aluvial, cuando se cargan expulsan el agua a través de los ponors; 2) especialmente en las calizas dolomíticas, el polje es invadido por un verdadero manto de inundación proveniente del agua subterránea (*Grundwasser*) que es emitida por los bordes en períodos hidroclimáticos favorables.

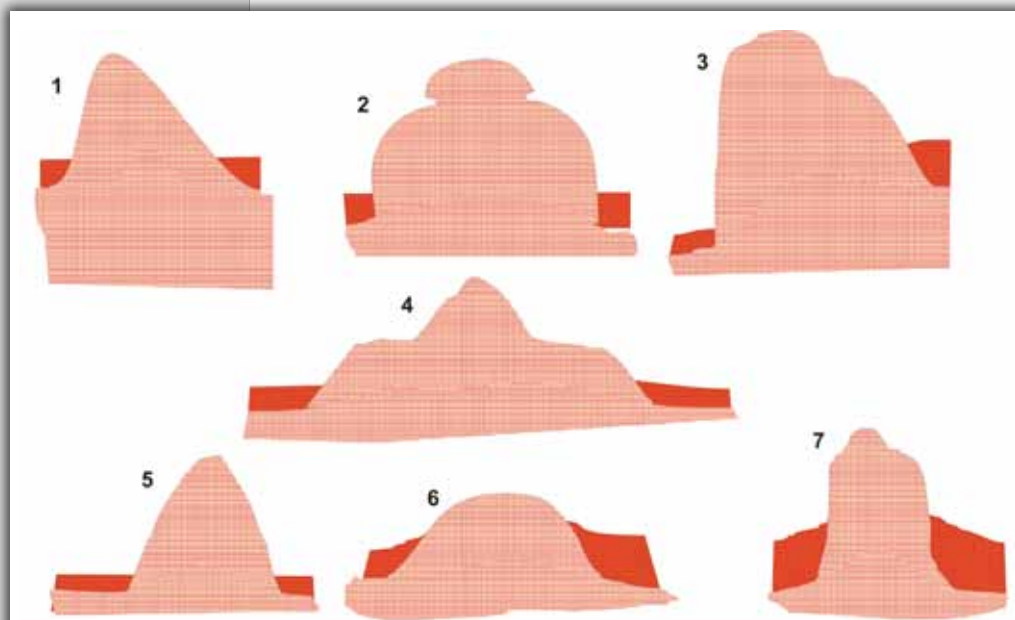
- **Encajamiento de la escorrentía superficial.** En la medida en que la red superficial se encaja, gracias a la modificación de los ponors o la reducción de la circulación kárstica, el fondo corroído del polje aflora ("chicots", lapiaces, etc.). Este tipo de polje suele ser de fondo rocoso, donde la terra rossa resulta escasa. Los conos rocosos que rodean el polje, generalmente de forma escalonada, se forman gracias a este proceso.
- **Diversos procesos.** Algunos ejemplos que cita Nicod son: 1) simple disolución de la masa calcárea por las aguas agresivas que provienen de la fusión de la nieve; 2) colapsos; 3) coalescencia de dolinas; 4) procesos fluvio-kársticos (conjunción de la erosión fluvial y la corrosión subyacente), a los que se atribuye un rol esencial por la presencia de vastas superficies de corrosión.

La **tipología** aportada por Gams (1973 y 1978, en Ford y Williams, 1989) agrupa los poljes en **5 tipos: 1) polje de contacto**, localizado en el

contacto entre litologías, a lo largo del cual recibe aguas de escorrentía; **2) polje de piedemonte**, que consiste en un valle aluvial localizado usualmente pendiente abajo de un terreno sometido a glaciares, cuyos restos son recibidos; **3) polje periférico**, depresión cerrada que recibe el drenaje superficial de una gran área interna de rocas impermeables; **4) polje de sobreflujo**, gran depresión

cerrada debajo de la que existe un banco de rocas relativamente impermeables que actúa como barrera al agua, la cual emerge como surgencias en algún sector del polje; **5) polje de nivel de base**, o polje en el nivel piezométrico, en el que el fondo es rocoso, pero localizado en la zona epifreática y, consecuentemente, se inunda en las épocas húmedas.

El segundo gran **conjunto de macroformas del karst son las colinas o cerros** (Díaz del Olmo y Cámara, 2003), a las que Salomon (1995) denomina relieves residuales positivos, que en todo caso son propias del do-



Tipos de perfiles de colinas kársticas: 1. Mogote; 2. Kegelkarst o mogote con "mamelón" y muesca de disolución; 3. Kegel-turmkarst; 4. Kegel con ruptura de vertiente en banqueta corrosiva; 5. Kegelkarst; 6. Kuppenkarst; 7. Turmkarst.

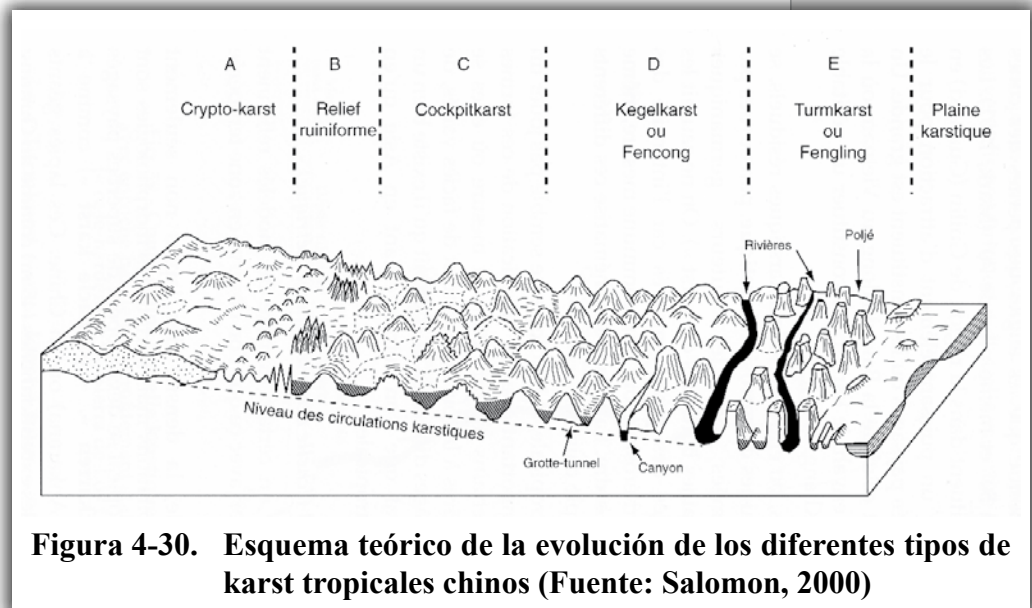
Figura 4-29. Tipos de perfiles de colinas kársticas (Fuente: Cámara, 1997)

minio tropical. La palabra “colina” o “cerro” (*buttes*) es empleada por Birot (1967) para agrupar un conjunto de formas elevadas que pueden ser de 3 tipos: torres con paredes subverticales, y que conforman el *turmkarst*; conos, forma elemental del *kegelkarst*; cúpulas (*mamelons*) que conforman el *kuppenkarst* (ver Figura 4-29 y Figura 4-30). La mayoría de autores del karst (Ford y Williams, 1989; Nicod, 1972; Birot, 1967) ratifican esta tipología. Díaz del Olmo y Cámara (2003) añaden el mogote como una forma adicional diferenciada del resto (Figura 4-31).

El modelado kárstico en el que predominan **colinas de tipo cúpulas, se denomina *kuppenkarst* o *karst de cúpulas***. *Kuppen*, es la designación

alemana original introducida por Lehmann (en Nicod, 1972) a este tipo de forma. Nicod y Salomon (1990) recogen otros nombres, como *mamelons*, *dômes*, *tertres*, *meules*, *tas de foin*, *mornes*. Según Rossi (1980, en Salomon, 2000), las cúpulas se desarrollan mejor en calizas cretosas e incluso en dolomías, con porosidad de hasta 40%. La red subterránea en la cúpula no es importante. Las cúpulas tienen vertientes convexas y son, en el conjunto de las colinas, las menos elevadas, de aproximadamente 10 a 40 m de altura en promedio, mal diferenciadas entre sí y dispuestas generalmente de forma anárquica (Nicod y Salomon, 1990). Sus laderas están recubiertas tanto de roca alterada como de derrubios de vertiente, o incluso sustrato sin cobertera. Las depresiones intercupulares están rellenas de arcillas lateríticas. Hay una amplia variedad de formas de transición entre la cúpula y el cono.

**El mogote kárstico, por otra parte, es la forma unitaria del karst homónimo** y se define como “cerro o colina de decenas de metros de ancho y alto que, al localizarse entre depresiones ovadas-circulares-en estrella, se individualizan nítidamente en el paisaje, confiriendo al ámbito geográfico donde se desarrolla un frecuente aspecto laberíntico” (Díaz del Olmo y Cámara, 2003). Un conjunto de **rasgos** singulariza al mogote (Díaz del Olmo y Cámara, 2003; Nicod y Salomon, 1990): **1) costra travertínica** de unos 5 a 10 cm de espesor, la cual endurece la superficie topográfica y da lugar a una forma acampanada y/o disimétrica; **2)** en algunas



**Figura 4-30. Esquema teórico de la evolución de los diferentes tipos de karst tropicales chinos (Fuente: Salomon, 2000)**

ocasiones, **encostramiento** de tipo pedológico; **3) sustrato con múltiples canales** de pared debidos a la disolución directa por arroyada o incluso perforaciones por las raíces de los árboles; **4) grutas** escalonadas o basales y muescas de corrosión de tipo *fusshöle*, en algunos casos.

Rossi (1980, en Salomon, 2000) y Díaz del Olmo y Cámara (2003) indican que los **factores** que intervienen en la génesis y evolución del karst de mogotes son:

- **La litología con porosidad débil (5%)**, predominando las facies arrecifales. Se desarrolla tanto en calizas como en dolomías.
- **El acuífero que, en función de su profundidad, favorecerá el desarrollo de un karst poligonal** (capa freática profunda), o de llanuras de corrosión kársticas en las que, al pie de los mogotes, se desarrollan muescas (*encôches*) funcionales o *fusshöle*, predominando el drenaje horizontal de bordes y quedando bloqueado o taponado el horizontal de centro, produciéndose el encharcamiento de las dolinas (capa freática poco profunda).
- **La acción de la criptocorrosión**, muy activa en el dominio tropical, con bosques ombrófilos que aportan cantidades de ácidos orgánicos bajo precipitaciones que superan los 2,000 mm.
- **La tectónica**, a través de la fracturación que condiciona el dispositivo y organización de los mogotes, aunque ésta no tiene que ser intensa (Rossi, 1980, en Salomon, 2000).

**El cono (kegel, cône)** es, según Nicod (1972), una colina de varios centenares de metros que, en la base, presenta frecuentemente cuevas li-

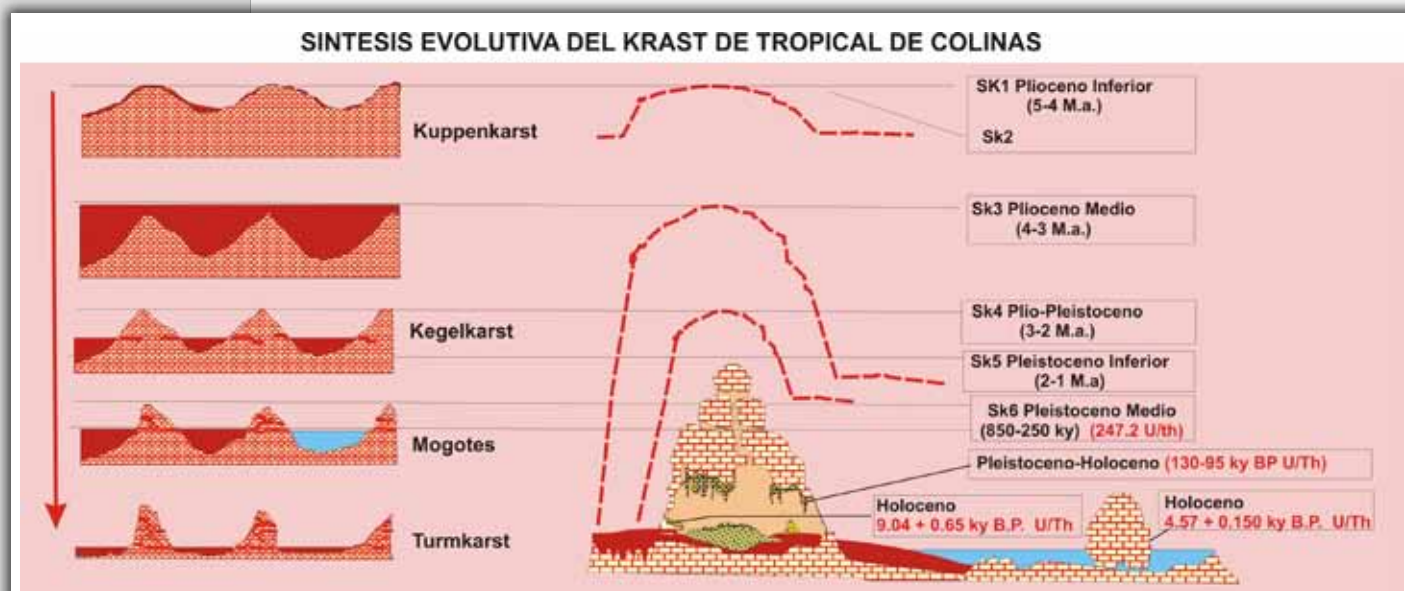


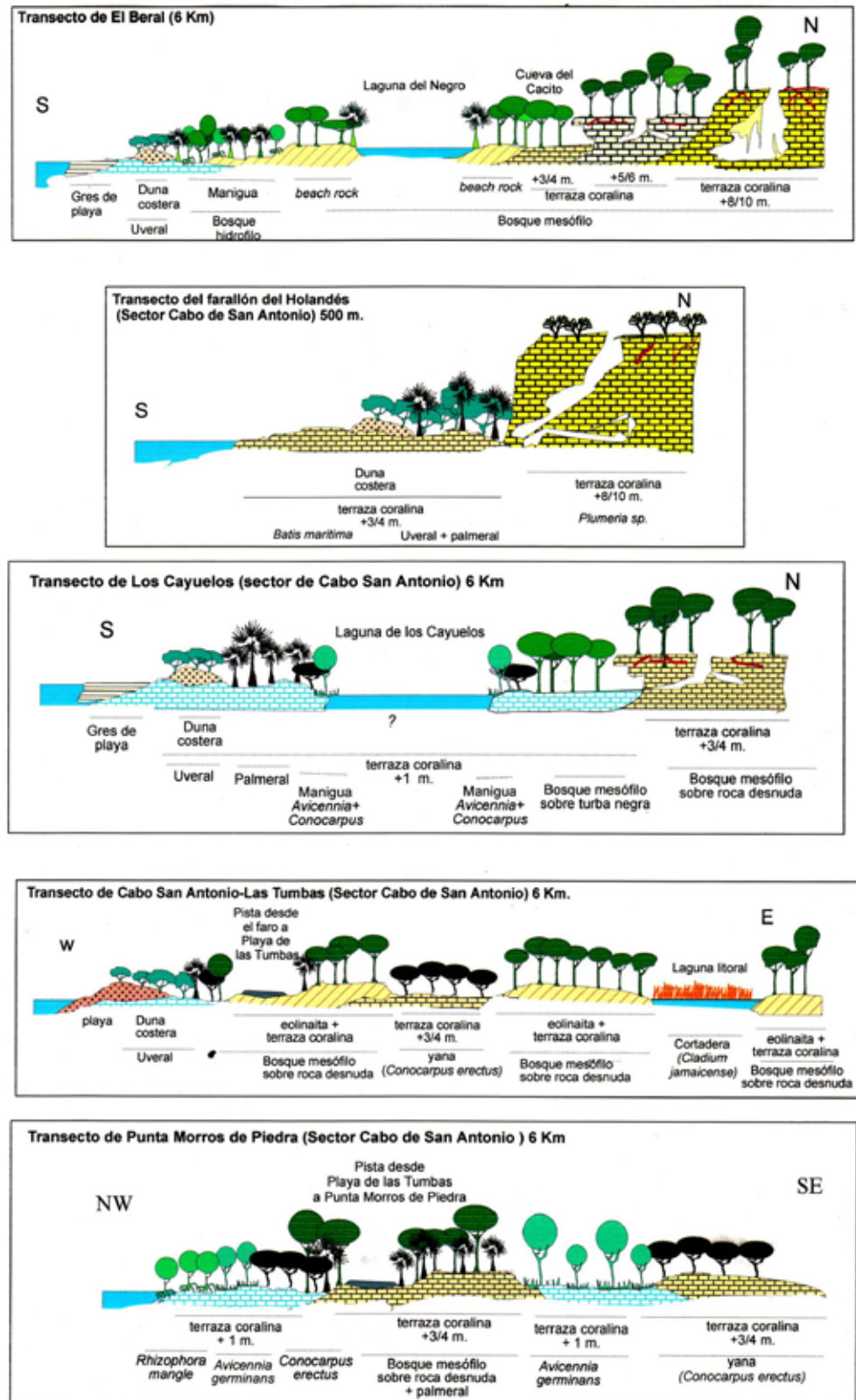
Figura 4-31. Síntesis evolutiva del karst tropical de colinas (Fuente: Cámara y Díaz del Olmo, 1997)

gadas a las pérdidas y al manto de inundación. En efecto, la red hidrográfica desaparece en vastas grutas y túneles, algunos bastante espaciosos como para acoger carreteras. La repetición de esta forma sobre



el terreno produce el **karst cónico o kegelkarst**. Según Rossi (1980, en Salomon, 2000), los conos se desarrollan en rocas karstificables de porosidad fuerte (entre 15 y 30%). La caliza cretosa es favorable al desarrollo de estas formas e incluso se reportan en dolomías. La fracturación es indiferente y no existe red subterránea.

El último tipo de colina es la **torre (turm, tourelle)**, cuya repetición se denomina **karst de torres o turmkarst**. Nicod (1972) asegura que éste puede ser una **exageración del Kegelkarst**, ligado a la duración particularmente larga de la evolución, pero reconoce también que existen influencias estructurales que lo favorecen. Williams (1986, en Ford y Williams, 1989) demostró en Guilin (China) que las torres son formas transgresivas en el tiempo, siendo considerablemente más viejas cerca de sus cimas con respecto a sus bases, aunque se debe considerar normalmente un pa-



**Figura 4-32.** Diversos transectos en el karst de plataforma de Guanahacabibes, Cuba. La forma de modelado habitual en este tipo es la terraza coralina, con los niveles antiguos karstificados (Fuente: Cámara y Díaz del Olmo, 1999)

trón oscilatorio cuando se aumenta la resolución temporal debido a los episodios de enterramiento parcial y posterior re-excavación en la medida en que la morfogénesis progresa

Por último, el tercer tipo de macroformas del karst recogidas en la literatura son las **plataformas kársticas y las superficies corrosivas o de erosión química (Biro, 1967)**. Ambas son, generalmente, de grandes dimensiones y se reportan con frecuencia en los climas tropicales con estación seca prolongada (estacionalidad contrastada).

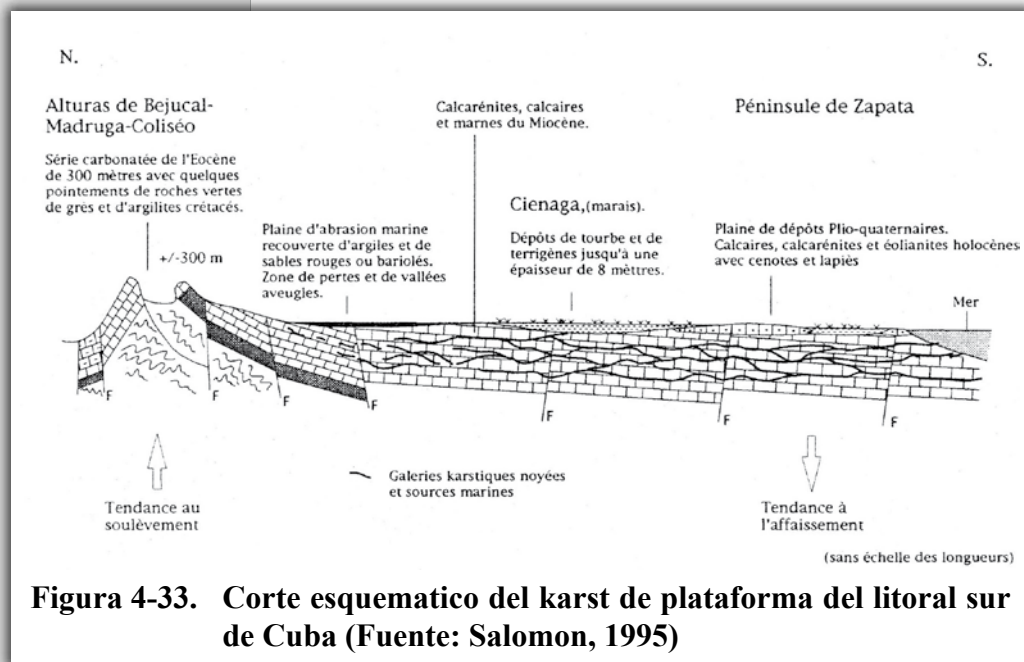
**Las plataformas kársticas pueden ser de dos tipos: de terrazas coralinas o Cuaternarias (Cámara, 1997) y evolucionadas** (Figura 4-32 y Figura 4-33). El estudio de las plataformas kársticas tropicales es bastante menos frecuente que el del karst de colinas (Nicod, 1972), quizás por la dispersión geográfica de los afloramientos de caliza en el dominio tropical de estacionalidad contrastada y por la extrema inaccesibilidad, dado que generalmente se encuentran en zonas poco pobladas.

**Las plataformas kársticas están vinculadas a las variaciones glacio-eustáticas del Cuaternario**, pero también, como señala Salomon (1995), a

la presencia y variabilidad del volumen y naturaleza de los acuíferos. Salomon señala que, en un contexto de variabilidad glacio-eustática del nivel del mar, ligado a una tectónica activa (caso de Cuba), los acuíferos juegan un papel destacado.

Se han reportado plataformas kársticas en distintos puntos de RD, Cuba (Zapata), México (Yucatán), y otros países del Caribe Insular.

En RD, Cámara (1997) reportó y caracterizó 2 sectores con plataformas kársticas de terrazas coralinas: La Isabela (N) y la Llanura Oriental (SE). Conservan facies claramente arrecifales, con fósiles de coral en posición de vida, depósitos de playa, entre otros. Se conservan escarpes claramente vinculados a la actividad costera y plataformas de abrasión marina. La karstificación ha progresado poco, desarrollando depósitos de *terra rossa*, lapiaz litoral, y ocasionalmente *dalles* (encostramientos carbonata-



**Figura 4-33. Corte esquemático del karst de plataforma del litoral sur de Cuba (Fuente: Salomon, 1995)**

dos) recientes. El desarrollo endo-kárstico en niveles antiguos suele ser considerable. Se reportan dolinas de colapso, del tipo pozo y cubetas banales (Nicod, 1972), de algunas decenas de metros de diámetro, pero usualmente más profundas que largas. En la estación seca sólo las dolinas pozo mantienen agua proveniente del nivel freático. Estas reciben el nombre de casimbas en Cuba, jagüeyes en RD y cenotes en México. En niveles recientes prácticamente sólo hay abrigos debidos a la acción mecánica del oleaje.

En la estación húmeda (que no suele ser duradera) las dolinas se inundan gracias a la elevación del nivel freático, aunque también puede existir circulación kárstica individualizada. La formación superficial típica de este tipo de karst es la *terra rossa*. La presencia anual de agua en la red subterránea favorece la corrosión permanente. De hecho, toda el agua precipitada sería potencialmente evaporada de no infiltrarse rápidamente. Otro elemento que potencia la corrosión es que el contenido de gas carbónico subterráneamente es mayor que en la atmósfera superficial. Sin embargo, la vegetación no es tan densa, por lo que el aporte de CO<sub>2</sub> debido a ésta es menor que en el trópico húmedo (Biro, 1967).

Los **karsts de plataformas evolucionados** se reportan también fuera del dominio tropical, en los climas templados de Francia o EE.UU. (Florida, Kentucky) entre otros. Los pocos estudios sistemáticos de karst de plataforma tropical están restringidos a Brasil (Sierra de Bon Jesús), Madagascar (Mahafaly), República Dominicana (Jaragua) y Australia (Fitzroy).

El karst de plataforma evolucionado puede estar asociado con pedimentos y pedillanuras. Según Tricart (1960, en Biro, 1967), en la Sierra de Bon Jesús, Brasil, hay un pedimento con abundantes agujas agudas que arrasa calizas del Primario. Por encima de este pedimento se desarrolla una pediplanicie antigua, igualmente con agujas y pisolitos entre las fisuras. En otro caso, Díaz del Olmo y otros (2004) han presentado pedimentos asociados a la superficie corrosiva de Jaragua, del Plioceno. Este karst presenta un lapiaz muy desarrollado de tipo *rillenkarren* y *rundkarren*, en algunos casos con fase incipiente de lapiaz tipo *tsingy*. Se presentan también varios niveles de pediplanación. Biro (1967) asegura que para el caso brasileño sería razonable imaginar una evolución policíclica en ambos casos, lo cual sería igualmente factible en Jaragua.

Las superficies corrosivas son aplanamientos producidos por erosión química y se definen como "*forma aplanada del relieve kárstico habitualmente con topografía horizontal, cuya génesis se asocia a procesos corrosivos desarrollados en el fondo de los frentes de alteración (cripto-corrosión) de la roca caliza. Dicha corrosión puede presentarse bajo tres circunstancias: mantenerse activa (por ejemplo en el fondo*

de poljes alimentada por el acuífero de sus sedimentos); residual, o sea funcionando sólo en periodos hidrológicas favorables (por ejemplo las descargas de acuíferos en el borde del polje, grundwasser); o bien ha cesado y no funciona geomorfológicamente (aplanamientos heredados)” (Díaz del Olmo, conferencia en Santo Domingo, noviembre de 2010).

Generalmente las superficies corrosivas se asocian a pedimentos, pediplanuras y conos rocosos. Una superficie corrosiva constituye una síntesis de relieve y no siempre se presenta como una plataforma perfectamente arrasada, ni tampoco es equivalente a karst de plataforma. La superficie corrosiva puede presentar rugosidades debidas a la diferente capacidad de profundización de la corrosión, a la resistencia local de determinados materiales o al dispositivo estructural de los mismos.

Las colinas remanentes sobre el aplanamiento marcan el nivel hasta el cual la corrosión pudo actuar en ausencia de fracturas y, sobre todo, indican la resistencia que ofreció dicho relieve a la acción corrosiva. El fondo de las dolinas constituye el nivel de base hasta el cual se produce la máxima profundización, con ayuda de la estructura y el nivel freático, casi siempre en circunstancias cripto-corrosivas. Dicho nivel constituye la base referencial del aplanamiento y suele corresponderse con el nivel freático (Nicod y Salomon, 1990). El nivel de base está dirigido por el desarrollo de los cañones y, en circunstancias especiales, por el mar.

### Tipología evolutiva y zonal

Desde un punto de vista genético y evolutivo, Ford y Williams (1989) distinguen 2 tipos de karsts:

- Paleokarst. Karst que ha experimentado subsidencia “tectónica” y descansa bajo rocas clásticas. Puede ser exhumado y reintegrado al proceso karstogenético. Según Nicod y Salomon (1990) al sepultarse un karst bajo cobertera detrítica no necesariamente se produce una fosilización, aunque agregan que para que ello ocurra debe tratarse de un sistema muy evolucionado. Si la cobertera es fina y/o arenosa, la disolución puede continuar de forma distinta, provocando “cripto-corrosión”. El modelado bajo cobertera generalmente se traduce en formas redondeadas, convexas y lisas. De hecho, el modelado del kuppenkarst, está vinculado, al menos en parte, a la criptocorrosión. Si el relieve es “exhumado”, se produce un nuevo modelado subaéreo que termina por retocar lapiaces, pero el modelado criptocorrosivo se conserva.
- Karst relicto. Aquel que no responde a los procesos que dieron origen a su formación, por cambios de nivel de base regional, superficies de erosión con colinas verticalmente localizadas lejos del

actual nivel freático o anegamiento por las aguas costeras, entre otros supuestos.

Birot (1967) clasifica el karst desde un punto de vista morfoclimático. Distingue 2 grandes tipos de modelado kárstico: el de la zona cálida y el de la zona templada-fría, los cuales se dividen a su vez en varios subtipos. Así, el tipo de la zona cálida puede dividirse en 2 subtipos:

- Modelado de la zona cálida y húmeda. Este es el dominio del karst con colinas tipo *kuppenkarst*, *kegelkarst*, *turmkarst* (Nicod, 1972) y karst de mogotes (Cámara, 1997). Por otra parte, en el dominio tropical con estación seca Birot asegura que la tipología predominante, aunque no es exclusiva de éste, es el karst de plataforma, así como el pediment, la pedillanura, los cañones y los corredores.
- Modelado de la zona cálida y árida. Dado que la materia orgánica no abunda y la precipitación es escasa y violenta, este medio experimenta un modelado más bien mecánico relegando la disolución a un segundo plano. Suelen aflorar masas de halita y yeso en proporciones superiores a las calizas, generándose halokarst. Es abundante la génesis de costras calcáreas y pavimentos.

El tipo de la zona templada fría, se subdivide a su vez en 2 subtipos: el mediterráneo y el frío. El clima mediterráneo acoge una buena representación de este tipo, siendo singular el desarrollo de amplios poljes (Nicod, 1972).

Por otra parte, en la zona fría predominan los procesos de crioclastia o gelifración dando el criokarst. Según Birot se aceptan 3 hipótesis sobre el mecanismo que la produce:

- Sobrepresión del hielo al aumentar éste de volumen, o lo que es lo mismo, reducción de la densidad del agua al congelarse;
- Sobrepresión del agua que queda atrapada entre las fisuras cuando parte de ésta se congela;
- Sobrepresión diferencial (anisotrópica) en la masa rocosa, porque se congela primero el agua en los poros grandes, mientras que en los pequeños se mantiene en estado líquido por más tiempo.

El resultado de la gelifración son los gelifractos, los cuales forman habitualmente canchales en el karst templado. Su abundancia variará en función de la cantidad de períodos de congelación-descongelación. Es igualmente singular de la zona fría el hecho de que la disolución potencial es alta, porque el agua es capaz de acoger mayores proporciones de  $\text{CO}_2$ . Además, en la superficie de los frentes de nieve se acumula mucho  $\text{CO}_2$  por lo que la disolución potencial es máxima. Localmente la presencia de turberas acidifica la solución haciéndola más agresiva. Sin embargo, Birot (1967) aclara que, aun con este aporte, en términos netos la disolución es más lenta que en las regiones cálidas, dado el sus-

tancial insumo de ácido carbónico proveniente de la materia orgánica en descomposición y la mayor precipitación de los trópicos húmedos durante tiempos prolongados (el factor tiempo). El karst mediterráneo tiene singularidades gracias a la ocurrencia de procesos activos y a su mayor temperatura dentro de la zona templada.

### Especificidad del karst tropical

Nicod (1972) consideraba al karst intertropical como “**un mundo extraño**”. Sin embargo, no sólo los investigadores procedentes del mundo templado se sorprenden de su originalidad. Los habitantes del karst intertropical también lo admiran, asignándoles nombres a sus colinas y depresiones. Sin embargo, en el mejor de los casos, tal admiración sólo atañe al karst húmedo.

El karst intertropical de estación seca o “de plataforma con dolinas”, llama menos la atención porque, entre otras cosas, se reporta también en latitudes templadas (es azonal), y además puede llegar a ser monótono. Nicod (1972) lo denominaba “karst atípico”.

Hay **karsts intertropicales húmedos célebres** reconocidos mundialmente como son: **Cockpit en Jamaica, Sierra de los Órganos en Cuba, Arecibo en Puerto Rico** (muy conocido gracias a la instalación del radiotelescopio de NASA), **Las Diez mil Colinas en Java, los Tepuy en Venezuela, y otros. Desafortunadamente, los karsts dominicanos, como el de Los Haitises o el de la Sierra de Bahoruco entre otros, no han adquirido tal renombre.** Sin embargo, los trabajos que desde finales de la década de los 80 hasta época muy reciente realizaron Cámara y Díaz del Olmo, han servido para darlos a conocer al mundo y para poner de manifiesto su singularidad.

Según Birot (1967) **el rasgo morfológico más destacado del karst intertropical es la colina aislada representada topográficamente por curvas de nivel circulares**, que son las cúpulas, mogotes, conos y torres. Por otra parte, los poljes son dinámicos con un manto de inundación activo y están limitados por escarpes de amplio desarrollo vertical, mucho mayor que los de otras zonas climáticas.

La disolución de la caliza en el horizonte superficial es incomparablemente más activa en el dominio tropical que en las demás zonas climáticas, en detrimento de la erosión subterránea. Hay varios hechos que explican esta mayor actividad karsto-genética tropical (Birot, 1967):

- A mayor temperatura del agua es mayor la cantidad de reacciones iónicas que se pueden desarrollar. En efecto, éstas se multiplican por 1.5 a 2 con cada 10°C de aumento de la temperatura,

aunque según Thomas (1979) el factor podría ser 2 a 3 veces. Sin duda, existe un aumento de las reacciones.

- La roca nunca está completamente desnuda en el trópico húmedo, salvo por circunstancias especiales de tipo antrópicas o azonales. Siempre hay una cobertura de algas y líquenes, la cual, a pesar de su escaso volumen, es suficiente para aportar ácidos de origen orgánico. Los bosques tropicales sin estación desarrollan su máxima actividad vegetativa precisamente en la época de lluvias (verano), contrario a lo que ocurre en los bosques templados, que experimentan paralización durante la temporada húmeda (invierno) (Nicod y Salomon, 1990).
- El peso de las hojas y ramas muertas es bastante más elevado en el trópico húmedo que en la zona templada. Se estima que el peso en hojas puede ser de 2 a 8 veces superior, mientras que la litter anual resultante de estos materiales puede ser 3 a 4 veces superior de un clima a otro. Sin duda, esta materia orgánica aporta ácidos adicionales.
- El nitrógeno no se transforma en amoníaco, el cual neutraliza los ácidos, sino que por el contrario se convierte en ácido nítrico gracias a las bacterias.
- La acción directa de las raíces sobre las rocas. Los árboles de raíces pivotantes del trópico húmedo son abundantes y suelen actuar sobre la roca de dos maneras. En primer lugar, ejercen una acción mecánica sobre la roca, dividiéndola a través de sus fisuras y exponiendo más superficie. En segundo lugar, la emisión de iones  $H^+$  por parte de las raíces acelera la acidificación de la solución.
- El contenido de elementos insolubles en el suelo sobre las calizas en el trópico húmedo, suele ser inferior al 1%. Los ácidos orgánicos que aportan las raíces no se diluyen ni mezclan con elementos edáficos, manteniendo así su agresividad.
- Los suelos sobre calizas son generalmente muy finos en comparación con otras rocas. Esto permite una acción directa más efectiva de las raíces sobre la roca

**En definitiva, en el clima tropical húmedo la disolución kárstica es bastante activa, a causa de la presencia del gas carbónico en el agua aportado por la biomasa y a la fuerte presión ejercida por la vegetación.**

Como escribiera Fénelon en 1972 (en Demangeot, 1999): "se deduce que, a humedad constante, bajo climas cálidos y con altas precipitaciones, la corrosión es más activa que bajo climas fríos". Esta afirmación no aplica al trópico de estacionalidad contrastada, donde el déficit hídrico dominante impide el desarrollo de una exuberante vegetación, reduciéndose así la cantidad de  $CO_2$  bioquímico.

La única ventaja que tiene el clima templado sobre el tropical húmedo en materia de karsto-génesis radica en que el agua y el aire en la

atmósfera, a presión normal, está a menor temperatura, por lo que es capaz de acoger mayores cantidades de CO<sub>2</sub>. Esta ventaja es relativamente insignificante si se contrapone a los factores precedentes que favorecen una mayor karsto-génesis en los trópicos húmedos.

Además, Birot remarca que el factor tiempo es innegablemente decisivo para el desarrollo del karst. Muchos de los actuales karsts de colinas reportados en el dominio tropical han sido modelados íntegramente en latitudes bajas. Algunos han sido modelados desde el Cretáceo (Cuba) y muchos desde el Paleógeno (karst de montaña media de Bahoruco). Otros comenzaron a modelarse desde el Plio-Cuaternario (Los Haitises, RD) y aun así, constituyen verdaderas manifestaciones kársticas singulares del dominio tropical. Nicod (1972) agrega que la mayoría de los karsts tropicales están situados en islas, y que por lo tanto no han conocido climas fríos. Otros autores, como Corbel (en Nicod, 1972) creen que tal singularidad de relieve no se debe tanto el tiempo sino más bien a la eficacia de la disolución tropical.

Nicod y Salomon (1990) aportan otra especificidad del karst tropical de baja altura. Si bien las altas temperaturas permiten una multiplicación de las reacciones iónicas, no menos cierto es que la evaporación puede provocar un encostramiento estalagmítico (*case-hardening*), típico en los mogotes. Este hecho produce las vertientes abruptas y su forma acampanada y/o disimétrica característica.

Estos autores indican que, aun cuando el agua a altas temperaturas acoge menos CO<sub>2</sub>, la abundancia de las precipitaciones permite que la disolución superficial sea mayor en los trópicos que en los climas templados. Así se explica el carácter muy "raído" de las vertientes de los mogotes, por ejemplo.

### ***Tipología propuesta para la sucesión altitudinal de medios naturales del karst de baja y media montaña tropical***

Sería tarea sencilla clasificar la sucesión altitudinal de los *medios naturales* del karst de montaña tropical empleando únicamente el criterio altura y el modelado asociado. Al efecto, sólo habría que establecer unos rangos hipsométricos convencionales y fijos, asignándole a cada uno la denominación correspondiente e indicar la naturaleza del karst correspondiente. La tipología obtenida tendría las siguientes cualidades: manejable, extensible y, por lo tanto, universal, con la ventaja de que podría ser aplicada a cualquier karst de montaña del mundo. Resulta tentador, pero al observar los procesos del karst en la montaña tropical se percibe que la altura es, simplemente, un criterio más. En cualquier



karst de montaña, a una misma altura, no aparecen las mismas formaciones vegetales, ni las mismas formas del karst, ni mucho menos las mismas formaciones superficiales y suelos.

Por lo tanto, hay que considerar aspectos más complejos, pero igualmente uniformes, para caracterizar la variedad de patrones de distribución altitudinal de los procesos geo-ecológicos, según una función que relacione las siguientes variables: latitud, sistema climático local provocado por la montaña (que Demangeot denomina "degradación del clima"), sistema morfogenético y edafo-alterológico, formas del karst, acuíferos kársticos, cliserie de vegetación y usos del suelo. Por lo tanto, a efectos de esta obra, se emplearán estos criterios y otros, a fin de establecer una tipología integral tomando como referencia la base bibliográfica comentada.

Se hará un uso dúctil de la altura y el desarrollo vertical de la montaña y su karst, y al mismo tiempo se empleará, de forma concisa y objetiva, el escalonamiento bioclimático (*sensu lato*, abarcando por supuesto el clima, las formaciones vegetales y los usos del suelo) y los procesos morfogenéticos y edafo-alterológicos. Como apuntó E. Huguet del Villar, en su obra geobotánica de 1929, el concepto piso puede impulsarnos al error (cita): "*si un piso ha de ser una zona de altitud, y una zona ha de ser un área continua de terreno, cabe plantear el problema de si, realmente, la sucesión altitudinal ha de formar siempre y necesariamente pisos*". Con esta afirmación, Huguet planteaba, ya para entonces, que la altura no era un criterio universal.

En esta obra se establece una tipología para la sucesión altitudinal de los medios naturales de la montaña kárstica tropical, según una amplia variedad de criterios. Por lo tanto, cada "piso" o "nivel" del karst de montaña tropical es designado bajo la denominación de *medio natural*, entendido éste en sentido amplio como "*una franja del karst de montaña, en ocasiones una montaña kárstica per-se, cuyos límites son festoneados e incluso digitados, dispuesta por lo general horizontal o subhorizontalmente, que se presenta singularizada de su entorno porque reúne un conjunto de rasgos climáticos, bioclimáticos, edafo-alterológicos, geobotánicos y de uso y cobertura del suelo, que varían según la posición geográfica, y por otra parte caracteres ecodinámicos, morfo-topográficos, geomorfológicos, tectónicos y evolutivos*".

Este concepto podría confundirse con lo que tradicionalmente se ha denominado "piso bioclimático". Se pretende con esta obra dar mayor carga científica a los medios naturales del karst de montaña, dado que el concepto "piso bioclimático" sólo hace referencia a las *limitaciones o facilidades climáticas que se imponen u ofrecen al desarrollo de la vida (en especial la vegetal) a un determinado "nivel"*. Se procura por lo tan-

to alimentar el concepto de “medios de montaña” con elementos de tipo tectónicos, geomorfológicos, geobotánicos, de usos del suelo, etc.

El karst como geosistema singulariza aún más la sucesión altitudinal de medios naturales de la montaña. Si como se ha indicado ya, la montaña y el karst son dos de los medios más singulares del dominio tropical, entonces el karst de montaña tropical es, por mucho, uno de los medios más originales.

Troll y Chardon (en Colón, 1998) sugirieron el empleo de una terminología sencilla para clasificar el escalonamiento de la montaña, distinguiendo 3 pisos que en una primera aproximación se resume en: *baja, media y alta montaña*. Nicod (1984) propuso una terminología para el escalonamiento en la montaña kárstica de los Alpes occidentales, empleando como criterios el marco estructural (tectónica y litología), los rasgos bioclimáticos (P, T, ETP) y las tasas de disolución para caracterizar la componente kárstica. El resultado fueron los siguientes 5 “étages” (pisos), desde el basal al cimero: 1) *karst méditerranéens* (karst mediterráneo); 2) *karst submontagnard ou forestiers* (karst submontano o boscoso); 3) *karst montagnards ou nivoforestiers* (karst montano o nivo-boscoso); 4) *karst haute alpine nival* (karst alto alpino-nival); 5) *karst haute alpine glaciaires* (karst alto alpino-glaciar).

Para construir una tipología propia de esta obra se adaptarán los nombres referidos. A tal efecto, aparte de destacar las singularidades de la montaña tropical en sus distintos pisos, se hace lo propio con el karst tropical y sus rasgos específicos en la montaña. De la tipología propuesta se excluyen los regímenes desértico y sub-desértico por carecer de interés en el marco del presente estudio.

### ***Baja montaña y karst submontano tropical***

En el dominio templado y mediterráneo, Colón (1998) utiliza la cota de los 1,000 m como límite superior de la baja montaña, y añade que debe existir “escalonamiento vegetal y determinados procesos morfogenéticos”. Por otra parte, Demangeot (1999) utiliza la misma cota para establecer el techo de la tierra caliente en la Sierra Nevada de Mérida.

Para el establecimiento del límite superior es necesario añadir más criterios que habría que cruzar con la altura. Resulta útil emplear **la cota hasta la cual es máximo el efecto combinado de la precipitación y la temperatura sobre la alteración, especialmente para el mecanismo de la hidrólisis, lo cual ocurre a aprox. 900 m de altitud**. En esta cota la precipitación no compensa el déficit del descenso de temperatura, por lo que pierde efectividad la alteración por hidrólisis. Por otra parte la isoterma de 20°C puede emplearse como criterio adicional, la cual se

sitúa entre 800 y 900 m. Esta casi coincide, a su vez, con el límite superior del piso bioclimático "termoantillano" de Cámara (1997). En todos los casos, se concluye que la cota de 800-900 m es apropiada como límite superior.

El límite inferior estaría representado por el nivel más alto que alcanza el piedemonte, cuya cota generalmente se sitúa entre 200 y 300 m. En el caso dominicano, dicho límite inferior se sitúa por regla general a los 200 m.

A lo interno de la baja montaña, un rasgo típico es la presencia de laderas escarpadas, por ejemplo, de más de 25°. Mientras que las laderas con pendientes superiores a 15° deben ser frecuentes. El volumen del relieve es siempre mayor que en el resto de los medios de la montaña. Deben estar presentes los movimientos en masa, pero estos pueden extenderse también a la montaña media. Dadas unas condiciones morfotopográficas favorables, la progresión de la alteración debe ser profunda, de orden métrico e incluso decamétrico. El gradiente pluviométrico altitudinal debe ser positivo a lo largo de todo este medio natural, cuya intensidad variará según se trate de régimen húmedo o estacional.

La disolución en el karst submontano experimenta siempre un gradiente positivo en función de la altura, aunque las tasas son máximas en la montaña media. La criptocorrosión también actúa en el karst submontano, lo cual está vinculado con la tectónica del Neógeno que generalmente ha sellado paleo-karsts, como en el caso de la vertiente N de la Sierra de Bahoruco. Algunas coberteras son muy potentes e impiden la continuidad de la corrosión, pero en muchos casos ésta puede ser muy fina y permitir el ataque químico y bioquímico al sustrato. También en la vertiente S se reportan alteraciones bajo cobertera de alteritas alóctonas, que micritizan la caliza Miocena isovolumétricamente, formándose lo que Quinif (2010) denomina "fantasmas de roca". En esta misma Sierra el exo-karst submontano presenta poljes de gran tamaño, como el Hoyo de Pelempito, Puerto Escondido, El Rejanal, El Higüero, Río Arriba y otros.

La "tierra caliente" de la clasificación de medios altitudinales de Demangeot (1999) es equivalente a la baja montaña aquí descrita, aunque el límite superior de 1,000 m empleado por el autor parece no coincidir para el caso dominicano.

Por otra parte, en la clasificación de pisos bioclimáticos de Cámara (1997) para RD, se identifican al menos dos pisos bioclimáticos dentro de la baja montaña:

- Termoantillano, con tres subpisos: hiperhúmedo, húmedo y subhúmedo, los cuales se diferencian por la cantidad de precipitación media y el déficit hídrico.
- Mesoantillano, con cuatro subpisos: hiperhúmedo, húmedo, subhúmedo y seco, que varían de uno a otro en función de la precipitación media, el déficit hídrico y la duración de la sequía estacional (paralización vegetativa).

Es necesario advertir que, al igual que en otras latitudes, existen al menos 2 regímenes: uno húmedo y otro de estacionalidad contrastada, cuyo resultado sobre el escalonamiento de medios y rasgos distintivos es diferente. En el primer caso, el trópico húmedo, merecen destacarse varias especificidades de la baja montaña y su karst en este medio:

- Hay al menos un piso bioclimático de régimen húmedo o hiperhúmedo, propicio para el bosque ombrófilo, siempre que no hubiese intervención y no existieren medios intrazonales.
- La vegetación es más espesa en este piso, porque la pendiente expone una mayor superficie foliar a los rayos solares y porque hay un aumento de la precipitación. Generalmente el bosque es de tipo ombrófilo. Este hecho es común a las demás zonas del globo, pero en la montaña tropical se exagera sensiblemente.
- La precipitación total acumulada es alta, repartida en varios meses del año, generalmente 6 o más. La máxima se produce en la parte superior del piso y supera los 1,500 mm.
- La baja montaña es el único piso donde se produce el máximo valor conjunto de temperatura y precipitación. Por encima de éste la temperatura disminuye, mientras que por debajo hace lo propio la precipitación. Por ejemplo, en una montaña tropical con gradientes térmico y pluviométrico de  $-0.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  y  $100\text{mm}/100\text{m}$ , respectivamente, y unas temperatura y precipitación a 0 m de  $26^{\circ}\text{C}$  y 2000 mm el máximo valor del producto de ambos parámetros, tiene lugar a aprox. 860 m. Si bien la temperatura se reduce con arreglo al gradiente térmico el aumento en precipitación compensa dicho déficit manteniendo la hidrólisis como principal mecanismo de alteración. Si a esto añadimos que el bosque es más espeso y aporta más materia orgánica al suelo, el aporte de ácido carbónico se ve reforzado, acelerando sensiblemente la hidrólisis. Por lo tanto, en igualdad de condiciones estructurales, la progresión de la alteración debe ser tan extensa como en el llano o incluso mayor, siempre y cuando la pendiente lo permita. Por la misma razón, la transformación de la materia orgánica se completa del todo. Estos rasgos son específicos del régimen húmedo tropical. Si bien en el medio templado llueve más en la baja montaña que en el llano, la temperatura se reduce sensiblemente y no existe una cobertura vegetal tan espesa, lo que debilita la progresión de la alteración.

- El karst submontano presenta modelado típicamente tropical, con mogotes y dolinas, pero se puede presentar una morfoestructura afectada por la tectónica del Neógeno. En algunos casos se observan superficies corrosivas basculadas como en la península de Samaná y en Jamao. Frecuentemente, las pendientes están condicionadas por el dispositivo estructural resultante de los procesos tectónicos propios de la baja montaña. El monumento natural Cuevas del Pomier, en San Cristóbal, constituye un buen ejemplo de karst submontano en régimen húmedo que presenta un dispositivo estructural monoclinal debido a la tectónica del Neógeno. Este rasgo condiciona las formas exo-kársticas y al mismo tiempo dirige el desarrollo endo-kárstico.
- El agua caliente puede disolver menos  $\text{CO}_2$  que la fría, lo cual explica que la saturación de este gas en la baja montaña se alcanza más rápido que en la montaña media y, a su vez, un poco más tarde que en el llano circundante. Por lo tanto, los travertinos son menos frecuentes que en el llano y más frecuentes que en la montaña media.
- Los movimientos en masa son frecuentes por el aumento de la precipitación, la mayor profundización de la alteración y la existencia de drenaje oblicuo. Si bien en todas las zonas del mundo la baja montaña presenta movimientos en masa, en el dominio tropical es exageradamente superior por la abundante precipitación y la profundidad de la alteración.
- El llano, generalmente muy cultivado, extiende el uso agrario hacia la baja montaña. Los suelos, salvo condiciones locales, son tan fértiles como en el llano, e incluso pueden llegar a serlo más por la renovación constante a que son sometidos. La producción en este piso sólo se ve limitada por la inestabilidad de suelos. Dado que la mayoría de países tropicales no dispone de un buen sistema catastral, la extensión de las tierras agrícolas hacia este piso es tarea fácil.

En el dominio tropical de estacionalidad contrastada la baja montaña y el karst submontano experimentan los siguientes rasgos singulares:

- Hay al menos un piso bioclimático bajo régimen de estacionalidad contrastada.
- La vegetación no es tan espesa como en el régimen húmedo, siendo de tipo mesófilo y tropófilo. La sabana es también habitual. En sectores de pendiente acusada el bosque tiende a abrirse, espontáneamente o antrópicamente inducido, por el mayor drenaje oblicuo y la escasez de materia orgánica en el suelo.
- Si la morfo-estructura y la energía del relieve son importantes, el límite inferior de la baja montaña está delimitado por repetidas sucesiones de abanicos aluviales y glaciais, cubiertos comúnmente

por sabanas. En general, se exporta mucha grava desde la baja montaña hacia el llano.

- La precipitación total en este piso debe ser menor que en el régimen húmedo, por lo general de 1,000 mm o menos, pero la intensidad de precipitación (mm/24hr) debe ser mayor.
- El karst submontano en este régimen es por lo general de plataforma. Si la tectónica lo permite, se conservan en perfecto estado amplias superficies corrosivas; de lo contrario, se presentan escalonadas. Este último caso se observa en la vertiente S de la Sierra de Bahoruco, localidad de Las Mercedes. Determinadas condiciones morfoclimáticas pueden favorecer la aparición de micro- y macroformas propias de otros climas, como el lapiaz tipo tsingy que puede observarse igualmente en la referida vertiente
- En RD este piso acoge la mayor parte de la ganadería caprina extensiva nacional, dadas las condiciones de temperatura y humedad óptimas para dichas especies.
- Los productores de “bosque seco” (tropófilo, mesófilo) de este país establecen sus actividades en la baja montaña y el piedemonte con estacionalidad contrastada, ya que en ambos ambientes predominan estas formaciones, así como la sabana.

### **Montaña media y karst nublado tropical**

Por encima de la baja montaña se extiende la montaña media. Este medio natural es sensiblemente distinto del conjunto morfo-topográfico de su entorno en el dominio tropical. Es equivalente a la conjunción de la tierra templada y la tierra fría de Demangeot (1999), aunque con límites superior e inferior diferentes, sobre todo en el caso dominicano.

Su cota inferior podría fijarse en el límite superior de la baja montaña, 800-900 m, mientras que la superior oscilaría entre 2,500 y 3,000 m, especialmente en el caso del Caribe Insular (con especial atención al caso dominicano). La isoterma media anual de los 10°C es un referente apropiado para el límite superior. Otro criterio es la isoterma de 5°C para el mes más frío, dado que marca el límite de la actividad vegetativa de forma global. Otra referencia obligada es la vegetación de transición. En el caso dominicano no aparece el matorral que marca la base de la alta montaña de Demangeot (1999), pero a 3,000 m el pinar tiende a perder cobertura y los individuos viejos de *Pinus occidentalis* se achaparran y se les deforman sus ramas. Los lugareños del entorno de los Parques Nacionales Armando Bermúdez y José del Carmen Ramírez (Cordillera Central) les denominan “*matiotés*”. En la Cordillera de Talamanca (CR), a la misma altura, aparece un herbazal de montaña (erróneamente ha sido bautizado como “páramo”), con la especie *Chusquea subtesselata* (Poaceae) como dominante (Acevedo y otros, 2003).

En el interior de la montaña media tropical destacan varios rasgos distintivos. El pico de precipitación en cualquier cordillera o sierra se produce dentro de la montaña media, generalmente hacia los 1,500-2,000 m, pero esto puede variar según distintos factores, como la posición geográfica, el régimen estacional y los tipos de tiempo, entre otros. A partir de dicha cota la precipitación disminuye con arreglo a un gradiente pluviométrico negativo. Este es otro hecho singular de la montaña media, que se denomina "inversión del gradiente de precipitación". En la Cordillera Central dominicana, Cámara (1997) lo sitúa hacia los 1,500 m, mientras que Demangeot (1999) estimó que en la Sierra Nevada de Mérida (Andes venezolanos) ocurre hacia los 2,000 m. Tal inversión conlleva, como es de esperar, importantes repercusiones sobre la vegetación, la geomorfología y la alteración.

La nubosidad es importante, llegando a reportarse más de un 70% de días del año con nubes persistentes. El mar de nubes es específico de este medio, el cual se explica por la alta irradiación nocturna hacia el espacio que enfría sensiblemente la superficie terrestre generando una inversión térmica y forzando a las nubes a descender y entrar en contacto con el suelo.

La vegetación es singular, porque en este piso es donde se observan los **bosques nublados** (Figura 4-34). Este tipo de formación, con árboles generalmente de porte inferior que el ombrófilo, llama la atención por el número de especies, las epifitas y los helechos arborescentes. El suelo está cubierto por alfombras de musgos y troncos que son inmediatamente ocupados por especies herbáceas que los tapizan. El suelo es generalmente un mull de gran espesor, óptimo para labores agrícolas. En la vertiente S de la Sierra de Bahoruco, este material es utilizado como abono en los



**Figura 4-34.** Bosque nublado de *Quercus copayensis*. en la cuenca hidrográfica del río Savegre, Costa Rica (JRMB, 17/06/2003)

terrenos recién arados para la siembra, lo que supone un impacto tanto sobre las especies vegetales del estrato herbáceo como sobre las aves que utilizan los troncos caídos en el anidamiento.

Bajo ciertas condiciones edáficas, climáticas y paleogeográfica, la montaña media es capaz de acoger bosques de gimnospermas. Dichos factores son: 1) escaso espesor de los suelos y formaciones superficiales; 2) abundante pedregosidad y, consecuentemente, escasa retención de humedad edáfica (es habitual su preferencia por los canchales); 3) baja precipitación, debida a la inversión del gradiente pluviométrico. Pero tales factores no son suficientes, porque el establecimiento de pinares y sabinares requiere de condiciones paleogeográficas específicas. Por ejemplo, en La Española, el sistema Hotte-Selle-Bahoruco y la Cordillera Central dominicana, gracias a la geodinámica del Caribe (Leclere y otros, 1984), han estado durante el Paleógeno próximas a áreas con gimnospermas ya pre-establecidas, lo que permite encontrar en estas montañas importantes bosques de *Pinus occidentalis* y *Juniperus gracilior*.

Si la montaña no ha experimentado tal evolución paleogeográfica, los bosques de gimnospermas son infrecuentes o inexistentes, aun cuando concurren todos los factores favorables. Evidencia de ello son los casos de la Sierra de Neyba y la Cordillera Septentrional en RD. La primera se sitúa a un par de decenas de kilómetros al N de Bahoruco, y en ella el pinar, aunque ocupa importantes porciones de su vertiente N, no existe al S. Asimismo, la Cordillera Septentrional no tiene pinares, porque es muy joven y nunca ha estado próxima (en fase emergida) a un área de Pinaceae.

Hay otras evidencias de este hecho en otros países del entorno. La Cordillera de Talamanca (Costa Rica) es otro caso donde no aparecen extensamente las gimnospermas y, por el contrario, se observa un bosque nublado de quercíneas bastante tupido (Acevedo y otros, 2003). Este macizo comenzó a emerger desconectado del resto del continente centroamericano durante el Mioceno.

En publicaciones dominicanas se destaca una supuesta preferencia del pinar por climas templados o fríos. Si bien esta formación es muy común sobre los 1,000 m, hay abundantes observaciones que indican que no existe tal condicionamiento. En Cabo Haitiano, Haití, hay reportes de manchas de pinar a pocos metros por encima del nivel del mar, mientras que en El Cercado (Valle de San Juan) se reporta a poco más de 500 m (Ciferri, 1936). Ambas localidades son cálidas y de clima tropical de estacionalidad contrastada. De hecho, Ciferri (1936) reporta *Pinus occidentalis* en asociación con formaciones "subxerofíticas", vinculándolo siempre al patrón de fuegos. También se reporta en pisos bajos



de la vertiente oriental de la Cordillera Central, en las proximidades de Bonao.

**El karst de montaña media o karst nublado tropical presenta las máximas tasas de disolución de todo el escalonamiento.** Según R. Maire (en Demangeot, 1999), en el Alto Gunung, Nueva Guinea, con 12,000 mm de precipitación a 1,500-2,000 m, la disolución es de 670 a 760 mm/mill (=cantidad de mm de la superficie de la roca se disuelven por cada mil años), mientras que en Naré, en el mismo país, con una precipitación de 9,000 mm a una altura de 600 m (baja montaña), la disolución es de 400-540 mm/mill. Aun cuando el contenido atmosférico de CO<sub>2</sub> se reduce con la altura (Demangeot, 1999), el mayor potencial de disolución se produce gracias a cuatro factores compensatorios: **1) la reducción de la temperatura, permite que el agua acoja mayores concentraciones de gas carbónico, resultando una solución más agresiva; 2) el pico de precipitación propio de la montaña media aumenta la posibilidad de atacar la caliza; 3) existe abundante materia orgánica que acidifica la solución química. Según Sweeting (1968, en Thomas, 1979), la concentración de CO<sub>2</sub> en el agua puede ser hasta 15 veces mayor por el aporte de materia orgánica; 4) la menor evapotranspiración, la cual conserva buena parte del agua precipitada.** Por la misma razón las bajas temperaturas dificultan la saturación de CO<sub>2</sub> de la solución, por lo que son poco habituales los travertinos en la montaña media.

En la Sierra de Bahoruco el karst nublado se singulariza por la presencia de amplias superficies corrosivas Fini-Paleógenas perfectamente conservadas y fracturadas, todas sobre calizas del Eoceno.

También se observa paleo-karst de cúpulas y mogotes, con poljes, dolinas y conos rocosos escalonados entre 700 y 2,000 m. Los mogotes y cúpulas presentan una mayor concentración en la vertiente S de la Sierra. Los poljes se sitúan en la medianía de la Sierra, escalonados desde los 2000 m hasta el Hoyo de Pelempito en la baja montaña (300 m).

El karst nublado acoge el proceso de taponamiento del epi-karst más significativo de todo el escalonamiento (Díaz del Olmo, conferencia en Santo Domingo, noviembre de 2010). Dado que son comunes los fenómenos atmosféricos extremos y de alta intensidad de precipitación, el epi-karst se satura rápidamente. Se desencadena entonces un proceso de arroyada localizado que desmantela el manto de alteritas y exhuma parcialmente el lapiaz. Estas condiciones dan lugar a una abundante cantidad de bloques y clastos, los cuales taponan los sistemas de drenaje interno, aumentan la escorrentía superficial y hacen más agresiva la destrucción del epi-karst. Mientras la escorrentía superficial no cesa, los bloques se acumulan en los fondos de dolinas, pérdidas y fracturas abiertas. Este fenómeno ha sido descrito en el karst de montaña mediterránea (Colón,

1998); también se ha estudiado el tiempo de residencia y las características hidroquímicas de las aguas del epikarst en el Mediterráneo (Aquilina y otros, 2006). Pero no existen mediciones similares en la montaña media tropical que permitan hacer comparaciones cuantitativas, aunque dado el paso frecuente de fenómenos atmosféricos extremos, la velocidad de los procesos podría ser mayor.

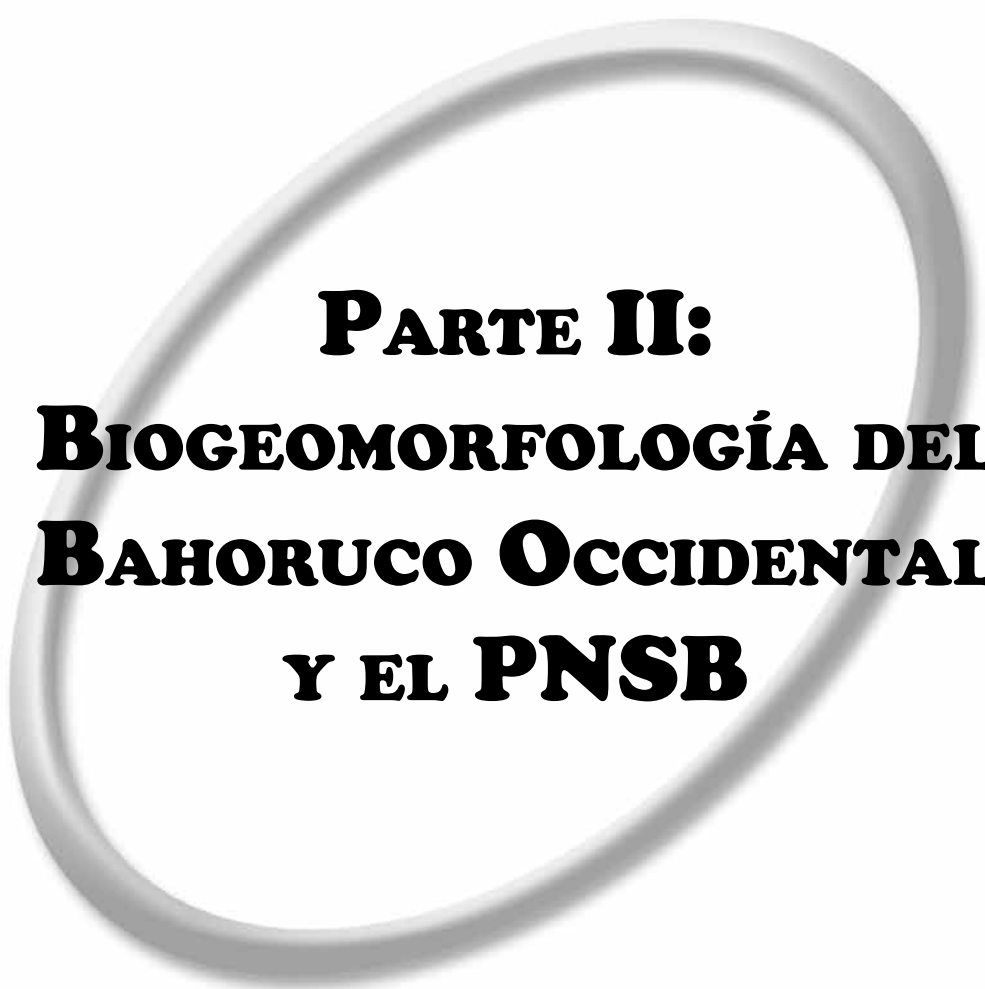
Por otra parte, la montaña media tropical no kárstica se caracteriza por la presencia de superficies erosivas. En la Cordillera Central (RD) Cámara (1997) describe al menos 3 superficies erosivas Fini-Paleógenas. En la montaña media de la Cordillera de Talamanca (Costa Rica) hay buenos ejemplos de superficies de erosión modeladas sobre rocas magmáticas efusivas (MINAE y otros, 2004).

Dado que es frecuente la existencia de superficies con pendientes generalmente inferiores a 3-5° (salvo las basculadas), la frecuencia de laderas escarpadas es menor que en la baja montaña. Los escarpes de la montaña media limitan generalmente las superficies. En los sistemas muy tectonizados los escarpes son tan frecuentes o más que en la baja montaña.

La erosión torrencial y los movimientos en masa son frecuentes en la montaña media no kárstica, aunque existe una relación directa respecto de la profundidad de la alteración (que suele disminuir en la montaña media) e inversa respecto de la cantidad de cobertura vegetal. Cuando el bosque nublado no está intervenido la arroyada concentrada prácticamente es inexistente. Sin embargo, en lugares con laderas escarpadas y fuerte concentración de humedad edáfica, son frecuentes las coladas de barro.

La materia orgánica está pobremente descompuesta. La humificación progresa mejor que la alteración hidrolítica, desarrollada a favor de condiciones térmicas inferiores a 20°C de media anual. Salvo paleo-suelos y suelos heredados, la ferralitización y fersialitización es reducida, resultando común la aparición de altos contenidos de materia orgánica. La alteración bioquímica gana terreno sobre la geoquímica. El aporte de minerales a partir de materia orgánica está garantizado porque el bosque suele ser espeso y productor de abundante biomasa para el suelo. La productividad de los suelos es, por lo tanto, alta; este hecho es bien conocido por los agricultores de la montaña media, quienes ven la posibilidad de sembrar una amplia variedad de cultivos.

En RD se siembran productos propios de la América Andina, como la papa, y muchos casos se plantan cultivos mediterráneos, como fresa y manzana. Son también habituales cultivos de ciclo corto como repollo, cebolla, ajo, e incluso habichuela (frijoles), que favorecen la erosión y requieren una amplia intervención agroquímica, lo que termina por degradar los suelos y dificulta la gestión ambiental de la montaña media.



**PARTE II:**  
**BIOGEOMORFOLOGÍA DEL**  
**BAHORUCO OCCIDENTAL**  
**Y EL PNSB**



**CAPÍTULO V.**  
**TOPOGRAFÍA**  
**GENERAL DEL PNSB**



## Hipsometría

Dado que el Bahoruco Occidental no tiene unos límites exactos, se abordará la descripción hipsométrica de su Parque Nacional (ver Figura 5-1 y Tabla 5-1). Su altura mínima es 100 m, que coincide con la curva de nivel a dicha cota al NE (entre el río Las Damas y la Cañada de los Guanos), y la máxima es 2367 m en la Loma del Toro. El rango altimétrico es, por lo tanto, 2267 m, lo que le confiere la cualidad de ser uno de los PPNN de mayor desnivel de RD.

Su altura media es 1120 m, con una desviación típica 549 m. La mediana de alturas, que divide el territorio del PNSB en dos partes de igual su-

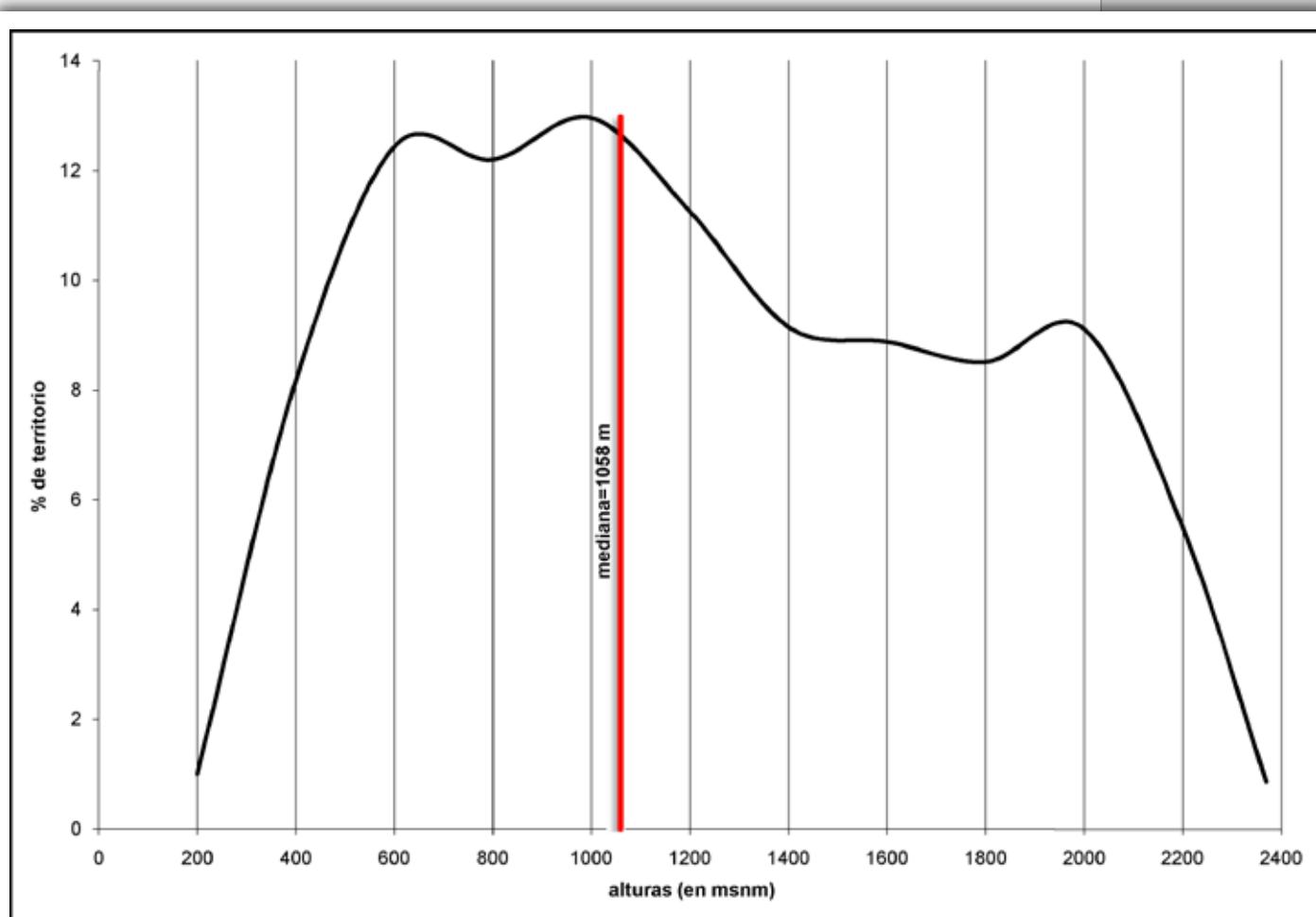


Figura 5-1. Curva hipsométrica del PNSB (elaboración propia, 2004)

perficie, es 1058 m. Por lo tanto, la mitad del territorio se sitúa a alturas entre los 100 y los 1057 m, mientras que la otra mitad entre los 1059 y los 2367 m. Como en toda distribución normal, la mayor parte se concentra en torno a la mediana: aproximadamente el 70% del territorio del Parque está en cotas comprendidas entre los 400 y los 1600 m. Esto indica que, según las alturas de las áreas protegidas de montaña en RD, el

Parque Nacional Sierra de Bahoruco es un área protegida de alturas medias-altas.

La fisiografía predominante es "alomada". Las lomas se ordenan en bandas alargadas y orientadas en dirección NO-SE, coincidiendo con la orientación predominante del macizo. Las máximas elevaciones (por encima de los 1600 m) suponen un 24% del territorio del PNSB y se localizan en una banda orientada en dirección NO-SE, tendidas hacia la vertiente septentrional, destacando Loma del Toro (2367 m) y Charco de la Paloma (2100 m). Los sectores cimeros están bastante aplanados, con pendientes inferiores a los 5° (ver Figura 5-2).

**Tabla 5-1. Distribución de alturas según intervalos regulares de 200 m, salvo en los extremos (fuente: elaboración propia, a partir de NASA, 2000).**

Altura (en m)	% de territorio
100 a 200	1.00
201 a 400	8.16
401 a 600	12.44
601 a 800	12.20
801 a 1000	12.96
1001 a 1200	11.25
1201 a 1400	9.15
1401 a 1600	8.88
1601 a 1800	8.51
1801 a 2000	9.11
2001 a 2200	5.49
2201 a 2367	0.86

Los niveles intermedios altos (entre 1000 y 1600 m) suponen un 29% del territorio del PNSB y se distribuyen por el N, S y E. Hay algunas comunidades y parajes a estas cotas, como Los Arroyos y Agua de Juancho, Pueblo Viejo, entre otros, la mayoría con población itinerante o nula. Igualmente, se desarrollan importantes formaciones vegetales de bosque ombrófilo e hidrófilo, las más frágiles y amenazadas del PN.



**Figura 5-2. Vertiente S de la Sierra de Bahoruco observada desde Las Mercedes. Nótese el carácter tendido y el alto grado de aplanamiento de los sectores cimeros (JRMB, 6/10/04)**

Los niveles intermedios bajos del PNSB (entre 400 y 1000 m) ocupan un 38% de la superficie del PNSB, En el entorno del Parque, y a estas alturas, se emplazan la ma-



yor parte de las poblaciones que aprovechan los servicios ambientales del área protegida, como Puerto Escondido, Las Mercedes, Mencía, Aguas Negras, La Altagracia, entre otras.

Por último, los niveles bajos del PNSB, entre 100 y 400 m, suponen un escaso 9% del territorio. Este conjunto se sitúa en el sector NE, al pie de las Lomas La Sequía, Derrico y La Sangría, justo al SO de la depresión Los Saladillos. También al SE del Parque hay localidades a esta altura, como son el entorno de la cañada Bucán Tusina y Monte Grande.

## Pendientes

El PNSB tiene, de forma general, pendientes poco inclinadas, especialmente por el Sur (ver Figura 5-3, Figura 5-4 y Tabla 5-2). La vertiente promedio tiene aprox. 12°, con una desviación típica de 8°. La mínima pendiente es 0°, reportada tanto en los sectores bajos como en los cimeros (superficies corrosivas y piedemonte). Los sectores más escarpados se encuentran en la vertiente septentrional (máxima de 70° en los escarpes que enlazan a Loma del Toro con Villa Aida).

Se advierte, por lo tanto, que existe una clara disimetría del macizo entre las vertientes N y S. La vertiente N acoge escarpes, precipicios e incluso paredes sub-verticales. La vertiente S sólo está levemente inclinada, aunque con escarpes localmente pronunciados en los escarpes de fallas originales o retranqueados.

Para que una montaña media como Bahoruco, compuesta fundamentalmente de calizas, tenga una pendiente media tan baja, necesariamente el relieve debe arrasarse, tanto en sus sectores cimeros, como en los intermedios y bajos. Esto es evidente especialmente en la vertiente S, donde son frecuentes las formas aplanadas, típicas de una morfogénesis activa controlada por niveles de base relativamente estables.

**Tabla 5-2. Rangos de pendientes del Parque Nacional Sierra de Bahoruco y porcentaje de territorio que ocupan según vertientes Sur, Norte y Este del PNSB (nombres de rangos modificados a partir de Scholz, en Demek, 1972)**

Rangos	S(%)	N(%)	E(%)
plano (0-3°)	13.00	5.00	12.00
débilmente inclinado (3-5°)	28.00	12.00	15.00
inclinado a muy inclinado (5-15°)	53.00	38.00	41.00
débilmente escarpado (15-25°)	6.00	28.00	22.00
escarpado (25-35°)	1.00	14.00	9.00
precipicio (35-55°)	0.00	3.00	1.00
sub-vertical a vertical (>55°)	0.00	0.00	0.00

Una observación detallada de la vertiente S de la Sierra revela su relativamente poca inclinación (<15°), especialmente en el sector que abar-

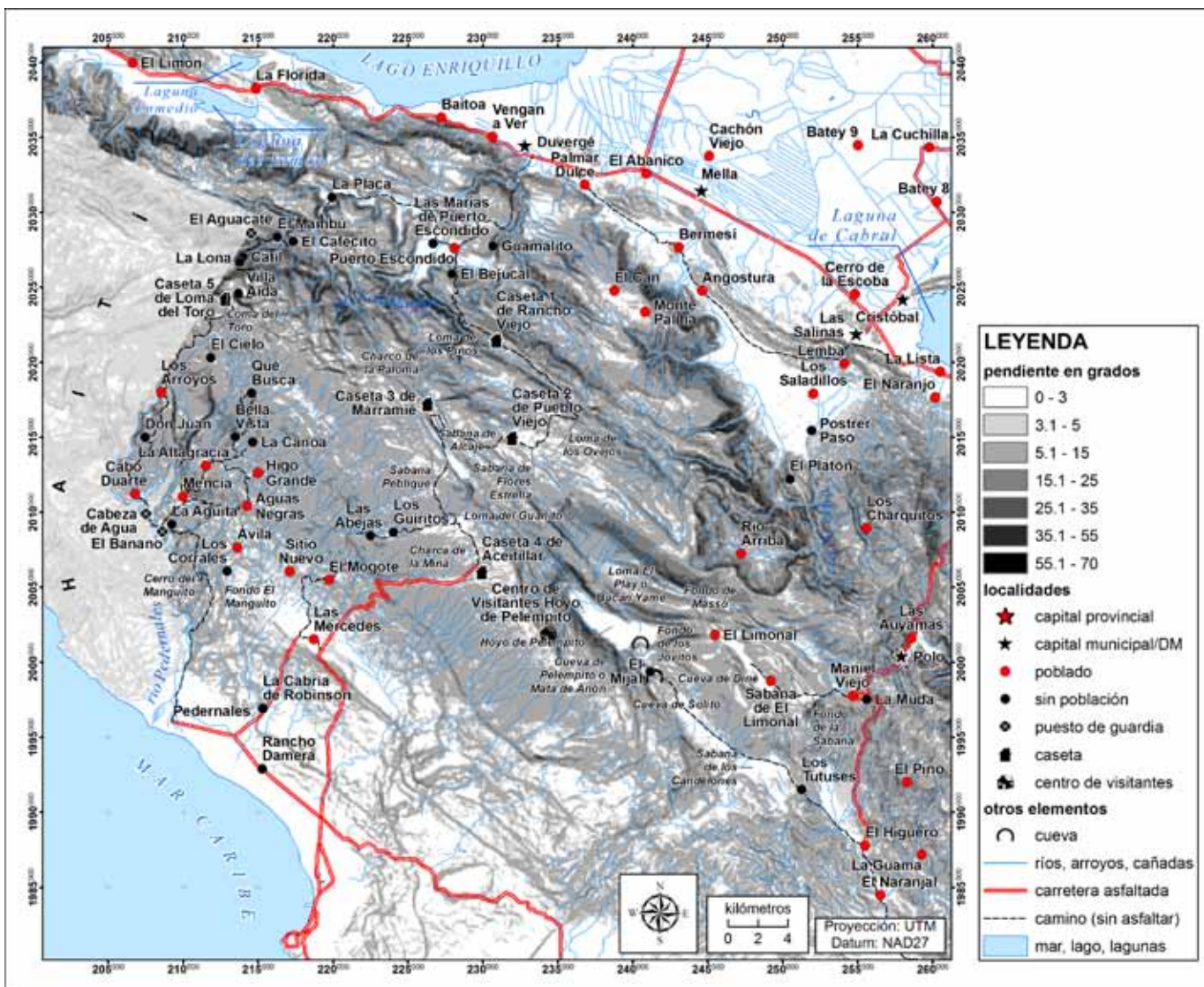


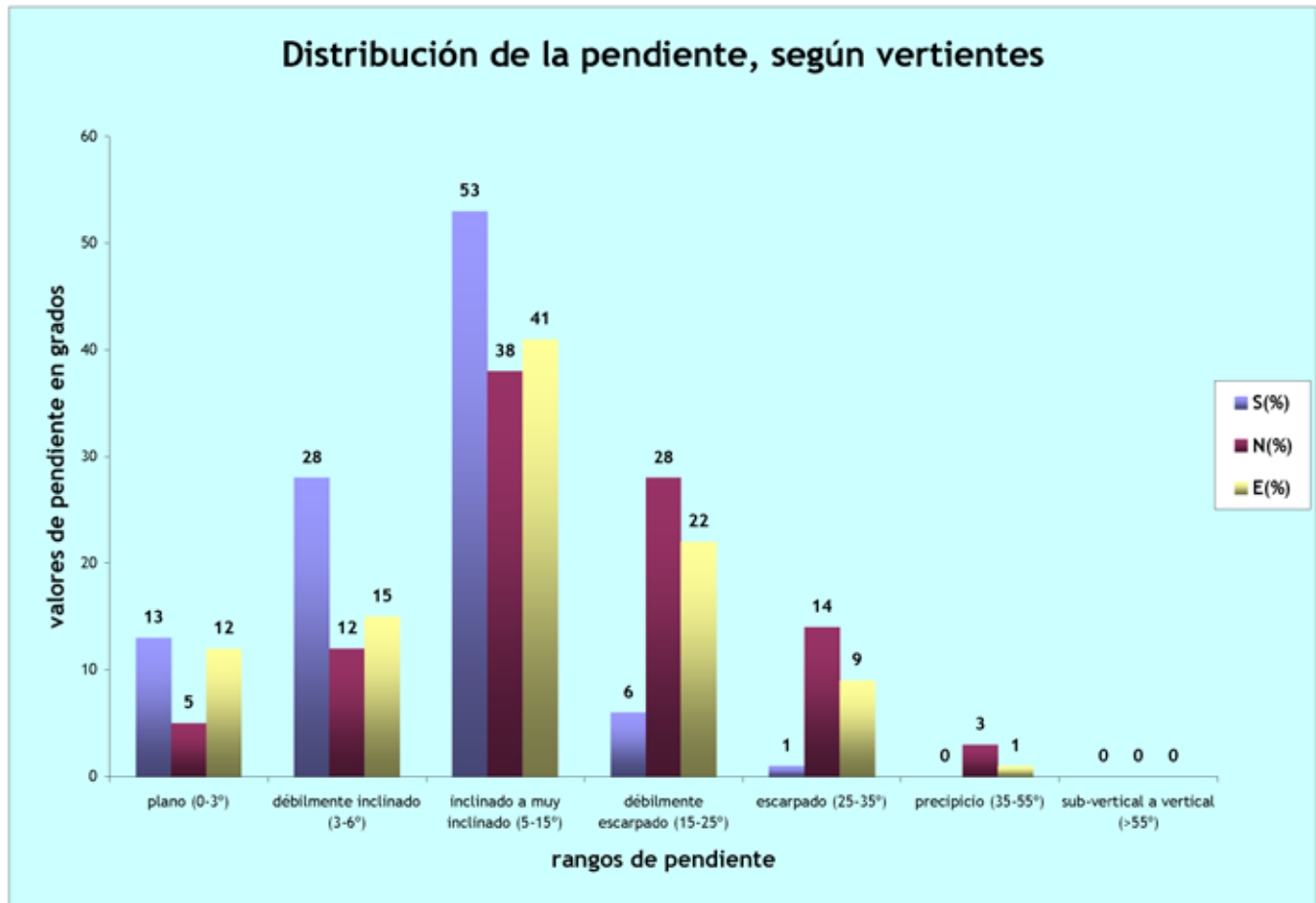
Figura 5-3. Pendientes del Parque Nacional Sierra de Bahoruco y su Entorno (fuente: elaboración propia a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)

ca Mencía, La Altagracia, Aguas Negras, Las Mercedes, y el resto de la vertiente S hasta El Higüero.

En las cimas se reportan sectores planos o débilmente inclinados (<6°), como El Aceitillar, Canote, Savane Peblique, Loma del Toro, entre otros.

La mayoría de los fondos de poljes bajos e intermedios de la Sierra como Pelempito, El Tunal, El Mijal, El Limonal y Río Arriba, son planos o débilmente inclinados. Los bordes de estas depresiones, en especial Pelempito, son escarpados e incluso llegan a ser precipicios y paredes sub-verticales en muchos puntos.

Las márgenes de algunos cañones en la vertiente S presentan escarpes, precipicios e incluso paredes verticales (estos últimos son menos fre-



**Figura 5-4. Distribución de las pendientes según vertientes N, S o E en el PNSB (fuente: elaboración propia a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)**

cuentes): Bucán Tanjón, cañadas de las Abejas y del Barraco, cañada de Aguas Negras, entre otros.

En la vertiente N las pendientes se exageran bastante, debido a la tectónica más activa (fallas inversas/cabalgamientos). En algunos casos se observan precipicios y paredes sub-verticales, de los que se citan algunos ejemplos: borde septentrional del polje de Puerto Escondido (Rabo de Gato), el Rejanal, las márgenes de la cañada de Pedro Bello, los escarpes que enlazan Monte Palma con la depresión de Los Saladillos, entre otros.

También en esta vertiente, hay sectores planos y débilmente inclinados N, aunque en mucha menor medida que en la S. Es el caso de Monte Palma, el sector cimero de Marramié, Pueblo Viejo, Monte Jota, entre otros.



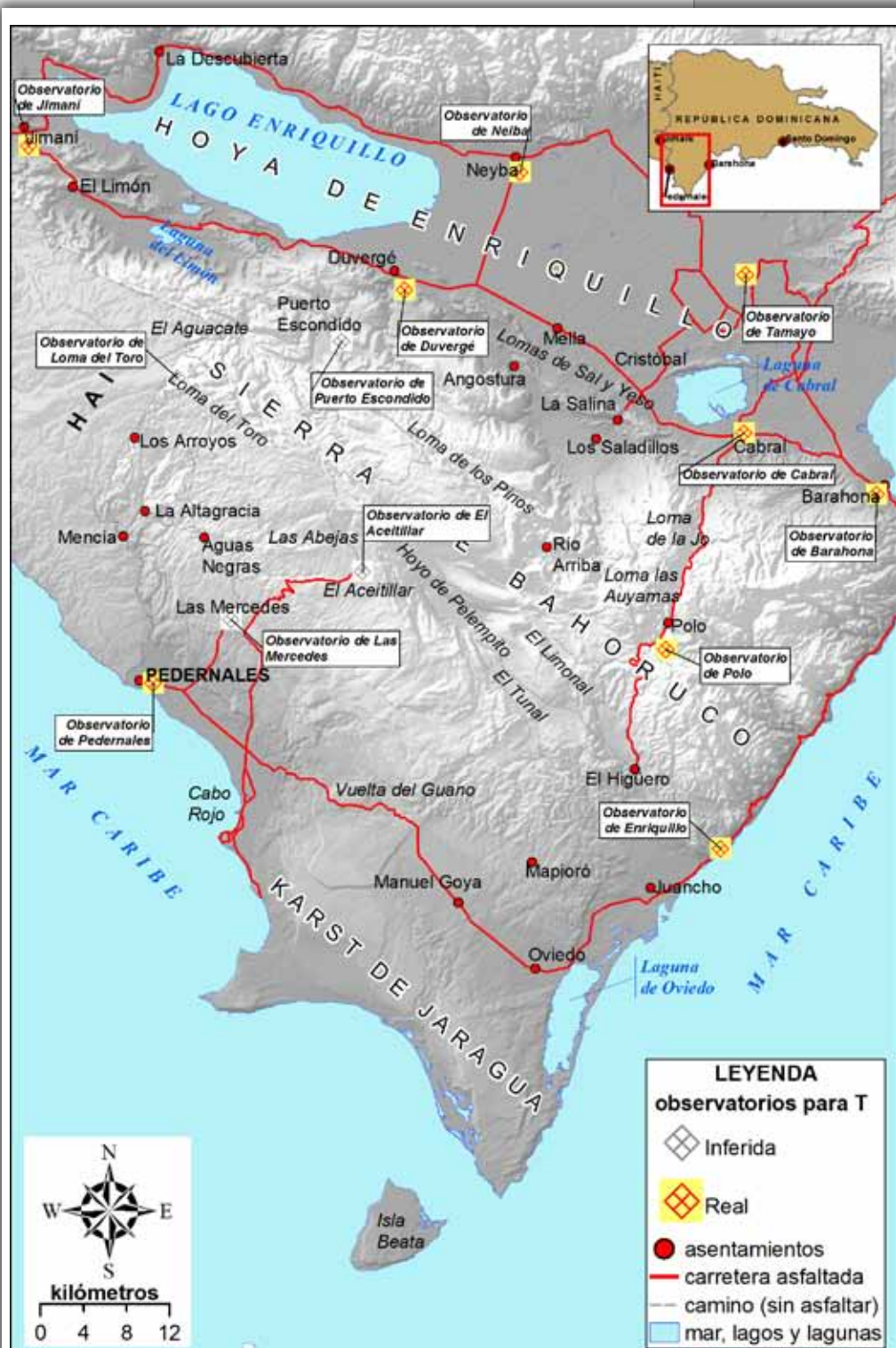
**CAPÍTULO VI.**  
**CLIMA E**  
**HIDROGRAFÍA**



## Clima y bioclima

### Distribución de la temperatura y precipitación

No existen observatorios meteorológicos dentro del PNSB. Hay una modesta red compuesta por 9 estaciones de la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) que, aunque se sitúan fuera del área protegida, sus datos son útiles. Jimaní y Barahona son sinópticas (estaciones completas que, además de temperatura y precipitación, ofrecen variables como humedad relativa, insolación, vientos, entre otros), mientras que Duvergé, Neyba, Tamayo, Pedernales, Enriquillo, Cabral, y Polo son termo-pluviométricas. La más alta está en Polo, a 703 m, y la más baja en Duvergé, a 2 m. El resto se sitúa entre los 3 los 31 m. Por lo tanto se desconocen observaciones termo-pluviométricas de los pisos bioclimáticos situados entre 30-700 m y 700-2400 m.



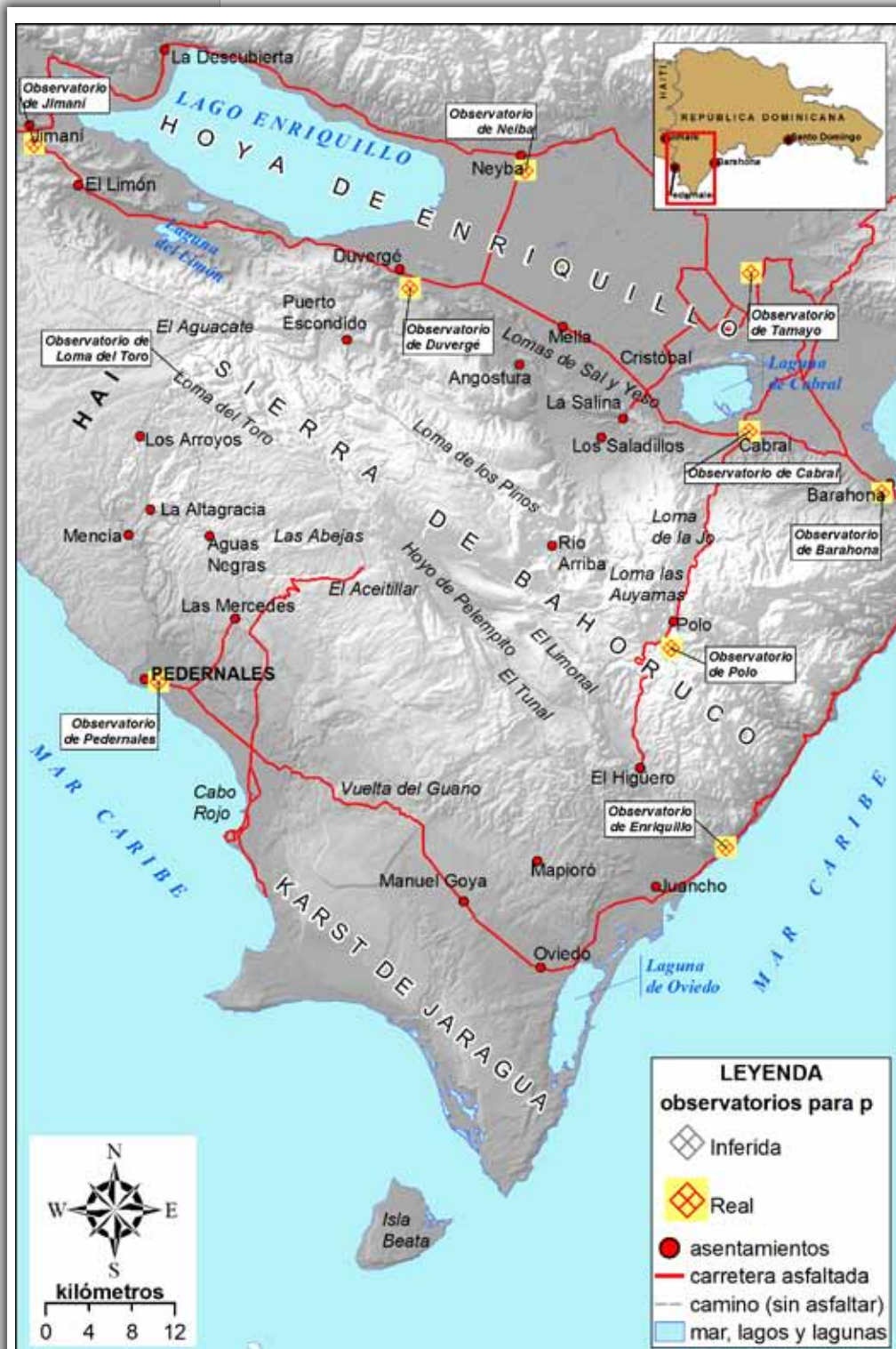
**Figura 6-1.** Observatorios utilizados para la interpolación de la T. Los del tipo “real”, corresponden a la red de ONAMET (2001), mientras que los “inferidos” se han estimado a partir del gradiente térmico local

Existe 1 observatorio de ONAMET en Puerto Escondido, pero las series colectadas son de muy corto rango temporal. Hay 2 observatorios del INDRHI, uno en Puerto Escondido y otro en Monte Palma. Durante visitas

de campo por el N del Parque, guardaparques han informado de la instalación ocasional de una estación termopluviométrica en la Sabana de Pueblo Viejo, uno de los poljes más elevados de la Sierra. Estos datos serían de gran utilidad dada la altura media de esta localidad (más de 1,800 m), pero no fue posible conseguirlos.

Hay escasez de datos representativos para el territorio específico del Parque. Por lo tanto, estos vacíos de información deben llenarse interpolando los datos existentes y generando mapas climáticos de escala media y baja (1:250,000).

A tal efecto, para el caso de la temperatura, se han inferido 4 observatorios en las localidades de Las Mercedes, El Aceitillar, Loma del Toro y Puerto Escondido, todos dentro del Parque Nacional (Figura 6-1). En el caso de la precipitación, se



**Figura 6-2. Observatorios utilizados para la interpolación de la P. Los del tipo “real”, corresponden a la red de ONAMET (2001), mientras que el “inferido” (Loma del Toro) se ha estimado a partir del gradiente de precipitación local**



ha inferido sólo uno en Loma del Toro (Figura 6-2). La predicción de los valores de T de los 4 observatorios inferidos y la P de Loma del Toro, se hizo utilizando como referente datos reales en situaciones similares de RD, así como correlacionándolos con la altura y la posición relativa.

Por lo tanto, para la temperatura, los 4 inferidos más los 9 existentes suman un total de 13, bien distribuidos dentro y fuera del PNSB, mientras que para la precipitación se utilizará un total de 10. Así, se han elaborado mapas interpolando las variables temperatura y precipitación cuyo método específico de elaboración se describe a continuación, basado en Christine y otros (1998).

El primer paso consistió en diseñar 2 superficies ráster, denominadas X e Y, cuyas celdas medían 500x500 m de lado. El valor de la celda en cada superficie correspondía, respectivamente, al valor de coordenadas  $x$  e  $y$  con referencia a un origen de coordenadas arbitrario. Luego, a partir del modelo digital de elevaciones de NASA y otros (2000, en PROSISA, 2004) se generó otra superficie del mismo tamaño de celda, en la que cada una contenía el valor de altura ( $z$ ).

Se alimentó una aplicación informática con estas variables como independientes en distintas combinaciones de potencias y productos, a efectos de construir polinomios de regresión que brindaran el mejor ajuste posible. Al otro lado de cada ecuación, en 2 procesos separados respectivamente, una para la temperatura y otra para la precipitación, se colocaron los valores de T y P como variables dependientes. De esta forma, se generaron los coeficientes de las correspondientes ecuaciones de grado 2 que representaban la mejor correlación entre las variables dependientes e independientes referidas.

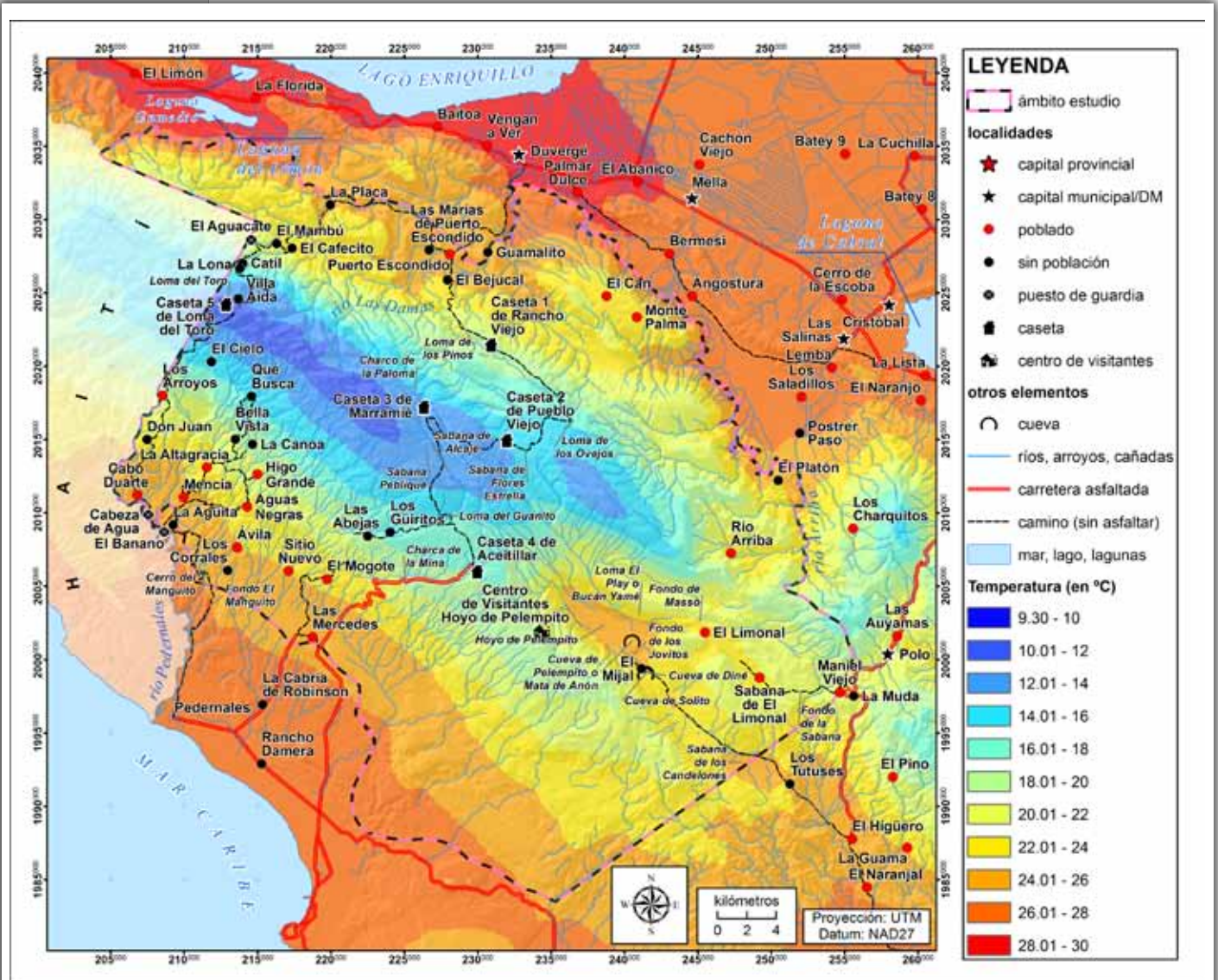
En el caso de la temperatura, la fórmula que mejor ajuste ofreció fue:  $T=27.90-1.2 \times 10^{-5}x+1.61 \times 10^5y-0.0064z-5.9 \times 10^{-7}z^2-2 \times 10^{-10}xy$ , para un  $r^2$  de 0.9972. En la precipitación, la fórmula más ajustada fue:  $P=167.25+0.02x+0.0066y+1.73z-0.00066z^2-2.91 \times 10^{-7}xy$  para un  $r^2$  de 0.9772. Las mismas fueron evaluadas, mediante álgebra de mapas, a todo el territorio, generándose superficies preliminares de temperatura y precipitación (ver Figura 6-3 y Figura 6-4). Los residuos, en ambos casos, fueron interpolados por el método del inverso de la distancia al cubo, cuyas superficies fueron sumadas a las preliminares, para obtener así los modelos definitivos de T y P. Para el caso específico de la P, se utilizaron ponderadores de exposición de la vertiente, considerando que aquellas de dirección NE son más húmedas.

## Temperatura

La temperatura media anual del PNSB es de 19.65°C, con una desviación típica de 4.16°C. Dado su amplio gradiente altimétrico, tiene una amplitud térmica espacial de 17.42°C (diferencia entre la máxima y la

mínima promedio del territorio, es decir, entre el lugar más cálido y el más frío). Es, por lo tanto, uno de los Parques Nacionales de República Dominicana más destacado en este aspecto.

El valor medio anual más alto es de 27.95°C y se registra a los 100 m, mientras que el valor medio anual más bajo es de 10.53°C, registrado



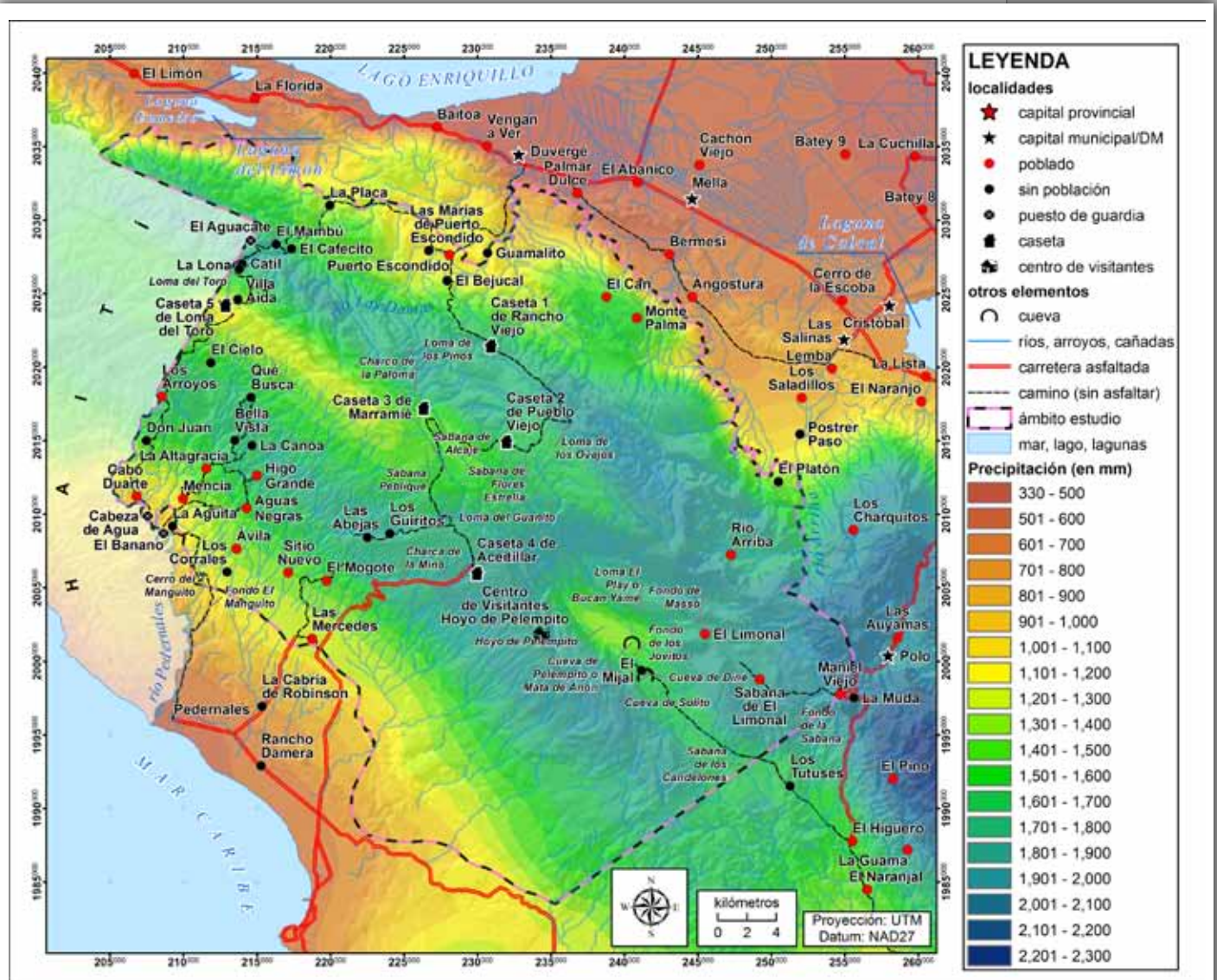
**Figura 6-3.** Imagen interpolada de temperatura de la Sierra de Bahoruco. La gradación de colores varía desde los 10 °C (azul) a 30 °C (rojo) (fuente: elaboración propia a partir de observatorios de ONAMET (2001) utilizando métodos de interpolación con regresión polinómica)

a los 2367 m, en la Loma del Toro y el entorno próximo al Charco de la Paloma.

La variación altitudinal de la temperatura en el PN sigue la topografía de la Sierra. Los valores de temperatura media anual más altos (superiores a 24°C) se sitúan en los sectores inferiores del Parque, entre 100 y 400

metros, mientras que entre 400 y 1000 m, la temperatura media anual oscila entre 24 y 20°C. Asimismo, entre 1000 y 1500 m, la temperatura media anual varía entre 20 y 16°C; finalmente, entre 1500 y 2367 m, la temperatura media anual oscila entre 16 y 10°C.

La variabilidad territorial tiene el siguiente patrón: los valores más bajos de temperatura media anual (inferiores a 16°C) se sitúan en el tercio



**Figura 6-4. Imagen interpolada de precipitación de la Sierra de Bahoruco. La gradación de colores varía desde los 330 mm (ocre) a 2300 mm (azul marino) (fuente: elaboración propia a partir de observatorios de ONAMET (2001) utilizando métodos de interpolación con regresión polinómica)**

occidental, coincidiendo con las máximas elevaciones en Loma del Toro, El Aguacate y Charco de la Paloma. Las temperaturas intermedias bajas, entre los 16 y los 20°C se concentran en el centro del PNSB, en lugares como Las Abejas, El Aceitillar, Monte Palma, así como al E en Agua de Juancho. Los valores intermedios altos (20 a 24 °C) se concen-

tran en bandas al S, N y E del Parque, que coinciden con los enlaces entre los sectores elevados y deprimidos del Bahoruco Occidental: Puerto Escondido, El Mogote, carretera Puerto Escondido-Pueblo Viejo, El Rejanal, entre otros. Por último, los valores más altos (superiores a 24°C) se sitúan en depresiones como Pelempito, El Tunal, El Platón, y los más extremos (superiores a 26°C) se registran únicamente al N del PNSB (entorno meridional de Duvergé), dado que es el único sector donde el límite toca la curva de los 100 m, coincidiendo además con el efecto de inercia térmica que ejercen la Hoya de Enriquillo y el Lago homónimo.

### **Precipitación**

La precipitación tiene un comportamiento distinto, dado que no responde a un gradiente altitudinal lineal ni progresivo, ni llueve exactamente lo mismo en las distintas vertientes. Se ha comprobado, en los observatorios más altos de RD, que el gradiente pluviométrico se vuelve regresivo a partir de los 1300-1500 m. Así, entre 0 y 1500 m, la precipitación aumenta con arreglo a una razón aproximada de 100 mm por cada 100 m de ascenso, pero por encima de dicho rango, la lluvia acumulada decrece según un gradiente que varía en función de la posición fisiográfica. Así, en Agua de Juancho, Los Arroyos, Las Abejas y otros lugares próximos a la cota 1000-1200 m, la precipitación suele sobrepasar los 1700 mm, mientras que en Loma del Toro (2367 m) y demás sectores cimeros, llueve poco casi 1200 mm anuales,

La precipitación anual promediada del conjunto del PNSB es de 1607 mm, con una desviación típica de 233 mm. La amplitud pluviométrica espacial, es decir, la diferencia entre el lugar que más llueve y el que menos, es de 1348 mm. La máxima precipitación anual promediada para el período 1961-2001 en el territorio del PNSB, es de 1975 mm, mientras que la mínima es 627 mm. Los lugares donde más llueve se sitúan en la vertiente N, entre los que destacan Palo de Agua, Monte Jota, Zapotén, Charco de la Paloma y Loma de los Pinos. En la vertiente meridional también se registran altos valores relativos de precipitación anual: Las Abejas, Los Arroyos, Qué Busca, entre otros, pero generalmente entre 50 y 150 mm menos que en la septentrional a igual altura. Los valores intermedios de precipitación ocurren en los sectores cimeros del Parque, como Loma del Toro y Savane Peblique, y también en depresiones y pisos intermedios, como Pelempito, Río Arriba, Macandela, Las Mercedes, entre otras localidades. Los lugares donde menos llueve son el límite N del Parque, proximidades de Duvergé, Mella, depresión de Los Saladillos y demás sectores bajos del Parque.

### **Patrones anuales de precipitación**

Para comprender los tipos de tiempo, se requiere analizar el comportamiento anual y el volumen total de precipitación, para un ámbito mayor

que los propios límites del PNSB. Para ello, se han estudiado los datos de los siguientes observatorios de ONAMET: Polo, Enriquillo, Barahona, Cabral, Jimaní, Pedernales, Duvergé y Tamayo.

Se considerará como mes de precipitaciones medias, aquel cuyo valor de P se sitúa entre las 2/5 partes (2<sup>do</sup> quintil) y las 3/5 partes (3<sup>er</sup> quintil) del conjunto de valores del observatorio correspondiente; un mes de precipitaciones altas, si la P supera las 3/5 partes (3<sup>er</sup> quintil) ; y un mes de precipitaciones bajas se denominará a aquel en el que llueve por debajo del 2<sup>do</sup> quintil. Estos umbrales relativos permiten caracterizar el comportamiento concreto de la precipitación para cada observatorio, aunque también se considerará el valor absoluto.

**Hay 4 patrones de distribución de las lluvias, todos bimodales (en concordancia con lo propuesto por Gamble y Curtis, 2008), por lo que presentan 2 picos relativos de precipitaciones altas, el primero en primavera y el segundo en el otoño.** Entre estos picos se intercala un período de precipitaciones bajas, que abarca desde diciembre a marzo, y otro en el mes de julio (ver Tabla 6-1, Figura 6-5 y Figura 6-6).

**Tabla 6-1. Datos mensuales de P de los 8 observatorios analizados**

meses	observatorios (valores de precipitación en mm)							
	Polo	Enriquillo	Barahona	Cabral	Jimaní	Pedernales	Duvergé	Tamayo
enero	72	50	29	20	16	12	9	11
febrero	70	46	31	20	30	14	15	10
marzo	69	59	45	28	45	23	23	20
abril	87	74	70	35	88	38	26	41
mayo	221	162	182	127	135	73	86	61
junio	283	180	132	126	45	35	51	59
julio	199	80	38	45	27	30	24	25
agosto	233	146	79	103	63	71	69	46
septiembre	272	206	137	106	92	98	71	61
octubre	257	211	169	138	127	112	76	53
noviembre	136	114	80	53	57	59	36	33
diciembre	74	51	41	24	22	22	13	22
<b>P, total</b>	<b>1972</b>	<b>1379</b>	<b>1033</b>	<b>825</b>	<b>747</b>	<b>587</b>	<b>500</b>	<b>443</b>
<b>máxima</b>	<b>283 en jun</b>	<b>211 en oct</b>	<b>182 en may</b>	<b>138 en oct</b>	<b>135 en may</b>	<b>112 en oct</b>	<b>86 en may</b>	<b>61 en oct y sep</b>
<b>mínima</b>	<b>69 en mar</b>	<b>46 en feb</b>	<b>29 en ene</b>	<b>20 en ene y feb</b>	<b>16 en ene</b>	<b>12 en ene</b>	<b>9 en ene</b>	<b>10 en feb</b>

**El patrón tipo A, denominado “bimodal muy húmedo”,** está representado por el observatorio de **Polo**. Con precipitaciones de casi 2000 mm, presenta un **período precipitaciones altas y medias entre mayo y noviembre, con 2 picos relativos de precipitaciones altas, uno de mayo a junio (este último mes, el más lluvioso) y otro de agosto a octubre, con un interpluvial en julio que no llega a ser de precipitaciones bajas,** pero en el que la lluvia se reduce significativamente. Durante este período, se registra más de un **80% del total anual de precipitación**. Por otra parte, se registra un **período de precipitaciones bajas entre diciembre y abril, con mínima absoluta en marzo.**

El patrón Tipo B, también bimodal, se divide en dos subtipos con comportamiento anual idéntico, pero diferenciados por su precipitación anual acumulada. El primero, que se denomina “húmedo”, agrupa a los observatorios de Enriquillo y Barahona, con precipitaciones anuales entre 1000 y 1500 mm, mientras que el segundo, subhúmedo, agrupa a Jimaní y Cabral, con precipitaciones anuales entre los 700 y los 1000 mm. Aunque los totales acumulados son diferentes, el patrón es similar en todas. Consta de 2 períodos de precipitaciones medias y altas, el primero de abril a junio (durante el cual se registra un 35% del total anual) y el segundo de agosto a noviembre (que recoge un 45% del total anual), y 2 períodos de precipitaciones bajas, uno corto en julio (interpluvial), y otro largo, de diciembre a marzo, con mínimas extremas en febrero o enero. Generalmente, octubre es el mes más lluvioso o, en su defecto, se iguala con la precipitación de mayo.

El patrón Tipo C, bimodal subárido, está representado únicamente por el observatorio de Pedernales. Con precipitación anual entre 500 y 700 mm, consta de 2 períodos de precipitaciones medias y altas, el primero

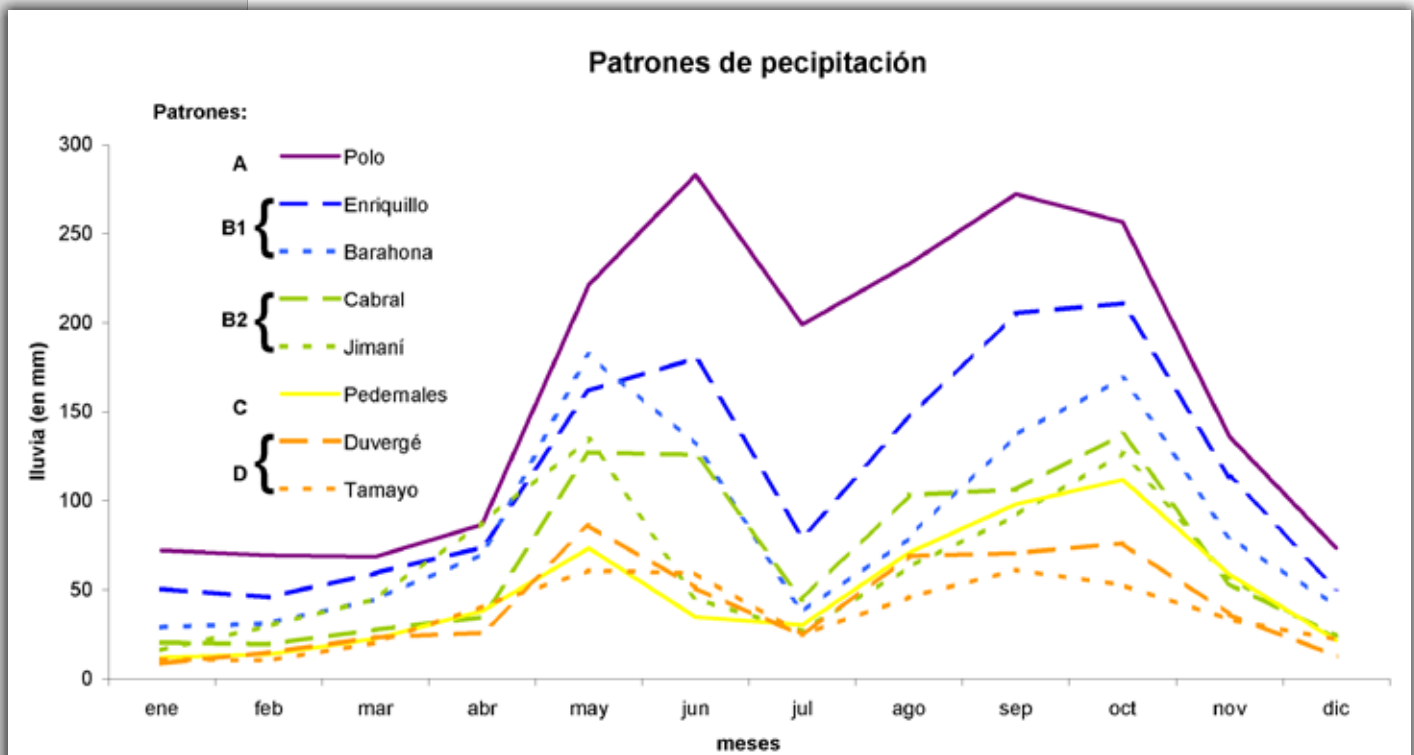


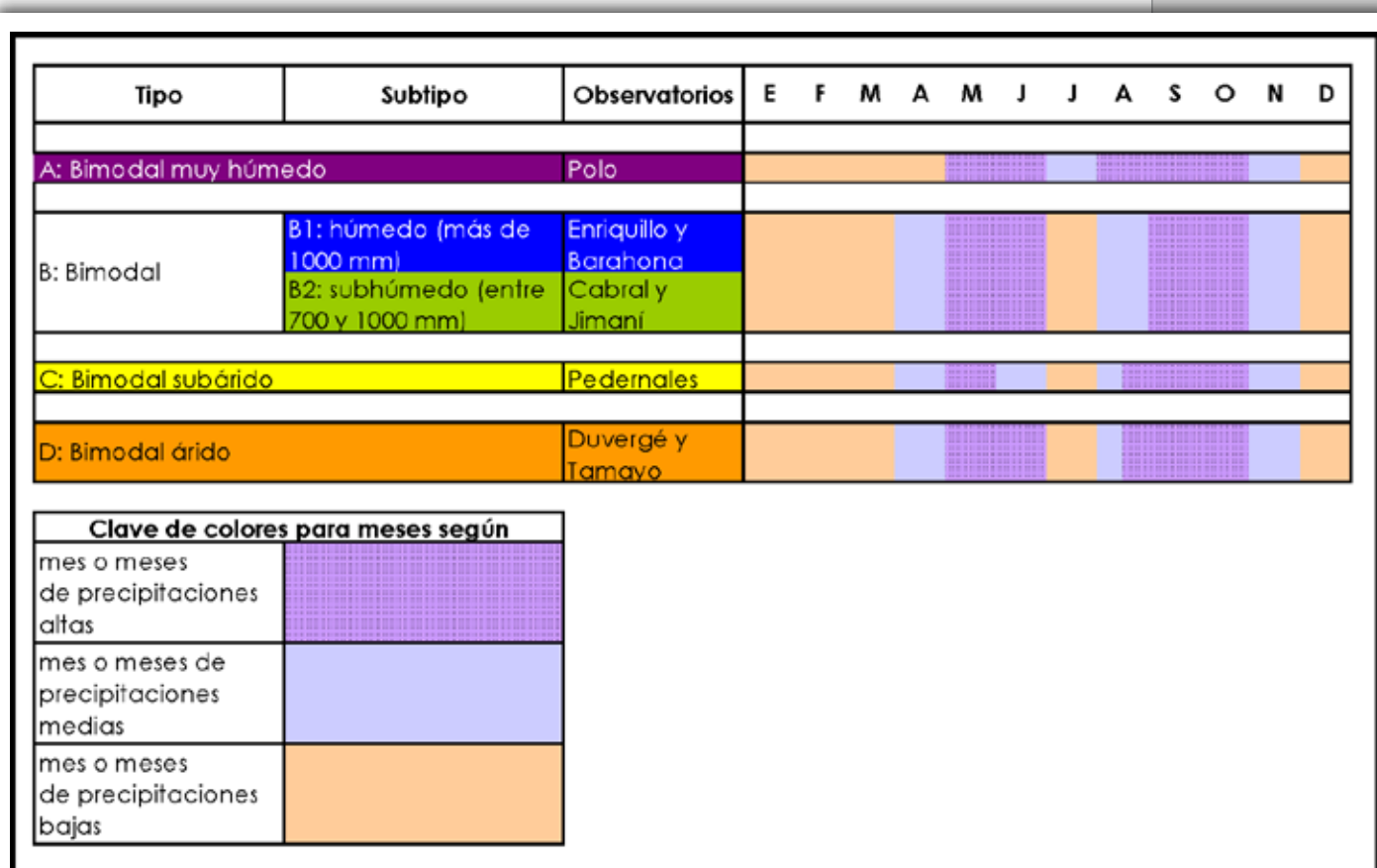
Figura 6-5. Resumen de patrones de precipitación por estación analizada

de abril a junio (en el que se registra un 25% del total anual) y el segundo de agosto a noviembre (que recoge el 58% de toda la lluvia anual, con octubre como el mes más lluvioso), y 2 períodos de precipitaciones bajas, uno corto en julio (interpluvial), y otro largo, de diciembre a marzo, con mínimas extremas en enero. Se diferencia del patrón Tipo B en que, en términos absolutos, es más seco, así como que durante el se-

gundo período de precipitaciones medias y altas se recoge más de la mitad de la precipitación anual, lo cual produce una curva asimétrica.

**Por último el patrón Tipo D está representado por los observatorios de Duvergé y Tamayo.** Registra **precipitaciones anuales** por debajo de 500 mm, **con 2 períodos de precipitaciones medias y altas**, el primero de **abril a junio (durante el cual se registra un 35% del total anual)** y el segundo de **agosto a noviembre (que recoge más de un 45% del total)**, y **2 de precipitaciones bajas**, uno corto en **julio**, interpluvial, y otro largo de **diciembre a marzo**, con mínimas extremas en enero. La diferencia entre el pico de octubre y el de mayo no es perceptible, lo que produce una curva muy simétrica, siendo este un rasgo distintivo respecto de los demás patrones, así como que el total anual de lluvia es significativamente menor.

En resumen, todos los patrones tienen como denominador común los 2 picos relativos de precipitaciones altas (bimodales) en primavera y oto-



**Figura 6-6. Resumen de patrones de precipitación por estación analizada**

ño. Además, cabe destacar que el período precipitaciones más bajas ocurre en todos los casos durante enero o febrero (salvo en Polo, que ocurre en marzo, aunque enero y febrero son meses de precipitaciones bajas). Enero y febrero son los meses durante los cuales se han registra-

do más incendios forestales en la Sierra de Bahoruco entre 1978 y 1998 (DGF en ULG Consultants, 1998).

### **Tipos de tiempo**

Se sabe muy poco sobre los climas locales del Suroeste dominicano. En este epígrafe se analizan los tipos de tiempo según vertientes del Bahoruco Occidental, constatándose rasgos disimétricos con repercusiones que podrían afectar a la interpretación de la distribución de la vegetación en este subsistema.

### **Tipos de tiempo y patrones de precipitación**

En la vertiente S del Bahoruco Occidental, el régimen de precipitaciones es de Tipo C, con 2 temporadas húmedas. Durante la segunda (de agosto a noviembre), predominan las vaguadas climáticas provenientes desde Haití y muy activas al tocar el Parque (traslación típica O-E).

Al entrar en contacto con el aire húmedo proveniente del Mar Caribe recalentado en verano, precipitan cerca de 3/5 del total anual, con máximo relativo en octubre (Figura 6-7). Durante el primer período lluvioso, también predominan las vaguadas pero, dado que el Mar Caribe todavía no está lo suficientemente caliente para bombear vapor de agua hacia el Bahoruco Occidental, sólo se acumula un 25% del total anual. Por esta razón, el pico de precipitación primaveral no se presenta tan acentuado en esta vertiente del Parque, lo cual hace que el total anual sea menor que en la vertiente N. **La precipitación registrada en ambos períodos húmedos supone más de un 80% del total anual que, como puede constatarse, está provocada mayoritariamente por las**



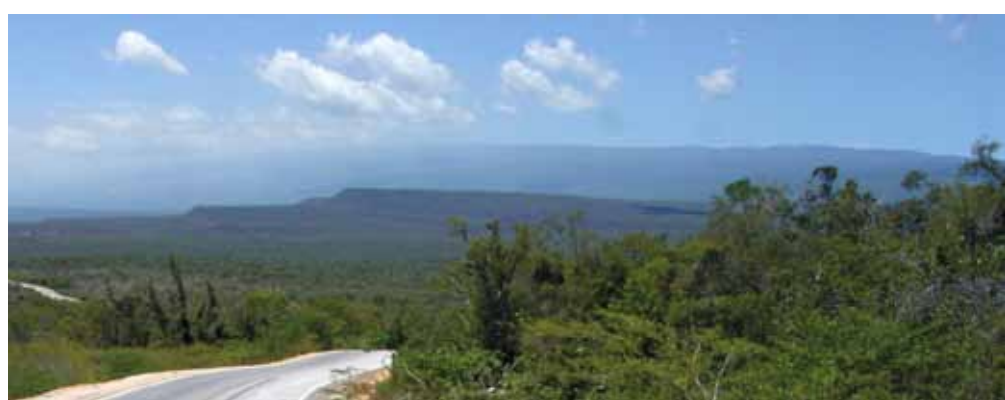
**Figura 6-7. Vertiente S de la Sierra al final de la temporada húmeda (principios de noviembre), con cielo cubierto por nubes estratificadas, en el entorno de Los Arroyos (JRMB, 8/11/04)**

cientemente caliente para bombear vapor de agua hacia el Bahoruco Occidental, sólo se acumula un 25% del total anual. Por esta razón, el pico de precipitación primaveral no se presenta tan acentuado en esta vertiente del Parque, lo cual hace que el total anual sea menor que en la vertiente N. **La precipitación registrada en ambos períodos húmedos supone más de un 80% del total anual que, como puede constatarse, está provocada mayoritariamente por las**



**vaguadas.** A partir de los modelos de precipitación generados, sectores como Los Arroyos, Qué Busca, El Cielo, Aguas Negras, La Altagracia, entre otros, se estima una lluvia anual entre 1300 y 1500 mm. Se trata, por lo tanto, de un volumen de precipitación extremo para el mantenimiento de bosques ombrófilo e higrófilo y, probablemente, insuficiente para la regeneración de los mismos allí donde hayan sido eliminados.

Durante los meses del verano astronómico (principalmente en julio y agosto, y parte de septiembre) las lluvias son convectivas y, por lo tanto, locales. No hay vaguadas con predominio de ondas tropicales (cuya traslación es de E a O), que generalmente producen tormentas eléctricas. El viento habitualmente es alisio, del E y NE, debido a que el anticiclón de las Azores está en una posición muy septentrional. En origen, estos vientos son húmedos y, según su procedencia, reaccionan de 2 formas: 1) cuando provienen desde el NE, atraviesan la vertiente N, por lo que han descargado lluvia en la vertiente N y bajan secos por la vertiente SO (mes de julio seco; ver Figura 6-8); 2) cuando provienen de Enriquillo-Oviedo, que tampoco alcanzan a mojar la estribación occidental de la Sierra debido al largo recorrido que realizan. Por lo tanto, las lluvias veraniegas en la vertiente S del Bahoruco Occidental están más asociadas a fenómenos regionales del tipo ondas tropicales o, en su defecto, a la convección originada localmente en el litoral Caribe del municipio Pedernales, que es forzada a subir por la brisa marina (se estima que ante un alisio debilitado), donde precipita por enfriamiento adiabático.



**Figura 6-8.** Vertiente S de la Sierra el mes de julio (seco), con cielo despejado y algunos cúmulos de buen tiempo en la “Escalera de Las Mercedes” (JRMB, julio/04)

Por otra parte, en la vertiente N del Bahoruco Occidental, el régimen de precipitaciones es preferentemente de Tipo B, con 2 temporadas húmedas, una en la primavera astronómica y otra en otoño. Sin embargo, en sectores orientales del Parque, como el Monta Jota y la Loma de los Pinos, el patrón se aproxima más al Tipo A. En todos los casos, se acumula mayor precipitación durante el segundo período húmedo. Esto se debe al mayor calor relativo que acumula y mantiene el mar desde agosto a noviembre, lo cual garantiza la

generación del vapor de agua que precipita en las vertientes por enfriamiento adiabático.

Cabe destacar que el pico anual de lluvia máxima mensual ocurre en mayo. Se estima que esta mayor concentración podría deberse a las bajísimas temperaturas de las advecciones frías en altura que traen las vaguadas climáticas de mayo, justo cuando el mar comienza a calentarse.

En cualquier caso y, al igual que en la vertiente S, la sucesión de vaguadas climáticas es la responsable de estas precipitaciones equinocciales. Sin embargo, su particular distribución, especialmente el pico de mayo, así como la escasa diferencia entre éste y el de octubre, indican que las vaguadas son alimentadas en esta vertiente por vapor de agua proveniente tanto de las Bahías de Neyba y Gonaive, como de los Lagos Enriquillo y Saumatre. El calor de abril y mayo es suficiente para calentar la superficie de estos cuerpos de agua, dadas su escasa profundidad y confinamiento. Además, las vaguadas entran preferentemente por la Bahía de Gonaive y, por lo tanto, se cargan allí de vapor y se recargan aún más en Saumatre, para descargar preferentemente en la vertiente N, con la consecuente sombra de precipitación por el S. Durante parte del verano astronómico (final de junio y julio) en Jimaní y Cabral, el alisio proviene desde el E y el NE ya seco, luego de atravesar las Sierras de Neyba y Martín García y, por lo tanto, las únicas lluvias son convectivas y muy locales.

Un fenómeno singular es que, durante el mes de julio en Cabral, la precipitación no decrece con la misma intensidad que en el resto de lugares de la Hoya de Enriquillo (de hecho, técnicamente no llega a ser un mes seco, aunque para fines de generalización se ha considerado como tal). Se interpreta por lo tanto que esta localidad se sitúa en una posición preferencial respecto de las áreas de generación de vapor de agua, dada su proximidad al Mar Caribe y la Laguna de Rincón (ambos calientes a partir de julio). Un hecho que refuerza esta hipótesis es que Tamayo, situado más lejos de dichos cuerpos de agua, experimenta una marcada temporada seca en julio.

Por último, durante el invierno astronómico, la temporada seca es extrema en todos los sectores del Bahoruco Occidental. El tiempo es anticiclónico con paso ocasional de frentes fríos (más bien son "colas de frentes"), que traen leves precipitaciones en los sectores cimeros de la Sierra. Sin embargo, estos centros de acción traen advecciones frías, capaces de ocasionar fuertes descensos de las temperaturas en la Loma del Toro y Charco de la Paloma.

## Repercusiones sobre la distribución de la vegetación

La distribución de las precipitaciones a escala nacional revela que hay mayor humedad en las fachadas NE y E que en las SO y O. Este hecho sugiere que los vientos alisios son los responsables de regar el país. En la Sierra de Bahoruco y, en especial, el Bahoruco Occidental, dicho modelo no es aplicable. Como se ha explicado, su posición muy a Occidente y su proximidad al mar, hacen que la lluvia sea atribuible fundamentalmente a la vaguada climática. Además, el análisis de la precipitación sugiere que, tanto en términos de volumen como de distribución anual, las lluvias son diferentes en ambas vertientes, aun cuando en ambas hay formaciones vegetales ombrófilas e higrófilas (Figura 6-9).

Por deducción, los bosques ombrófilos e higrófilos de la vertiente S del Parque deberían ser más pequeños o, incluso, no tendrían porqué estar



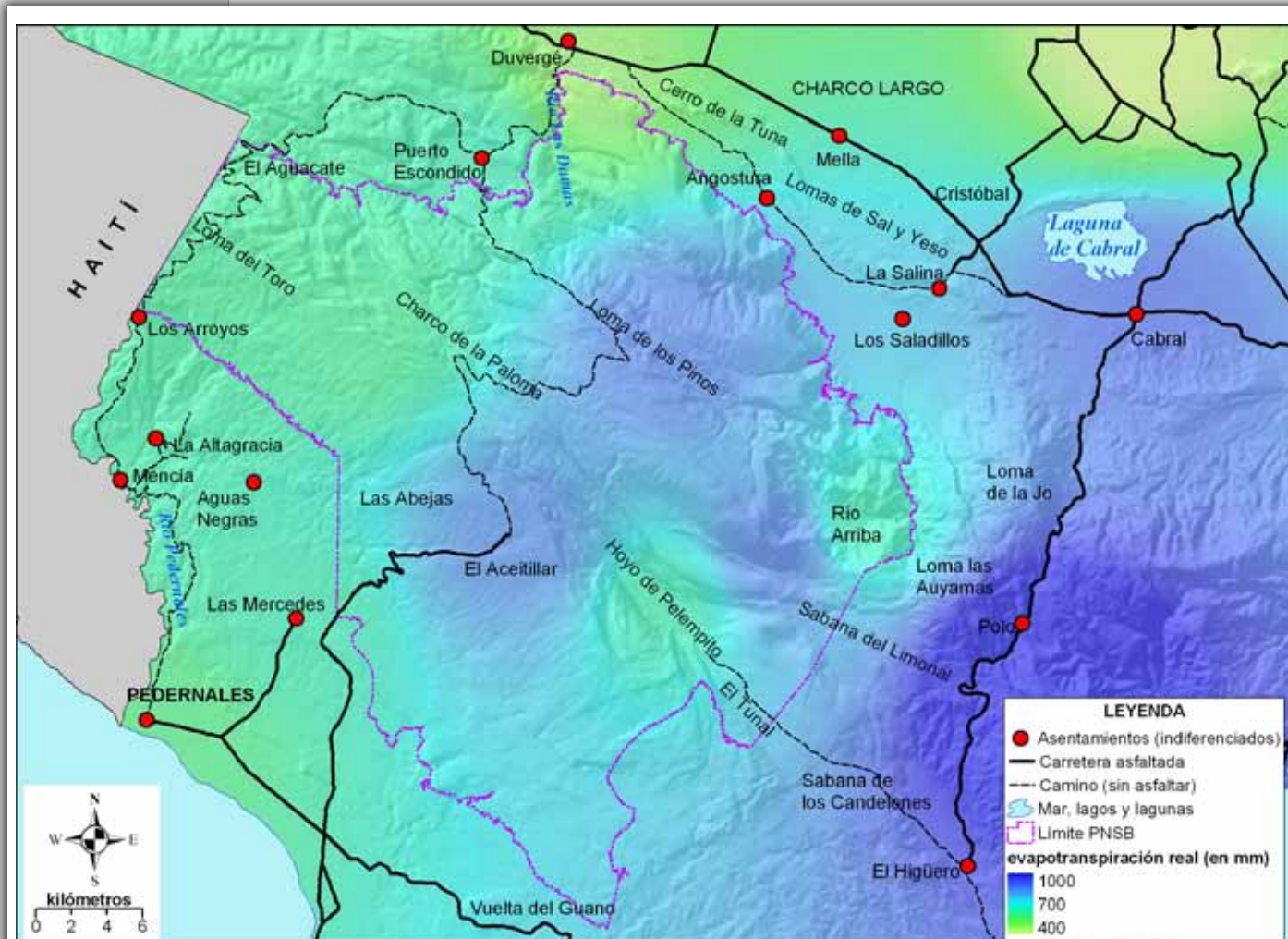
**Figura 6-9.** Bosque nublado de Zapotén, próximo a la cañada Catil. Al fondo, en la cima, se observa un contacto neto entre dicho bosque y el pinar (JRMB, julio/04)

allí. Se interpreta, por lo tanto, que existen, al menos, 3 causas que justifican su presencia: 1) la **pre-existencia** (quizás pre-Cuaternaria) de **bosques húmedos** en momentos en que la Sierra no constituía una barrera orográfica; 2) la **existencia de unas formaciones superficiales finas localizadas estratégicamente en sectores específicos**, capaces de aportar nutrientes y retener humedad edáfica; y 3) la **ocurrencia, en la actualidad, de vaguadas climáticas, capaces de mantener o “entretener” a dichos bosques.**

En resumen, los bosques ombrófilos e higrófilos experimentan condiciones “extremas” y, por lo tanto, son “relictos”, porque su apogeo debió ocurrir bajo circunstancias diferentes a las actuales. Las temporadas húmedas de primavera y otoño, con predominio de vaguada, “entretienen” a estos bosques en la vertiente S. Mientras, en la vertiente N, se desarrollan óptimamente, porque reciben un volumen de lluvia anual mayor.

### Balance hídrico

El balance hídrico aplicado al conocimiento del medio físico es un modelo que permite estimar el comportamiento del agua precipitada



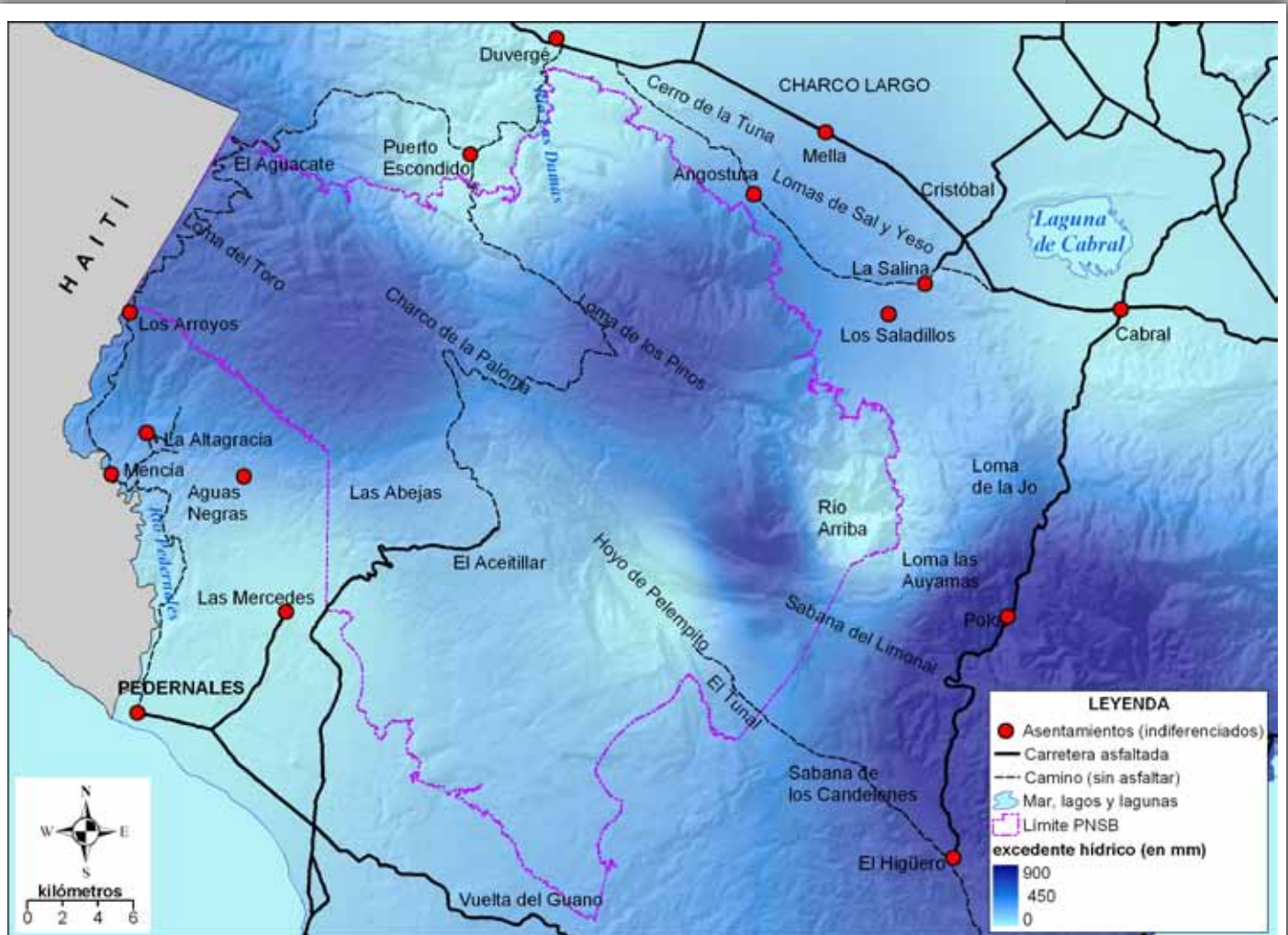
**Figura 6-10. Imagen interpolada de evapotranspiración real en la Sierra de Bahoruco, enfocada en el Bahoruco Occidental. La gradación de colores varía desde 400 mm (verde) a 1000 mm (azul marino) (fuente: elaboración propia a partir de ONAMET, 2001)**

que entra a un ecosistema y que, posteriormente, sale por 3 vías posibles: 1) en forma de evapotranspiración; 2) utilización por el suelo; 3) escorrentía. Fue propuesto por primera vez por los investigadores Thornthwaite y Mather (1955). Tiene aplicaciones de gran utilidad desde el punto de vista hidrológico, pero al mismo tiempo genera información útil para entender la fenología de las formaciones vegetales e incluso de las especies de forma individual.

En distintas publicaciones, se asegura que en el Bahoruco Occidental no existe escorrentía superficial. Sin embargo, durante trabajos de campo se ha comprobado que, en tiempos de lluvia, especialmente durante tormentas, la escorrentía superficial llega incluso a destruir

accesos. Es más correcto expresar que no hay escorrentía superficial permanente y que, por lo tanto, sólo durante este tipo de fenómenos, se produce la saturación del epi-karst que fuerza la circulación superficial del agua.

Ya se ha comentado que no existen observatorios T-P dentro del PNSB y, los más próximas, se sitúan en Pedernales, Duvergé y Polo; el resto se



**Figura 6-11. Imagen interpolada de excedente hídrico, en mm, en la Sierra de Bahoruco, enfocada en el Bahoruco Occidental. La gradación de colores varía desde 0 mm (azul claro) a 900 mm (azul marino) (fuente: elaboración propia a partir de ONAMET, 2001)**

aleja significativamente de los límites del Parque, pero aportan información para el conocimiento regional. Con los datos de los observatorios existentes e inferidos, se han elaborado mapas de evapotranspiración real y excedente hídrico, que dan cuenta del comportamiento general del agua en el suelo y permiten estimar el estrés al que eventualmente se someten las formaciones vegetales durante un año promedio. Esta información es relevante para la gestión, dada la relación de estos parámetros con el riesgo de incendios.

El mapa de ETR (Figura 6-10) concuerda con el de distribución de la precipitación, pero diverge de éste en algunos sectores. Concretamente, en Loma del Toro-Charco de la Paloma, se estima una precipitación alta, mientras que la ETR es relativamente baja. Esto se explica por el descenso de las temperaturas durante los meses de invierno. En los sectores bajos (Pedernales, Duvergé), dado que la precipitación es escasa, la ETR también lo es, pues no existe suficiente agua que pueda salir del sistema en forma de vapor.

El mapa de excedente hídrico presenta una realidad parecida (Figura 6-11). Los sectores de mayor excedente son, en Bahoruco Occidental, Loma del Toro, Monte Jota y Agua de Juancho, mientras que en el Oriental destacan Polo, El Higüero, Loma La Jo, entre otro. En el primero, el excedente es absorbido por el epi-karst, mientras que en el segundo circula en superficie sobre una red de drenaje bien organizada.

Destaca la notable disimetría N-S del Bahoruco Occidental en cuanto a excedente, con poco en la vertiente S y mucho en la N. Esto se debe a la menor precipitación anual en la vertiente S. También, de E a O, el gradiente es decreciente, con un Bahoruco Oriental que presenta altos niveles de excedente hídrico, mientras que los valores más bajos se registran hacia el sector de El Aceitillar, Las Mercedes, El Mogote.

### **Diagrama bioclimático**

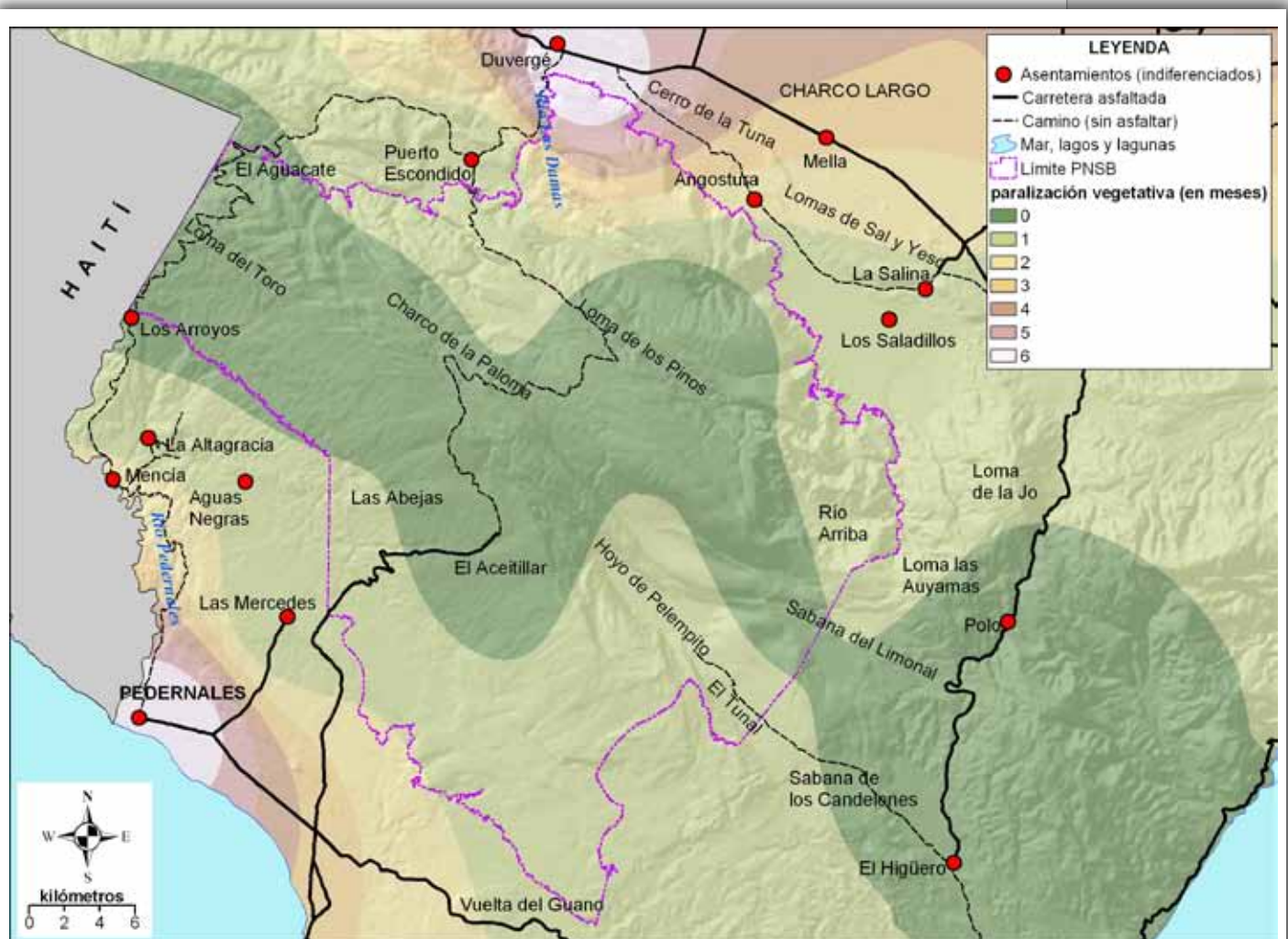
El diagrama bioclimático es un modelo de aproximación a la dinámica de las formaciones vegetales a lo largo de un "año tipo". Su repercusión y aplicación sobre la flora y la vegetación del PNSB se aborda en el capítulo correspondiente. Aquí sólo se explicará la influencia climática sobre este diagrama para el conjunto de la Sierra de Bahoruco.

El diagrama bioclimático indica, básicamente, 3 aspectos:

- Periodo de intensidad bioclimática libre: mes o meses durante los cuales la formación vegetal estudiada se encuentra bioclimáticamente más activa. Esto significa, aquellos meses en los que las plantas son capaces de fotosintetizar libremente, sin estrés alguno. La savia circula por los tejidos vasculares y no hay pérdida de hojas.
- Periodo de paralización vegetativa: mes o meses durante los cuales la formación se somete a un estrés hídrico (en el trópico), y algunas o varias especies pierden la hoja para evitar la transpiración y detienen la circulación de la savia.
- Periodo de actividad bioclimática condicionada: mes o meses durante los cuales la formación vegetal se encuentra en actividad vegetativa condicionada, saliendo de un período de estrés hídrico. Se denomina "actividad bioclimática condicionada"

Este modelo fue propuesto por primera vez por los ingenieros forestales Montero de Burgos y González Rebollar (1973), quienes modelizaron el comportamiento promedio de individuos de distintas especies arbóreas, y notaron que algunas perdían su capacidad de fotosintetizar y transportar savia a partir de ciertas condiciones extremas de temperatura y precipitación. Cámara (1997) posteriormente encadenó el balance hídrico de Thornthwaite y Mather con el diagrama bioclimático, de manera que el excedente del balance hídrico en forma de escorrentía (superficial o sub-superficial) fuera el único que alimentara al bioclimático como "agua útil" para las plantas.

La información más relevante que se deriva del diagrama es el número de meses que las plantas con paralización vegetativa, que consiste en



**Figura 6-12.** Imagen interpolada de meses de paralización vegetativa en la Sierra de Bahoruco. La gradación de colores varía desde 0 mes (verde oscuro) a 6 meses (rosado claro) (fuente: elaborado a partir de ONAMET, 2001)

un período de paralización de la savia (por estrés hídrico en el dominio tropical). En el mapa de la Figura 6-12 se representa esta variable para la Sierra de Bahoruco. Aquellos sectores donde la precipitación es abun-

dante y la temperatura es suficientemente alta como para permitir el desarrollo de la actividad vegetativa, son los que menos meses de paralización presentan. Aquellas formaciones que experimentan menor paralización vegetativa podrán desarrollar hojas más grandes, tener más individuos por especie, cerrar un dosel y tener una capacidad de regeneración muy amplia si las condiciones que le son favorables se mantienen.

En Bahoruco, la paralización vegetativa sólo ocurre sobre aquellas formaciones vegetales situadas en los sectores de menor precipitación y mayor ETR. Como se ha constatado ya, los sectores más bajos de la Sierra son los únicos que experimentan esta doble situación. Algunos sitios son: la depresión de Los Saladillos y los escarpes al SO de la misma, las ciudades de Duvergé, Puerto Escondido y Pedernales así como su entorno próximo, el karst al S de Las Mercedes y Aguas Negras, entre otros. En estos lugares dominan las sabanas y los matorrales tropófilos (secos) y xerófilos.

## **Hidrografía**

### **Factores que controlan la escorrentía del PNSB**

Aunque los mapas topográficos muestran una alta densidad de drenajes (ver Figura 6-13) se trata de talwegs de ocupación estacional. En el Bahoruco Occidental la escorrentía superficial es baja, pero hay mucha agua circulando subsuperficialmente, lo cual se explica por una combinación de los 4 factores.

La escorrentía de la Sierra y del PNSB la controlan cuatro factores:

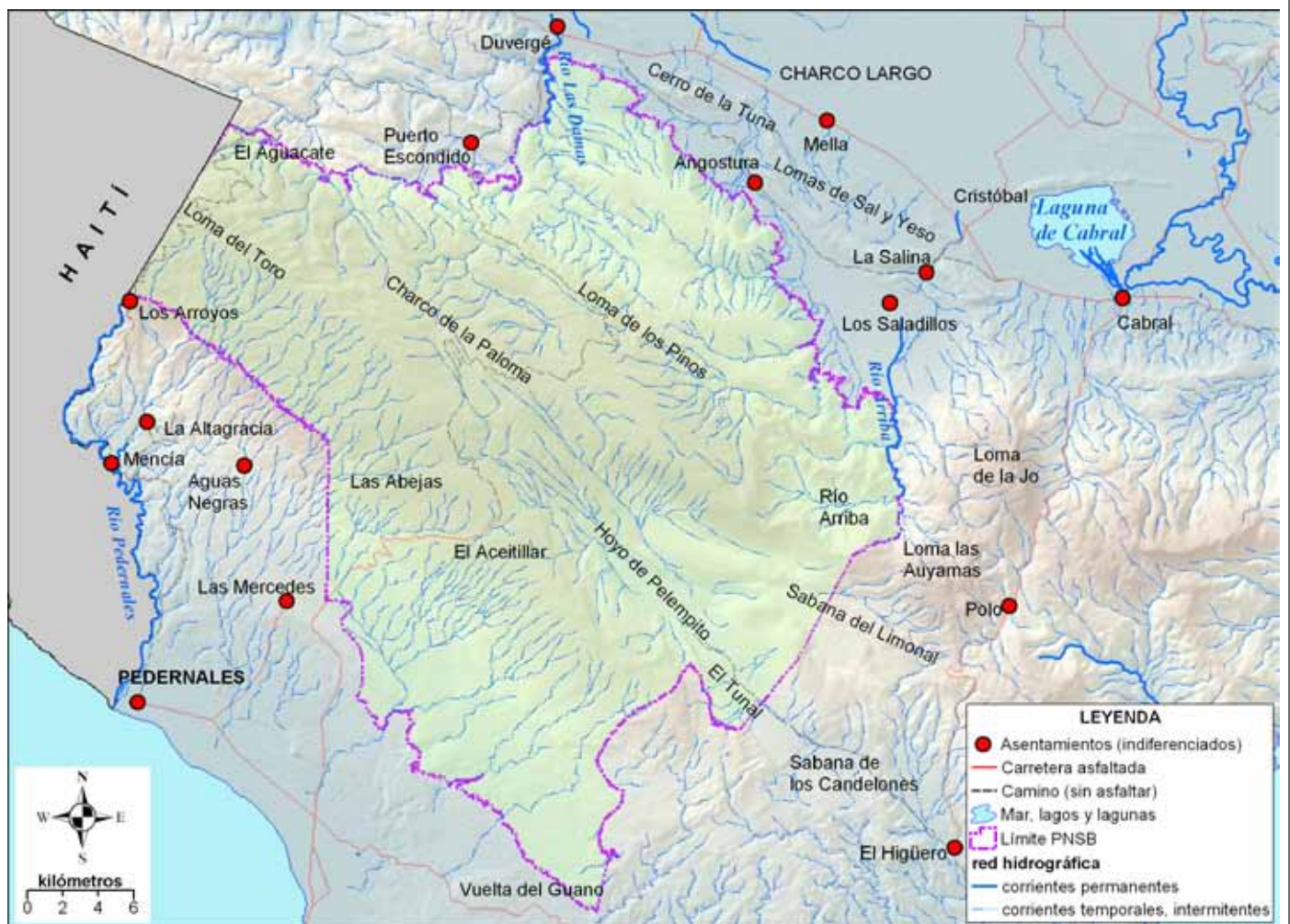
- Gradiente de precipitación E-O: se registra menor precipitación y mayor ETP hacia el O por la mayor continentalización del clima,.
- Permeabilidad secundaria de los materiales. La amplia cobertura boscosa favorece la infiltración antes de que se evapore, manteniendo reservas en los niveles freáticos.
- Mayor temperatura. Debido a la mayor continentalización del clima en el BO respecto de Bahoruco Oriental, hay una mayor T y, consecuentemente, una mayor ETP.
- Cobertura boscosa, que en el caso de Bahoruco es alta. La infiltración es alta porque el endo-karst está muy desarrollado.

A continuación, se amplía la influencia de cada uno de estos factores. En primer lugar, la precipitación en la Sierra de Bahoruco disminuye hacia el O, por efecto de la continentalización; por ejemplo, llueve 1000 mm menos en Zapotén (Bahoruco Occidental) que en el entorno de Polo (Bahoruco Oriental), aun cuando ambas localidades están a la misma altura. La precipitación no es lo suficientemente alta como para



producir mayor excedente. Por esta razón, el balance hídrico en el PNSB delata un escaso excedente, lo que conlleva a un bajo volumen de agua disponible para escorrentía.

En segundo lugar, la escorrentía es baja por la muy desarrollada permeabilidad secundaria de las calizas Eocenas del Parque, lo cual favo-



**Figura 6-13. Red de drenaje superficial extraída del mapa topográfico nacional. La mayoría de los cauces mostrados funciona temporalmente en superficie (trazo discontinuo), mientras que sólo 3 de los inscritos en el PNSB (trazo continuo) funcionan permanentemente (ríos Pedernales, Arriba y Las Damas) (fuente: cortesía de IGU, 2004)**

rece la infiltración a través del endo-karst; este fenómeno provoca que las cuencas hidrográficas e hidrológicas no se solapen entre sí. La escorrentía es capaz de circular en superficie sólo en aquellos puntos donde el epi-karst está sellado por clastos del propio lapiaz, o por taponamientos de formaciones superficiales que impiden el drenaje, sobre todo tras fenómenos de alta intensidad de precipitación.

En tercer lugar, mayores valores de temperaturas promedio y máxima. El Bahoruco Oriental experimenta un clima netamente oceánico, con

amplitud térmica intra-anual muy atenuada (por su proximidad al Mar Caribe). En el Occidental, como se ha comentado, predomina un clima más continentalizado, es decir, aire más seco con mayor facilidad para calentarse; por consiguiente, se alcanzan valores promedios y extremos mayores (amplitud térmica mayor), que se traduce en unos meses con valores de ETR mayores. Este fenómeno aplica a todos los pisos de la Sierra, siendo más extremo en los inferiores, donde la escorrentía superficial es prácticamente nula. Por lo tanto, este factor fisiográfico aumenta el contraste entre el PNSB y el Bahoruco Oriental.

Por último, la cobertura boscosa como factor de control de la escorrentía. En el caso del Bahoruco Occidental la vegetación está bien conservada, especialmente en el PNSB. Dicha condición no es capaz, por sí sola, de producir escorrentía, porque los 2 factores anteriores ejercen mayor control. Su labor se limita a impedir que el agua precipitada se evapore antes de alcanzar los niveles subsuperficiales; el bosque funciona como una esponja reguladora que impide la circulación de caudales extremos en superficie y una recarga permanente de los acuíferos. Si esta cobertura no existiese, estos se reducirían drásticamente.

### **Cuencas y subcuencas**

Según la dinámica hidrológica de sus cauces, existen 2 tipos de cuencas en el Bahoruco Occidental, inscritas total o parcialmente en el PNSB, que son: 1) aquellas que tienen al menos un cauce con escorrentía superficial permanente durante todo o una buena parte del año en todo su recorrido o en algunos tramos; 2) aquellas en las que todos o casi todos sus cauces, son intermitentes, conocidos como "cañadas" en la terminología local, con arroyada concentrada en cortos lapsos de tiempo.

#### **Cuencas con al menos un cauce permanente**

Se trata de cuencas con órdenes de cauces superiores a 3 y 4 (Strahler, escala 1:50,000). Sólo existen tres en todo el Bahoruco Occidental:

- Río Pedernales y su afluente Mulito, nace en Los Arroyos y desemboca en la ciudad de Pedernales (Figura 6-14).
- Río Las Damas, nace en Puerto Escondido y desemboca en Duvérgé frente al Lago Enriquillo.
- Río Arriba, nace en la depresión homónima y desemboca en Los Saladillos.

El conocimiento hidro-geomorfológico de estas 3 corrientes es pobre. No se tienen datos precisos de su régimen hidrológico, ni sobre la correlación de la cuenca hidrográfica con la hidrológica, ni tampoco sobre sus caudales de crecida. Sin embargo, se han obtenido algunos

rasgos morfométricos básicos con la ayuda de mapas topográficos (ICM, 1989) y de información base proporcionada por IGU (2004), así como del análisis del Atlas de los Recursos Naturales de la República Dominicana (2004) y datos de caudal del INDRHI (2001). Estos se resumen a continuación.

El río Pedernales es limítrofe con Haití, por lo que la mayoría de sus tributarios por la derecha pertenecen a dicho país. En República Dominicana drena una superficie superior a 170 km<sup>2</sup>, y un perímetro de más de 80 km. Sumando el sector haitiano y el dominicano, la cuenca alcanza unos 280 km<sup>2</sup>. Su caudal promedio anual medido en Paso Sena es de 1.73 m<sup>3</sup>/s (INDRHI, 2001), calculado a partir de observaciones de 20 años (1973-1993). Su afluente más importante en República Dominicana es el río Mulito. A escala 1:50,000 la red es de orden Strahler 4 (escala 1:50,000). **El nivel de degradación de este sistema fluvial es preocupante, aunque todavía se reportan muchos bosques de ribera en perfecto estado de conservación.** Como en casi todo el Bahoruco Occidental, la geomorfología de este río está mal conocida, aunque se identifican algunos elementos de interés que ameritan un estudio posterior:

- En cuevas y abrigos de las proximidades de Cabo Duarte, hay depósitos aluviales con alteritas provenientes del desmantelamiento del karst.
- En dicha localidad, así como en la desembocadura Ansea-Pitre/Pedernales, hay importantes abanicos aluviales sobre los que se apoyan varios asentamientos densamente poblados.
- Terrazas de hasta +20 m en Paso Sena, con restos arqueológicos de industria lítica (Veloz Maggioro y otros, 1979).



**Figura 6-14. Río Mulito, en el vado de la carretera Pedernales-Los Arroyos. La imagen fue capturada al inicio de la temporada húmeda de otoño, por lo que no se observa carga sedimentaria a simple vista (JRMB, 28/07/04)**

En segundo lugar, destaca el río Las Damas, que drena una cuenca de aprox. 90 km<sup>2</sup> (Empresa Generadora de Electricidad, 2001). En Puerto Escondido, tiene un caudal promedio anual de 2.5 m<sup>3</sup>/s. En 1967 fue construida una hidro-eléctrica que lleva el nombre del río, cuya obra de toma fue emplazada en esta localidad, a efectos de aprovechar el referido caudal; el embalse, en el mismo poblado, es de hormigón, con una capacidad de 40,000 metros cúbicos. Todo el sistema se alimenta en la rejilla de la obra de toma, a unos 381 m; el agua es entonces conducida por canales y *flumes* (conductos elevados en columnas) hasta la cota de 375 m, desde donde es encauzada por una tubería de presión hasta el túnel de la turbina, situado a unos 60 m, para una caída total de aprox. 320 metros. La potencia instalada en la turbina es de 7.5 MW.

Si bien es incuestionable la importancia de esta presa para la generación de electricidad y distribución de agua de potable y de riego, **se advierte que el tramo de cauce entre Puerto Escondido y la turbina ha perdido funcionalidad hidrodinámica.** Medidas sencillas tales como que el cauce recuperara parte de su caudal en temporada húmeda, contribuirán a mantener un mínimo nivel de funcionalidad.

En términos geomorfológicos, en la cuenca destacan los siguientes elementos:

- Terrazas de hasta +10 m en las proximidades de Duvergé.
- Edificios travertínicos de cascada en el punto donde el río abandona el polje de Puerto Escondido ("Derricos de Guamalito")
- Abanico aluvial en la ciudad de Duvergé, sobre el cual ésta se asienta.

Por último, río Arriba, con una cuenca de, por lo menos, 110 km<sup>2</sup>. Su cauce principal explota la formación homónima, compuesta de gabras, calizas y areniscas del Cretáceo (Llinás, 1972). En un análisis escala 1:50,000, el orden Strahler de la red calculado fue superior a 3. Su caudal promedio, promediado a partir de observaciones puntuales (generalmente durante la temporada húmeda), es de 0.163 m<sup>3</sup>/s (IN-DRHI, 2001). Reportes locales indican que, de forma natural, el río se seca temporalmente al menos una vez durante el año. De hecho, en la depresión experimenta pérdidas a lo largo de tramos cortos de no más de 500 m. La geomorfología de este río se caracteriza por los siguientes elementos:

- Terrazas a +10 m, incluso a mayor altura, dentro de la depresión de Río Arriba.
- Valle seco en El Platón, con codo de captura al S del mismo.
- Abanico aluvial con múltiples niveles de terrazas erosivas, sobre el cual se apoya el asentamiento de Los Saladillos.

Estas son las 3 corrientes permanentes del Bahoruco Occidental. Si sus bosques desaparecieran los impactos sobre sus sensibles caudales podrían resultar irreversibles. Dadas las pocas corrientes permanentes en el Bahoruco Occidental y por su escaso caudal, su funcionamiento hidrodinámico es muy frágil. Además, los asentamientos aguas abajo son dependientes de manera casi exclusiva de estas tres fuentes para el abastecimiento de agua potable y la agricultura bajo regadío.

### **Cuencas con cauces del tipo “cañadas”**

Según su organización, sus cauces generalmente son de orden Strahler inferior a 2 (en un análisis escala 1:50,000). En este tipo cuencas se distinguen dos subconjuntos en función del comportamiento estacional de su cauce principal:

- Aquellas cuyo cauce principal siempre se activa durante la temporada húmeda: cañada del Barraco (Aguas Negras-Mencía), cañada de Las Abejas (Las Mercedes), arroyo Cuché y cañada de Los Tutuses (ambas próximas a El Higüero), arroyo Seco (Maniel Viejo), cañada El Higüero (Los Charquitos-Río Arriba), cañada de Pedro Bello (Puerto Escondido), cañada de Catil (El Rejanal), entre otras.
- Aquellas cuyo cauce principal necesita de una temporada húmeda extraordinaria, que sature suficientemente la cuenca para concentrar escorrentía superficial. Ejemplos de este tipo son la mayoría de los cañones que descienden desde El Aceitillar al Hoyo de Pelempito; los que descienden desde la Loma de Los Yabos y Bucán Yamé hacia el polje de Pelempito; la red incidida que desciende desde Savane Peblique, pasando por el Alcajé hasta entrar en Pelempito por el O; los cauces que descienden desde El Aceitillar hacia el 25; finalmente, los cañones que bajan desde Monte Palma hasta la depresión de Los Saladillos.

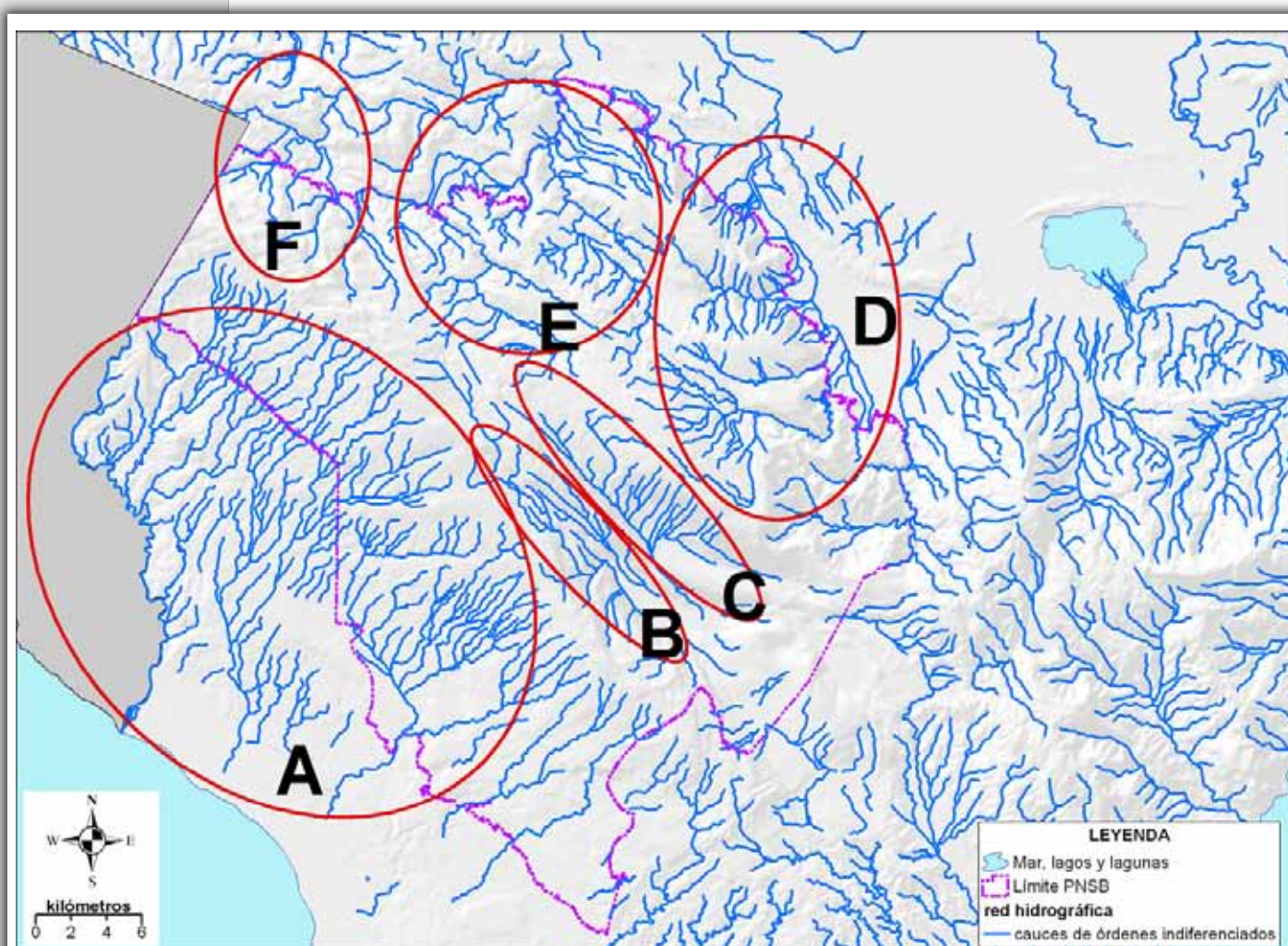
### **Patrones de drenaje**

El patrón de drenaje varía según se trate de la vertiente N, S o E del macizo (ver Figura 6-15). Por lo general, son redes jóvenes cuyos patrones están controlados por la tectónica Fini-Neógena. Los tipos más comunes son:

- Red paralela: común en la vertiente S, en cañones que siguen fracturas de dirección NE-SO sobre las calizas Eocenas de la formación Neyba. El subsistema alto del río Pedernales también sigue este patrón.
- Red paralelo-enrejada: vertiente E hacia el Hoyo de Pelempito. El patrón paralelo se hace evidente hacia los sectores más elevados (El Alcajé), con cañones que incididos sobre las calizas de la formación Neyba en dirección NO-SE. El control tectónico en este

tipo es mucho mayor que en el resto de patrones. En las proximidades de Pelempito es enrejado, especialmente en los cauces que descienden desde el escarpe meridional del polje.

- Red enrejada: dispositivo angular producto de la intersección del sistema tectónico predominante (NO-SE) y el conjugado (SO-NE), común en las calizas Eocenas de la formación Neyba.
- Red dendrítico-enrejada: es común en la cuenca de río Arriba, así como en los cauces que descienden por la vertiente que enlaza a Monte Palma con la depresión de Los Saladillos. Las formaciones litológicas sobre las que se reporta comúnmente son río Arriba y Neyba.
- Red rectangular: compuesta por cauces que descienden desde la Loma de los Pinos y el Monte Jota hacia el polje de Puerto Es-



**Figura 6-15. Patrones de drenajes del PNSB, entre los que se distinguen: A) paralela; B) paralelo-enrejada; C) enrejada; D) dendrítico-enrejada; E) rectangular; F) dendrítica (interpretado a partir de IGU, 2004)**

condido, explotando la caliza Neyba. Estos cauces están muy controlados tectónicamente.

- Red dendrítica: cauces en el entorno de El Aguacate-Zapotén, con convoluciones en algunos puntos, siguiendo la falla inversa de la Loma de los Pinos hacia el polje de El Rejanal. La cañada de Catil también corresponde a este patrón.

En conclusión, los patrones de drenaje en el PNSB están controlados por la tectónica de fallas. Por la vertiente N y E las redes responden al sistema tectónico predominante (de dirección NO-SE), y por el S el control lo ejerce la dirección conjugada (NE-SO). Se advierte además la amplia variedad de patrones de drenaje en el área protegida, lo cual ratifica su singular geodiversidad.





**CAPÍTULO VII.  
LITO-ESTRUCTURA,  
MODELADO  
KÁRSTICO Y  
EVOLUCIÓN**



## **Formaciones geológicas y respuesta al modelado**

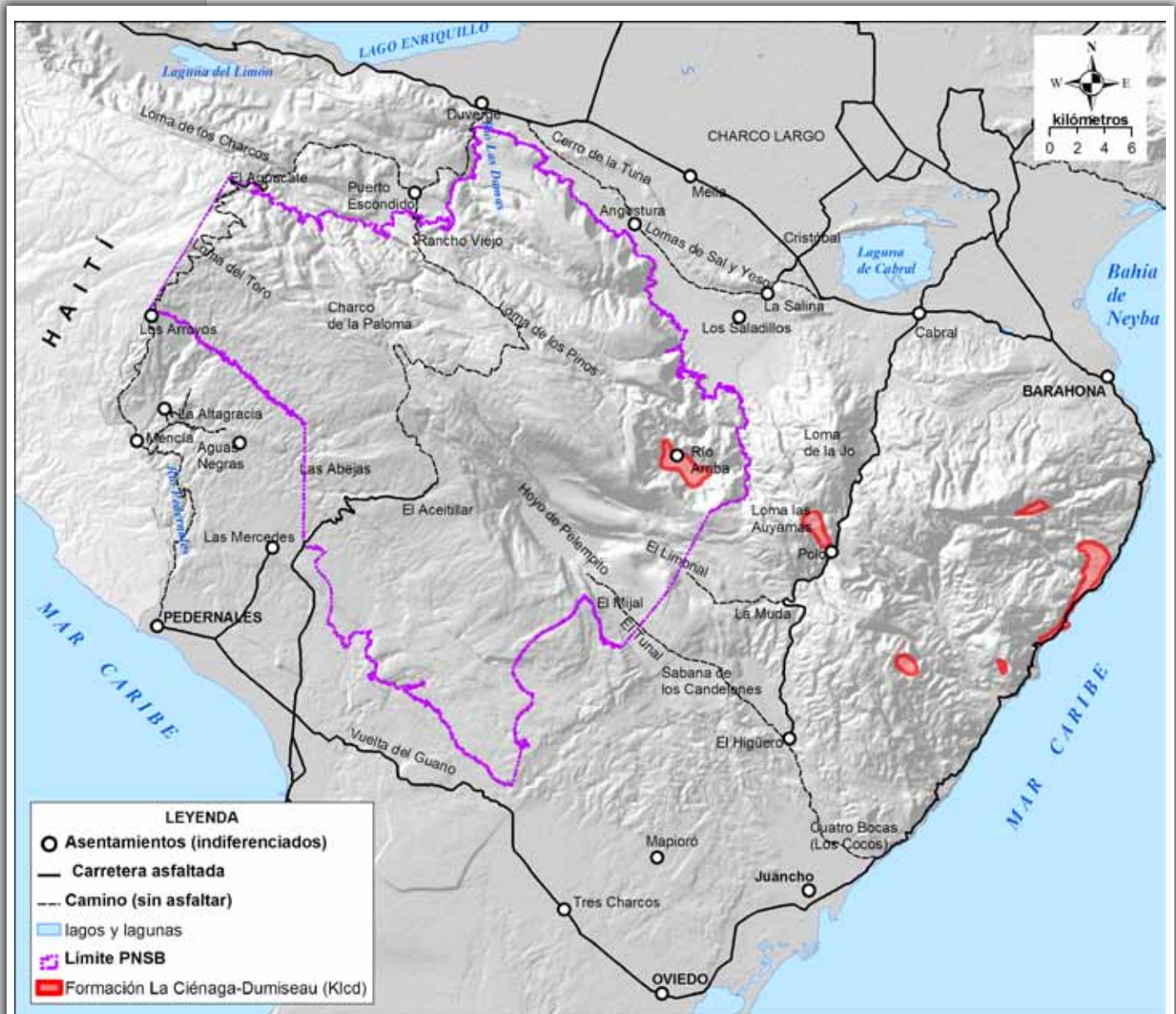
### **Litología**

En este apartado se describen litológica y crono-estratigráficamente las formaciones de la Sierra de Bahoruco. Como fuentes, se emplearon tres mapas geológicos que difieren parcialmente en cuanto a la denominación, la cronología y la distribución de las formaciones, aunque no en cuanto a la composición litológica, respecto de la que hay notables coincidencias. Dichas fuentes fueron elaboradas por De León (1989) y Mann y otros (1991); también se ha utilizado el mapa elaborado por la Dirección General de Minería y el Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, con el apoyo del Instituto Geográfico Universitario, cuyo tratamiento será DGM-BGR-IGU (1991). Cada publicación es un trabajo integral cuya información se describe a continuación:

- De León (1989): es una investigación auspiciada por el Museo Nacional de Historia Natural de República Dominicana, iniciada a principios de 1982, con el objetivo de caracterizar la litología, tectónica, hidrogeología y aprovechamientos minerales en la Sierra de Bahoruco. Se advierte la relevancia que el autor otorgó a los trabajos de campo en la recopilación de datos. El texto se acompaña de mapas geológicos de la Sierra, impresos a escala aproximada 1:150,000 en blanco y negro. El autor no presenta un mapa de las cartografías empleadas en su compilación, pero en sus referencias recurre habitualmente a Vaughan (1921), Dohm (1942), Bermúdez (1949), Weyl (1953) y Maurasse (1980). Sistematiza, a partir de los autores consultados, las formaciones litológicas del área de estudio.
- Mann y otros (1991): es una compilación de 18 capítulos escritos por más de 20 autores sobre el desarrollo geológico y tectónico del límite entre la placa norteamericana y la caribeña en la isla de La Española, con cuatro objetivos fundamentales: 1) establecer una base de datos geológica sistemática y una nomenclatura estratigráfica coherente para la isla; 2) probar modelos de la evolución tectónica de La Española usando varios tipos de datos geológicos; 3) integrar diversas disciplinas de las ciencias geológicas para resolver problemas regionales; 4) resaltar La Española como un área para el estudio de una variedad de procesos de límites de placas a diferentes escalas. El trabajo se acompaña de una cartografía geológica nacional compilada a escala 1:100,000 e impresa a 1:150,000 en blanco y negro. En lo referente a Bahoruco y su entorno, se apoya en dos fuentes: la Sierra propiamente y el karst de Jaragua lo trabaja a partir de la "tesis de 3er ciclo" de van den Berghe (1983), mientras que en la Hoya de Enriquillo lo hace a partir de sus propios datos de campo e interpretaciones.

Estos autores han hecho hincapié en la caracterización tectónica a nivel nacional, así como en la sistematización de las formaciones litológicas. Particularmente, el mapa de Bahoruco y su entorno fue elaborado por Mann, Lebrón, Rodríguez y Heubeck, con contribuciones en forma de texto de Deveaux, Draper, Domínguez, Lewis, McLaughlin y Taylor.

- DGM-IGU-BGR (1991): se trata de una cartografía geológica de ámbito nacional impresa a escala 1:250,000 en color, que aglutina



**Figura 7-1. Mapa geológico de Mann y otros (1991) donde se muestra la formación La Ciénaga-Dumisseau (“Klcd”)**

los trabajos de diversos autores (Figura 7-1). Para el caso de Jaragua-Bahoruco-Enriquillo, estos autores se basaron en los trabajos de van den Berghe (1983), Llinás (1972) y De León (1989), agrupando los materiales para llegar a una síntesis en la escala elegida.

Esta revisión se ha complementado con descripciones bio- y crono-estratigráficas realizadas en los Massif de la Selle y la Hotte (Haití), tomadas la mayoría de Butterlin (1977) y del volumen I de Mascle (1985). Dichas fuentes complementan las descripciones litológicas de las formaciones de Bahoruco, dado que esta Sierra pertenece al conjunto "Península Sur de Haití". El último aporta datos e interpretaciones sobre la compleja geodinámica del área de trabajo.

En los casos posibles se recurre a datos propios de campo, referidos básicamente a dispositivo geométrico y estructura local encontrada, así como a tipos de materiales y grado de alteración.

## Cretáceo

Existen pocos datos sobre la litología y tectónica del complejo sedimentario y vulcano-sedimentario que conforma el basamento cretáceo en la Sierra de Bahoruco, aunque sí es observable en Haití, concretamente en el Massif de la Hotte y el Massif de La Selle (Península Sur).

En ese país, las formaciones litológicas Cretáceas están típicamente representadas en las localidades de Dumisseau (Massif de la Selle) y Macaya (Massif de la Hotte), mientras que en República Dominicana se han descrito en las localidades costeras de La Ciénaga y Bahoruco, (extremo oriental de la Sierra de Bahoruco), así como en la depresión "Río Arriba", localizada aproximadamente a 12 km al NO de la comunidad de Polo (Bahoruco Oriental; ver Figura 7-3). Estos afloramientos se agrupan en las formaciones denominadas "La Ciénaga-Dumisseau" y "Río Arriba-Beloc-Macaya" (Mann y otros, 1991), respectivamente. Asimismo, se incluyen en estos conjuntos los materiales que delimitan el sector NE de la referida depresión.

La Formación "La Ciénaga-Dumisseau" (Formación Dumisseau de Maurrasse y otros, 1979, en Mann y otros, 1991) es la componente vulcano-sedimentaria del conjunto Hotte-Selle-Bahoruco. Está compuesta esencialmente de secuencias de basaltos almohadillados y no almohadillados, basaltos amigdaloides ricos en sílice y epidota, basaltos afaníticos y porfíricos con fenocristales de cuarzo, asociados con pequeños diques de gabros y doleritas (De León, 1989), así como calizas pelágicas, limolita silíceas y areniscas volcanogénicas (Mann y otros, 1991).

Aflora en el Massif de La Selle y La Hotte. También lo hace en Bahoruco Oriental, específicamente en Río Arriba, Loma Los Calimetes, localidades de La Ciénaga y Bahoruco (costa oriental) y Los Chupaderos (al NO de la Ciénaga). Son afloramientos pequeños, generalmente con superficie inferior a 8 km<sup>2</sup>, algunos incluso con menos de 1 km<sup>2</sup>.

La potencia máxima de esta Formación no está definida. Según Maurasse (1980, en De León, 1989) podría alcanzar los 20 kilómetros de espesor en el Massif de la Selle (Haití), mientras que Mann y otros (1991) indican que la potencia es de 1.5 km.

Foraminíferos y radiolarios colectados de los estratos sedimentarios entremezclados sugieren una antigüedad que abarcaría del Cretáceo In-

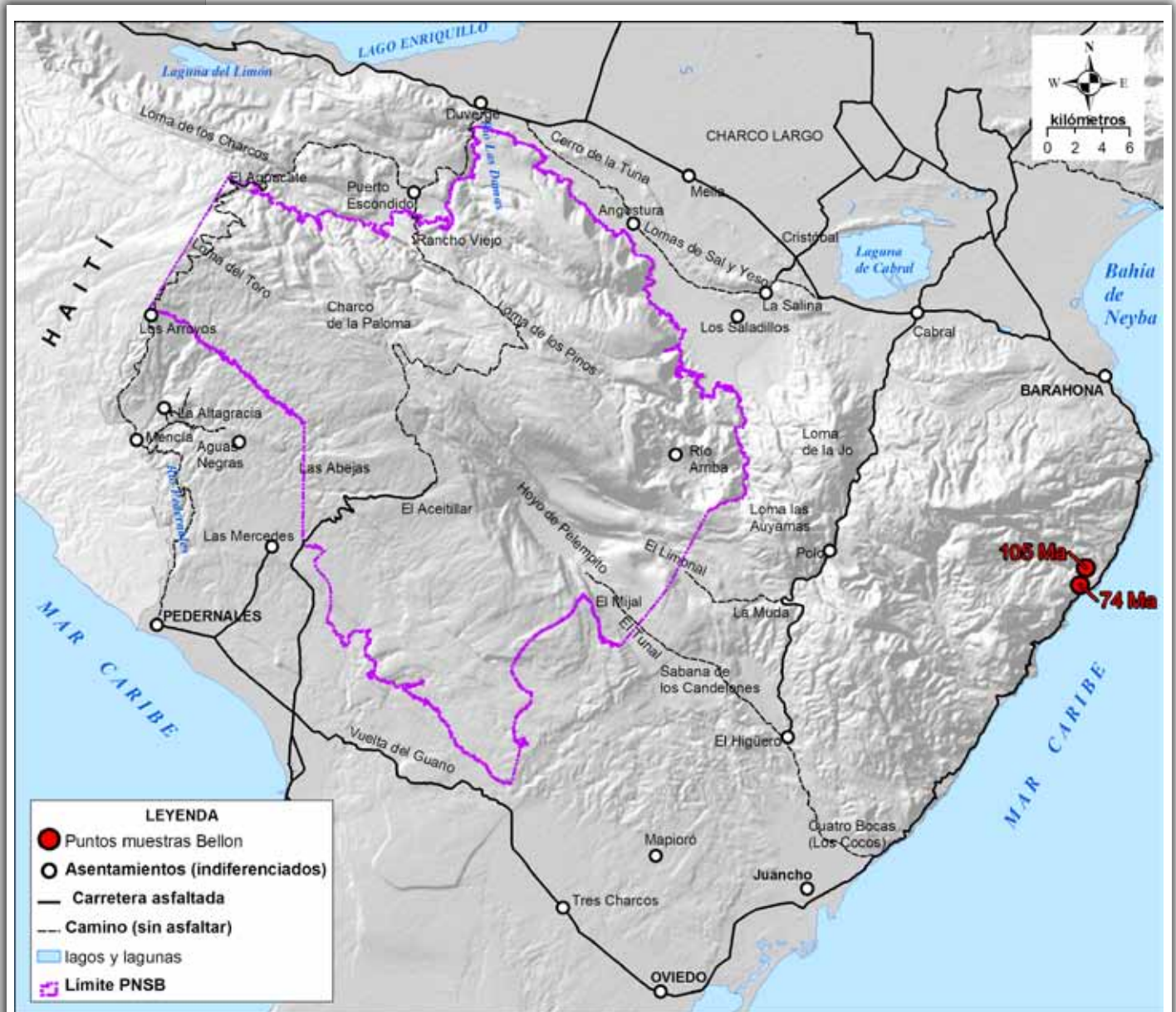


Figura 7-2. Mapa de muestras de Bellon (en Mascla, 1985)

ferior al Turoniense (Mann y otros, 1991). Dataciones de K/Ar aplicadas a basaltos y diabasas arrojaron edades absolutas comprendidas entre el Albiense y el Maestrichtiense (107 a 65 Ma) (varios autores, en Mann y otros, 1991). Sen y otros (1988, en Mann y otros, 1991), a partir de un análisis de elementos traza y datos isotópicos de los basaltos del Massif de la

Selle, sugieren un origen de "punto caliente" o "dorsal expansiva" para el magmatismo.

Bellon (en Mascle, 1985) detalla esta cronología a partir de dataciones absolutas realizadas a las series volcanogénicas, las cuales sitúa en dos

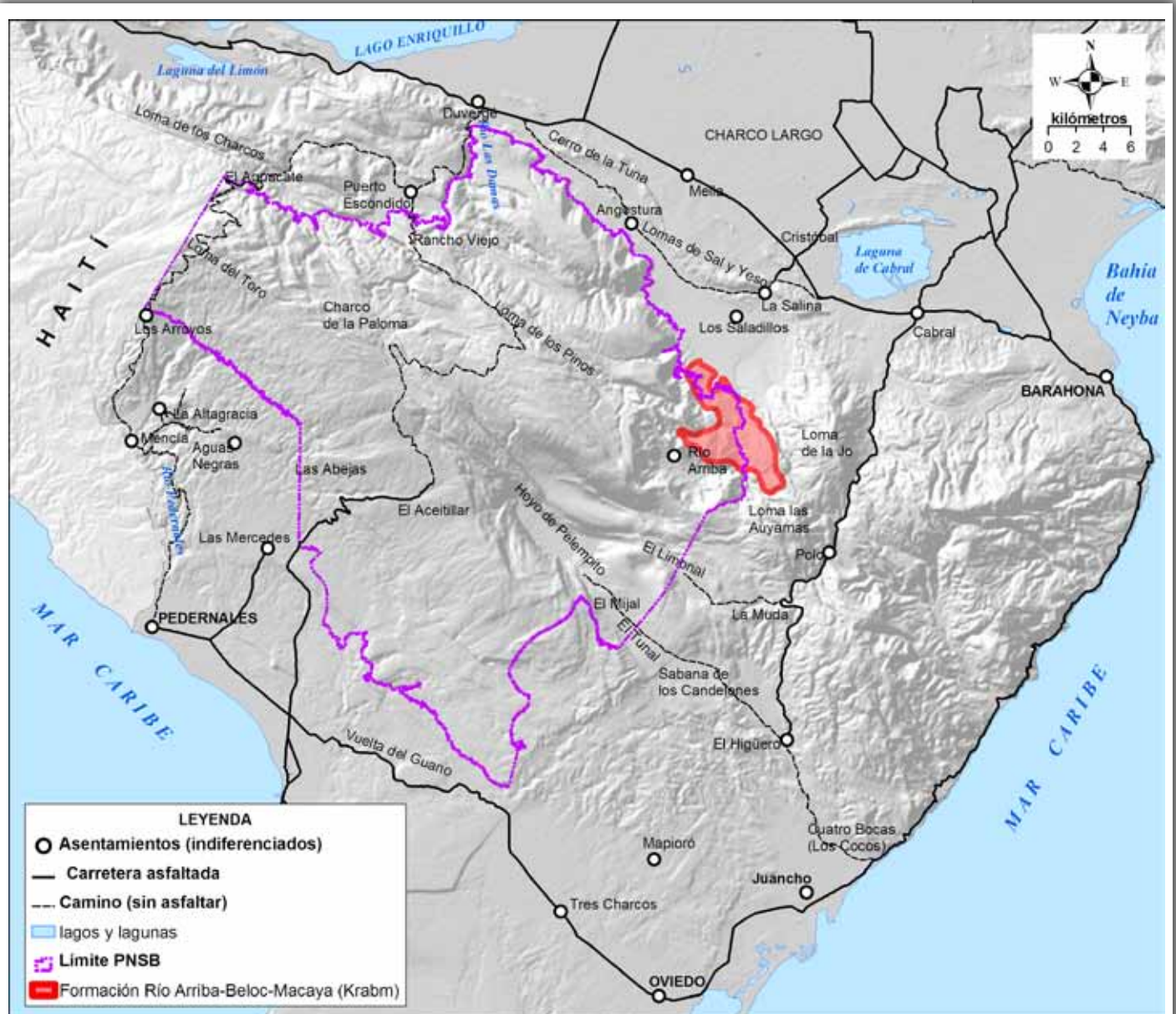


Figura 7-3. Formación Río Arriba-Beloc-Macaya (K-ra-bm), descrita por Mann y otros (1991)

pisos del Cretáceo (Albiense y Campano-Maestrichtiense) y uno del Terciario ("transicional"). Se aplicó el método  $^{40}\text{K}$ - $^{40}\text{Ar}$  a tres coladas de basaltos toleíticos en la localidad de Las Palmas, límite entre el Massif de La Hotte y el Massif de La Selle (N de la Península Sur de Haití), con edades respectivas de 102.3, 100.8 y 95.3 Ma. Este autor atribuye el amplio rango de resultados ( $\pm 10$  Ma) al escaso contenido en  $\text{K}_2\text{O}$  de las muestras (menos de 0.1%), lo que indica que no se debe a alteraciones posteriores de las coladas. Similares resultados aportó una colada toleítica prismática

en la localidad de Jacmel (Haití), al SE de la anterior ( $102.8 \pm 10$  Ma), así como una muestra de lavas muy alteradas en tuff volcánicos basálticos próximos a la localidad "La Ciénaga" en RD ( $105 \pm 10.5$  Ma), costa oriental de la Sierra de Bahoruco (Figura 7-2). Alternativamente, Bellon sugiere una edad promedio 100 Ma, o sea Albiense, fijando así la cronología de la primera fase de magmatismo efusivo pre-larámico.

El mismo método se aplicó a lavas almohadilladas en el arroyo de Roseau (entre Les Palmes y Jacmel, Haití) y a lavas en las proximidades de la localidad de Bahoruco, costa oriental de la Sierra homónima, obteniéndose  $71.4 \pm 3.6$  Ma y  $74.2 \pm 3.7$  Ma respectivamente (Campano-Maestrichtiense).

Entre las litologías del Albiense se intercalan lenticularmente rocas carbonatadas (calizas glauconíticas con restos de ostreidos y equinodermos, primordialmente) y Albo-Cenomanienses (arroyo del Corral, Jacmel, Haití); mientras que entre las lavas Campano-Maestrichtienses, en Las Palmes (Haití), hay intercalaciones de calizas silíceas (biomicríticas) con fenómenos de *slumping*.

En el Massif de La Selle (Haití), esta Formación Cretácea presenta una inconformidad a techo, que corta los basaltos y las rocas sedimentarias entremezcladas, cuya superficie de discontinuidad está cubierta por un conglomerado basal/areniscas del Maestrichtiense temprano y medio (Lépinay y otros, 1979 y Vilá y otros, 1990, en Mann y otros, 1991). En otros sectores del conjunto Hotte-Selle, la sedimentación carbonatada ocupa el límite Cretáceo-Terciario. Según Bellon (en Mascle, 1985), los basaltos próximos a la localidad de Bahoruco (borde oriental de la sierra del mismo nombre) están cortados por una inconformidad sobre la cual suprayace el Paleoceno. **Es el único reporte de inconformidad K-T en la Sierra de Bahoruco, por lo que se trata del más antiguo vestigio de relieve del Fini-Cretáceo o de la base del Paleógeno.**

Por otra parte, la Formación "Río Arriba-Beloc-Macaya" es sedimentaria con inyecciones de basaltos a lo largo de fallas, y aflora abundantemente en el Massif de La Hotte y en el Massif de La Selle (ambos en Haití). Según Calmus (1983, en Mann y otros, 1991), está compuesta de calizas pelágicas y sílex, de edad Coniaciense-Maestrichtiense (88 a 65 Ma). Este autor asegura que, al igual que "La Ciénaga-Dumisseau", esta Formación es disconforme a techo con un conglomerado basal Paleoceno, que constituye el fin del vulcanismo basáltico en el Massif de La Hotte. Sin embargo, se han observado algunos afloramientos aislados de rocas volcánicas alcalinas que se entremezclan en las rocas sedimentarias Finipaleocenas e Intraeocenas (Calmus, 1987, en Mann y otros, 1991). Bellon y otros (en



Masclé, 1985) lo confirman en Haití, a partir de dataciones realizadas a basaltos Paleocenos, tratándose de un vulcanismo de transición.

Se advierte que los distintos autores divergen sobre la edad de la Formación. Mann y otros (1991), en el capítulo "An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola" (pág. 12), insisten en que la Formación Río Arriba-Beloc-Macaya es Cretácea, pero en el mapa que elaboran (adjunto al trabajo) la misma es datada entre el Cretáceo y el Paleógeno.

En la Sierra de Bahoruco sólo se ha reportado en la depresión de "Río Arriba", apoyada sobre las rocas magmáticas de la Formación "La Ciénaga-Dumisseau". La descripción aportada por Llinás (1972) es "calizas pelágicas cristalinas, calizas margosas y margas, asociadas con interestratos de arcillas calcáreas, areniscas amarillentas, conglomerados calcáreos y pedernal". Cronológicamente, Mann y otros (1991) la sitúan en el Albiense-Maestrichtiense (107 a 65 Ma). Llinás (1972) nombra a esta Formación como "Río Arriba", asignándole un espesor de 530 m, mientras que Mann y otros (1991) la hacen parte de la Formación Beloc-Macaya. Ni Llinás (1972) ni Mann y otros (1991) revelan la relación estratigráfica de estas calizas respecto de la "Formación La Ciénaga-Dumisseau" en la Sierra de Bahoruco.

Mediante análisis micropaleontológico, De León (1989) afirma que la Formación Río Arriba es del Mioceno Inferior, e indica que lateralmente entra en contacto con las Formaciones Sombrero y Neyba (Eocenas-Oligocenas). El autor asigna a esta Formación un espesor de 300 m.

Mann y otros (1991) se apoyan en los trabajos de Calmus para describir a "Río Arriba-Beloc-Macaya", reconociendo así su validez. De León (1989) no refiere la existencia de esta Formación en Bahoruco, asumiendo que todo el conjunto Cretáceo es un único "complejo ígneo", y que los materiales de Río Arriba pertenecen al Neógeno. **Las observaciones de campo realizadas durante la presente tesis no aportan datos concluyentes que ayuden a esclarecer la cronología apropiada de esta formación**, por lo que se recomienda profundizar en investigaciones geológicas y paleontológicas más detalladas. **Sin embargo, por el alto grado de deformación al que están sometidos los materiales, así como por la ausencia de modelado, se sugiere nuevamente una edad Cretácea para los mismos. Además, dado el amplio rango temporal del magmatismo, así como de los episodios sedimentarios perfectamente descritos por otros autores en Haití (Bellon, en Masclé, 1985), se ratifica la existencia de dicha Formación y se acepta la edad (al menos para su génesis) Cretácea para la misma.** Sobre su composición, se acepta la propuesta por Mann y otros

(1991): “calizas pelágicas cristalinas, calizas margosas y margas, asociadas con interestratos de arcillas calcáreas, areniscas amarillentas, conglomerados calcáreos y sílex (con inyecciones de basaltos a lo largo de fallas, al menos en Haití)”.

### Paleógeno

El arranque del Paleógeno, el Paleoceno, está muy mal conocido en la bibliografía geológica dominicana, por lo que, evitando hacer propues-

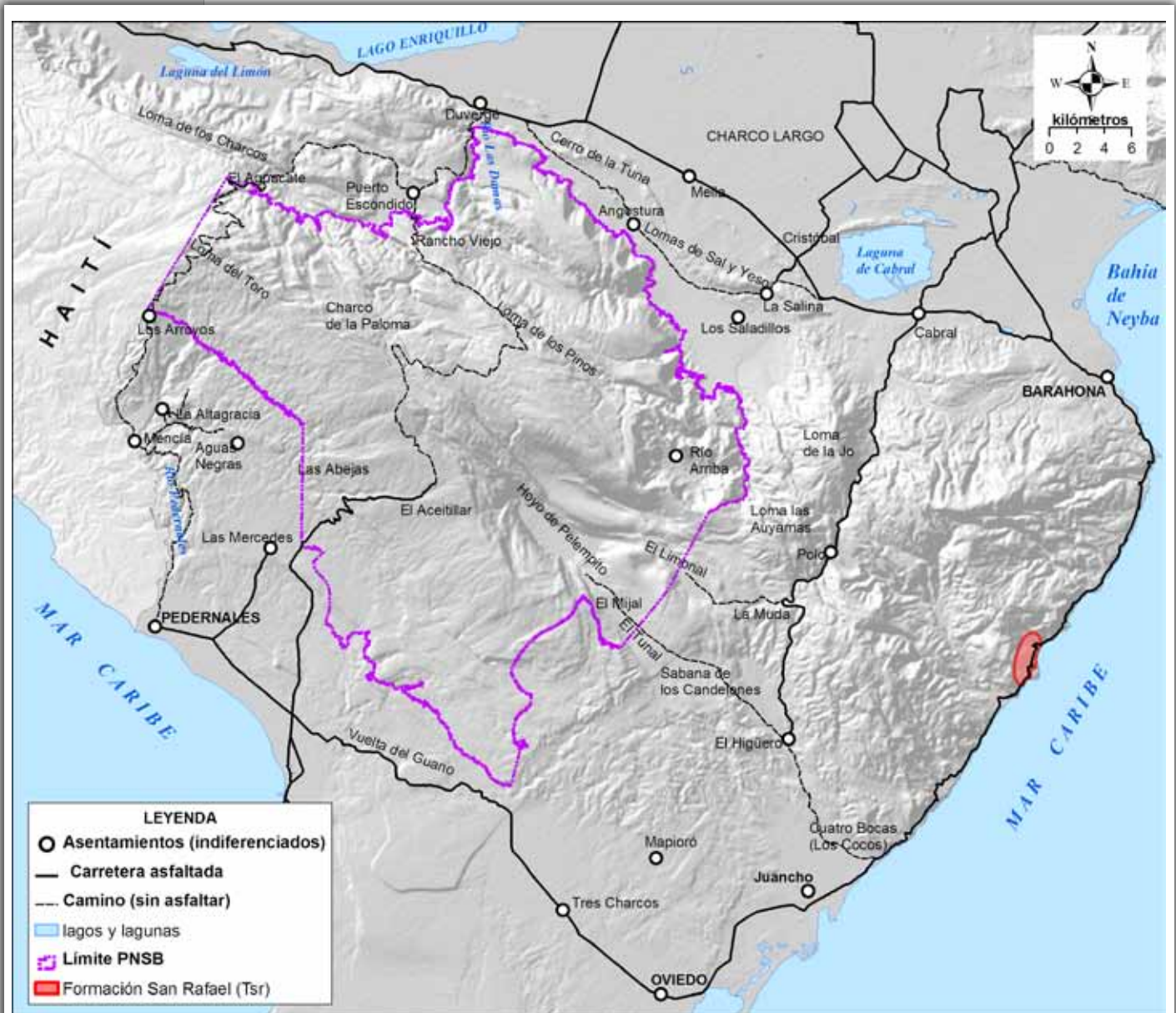


Figura 7-4. Formación San Rafael (T-sr), descrita por Mann y otros (1991)

tas sin fundamento, se ha optado por una compilación y comentario de documentación existente.

Las primeras referencias sobre materiales del Paleógeno en La Española, específicamente del Paleoceno, las aporta Wallace (1945, en Mann y otros, 1991, pag. 219), haciendo referencia a un shale calcáreo-arenoso al que denominó Formación Aboullot. Según el propio Wallace, esta Formación había sido ya descrita tanto en Haití como en Azua. Posteriormente De León (1983, 1989) y Butterlin (1977) la refieren pero no la representan cartográficamente en República Dominicana. Mann y otros (1991) incluso desaconsejan su uso, dado que los materiales sobre los cuales se describió en Haití no se asemejan a los que se pretende designar como tal en RD. **Durante los trabajos de campo de esta tesis, no se han observado tales materiales en la Sierra.**

Mann y otros (1991) presentan en su cartografía, una pequeña mancha de unos 2.5 km<sup>2</sup>, compuesta de calizas pelágicas con nódulos de sílex color marrón que constituyen lo que denominan "Formación San Rafael", cronológicamente situada en el Paleoceno (Figura 7-4). No se explica en el texto qué facies específicas se encontraron, ni la geometría de los materiales. La **cartografía sólo indica que el contacto a techo con la Formación Jeremie-Lemba (Oligoceno) se resuelve mediante una falla normal. A muro, con La Ciénaga-Dumisseau (al S), es erosivo**, según indican Bellon y otros (en Mascle, 1985, pag. 331). Esta es la única referencia cartográfica al Paleoceno de la Sierra de Bahoruco.

Calmus y otros (en Mascle, 1985) ratifican la existencia del Paleoceno en Bahoruco al indicar que, durante dicha época, en lo que hoy es la vertiente meridional de la Sierra, se depositaron "facies de mar abierto de sedimentación pelágica, análogas a las que han sido encontradas en sondeos sobre la Placa Caribe, específicamente sobre la actual Cresta/Dorsal de la Beata". No aporta más datos sobre el tipo de materiales.

En Haití los afloramientos del Paleoceno son frecuentes, aunque el tránsito hacia el Eoceno es difícil de establecer. Bizon y otros (en Mascle, 1985) describen un conjunto de facies carbonatadas depositadas en un medio sedimentario poco profundo de tipo plataforma, y en discordancia sobre el edificio plegado de la fase Larámica (Cretáceo Superior), el cual se cita a continuación: "en el Massif de la Hotte (Haití) hay formaciones [sin denominación por este autor] discordantes sobre el Cretáceo descritas en el río Glace [vertiente N], entre Jeremie y Les Cayes, compuestas de biomicritas con numerosos fenocristales de plagioclasas detríticas, provenientes del sustrato volcánico erosionado". Las capas están datadas como Paleoceno Inferior gracias al registro paleontológico que contienen.

El Paleoceno Medio está representado por calcilutitas y calcarenitas entre las que se intercalan finos niveles de microbrechas con elementos volcánicos y carbonatados de materiales del Cretáceo Superior. Sobre

estos reposan unas areniscas glauconíticas o dolomíticas, a las que se superponen nuevamente 30 m de calcarenitas del Paleoceno Medio. La serie está sellada por un conglomerado rico en restos de rocas volcánicas. El cemento es esparítico y contiene además numerosos bioclastos. Estos conglomerados son los únicos reportados para esta época en el Massif de la Hotte.

En la vertiente S del Massif de la Hotte, concretamente en la Península de Port-Salut (al SE del Pic Macaya), el Paleoceno Inferior aflora en for-

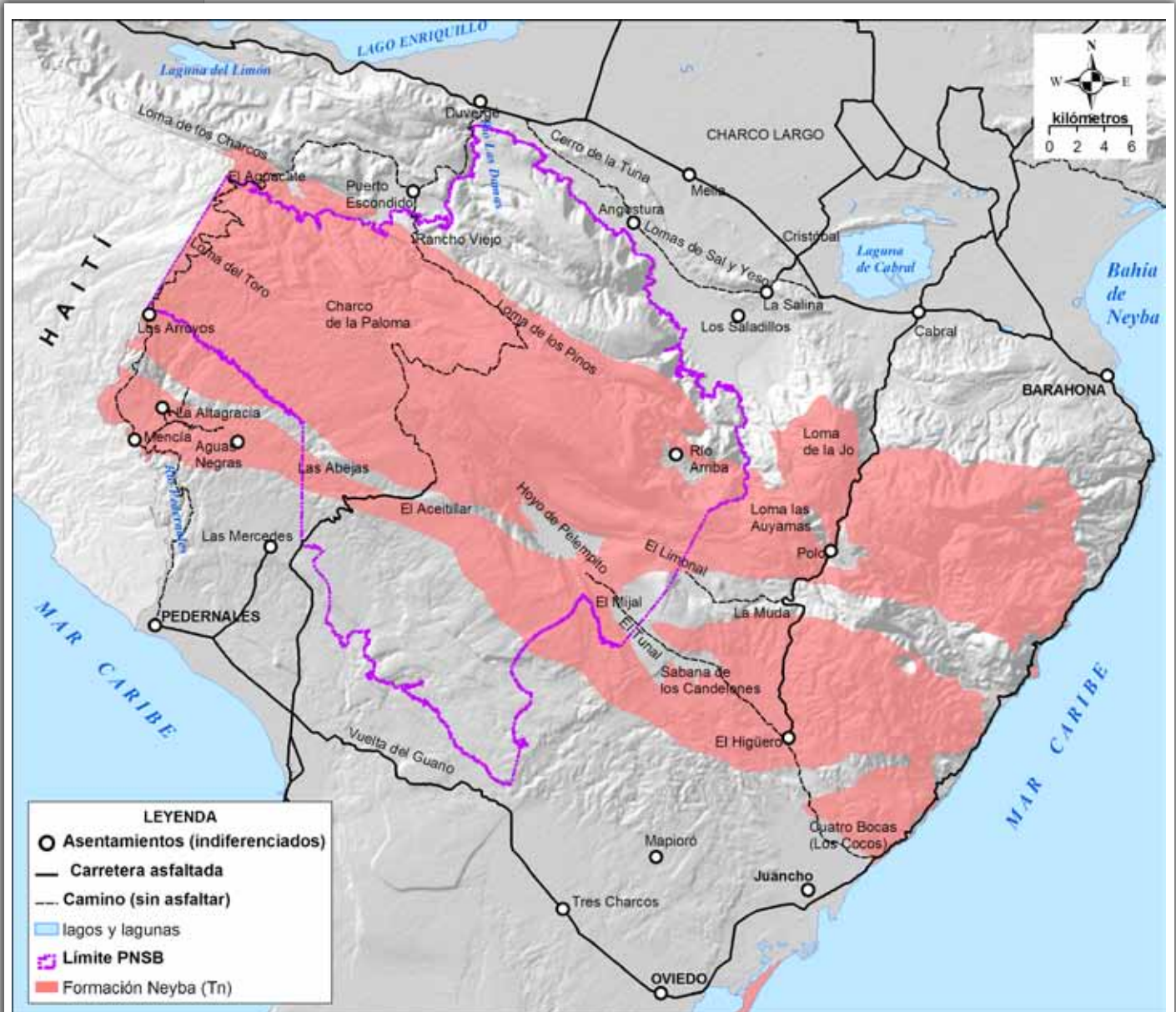


Figura 7-5. Mapa geológico de Mann y otros (1991) donde se muestra la Formación Neyba

ma de margas calcáreas gris-marrones en alternancia con niveles carbonatados poco frecuentes. Estos materiales son contemporáneos de la serie detrítica del río Glace, lo cual sugiere una amplia diversidad de medios sedimentarios para la lito-génesis del Massif de la Hotte.

En el Massif de la Selle el Daniense está bien caracterizado en el río Goseline, al N de Jacmel (Haití) (Bizon y otros, en Mascle, 1985). Esta formación (sin denominación por el autor) está constituida por una alternancia de estratos margosos y niveles silíceos y arenosos, con *slumping* de vergencia variable que indican un medio de deposición en pendiente. Más al N está sobremontada en discordancia angular por una serie carbonatada de plataforma del Paleoceno Superior-Eoceno inferior.

En ambos casos, el paso entre el Paleoceno Superior y el Eoceno Inferior es imperceptible: la serie se hace progresivamente menos clástica para dar paso a calizas blancas litorales con fósiles propios del Eoceno Inferior. Los datos referidos fueron recogidos por Bizon y otros (en Mascle, 1985) sobre los materiales del Paleoceno en Haití. Su descripción es, bio-estratigráficamente, bastante detallada.

Aún con estas detalladas aportaciones sobre afloramientos Paleocenos en Haití, **no es posible, con los datos actuales, hacer correlaciones con formaciones sinsedimentarias o análogas en la Sierra de Bahoruco. Se apunta aquí la necesidad de identificar y describir con mayor claridad el paso Cretáceo Superior-Paleoceno en Bahoruco.**

Como última referencia en República Dominicana, DGM-IGU-BGR (1991) sugieren que todas las rocas magmáticas de la Sierra de Bahoruco se sitúan cronológicamente en el Paleógeno, sin especificar época. Los materiales han sido codificados como "tpg'v", y responden a la descripción siguiente: "basalto, toba, aglomerado: rocas volcánicas submarinas". **En definitiva, esta fuente no aporta datos concretos sobre el Paleoceno.**

Bellon y otros (en Mascle, 1985) realizaron dataciones sobre estos materiales que DGM-IGU-BGR cartografían como "tpg'v"; dos de ellas se refieren a muestras colectadas en la costa oriental de la Sierra, obteniéndose como resultado edades dentro de pisos Cretáceos. Aunque Bellón sugiere la posibilidad de un vulcanismo de transición al Paleoceno para el conjunto Hotte-Selle, sitúa el arranque del mismo en el Cretáceo Superior. Por lo tanto, no se puede asegurar la existencia de dicho vulcanismo en el Paleógeno y, específicamente, en el Paleoceno de la Sierra de Bahoruco.

A modo de conclusión sobre los materiales del Paleoceno, y vistas las aportaciones de los distintos autores, **sólo se considerará la existencia de la Formación San Rafael descrita por Mann y otros (1991), compuesta por "calizas pelágicas con nódulos de sílex color marrón", asumiendo que estos materiales tienen su génesis en el Paleoceno.**

Respecto del modelado en el Paleoceno, no se han encontrado evidencias de relieve en dicha época para el Bahoruco Occidental. Sin embargo, cabe destacar que diversos autores refieren una disconformi-

dad K-T en la localidad Bahoruco, la cual constituye, a priori, una buena evidencia de modelado al menos del Fini-Cretáceo. Sin embargo, no se ha profundizado al respecto, dado que el ámbito de esta tesis se centra en el Bahoruco Occidental. Por lo tanto, se apunta la necesidad de profundizar sobre este tema en futuras investigaciones.

En cuanto al Eoceno, tanto la denominación de las formaciones como su distribución en la Sierra de Bahoruco, no concuerdan entre los autores

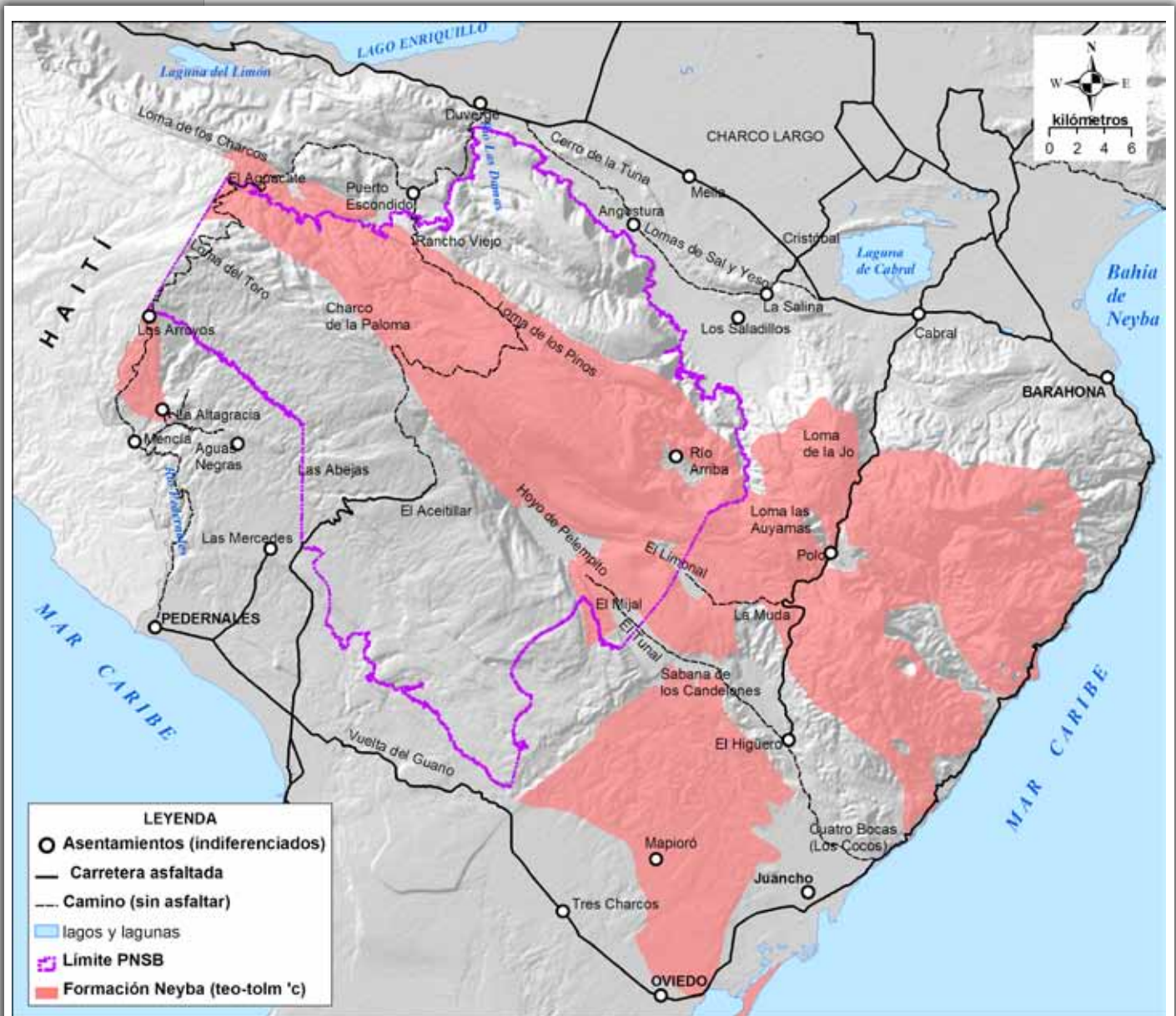


Figura 7-6. Mapa geológico según DGM-IGU-BGR (1991), mostrando la Formación Neyba (teo-tol<sub>m</sub> 'c)

consultados, que han reportado un total de 3 formaciones: Plaisance, Neyba y Aceitillar. A partir de observaciones de campo parecería razonable agruparlas en una sola denominada Neyba, dado que hay ele-

mentos geomorfológicos y evolutivos del relieve que sugieren tal supuesto.

A continuación, se transcriben las descripciones aportadas por cada autor correspondientes a cada una de las 3 formaciones, así como la valoración a partir de las observaciones de campo realizadas en el marco de esta tesis.

Sobre la formación Plaisance, De León (1989) la recupera de los trabajos de Vaughan de 1921. Fue descrita entre Plaisance y Ennery (Haití), y sus afloramientos en República Dominicana los sitúa en el Bahoruco Occidental, entre los 600 y los 1300 m en la vertiente N de la Sierra de Bahoruco, al S de Polo y en las Lomas La Torre, Charco de la Paloma y la carretera entre Paraíso y Enriquillo. Según este autor, se trata de *"calizas litográficas a cristalinas de color variable entre crema y café y muy bien estratificadas en capas delgadas a gruesas, de fractura subconcoidea, que oscilan entre algunos centímetros y dos metros"*. Son comunes las suturas sismográficas y las manchas grises de forma dendrítica (manganeso). La edad de esta Formación, oscila entre el Eoceno Inferior y el Medio, y su espesor lo estima entre 600 y 750 m.

De León (1989) distingue a Plaisance de Neyba, situando a ésta última cronológicamente entre el Eoceno Medio y el Superior. La denominación Neyba fue sugerida por primera vez por Arick (1941, en De León, 1989) en un informe confidencial para la Dominican Seaboard Oil Company. La describe como *"caliza de cristalina a litográfica, blanca, fosilífera, de capas delgadas a gruesas, manchas amarillentas en algunos afloramientos, ocasionalmente con pedernal en capas y nódulos, concentraciones de pedernal localmente"*. Aflora abundantemente en el Bahoruco Oriental (Lomas Pié de Palo, José Joaquín y Remigio) y escasamente en Bahoruco Occidental, específicamente en Los Arroyos.

Mann y otros (1991) aseguran que Plaisance no existe en RD. Aclaran que se describió originalmente en Haití, pero que no se han establecido símiles suficientes para esta formación en el país. Estos autores sólo reconocen la formación "Neyba", que responde a la siguiente descripción: *"caliza pelágica, micrítica, blanca, usualmente con capas de pedernal marrón"* (Figura 7-5). Sitúan su distribución en las vertientes N y S de la Sierra de Bahoruco a partir de los 600 m, tanto en el Bahoruco Occidental como en el Oriental, para una edad Eoceno Medio a Superior.

DGM-IGU-BGR (1991), en su mapa geológico, tampoco reconocen la existencia de "Plaisance", y en su lugar la hacen equiparable a los materiales designados como  $teo-tol_m^1c$ , caracterizada como *"caliza en bancos de espesores variables, con nódulos e intercalaciones de pedernal, de color blanco-crema (tipo Neyba)"* (Figura 7-6). Según la fuente, esta Formación

aflora prácticamente en toda la vertiente N de la Sierra, entre los 1000 y los 2000 m, abarcando desde El Aguacate, NO de la Sierra (frontera Dominico-Haitiana), hasta la costa oriental en el SE. Por la vertiente S aflora desde la depresión "Sabana de los Candelones" (aprox. 500 m) hasta las zonas apicales de los abanicos de Juancho y Oviedo, casi al nivel del mar (secciones de Mapioró y Macandela). Para esta fuente, la edad de esta Formación va desde el Eoceno al Oligoceno Medio.

Otras interpretaciones que aportan Bizon y otros (en Mascle, 1985) indican que, durante el Eoceno, el sistema Hotte-Selle-Bahoruco debió so-

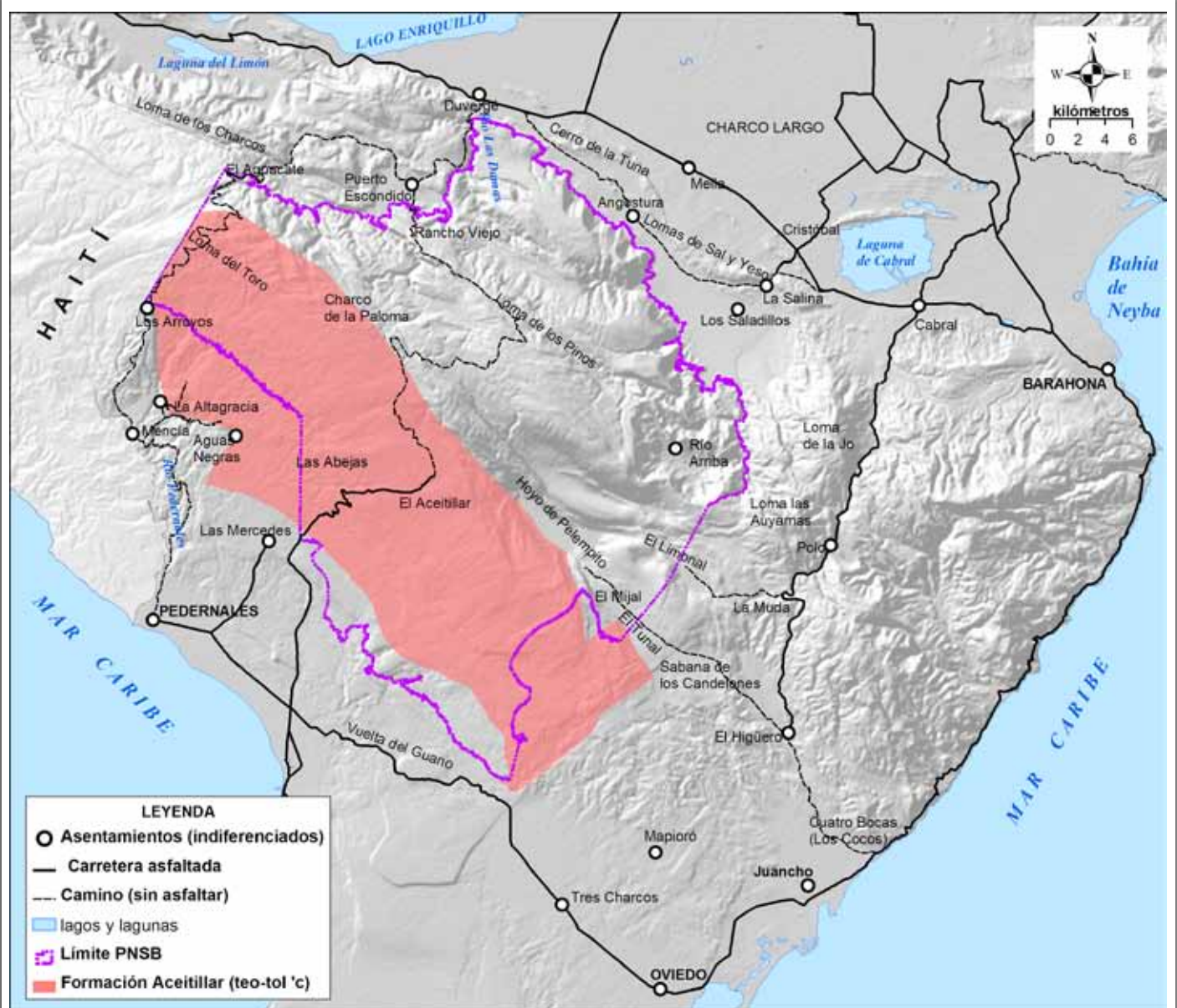


Figura 7-7. Mapa geológico de DGM-IGU-BGR, donde se muestra la Formación Aceitillar (teo-tol'c)

meterse a inestabilidad tectónica y movimientos verticales, lo cual se manifiesta en las alternancias y cambios rápidos de facies de platafor-



ma y pelágicas, con tendencia final a la plataforma. Además estos autores indican que existen lagunas importantes durante el Eoceno Medio (los 2/3 inferiores del Eoceno Medio están habitualmente ausentes) como resultado de dicha fase tectónica, dejando constancia de que ya el relieve antiguo emergía y la configuración del medio sedimentario que le rodeaba permitía dicha alternancia de facies.

Otra formación Paleógena, cuya existencia proponen algunos autores, es la denominada Aceitillar. Fue designada como tal por De León (1989), y descrita por el mismo autor como *"caliza porosa, de textura fanérica y pobremente estratificada, donde las concentraciones locales de calcita son notorias a lo largo de pequeñas cavidades. Presenta asociación de limonita de textura oolítica depositada en pequeñas fisuras, así como cavidades de disolución en los estratos más superficiales. No se reportan nódulos de pedernal"*.

Según De León (1989), se emplaza en toda la vertiente S y parte de la N de la Sierra de Bahoruco, conformando una banda NO-SE, desde El Aguacate (límite NO), hasta la depresión El Tunal (límite NE), y, por el S, desde Los Arroyos (límite SO) hasta el límite N de la Sabana de Sansón (límite SE). Su edad es Eoceno Medio, determinada a partir de fósiles propios de la zona nerítica. El autor sugiere además que el contacto con la formación subyacente (Neyba) es conforme. Enfatiza además que esta caliza no presenta modelado en dolinas; sin embargo, en observaciones de campo realizadas durante esta tesis, se ha verificado la presencia de dolinas en varios afloramientos de dicha caliza.

DGM-IGU-BGR (1991) coinciden con De León al reconocer su existencia y distribución espacial, designándola como teo-tol'c (Figura 7-7). La describen como *"caliza blanca, en parte porosa de facies nerítica"* y le otorgan una edad Eoceno-Oligoceno, ampliando considerablemente su rango cronológico.

En párrafos anteriores ya se ha comentado que, como formación Eoceno-Oligocena, Mann y otros (1991) proponen que sólo existe la formación Neyba, desconociendo la formación Aceitillar descrita por De León y DGM-IGU-BGR.

En definitiva, **sobre las calizas no margosas del Intra- y Fini-Paleógeno se puede concluir que, a partir de observaciones de campo realizadas durante esta tesis, no se han reportado diferencias significativas entre las formaciones cartografiadas como Plaisance, Aceitillar (ambas en De León, 1989) y Neyba (de Mann y otros, 1991), por lo que, a efectos de la presente tesis, este conjunto será agrupado dentro de esta última, y siguiendo la distribución espacial propuesta por Mann y otros.**

Durante los trabajos de campo, se recogieron datos sobre la litología, por lo que a las descripciones actuales se añaden estos hallazgos, algunos de los cuales se relacionan a continuación:

- Se han encontrado facies brechoides y dolomíticas en el entorno del Hoyo de Pelempito, que aportan nuevos datos sobre este conjunto de rocas;
- En la vertiente S de la Sierra de Bahoruco la estratigrafía se muestra dispuesta en bancos de espesores variables, de órdenes centimétrico a métrico. Es común observar los estratos inclinados hacia el S, especialmente en la carretera Cabo Rojo-Aceitillar, justo al Norte de la localidad Las Mercedes;
- Presenta un alto grado de karstificación en lapiaz de tubo, así como concentraciones de lateritas bauxíticas empastando clastos centimétricos de caliza, especialmente en la vertiente S;

Por la vertiente S aflora por encima de los 500 m; en la N a partir de los 600-700 m; y por la E desde el nivel del mar. Se organiza conformando una banda de dirección NO-SE.

Por la vertiente S aflora por encima de los 500 m; en la N a partir de los 600-700 m; y por la E desde el nivel del mar. Se organiza conformando una banda de dirección NO-SE.

A modo de síntesis, y a efectos de esta tesis, se asumirá que sólo existe una sola formación Intra- y Fini-Paleógena designada como "Neyba", que responde a la siguiente descripción (Figura 7-8): **calizas micríticas, pelágicas y arrecifales,**

**de textura litográfica a cristalina y color variable, entre blanco, crema y café.** Su **fractura es subconcoidea**, con presencia de **nódulos irregulares de pedernal gris y marrón** en algunos estratos. Es rica en especies faunísticas. Su grano es observable a simple vista, con concentraciones locales de calcita cristalina y amorfa en pequeñas cavidades, así como con asociación de limonita de textura oolítica, depositada en pequeñas fisuras y sin nódulos de pedernal. Presenta ocasionalmente una fa-



**Figura 7-8. Muestra de la caliza Neyba en la vertiente S, blanca, rica en micro-fósiles, de fractura angulosa, con concentraciones locales de cristales de calcita. Destaca la textura gruesa. Una pátina gris cubre la superficie externa de la muestra (JMB)**

**de textura litográfica a cristalina y color variable, entre blanco, crema y café.** Su **fractura es subconcoidea**, con presencia de **nódulos irregulares de pedernal gris y marrón** en algunos estratos. Es rica en especies faunísticas. Su grano es observable a simple vista, con concentraciones locales de calcita cristalina y amorfa en pequeñas cavidades, así como con asociación de limonita de textura oolítica, depositada en pequeñas fisuras y sin nódulos de pedernal. Presenta ocasionalmente una fa-

cies margosa, en la que el grano no es fácilmente observable, así como estratos cretosos muy fosilíferos, capaces de dejar un polvo parecido a la tiza al rasparlos sobre una superficie rugosa. **Además, en determinados sectores de la vertiente septentrional, se presentan facies dolomíti-**

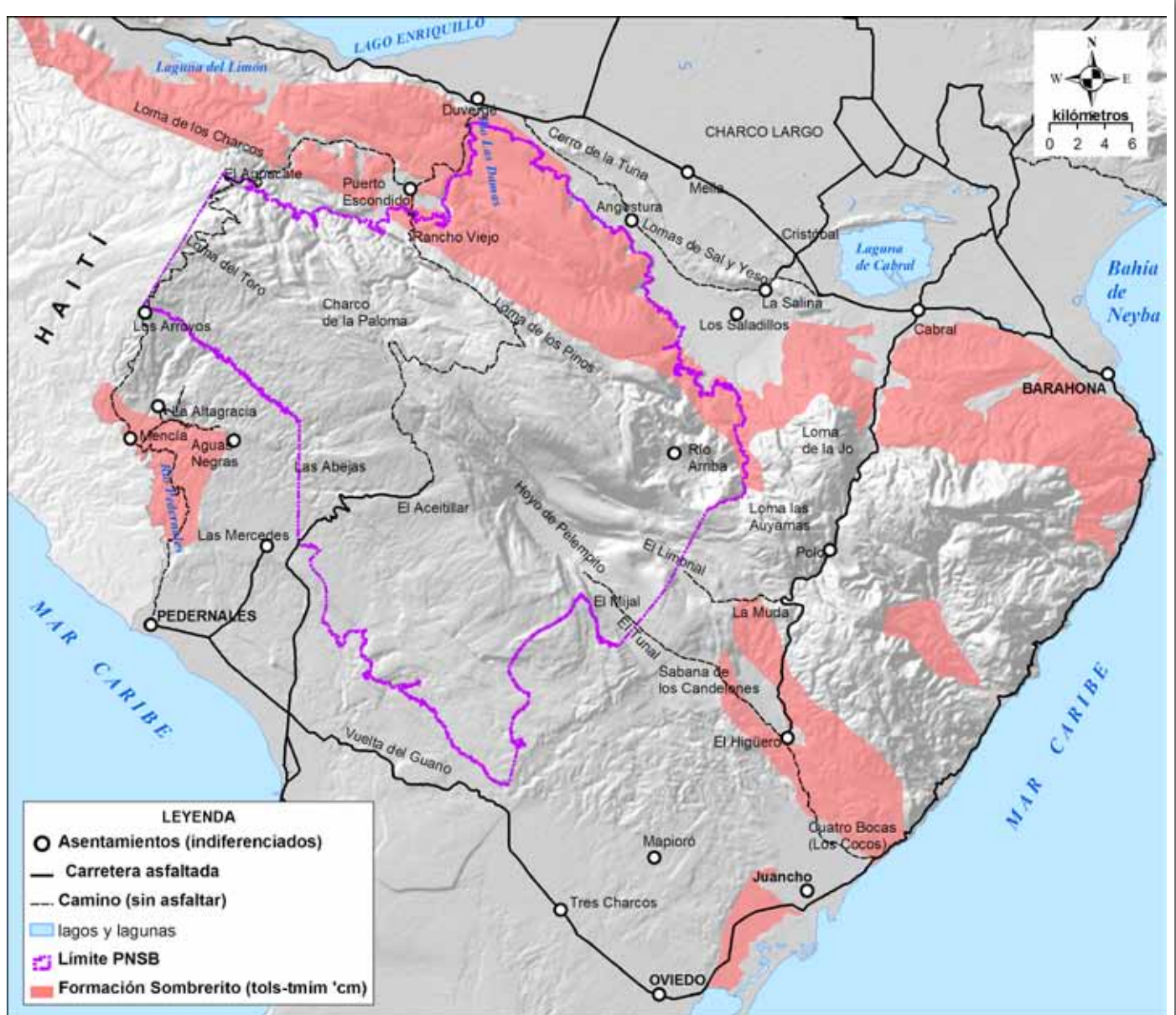


Figura 7-9. Mapa geológico de DGM-IGU-BGR donde se muestra la Formación Sombrero (tol, tmi, cm)

cas y brechoides. Los afloramientos están generalmente bien estratificados, frecuentemente en capas delgadas (algunos centímetros), y en capas gruesas, especialmente en la vertiente meridional (hasta 2 metros), donde generalmente están basculadas hacia el S. Su edad abarcaría desde el **Eoceno Medio al Oligoceno Superior**; su distribución espacial se ajusta más a la propuesta por Mann y otros (1991), con arreglo a la siguiente descripción: en la vertiente S aflora por encima de los 500 m, en la N a partir de los 600-700, y en la E desde el nivel del mar. Se or-

ganiza conformando una banda de dirección NO-SE, desde el eje Mencía-El Aguacate (en el borde O) hasta el eje Juancho-Loma Pie de Palo (en el borde E). Su espesor mínimo es de 700 m.

En términos geomorfológicos, esta formación está ampliamente karstificada, especialmente en la vertiente S y en los sectores cimeros, desde

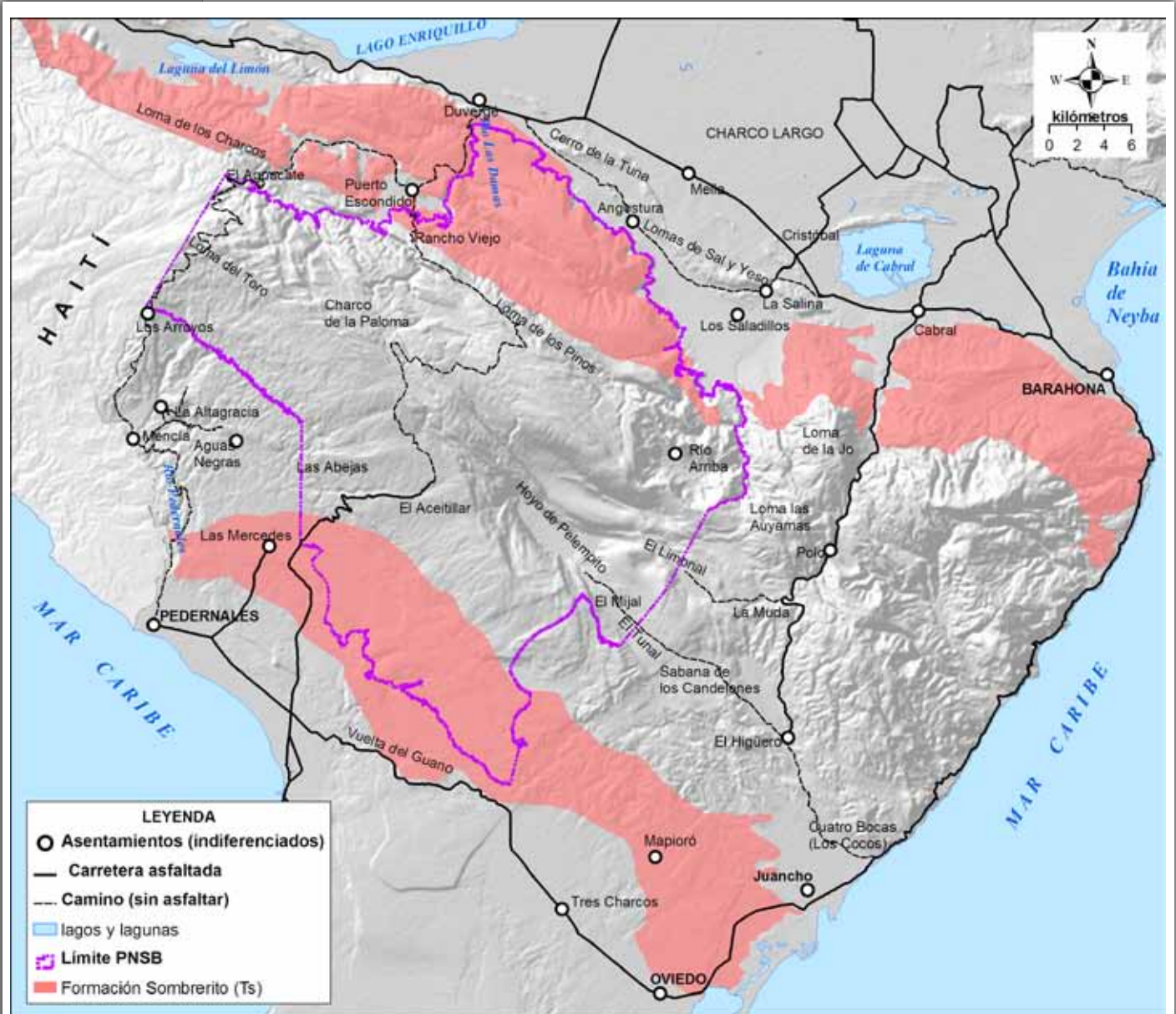


Figura 7-10. Mapa geológico de Mann y otros enfocando la Formación Sombrero (Ts)

un karst de cúpulas en el sector de Loma del Toro-Charco de la Paloma, pasando por un alto grado de karstificación en lapiaz de tubo, así como concentraciones de lateritas bauxíficas empastando clastos centimétricos de caliza, especialmente en la vertiente S. Como se explica en epígrafes subsiguientes, esta distinta respuesta geomorfológica entre vertientes se atribuye a dispositivos estructurales claramente diferenciados.

Durante el Oligoceno la sedimentación es de carácter margoso (principalmente en la vertiente N), cuyas rocas quedan integradas en la Formación Sombrerito (De León, 1989). Recibió este nombre a partir de un informe privado del Dr. Olsson preparado para la Standard Oil Company de Nueva Jersey en 1942. Según De León, se compone de “*estratos delgados de caliza cristalina a margosa, llegando inclusive hasta una facies de tipo arrecifal con innumerables cavidades y restos de conchas [...]. La facies margosa está intercalada con gruesas y delgadas capas de pedernal que oscilan entre 5-15 centímetros de espesor, así como también asociada a grandes concreciones pedernalosas*”. Este autor estima que su espesor máximo es de 1,500 m, situando su edad entre el Eoceno Superior y el Oligoceno.

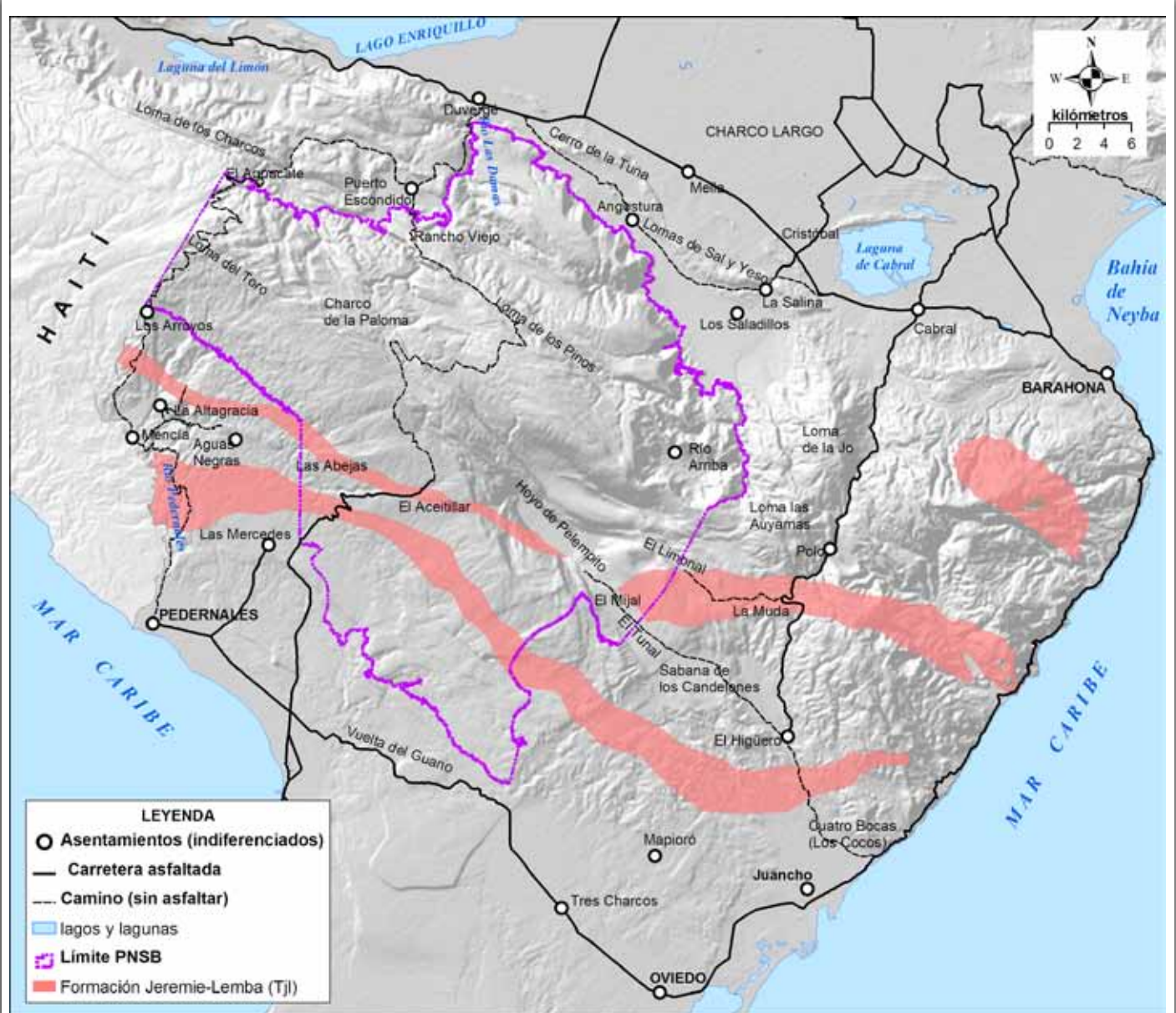
Para DGM-IGU-BGR (1991) el equivalente de dicha Formación es  $\text{tols-tmi}_m$  'cm: “*caliza margosa y marga carbonatada, de color crema a blanco (con pedernal)*” (Figura 7-9). Estos autores sitúan su edad entre el Oligoceno Superior y el Mioceno Medio. A partir de un corte geológico, se estima que su espesor máximo podría alcanzar los 500 m.

Mann y otros (1991) reconocen también la existencia de la Formación Sombrerito, pero con composición y distribución distintas a las ya citadas (Figura 7-10). Señalan que Sombrerito está compuesta de caliza pelágica, marga y *debris flows* que contienen materiales de aguas someras. No indican su espesor, pero en un corte geológico se estima que alcanza los 1,000 m, y la sitúan cronológicamente en el Mioceno.



**Figura 7-11. Caliza margosa, compacta, de fractura subconcoidea a concoidea, con textura granulada en el interior y masiva en el exterior. La porción interior presenta puntos milimétricos grises y negros, así como manchas milimétricas ocre. La parte exterior, color beige, suave al tacto, manchas lineares oscuras, más endurecida y mayor compacidad (JRMB, mayo 2004)**

De León y DGM-IGU-BGR la sitúan generalmente al N de la Sierra, desde los 50 hasta los 1,000 m, organizada en una banda con disposición NO-SE y una anchura máxima de 12 km en dirección SO-NE. Aflora desde Malpasse-Jimaní por el O (frontera Domínico-Haitiana) hasta Las Balizas por el E (costa oriental de la Sierra de Bahoruco). Existen algunos afloramientos dispersos por el sector SE del Bahoruco Oriental en Villa Nizao, El



**Figura 7-12. Mapa geológico de Mann, donde se muestra la distribución de la Formación Jeremie-Lemba (Tjl)**

Higüero y la Colonia (de Juancho). Mann y otros (1991) la reportan también en la vertiente S de la Sierra de Bahoruco, integrando a esta las calizas Miocenas "Pedernales" (citadas en epígrafes subsiguientes), presentes en la vertiente S de la Sierra.

Por lo tanto, se advierten las diferencias entre autores respecto de su distribución espacial, espesor máximo y edad. Sin embargo, hay coincidencias en cuanto al tipo de materiales (al menos en la facies margosa) que la componen y su distribución en la vertiente N de la Sierra. A partir de observaciones de campo realizadas durante esta tesis, **se ratifica la existencia de Sombrerito como calizas margosas y margas propiamente (Figura 7-11), siguiendo la descripción general aportada por De León (1989).** Además, dado que su modelado ocurre en el Neógeno, **la sedimentación de las mismas debió ser el Oligoceno, quizá extendida hasta el Mioceno Inferior, pero esta última facies no parece ser aflorante ni haber experimentado modelado.** A efectos de esta tesis, la Formación Sombrerito corresponde al Oligoceno-¿Mioceno Superior? y se describe como: estratos delgados de caliza cristalina a margosa, compacta, de textura masiva, crema a blanca, con puntos milimétricos oscuros, manchas ocre y restos de sulfuros alterados, ligeramente fosilífera, de fractura subconcoidea a concoidea. Ocasionalmente se observan clastos con una corona externa de alteración de tamaño variable (en torno a 20%-40% del volumen), presentando una textura masiva, de color crema puro, suave al tacto, con manchas lineares oscuras. Se intercalan capas de pedernal (5 a 15 centímetros) y grandes concreciones pedernalosas en forma de nódulos. La facies cristalina es más blanca que crema y en ella se reportan concentraciones locales entrelazadas de cristales de calcita.

Estratigráficamente Sombrerito se dispone en bancos de espesor delgado, centimétrico a decimétrico, mayormente subverticalizados o inclinados. En determinadas localidades, como El Higüero, los estratos afloran sin basculamiento alguno, mientras que en una transversal S-N, por la carretera que conecta dicha localidad con Polo, su inclinación se vuelve pronunciada.

También en el Oligoceno, en este caso el Superior, se sitúa la formación Lemba. Inicialmente fue descrita por Dohm en 1942. Según De León (1989), aflora al E y al S de la localidad a la que debe su nombre, situada en el límite septentrional de la depresión Los Saladillos. Está compuesta de "calizas cretosas, blancas, de compactas a blandas y muy bien estratificadas". Su espesor máximo es de 300 m. Los estratos están basculados con buzamientos desde "muy empinados hacia el N hasta casi verticales", con dirección N 55° O. Confrontando estos datos con los de Bizon y otros (en Masclé, 1985), se confirma que existen facies cretosas del Oligoceno Medio y Superior en Haití. Aunque los afloramientos de esta formación son escasos, y los mismos han sido reconocidos en visitas de campo, dada la naturaleza y el ámbito territorial de la presente tesis, no se le tratará en detalle.

Mann y otros (1991) proponen que "Lemba" es una formación del Oligoceno Medio al Superior, asociada con "Jeremie", descrita por Maurasse (en Mascle, 1985) en Haití, y a la que designan como "Jeremie-Lemba" (Figura 7-12). Según los autores se compone de *"creta, blanca a rosada, con finas capas de sílex"*. No se discute en esta tesis la pertinencia o no de asociar ambas formaciones, aunque sí resulta pertinente valorar la distribución propuesta por los autores, quienes la sitúan en la vertiente S de la Sierra, dispuesta a modo de 3 bandas de anchuras variables y de dirección NO-SE en los siguientes sectores: 1) la más septentrional, que se extiende desde Bodaries (en Haití), hasta el límite meridional del Hoyo de Pelempito (en Sierra de Bahoruco central), con una longitud aproximada de 50 km y una anchura promedio de 1 km; 2) la intermedia, que se prolonga desde el límite N de la depresión El Tunal (en Sierra de Bahoruco central) hasta las proximidades de Paraíso, con una longitud aproximada de 30 km y una anchura media de 2.5 km; 3) la más meridional, que aflora en la localidad haitiana de Pointe Á Lagène hasta las lomas próximas a Enriquillo (costa oriental de la Sierra), con una longitud aproximada de 70 km y una anchura media de 3 km. Mediante análisis geomorfológico y fotointerpretación, así como utilizando observaciones de campo, se descarta la existencia de estas "bandas" al S de la Sierra. No existen resaltes geomorfológicos singulares ni específicos sobre la distribución cartografiada en el mapa presentado por los autores, por lo que, a efectos de esta tesis, sólo se considerará que existe la formación Lemba, restringida a los escasos afloramientos descritos y cartografiados por De León (1989), y asumiendo que su composición es *"calizas cretosas, blancas, de compactas a blandas y muy bien estratificadas"*.

### Neógeno

La primera formación del Mioceno es "Pedernales", designada por primera vez como tal por De León (1989). Según este autor, se compone de *"calizas compactas, de rosadas a rojizas, muy bien estratificadas y de textura cristalina a litográfica que afloran a lo largo del talud sur de la Sierra de Bahoruco, desde Pedernales hasta la Laguna de Oviedo"*. Aflora entre los 0 y los 500 m, y se reporta también en la Isla Beata. A partir de un análisis micropaleontológico de muestras Corallíneas, el autor asegura que el medio sedimentario debió ser una plataforma abierta poco profunda. Indica que su espesor debe ser de 225 m. El autor añade que, por debajo de esta profundidad, en pozos de agua perforados por la Alcoa Exploration Company, yace la Formación Sombrerito, y sugiere que su edad quizá abarca desde el Oligoceno al Mioceno.

DGM-IGU-BGR (1991) indican que los materiales que De León denomina Pedernales son equivalentes a una *"caliza cárstica de color rojiza, con ocurrencia de caliza blanca subordinada, facies nerítica"*, designados



como tmi'c. Su espesor, estimado a partir de corte geológico, es de unos 400 m. Su edad corresponde al Mioceno. La mancha cartográfica concuerda con la propuesta por De León.

Mann y otros (1991) no creen que los materiales de este sector tengan entidad como separarlos de Sombrerito (la cual, como ya se ha indicado, la asignan al Mioceno), señalando que estas calizas de la vertiente S pertenecen a dicha formación.

Todos los autores proponen que estos materiales pertenecen al Mioceno. Sin embargo, tal y como ya se ha comentado, se advierte que existen diferencias sensibles en cuanto a qué formación pertenecen las referidas calizas rojizas. A partir de observaciones de campo colectadas durante esta tesis, se ha comprobado que existen diferencias significativas entre los materiales clasificados como Sombrerito y Pedernales. Tales diferencias se resumen a continuación: 1) Sombrerito es Oligocena, mientras que Pedernales se vincula al Mioceno, lo cual se deduce por la síntesis evolutiva del relieve, descrita en epígrafes subsiguientes; 2) los materiales clasificados por De León como "Pedernales" tienen pocas facies margosas.

No es objeto de esta tesis segregar formaciones, aunque sí interesa poner de manifiesto las sensibles diferencias entre ambos materiales, especialmente en lo referente a su respuesta geomorfológica. Por lo tanto, se seguirá la denominación propuesta por De León (1989), asumiendo que la formación Pedernales existe. Dado que se han colectado abundantes datos de campo sobre la misma, a continuación se presenta una descripción enriquecida: "Pedernales es una caliza rosada a rojiza, ocasionalmente blanca, de textura masiva, cristalina a margosa, con escasos fósiles visibles a simple vista, alta concentración de diaclasas a través de las cuales penetra la corrosión kárstica, formando pozas alteración y rellenas con lateritas de dos tipos (según su coloración). Esta caliza presenta concentraciones locales de sílice marrón, tanto en forma nodulosa como linealmente a lo largo de fracturas". Es una caliza muy bien estratificada en espesores muy variables, desde el orden centimétrico al métrico. Generalmente, sus estratos muestran una disposición horizontal y subhorizontal. Sólo en algunos sectores se observan estructuras plegadas o basculadas, concretamente al S de Las Mercedes y en los alrededores de Loma Toussaint.

En cuanto a su distribución, la facies rosada a rojiza, dominante en el conjunto, aflora mayoritariamente hacia Las Mercedes y al N de la carretera que comunica a Oviedo y Pedernales. La facies blanca aflora en algunos sectores del S y presenta un carácter más fosilífero, con huecos de medio centímetro de diámetro, ocasionalmente recristalizados

con calcita. Su contenido en óxido férrico es menor, lo cual justifica su menor coloración rojiza.

Ocasionalmente, se observa en distintos sectores al S de la cantera de Las Mercedes una facies brechosa de clastos angulosos pertenecientes

a la caliza Neyba, probablemente procedentes del pedimento El Aceitillar, y empastados en una matriz rosada (Figura 7-13). Bloques de esta brecha están cortados por diaclasas que han sido posteriormente colmatadas por depósitos bauxíticos, lo cual debe interpretarse como una fase de destrucción del relieve del entorno de El Aceitillar y que, una vez arrastrados y depositados sobre Pedernales, han sido nuevamente sometidos a los esfuerzos y el modelado que afectaron a esta última formación.



**Figura 7-13. Facies brechosa de la caliza Pedernales, compuesta de clastos angulosos y redondeados, de tamaño centimétrico, de caliza margosa en matriz rosada, karstificada en lapiaz de tubo, al cual se ha adosado un manto de alterita alóctona (masa roja) (JRMB, 27/05/2004)**

Los yacimientos de bauxita de la cantera Las Mercedes descansan sobre el modelado kárstico de grandes dolinas desarrolladas sobre estos materiales. A lo largo de la carretera Cabo Rojo-Las Mercedes se observan abundantes afloramientos de esta caliza, especialmente la facies rojiza. En la carretera Oviedo-Pedernales, en el tramo comprendido entre el Cerro de Sansón y el cruce de Cabo Rojo, se puede observar la facies blanca.

Otra formación que algunos autores incluyen en el Neógeno es "Río Arriba". Llinás (1972) la describe como "*calizas cristalinas, calizas margosas y margas, asociadas con interestratos de arcillas calcáreas, areniscas amarillentas, conglomerados calcáreos y pedernal*". Aflora a lo largo de la margen izquierda del cauce del río Arriba, a unos 9 km al SO de la localidad La Salina. Estos materiales fueron asignados al Cretáceo

Superior por Llinás en su trabajo de 1972 (ratificado a su vez por Mann y otros, 1991), pero De León (1989) los sitúa en el Mioceno inferior a partir de análisis micropaleontológico.

Tal y como se indicó en el apartado dedicado al Cretáceo, las observaciones de campo realizadas durante esta tesis no aportan datos concluyentes que ayuden a esclarecer la cronología apropiada de esta formación, por lo que se recomienda profundizar en investigaciones geológicas y paleontológicas más detalladas. Sin embargo, por el alto grado de deformación al que están sometidos sus materiales, así como por la ausencia de modelado, se sugiere nuevamente una edad Cretácea para los mismos.

Además, cabe señalar que si estuviesen biselados por superficies antiguas constituirían, junto a los conglomerados basales de la comunidad de Bahoruco, los relieves más antiguos de la Sierra. Esta hipótesis concuerda con las observaciones hechas por distintos autores en Haití, donde sí se han detectado importantes vestigios de relieves del Cretáceo y el Paleoceno. Sin embargo, no se han observado indicios de modelado en recorridos desde la depresión Río Arriba hasta el abanico de Los Saladillos.

La formación Angostura es la siguiente en orden cronológico. De León (1989) la sitúa en el Mioceno Superior, compuesta “*por estratos dislocados de yeso color blanco a verde pálido de hasta 2 m de espesor, interestratificados con capas de shale gris a verdoso y estratos de halita color blanco con espesores variables entre los 50 y los 80 centímetros [...] la asociación de yeso y shale es la más abundante*”. Según el autor, esta Formación aflora a todo lo largo del anticlinal de la Loma de Sal y Yeso (límite septentrional de la depresión Los Saladillos), en los Cerros de Cristóbal (N de Laguna de Cabral). El autor la dibuja en su corte geológico con un espesor variable entre 400 y 1,850 m.

DGM-IGU-BGR (1991) designan estos materiales como *tpl'MI-ev*: “*molsa marina, facies evaporíticas (yeso, sal de roca)*”, y los sitúan cronológicamente en el Plioceno. Su distribución coincide plenamente con la propuesta por De León (1989), el anticlinal de la Loma de Sal y Yeso y los Cerros de Cristóbal, así como en el sector meridional de la Sierra Martín García (al E de Canoa). Asignan un espesor mínimo de 500 m.

Mann y otros (1991) describen también la formación Angostura, en los mismos términos que De León: “*yeso, halita, mudstone físil negro y limolita*”, de edad Plioceno inferior, y sin indicarse espesor. La distribución de su afloramiento sigue lo indicado previamente por los demás autores, pero se añade un afloramiento adicional en la charnela del anticlinal del Cerro Charabusal.

Las distintas fuentes refieren los mismos materiales con edades diferentes. Para De León se trata de rocas del Mioceno Superior, mientras que para Mann y otros, así como también para DGM-IGU-BGR, son del Plioceno Inferior (no se especifica qué piso). A efectos de esta tesis y, según los datos de campo colectados, se asumirá una edad Mioceno Superior-Plioceno Inferior, dado el grado de plegamiento y arrasamiento que presentan los materiales. Igualmente, se ratifica la existencia de Angostura con la siguiente descripción: "estratos de yeso color blanco a verde pálido de hasta 2 m de espesor, interestratificados con capas de mudstone gris a verdoso y limolita, y ocurrencia de estratos de halita color blanco con espesores variables entre los 50 y 80 centímetros". Su distribución coincide con la propuesta por todos los autores.

Otras dos formaciones, predominantemente areniscosas e incluidas en el Neógeno, son referidas por todas las fuentes citadas aunque con diferencias respecto de su distribución. Se trata de "Las Salinas" y "Arroyo Blanco".

La formación Las Salinas fue designada como tal por primera vez por Cooke (en Vaughan, 1921). Mann y otros (1991) la caracterizan como "limolita, arenisca, coquina y conglomerado con clastos de caliza y coral", situándola cronológicamente en el Plioceno, con un espesor de 2,000 m. En la cartografía adjunta representan dos grandes sectores de afloramiento repartidos al E y O, respectivamente, del piedemonte septentrional de la Sierra de Bahoruco: el primero se observa en la vertiente NE de la Loma de Sal y Yeso, al O de localidad La Salina (la mayoría de los autores utiliza este topónimo en plural), Cerros de Cristóbal, vertiente N del Cerro Charabuscá y Cerro de la Tuna; el segundo, al O del piedemonte septentrional de la Sierra de Bahoruco, entre Duvergé y El Cantón, borde O de la loma Juan Ciprián y la Loma del Derrico.

Sobre la formación Arroyo Blanco, estos autores reconocen su existencia en la sierra de Bahoruco, pero sólo en el contacto con la Hoya de Enriquillo, específicamente en la laguna de Limón, así como en el piedemonte de la sierra de Neyba. La describen como arenisca de aguas marinas someras, limonita, conglomerado y yeso. Le asignan una edad Pliocena.

Por otra parte, De León (1989) difiere de Mann y otros (1991) en cuanto a la distribución y cronología de estas formaciones. Cronológicamente afirma que "Las Salinas" pertenece al Mioceno Superior-Plioceno, y está constituida por areniscas rojas muy bien estratificadas y a veces pobremente cementadas, junto a conglomerados finos, calizas fosilíferas, coquinas y shale gris. Coincide en asignarle 2,000 m de espesor, interpretación construida a partir de perforaciones y registros sísmicos. Indica que su afloramiento tipo está al NO de la Loma de Sal y Yeso, afirmando

que es el único sector donde puede observarse, lo cual contradice la distribución planteada por Mann. De León defiende que algunos afloramientos parecidos a los anteriores, situados en el sector O del piedemonte septentrional de Bahoruco, pertenecen a la Formación Arroyo Blanco y que fecha en el Mioceno Superior. Los caracteriza como “*areniscas grises pobremente cementadas, interestratificadas con capas de shale blando a compacto de color amarillento a gris, conglomerados polimícticos rojizos, caliza arrecifal y gruesas capas de yeso (al menos en el entorno del Yaque del Sur en Quita Coraza y Fondo Negro)*”.

Por último DGM-IGU-BGR (1991) agrupan ambos materiales areniscosos distribuidos a lo largo del piedemonte septentrional de Bahoruco (tanto el sector O como el E) a un conjunto denominado tpl'Ml. Según estos autores, su composición es “*caliza arrecifal, arena, conglomerado, etc.: molasa marina, facies litoral (Tipo Arroyo Blanco)*”, y los sitúan cronológicamente en el Plioceno. Esta fuente prefiere no distinguir entre los afloramientos del O y E, respectivamente, del piedemonte septentrional de la Sierra.

Se advierte aquí la divergencia existente entre las fuentes respecto de estos materiales areniscosos del Neógeno. El afloramiento tipo que caracteriza a la formación Arroyo Blanco, según Mann y otros y De León, contiene yesos que no han sido descritos en el interior de la Sierra de Bahoruco, salvo aquellos que están perfectamente integrados dentro de la formación Angostura. Además, Mann y otros han reconstruido secuencias bioestratigráficas que sugieren un medio sedimentario muy distinto al de la formación Arroyo Blanco. Mediante las mismas técnicas advierten que la mayor parte de la formación Las Salinas es Pliocena.

A efectos de la presente tesis se considerarán todos los materiales citados como “molasa marina”. Esta propuesta coincide con lo planteado en el mapa de DGM-IGU-BGR (1991). Asimismo, la edad Pliocena propuesta por Mann y otros (1991) y DGM-IGU-BGR (1991) concuerda con el modelo evolutivo del relieve de la sierra. A efectos de esta tesis, se considerará que todos los materiales no evaporíticos del piedemonte septentrional de la Sierra de Bahoruco son de edad Pliocena y pertenecen a la clave tpl'Ml de DGM-IGU-BGR (1991): “*caliza arrecifal, arena, conglomerado, etc.: molasa marina, facies litoral*”. De esta distribución se excluye la formación Jimaní, la cual se describe a continuación.

Jimaní fue descrita inicialmente por Olsson (en Mann y otros, 1991) y propuso un afloramiento al N de la localidad fronteriza homónima para situar su perfil tipo. Aflora también en la Loma del Derrico y ha sido descrita por Mann y otros (1991) como “*caliza fosilífera granular y coquina, con conglomerados menores y mudstone, argilitas intercaladas, limolita*”.

calcárea y arenisca", con un espesor de unos 125 m. A partir de interpretación bioestratigráfica la sitúan en el Pleistoceno, aunque reconocen que el tramo basal podría pertenecer al Plioceno.

De León (1989) coincide en cuanto a la descripción litológica: "caliza fosilífera, coquina, limolita amarillenta, shale, arenisca, caliza margosa y caliza arrecifal". Asigna el mismo espesor que los autores anteriores, pero la sitúa cronológicamente en el Plioceno.

Por último, DGM-IGU-BGR (1991) incluyen estos materiales en lo que denominan tpl'MI, agrupando bajo este nombre a las formaciones Las Salinas y Jimaní.

Dada la importancia de esta formación, por su significación en términos del tránsito Plio-Cuaternario, su situación cronoestratigráfica amerita una reflexión más detallada. En la presente tesis, se asumirá que la base de estos materiales es detrítica y pertenece al Plioceno Superior, mientras que su progresión a techo, más arrecifal, se sitúa en el Pleistoceno. Por lo tanto, su composición es: "caliza fosilífera granular y coquina, con conglomerados menores y mudstone, argilitas intercaladas, limolita calcárea y arenisca".

### **Pliegues y fracturas**

La tectónica Neógena dejó estructuras de dirección predominantemente NO-SE en toda la Sierra (Figura 7-14). Esto aplica a los grandes pliegues y fallas, así como a los pliegues de escala mediana que siguen una dirección ESE-ONO y E-O. Destaca, por su rareza, un conjunto de pliegues en dirección OSO-ENE, sin concordancia alguna con el lineamiento predominante y que afectan sólo a materiales del Paleógeno.

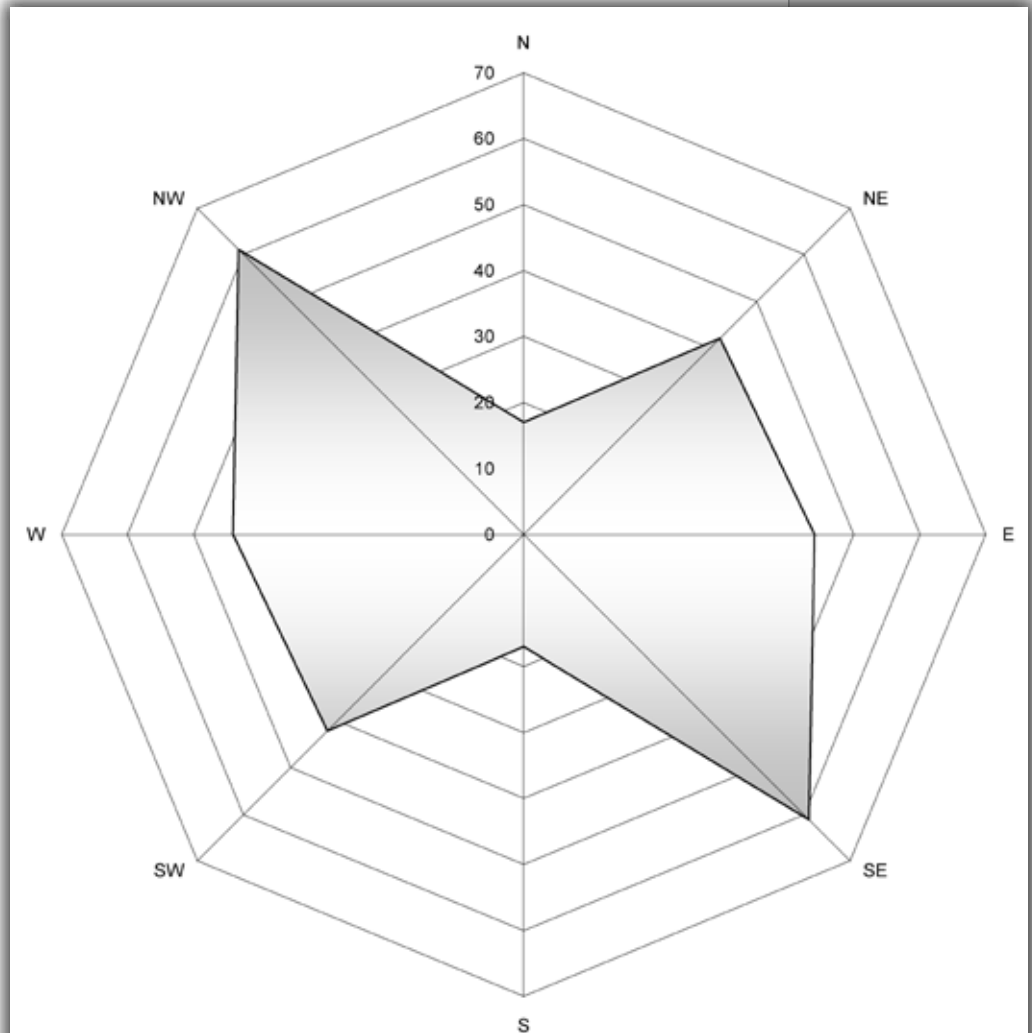
Los materiales del Paleógeno están plegados en dirección predominante NO-SE. Se han conservado mejor los anticlinales que los sinclinales. El más destacado de la Sierra y el PNSB es el anticlinal de la Loma Los Pinos, que atraviesa toda la superficie de la Sierra de Bahoruco de NO a SE, desde Los Patos hasta las inmediaciones de El Aguacate, con casi 55 km a lo largo del eje. Este pliegue deforma las capas de la Formación Neyba y es observable desde el Centro de Visitantes Mirador de Pelem-pito. Sin embargo, las capas de la formación Neyba en los tramos más altos del escarpe que limita la depresión de Río Arriba por el O, buzan hacia el SO en lugar de hacerlo al NE, dado que esta posición corresponde al flanco NE del anticlinal. Podría tratarse de un pliegue asimétrico, o un pliegue-falla.

Otros pliegues destacados son el anticlinal de Monte Palma-Loma de Juan Ciprián, con 30 km de desarrollo, el sinclinal de Loma La Malague-

ta-Los Calimetes-Paraíso, con más de 50 km, y el sinclinal de Maniel Viejo-El Higüero-Enriquillo, todos sobre las calizas margosas de la formación Sombrero. Al N, en el piedemonte de la Sierra, destaca el anticlinal de Lomas de Sal y Yeso que afecta a la formación Angostura, así como la familia de anticlinales-sinclinales del entorno de las Lagunas Limón y Enmedio, que afectan a las molasas pliocenas del borde N. Todos estos pliegues de largo recorrido tienen dirección dominante NO-SE, mientras que los medianos se orientan en dirección ONO-ESE.

El anticlinal de El Aceitillar, cuyo eje atraviesa la localidad del mismo nombre y afecta a las calizas de la formación Neyba, no figura en los trabajos de De León (1989) ni en DGM-IGU-BGR (1991), pero sí en Mann (1991) (Figura 7-15). Este anticlinal no es fácilmente observable en las fotografías aéreas. Sin embargo, aplicando suficiente contraste a una composición en color de una imagen Landsat TM o ETM+ destaca el rumbo de los estratos plegados por este anticlinal. Por eso, en distintos puntos de la carretera Las Mercedes-El Aceitillar, en la cota de los 1,000 m (unos 2 km al Sudoeste del reservorio de agua hoy conocido como "La Charca"), es frecuente observar los estratos buzando hacia el SO.

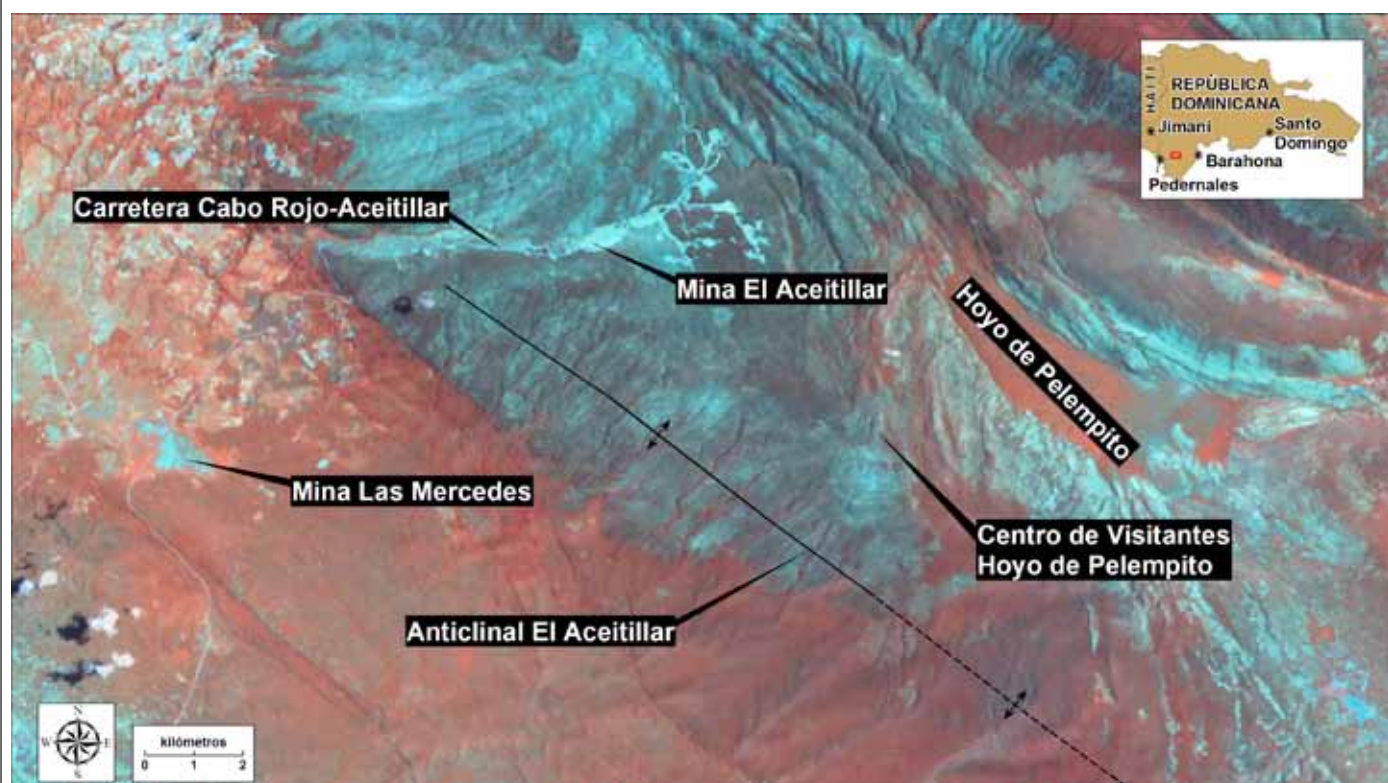
En el entorno próximo al Hoyo de Pelempito destaca otro eje anticlinal, de dimensiones medias, sobre la denominada loma de "Bucán Yamé" o "Del Play", que pliega las calizas de la formación Neyba. Es observable desde el Centro de Visitantes Mirador de Pelempito, dirigiendo la



**Figura 7-14. Diagrama radar ilustrando la frecuencia estadística de las estructuras de la Sierra de Bahoruco (pliegues y fallas) según su dirección (Fuente: elaboración propia a partir de Mann, 1991)**

En el entorno próximo al Hoyo de Pelempito destaca otro eje anticlinal, de dimensiones medias, sobre la denominada loma de "Bucán Yamé" o "Del Play", que pliega las calizas de la formación Neyba. Es observable desde el Centro de Visitantes Mirador de Pelempito, dirigiendo la

vista hacia el NE (Figura 7-16). La vertiente S de esta loma corresponde con el flanco meridional del anticlinal y limita el Hoyo de Pelempito por el NE. La respuesta morfológica de este anticlinal es un *mont* derivado que alcanza los 900 m, con una vertiente pronunciada de más de 500



**Figura 7-15.** Anticlinal de El Aceitillar resaltado en una composición en falso color típico de escena LandSat de 1999. Nótese el “bando” arqueado que sigue la vegetación, que corresponde con estratos de diferente dureza de la Formación Neyba (Composición: JRMB, mayo 2004)

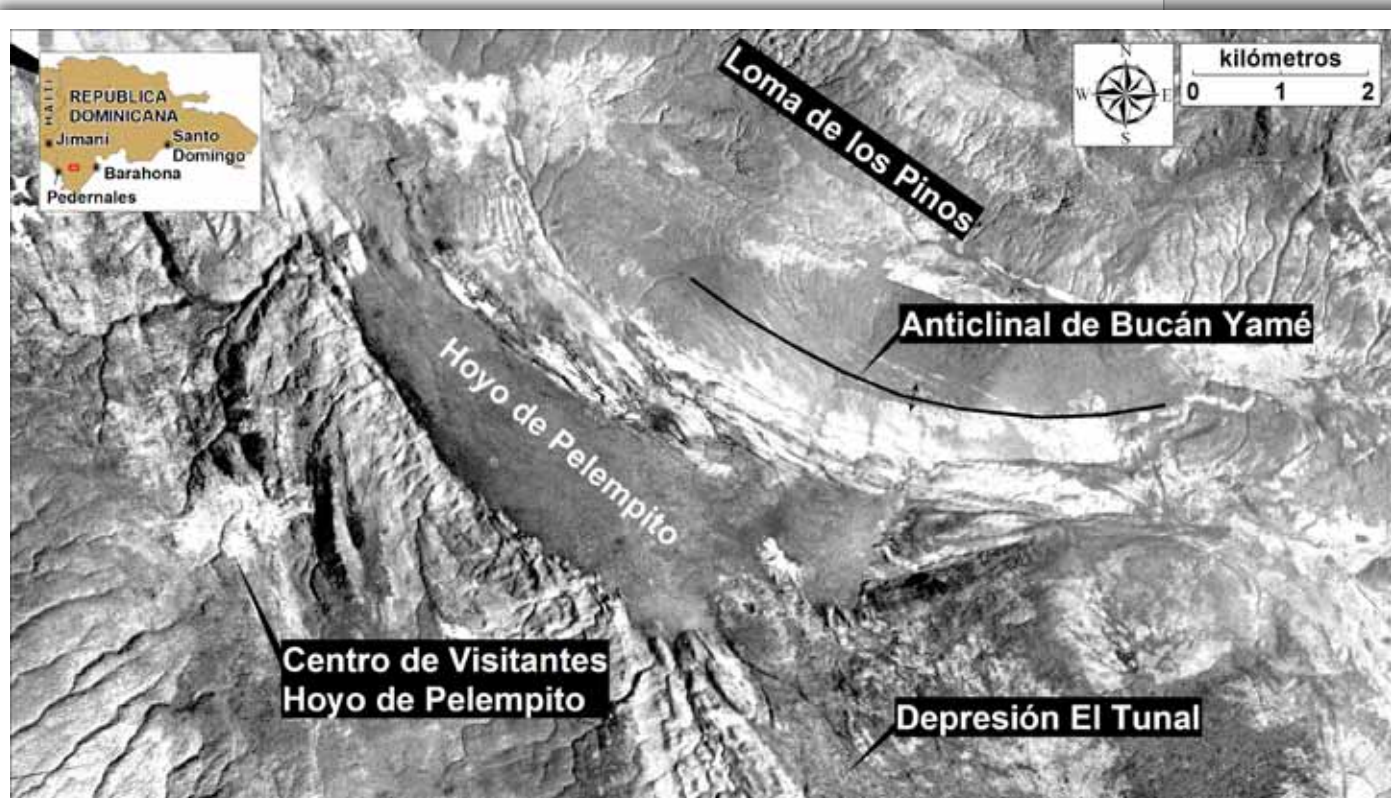
m de desnivel hacia el S, mientras que hacia el N la pendiente es escasa. Algunas peculiaridades lo hacen singular: 1) es asimétrico, con plano axial tumbado hacia el SO; 2) dados los procesos de vertiente más intensos que ocurren en su escarpe SO, los estratos han sido modelados a modo de escalones que se suceden desde la superficie culminante de la loma hasta el fondo del Hoyo de Pelempito, con presencia de *chevrans*.

La loma “Alto de las dos Palmas”, al Norte de la depresión El Tunal, está igualmente atravesada por un eje anticlinal. Se la puede observar desde el Centro de Visitantes Hoyo de Pelempito, dirigiendo la vista hacia el E franco. Alcanza una altura similar a la loma de Bucán Yamé (aprox. 900 m). Bajo condiciones de tiempo despejado y sin calima se observan otras dos crestas anticlinales al NE del Alto de las dos Palmas. Ambas están niveladas a la misma altura y separan a las depresiones de El Jobal (al S) y El Limonal (al N).



Un eje sinclinal atraviesa las proximidades de la localidad "El Higüero". La charnela no coincide con el talweg y, como generalmente ocurre en estos casos, produce una topografía deprimida rellena de depósitos aluviales provenientes de la intensa actividad morfogénica del entorno. El eje no es observable en campo, pero se puede deducir su presencia porque el buzamiento de los estratos en las proximidades de la carretera El Higüero-Polo se enfrenta al observable desde el camino El Higüero-Los Candelones.

Se advierte en este punto la mayor o menor predisposición al modelado que el plegamiento induce a los materiales de la corteza terrestre para



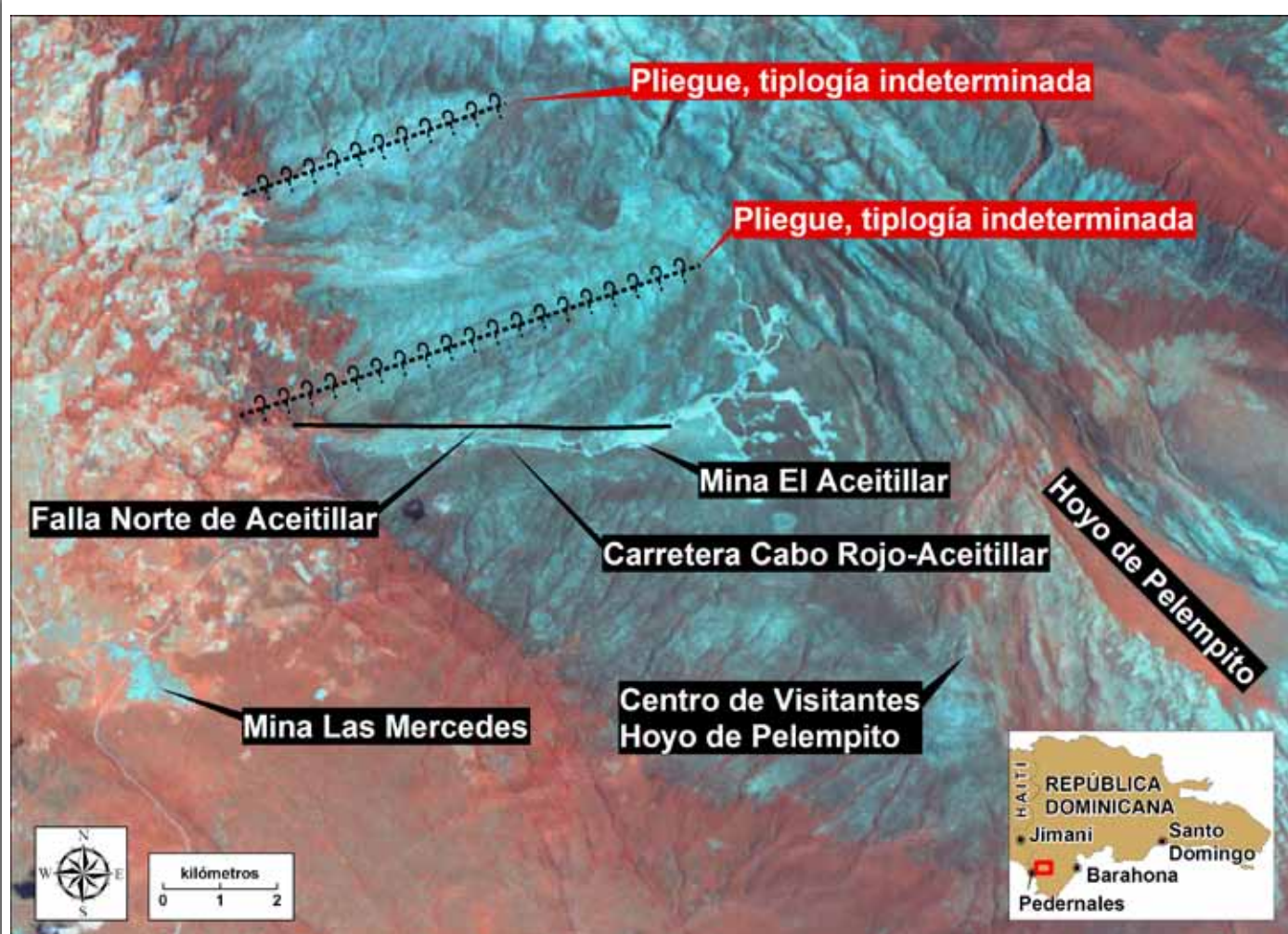
**Figura 7-16.** Anticlinical de Loma Bucán Yamé, resaltado en las fotografías aéreas del Proyecto Marena (1984). Nótese como las barras rocosas (estratos subverticalizados puestos en resalte por erosión diferencial) siguen la dirección del plegamiento (Composición: JRMB, mayo 2004)

su posterior modelado. Los pliegues cambian la geometría de los estratos facilitando o dificultando la acción posterior de la intemperización. Si los estratos quedan dispuestos de manera vertical o subvertical, el agua es capaz de penetrar y corroer la caliza con mucha mayor facilidad que ante un dispositivo horizontal. En los pliegues anticlinales simétricos, dado que la posición de los estratos en su cresta es subhorizontal, la corrosión posterior encuentra una mayor resistencia para penetrar y, por ello, es habitual que las crestas se conserven, aunque generalmente cortadas por una superficie de erosión, como es el caso de las superficies situadas en la Loma Los Pinos, Bucán Yamé, Alto de las dos Palmas

y El Aceitillar. Sin embargo, en el núcleo expuesto de los sinclinales, los estratos se disponen horizontalmente o débilmente inclinados, lo cual dificulta su corrosión y facilita su colmatación.

Por último, como singularidad del plegamiento en Bahoruco Occidental, destaca el conjunto de pliegues inferidos de "Los Güiritos" (al N de Las Abejas y O de El Aceitillar; ver Figura 7-17), los cuales, de ser comprobados con datos de campo posteriores, constituirían las únicas estructuras plegadas con eje de dirección OSO-ENE detectadas a la fecha en la Sierra de Bahoruco.

No se ha podido establecer en campo si se trata de pliegues sinclinales o anticlinales, o de una sucesión de estos. Sin embargo, el modelado



**Figura 7-17. Pliegues inferidos de Los Güiritos. Composición en falso color típico de una escena LandSat de 1999, justo al Norte de la mina a cielo abierto El Aceitillar. Destaca el bandeado arqueado de la vegetación, como respuesta al plegamiento de las capas en este sector (Composición: JRMB, mayo 2004)**

observado en campo responde a una sucesión ondulada de relieves elevados y deprimidos, con respuesta sobre la vegetación en forma de

bandas arqueadas. El pinar se concentra en determinadas bandas y se vuelve poco denso en otras, de forma alternante. Se advierte la necesidad de profundizar en el estudio de litoestratigráfico de los materiales plegados, obteniendo información paleontológica que permita establecer su cronología y naturaleza de los pliegues. Es igualmente relevante establecer qué fase tectónica ha plegado estos materiales y por qué su dirección no responde al conjunto de la Sierra.

Por otra parte, hay un amplio grupo de fracturas en la Sierra de Bahoruco, producto de esfuerzos tardíos que actuaron sobre los materiales cuando ya estos no respondieron plásticamente.

Las fallas en Bahoruco están orientadas en dirección NO-SE, similar a los pliegues. Las fallas inversas se sitúan en la vertiente N y NE, mientras que las normales predominan al S y SO, aunque también están presentes en las anteriores. Esto responde a que durante el Neógeno, Bahoruco ha experimentado esfuerzos compresivos por la vertiente N. Estos esfuerzos son la respuesta a la presión ejercida por el desplazamiento del plateau oceánico Jurásico, sobre el cual se apoya la Sierra, contra el resto de La Española, relativamente estática respecto de la primera. Esta interpretación es concordante con el modelo de estructura en flor positiva propuesto recientemente en los trabajos de IGME-BRGM-INYPSA (2004).

La falla inversa más importante es la que atraviesa todo el Bahoruco Occidental en dirección NO-SE, poniendo en contacto las calizas de la formación Neyba con las margosas de la formación Sombrerito. Pasa al S de la Laguna de Limón, Villa Aida, Loma de los Charcos, Puerto Escondido y Monte Palma, así como al N de la Loma Los Pinos y Monte Jota. Un sector donde su escarpe se pronuncia visiblemente es Villa Aida, lugar que es aprovechado por la gaviota denominada “diablofín” o “buzo” (*Pterodroma hasitata*), dado que esta especie requiere amplios roquedos para anidar. El único mapa geológico consultado en el que se clasifica a esta estructura como inversa es el de Mann y otros (1991). El análisis de la geodinámica del Caribe (Masclé, 1984; van den Berghe, 1983) apoya la tipología inversa para esta falla. Asimismo, la interpretación geomorfológica de las superficies corrosivas concuerda con tal tipología.

Esta falla no presenta resaltes geomorfológicos en el Bahoruco Oriental y no figura en ninguno de los mapas geológicos consultados para dicho sector. Este hecho supone una singularidad estructural que distingue a ambos sectores de la Sierra.

Otra falla inversa importante se sitúa al pie de la Sierra, justo en el contacto con el Lago Enriquillo. En este caso, se ponen en contacto materiales de la formación Sombrerito con los depósitos lacustres y aluviales

Cuaternarios. Al igual que en el caso anterior, su desarrollo ha sido cartografiado solo para el Bahoruco Occidental.

Dos fallas normales de amplio recorrido limitan el Hoyo de Pelempito por el NE y SO, cuyo resultado morfológico son sendos escarpes erosivos de inclinaciones contrarias (NE y SO). Las fallas son sub-paralelas de dirección dominante NO-SE, convergentes hacia el NO del Hoyo y divergentes hacia el SE (El Tunal, El Limonal, etc). La zona de convergencia de estas fallas está a unos 12 km al NO del Hoyo.

La falla meridional corta el bloque de El Aceitillar y se prolonga en dirección Noroeste-Sureste desde el punto de convergencia hasta el borde O del abanico aluvial de la localidad de Juancho. El escarpe de esta falla es erosivo en prácticamente todo el recorrido, pero justo al O de la Sabana de los Candelones aflora intacto.

La falla septentrional tiene menos resaltes superficiales. Inicia en el referido punto de convergencia con dirección NO-SE cambiando a dirección O-E hacia el sector de El Limonal. Este cambio hace que ambas fallas se distancien progresivamente hacia el SE. Su escarpe está muy retocado por la corrosión, por lo que no existen reportes a la fecha del mismo en estado original.

Por lo tanto, en el sector del polje de Pelempito actúan dos grandes conjuntos estructurales que convergen hacia el NO en forma de "tijera" y divergen hacia el SE. Esta convergencia-divergencia hace que los materiales se "aprieten" mucho hacia el NO del Hoyo, levantando los bloques. Loma del Toro se localiza en este sistema sobre-elevado. Sin embargo, hacia la zona de divergencia (al SE), el bloque central del Hoyo de Pelempito tiende a desplazarse hacia abajo por la falta de soporte provocada por el alejamiento de los bloques circundantes. La corrosión kárstica y el retranqueo de los escarpes de falla originales actúan incesantemente para expandir lateralmente el fondo de la depresión. Por lo tanto, los escarpes que se observan desde el Centro de Visitantes Mirador de Pelempito no son los planos de falla originales y, además, se confirma que las fallas son de tipo normal, por lo que el polje se inscribe en un pequeño graben.

Existe además un sistema perpendicular al lineamiento general, de dirección SO-NE, compuesto por fallas, de menor longitud, que compartimentan aun más los bloques de la Sierra, en especial el Hoyo de Pelempito, favoreciendo que éste se convierta en una depresión obturada o endorreica. Es común observar encharcamiento en el Hoyo tras precipitaciones intensas.

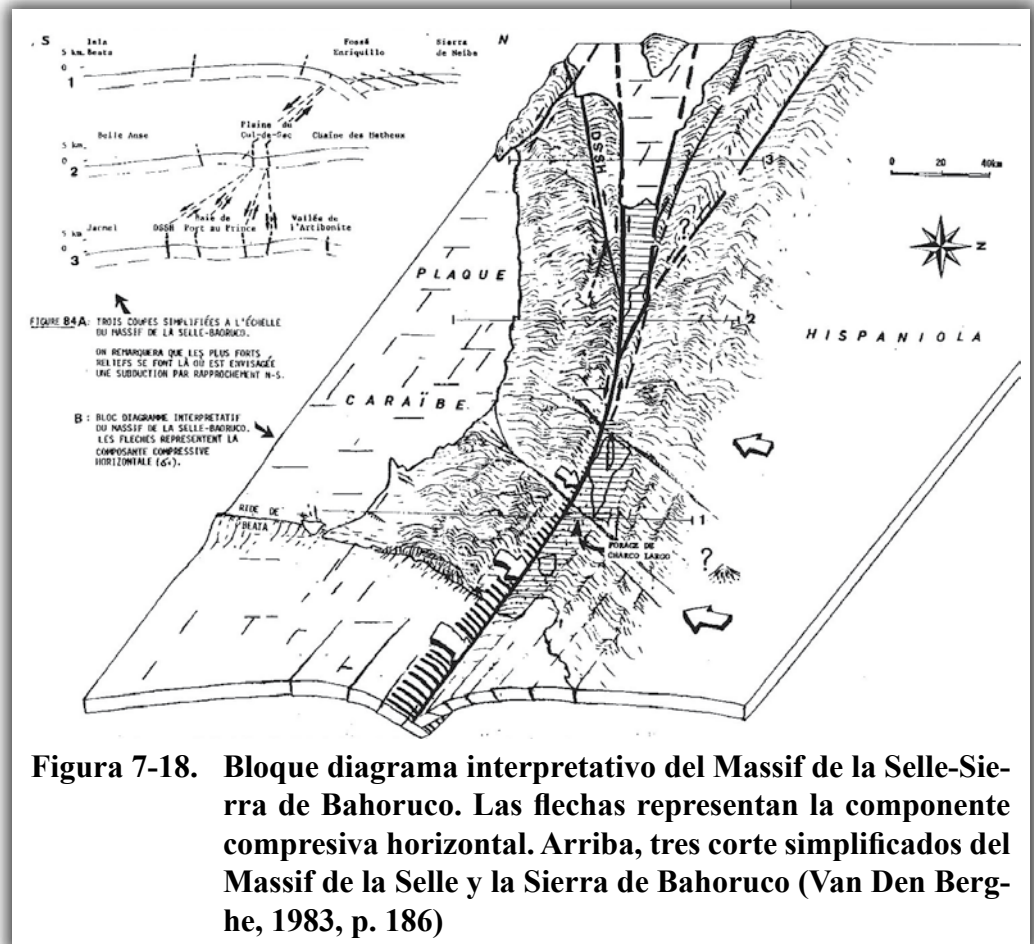
Otra falla normal a destacar es la de "Las Mercedes", que se sitúa a unos 5 km al NE de la cantera de bauxita y separa las calizas de

las Formaciones Neyba y Pedernales. Se trata de una estructura de especial interés geomorfológico y minero, dado que al S se produce un basculamiento hacia el NE del bloque de Las Mercedes, permitiendo la acumulación de grandes masas de bauxitas provenientes de niveles superiores.

Como colofón al sistema de fallas, se advierte que Bahoruco ha experimentado esfuerzos compresivos por el N, mientras que por el S los esfuerzos han sido tensionales, lo cual explica la presencia de fallas inversas y normales, respectivamente, en cada una de estas vertientes.

### **Modelo geológico y morfoestructural: convergencia entre estructuras geológicas y caracterización geomorfológica**

La sierra de Bahoruco ha tenido distintas interpretaciones geológicas a lo largo de su estudio. Una de las primeras descripciones modernas de Bahoruco se encuentra en el trabajo de Vaughan y otros (1922), llevado a cabo en 1919, particularmente en el capítulo de la "Geología de las provincias de Barahona y Azua" por Condit y Ross. Estos autores describen "la sierra de Bahoruco al Sur de Duvergé" como "escabrosa y se levanta hasta una altura de 1700 m por el lado del s de la Hoya de Enriquillo" (p. 240), constituida por calizas del Mioceno antiguo y Oligoceno reciente (p. 241), organizada estructuralmente en anticlinales y sinclinales.



**Figura 7-18. Bloque diagrama interpretativo del Massif de la Selle-Sierra de Bahoruco. Las flechas representan la componente compresiva horizontal. Arriba, tres corte simplificados del Massif de la Selle y la Sierra de Bahoruco (Van Den Berghe, 1983, p. 186)**

Por su parte, Cucurullo (1949), primer geomorfólogo dominicano, planteaba que el macizo respondía a un sistema de fallas conjugadas levantando uno o varios bloques diferencialmente hasta configurar un horst o pilar tectónico.

A partir de la década de los 80, se llevan a cabo las interpretaciones geodinámicas que conducen a la interpretación actual, haciendo interferir la tectónica de placas con la morfoestructura regional.

En primer lugar se lleva a cabo la tesis de tercer ciclo de Bertrand Van Den Berghe (1983) en la que se propone una interpretación del conjunto de la Sierra de Bahoruco-Hoya de Enriquillo-Dorsal de Beata, mediante la aproximación de las placas del Caribe y Norteamericana y “pseudo-subducción inducida” de la primera debajo de la segunda, dando lugar a una estructura de desgarre sinistral a la largo de fallas en “silla de caballo” al O de la Hoya (Figura 7-18). En la sierra los esfuerzos se traducen en fallas normales de dirección N30°, citadas por el autor como fracturas recientes y visibles en las fotografías aéreas, que propician una fracturación distensiva típica de “tecla de piano” (p. 187).

Posteriormente De León (1989) interpreta el conjunto sierra de Bahoruco-Hoya de Enriquillo como “la tectónica más compleja de todo el país” (p. 57) un sistema pilar tectónico (*horst*)-fosa tectónica (*graben*) con gran profusión de fallas normales y de corrimientos, la gran mayoría con orientación

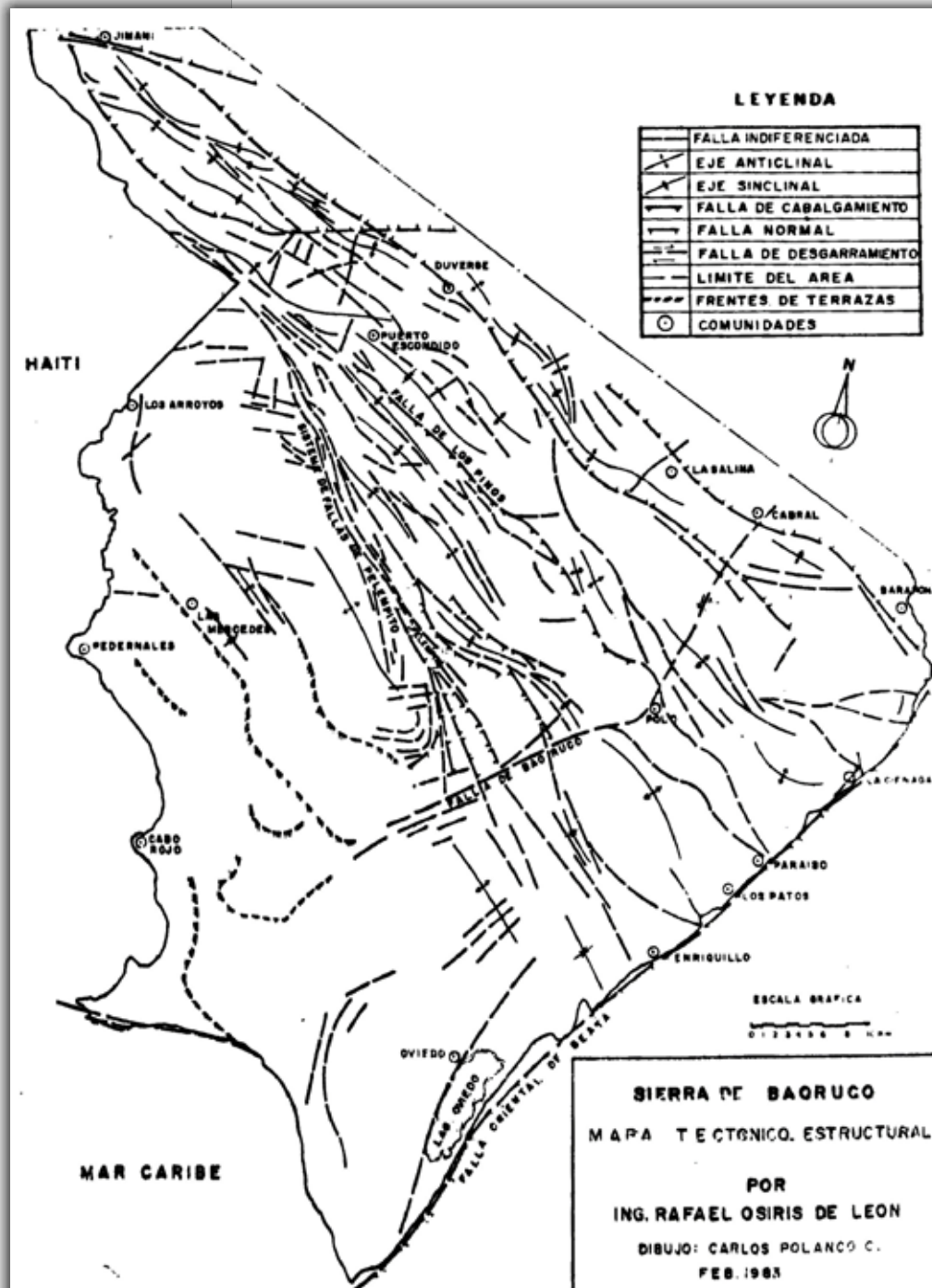


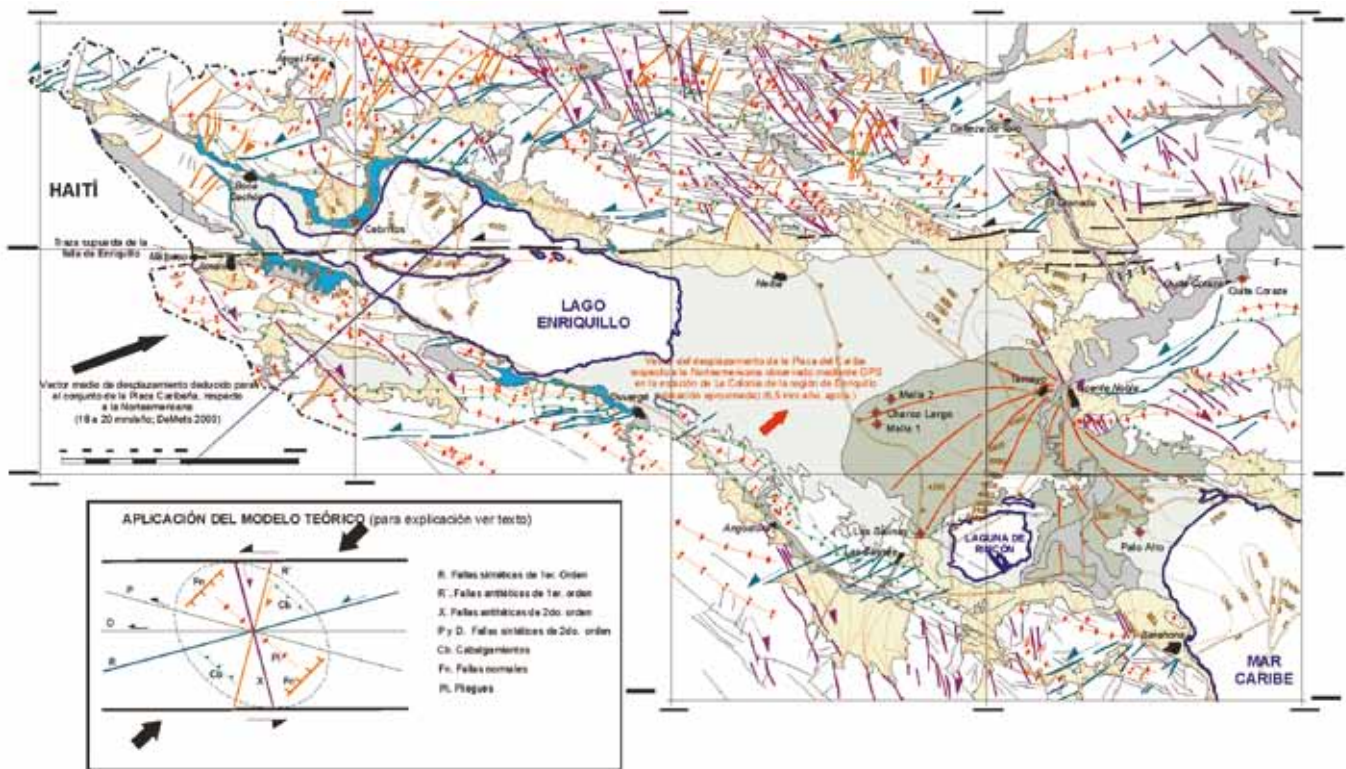
Figura 7-19. Mapa tectónico-estructural de la sierra de Bahoruco (Composición: De León, 1989)

ma pilar tectónico (*horst*)-fosa tectónica (*graben*) con gran profusión de fallas normales y de corrimientos, la gran mayoría con orientación

N 60° O, todo ello procedente de “una zona de interacción entre dos grandes macizos, o bien dos microplacas dentro de la placa del Caribe, una de las cuales sería la propia Sierra de Bahoruco” (p.66; Figura 7-19).

En 1991, Mann y otros proponen un modelo tectónico de “valle de rampa” (*ramp valley*) para la Hoya de Enriquillo, en contraposición al modelo de hundimiento asimilado a *graben* o fosa tectónica (reconocido por Mann como *rift valley*). En tal sentido, los autores se centran en demostrar que las fallas que orlan a la Hoya son de tipo inversas, una de las cuales levanta la propia sierra de Bahoruco.

Finalmente en los últimos años, se ha completado un modelo tectónico complejo que implica fases de arco de isla, rifting y subsidencia y, por



**Figura 7-20. Esquema estructural de la Sierra de Neyba, vertiente Norte de la Sierra de Bahoruco y cuenca de Enriquillo (IGME-BRGM-INYPSA, 2004, p. 49)**

último, sistemas de fallas *strike slip*, fallas inversas y pliegues afectados por una red de fallas y cabalgamientos, todo ello implicando el N de la región Caribe (Jamaica y La Española).

El Proyecto de Cartografía Geotemática, hoja de Jimaní (5871-III) (Consortio IGME-BRGM-INYPSA, 2004), construye un modelo teórico de cizalla regional constreñido entre los desplazamientos de la placa Caribeña y la Norteamericana que provoca la conjunción de fallas sintéticas, antitéticas, normales, cabalgamientos y pliegues. En tal sentido, la Sierra de

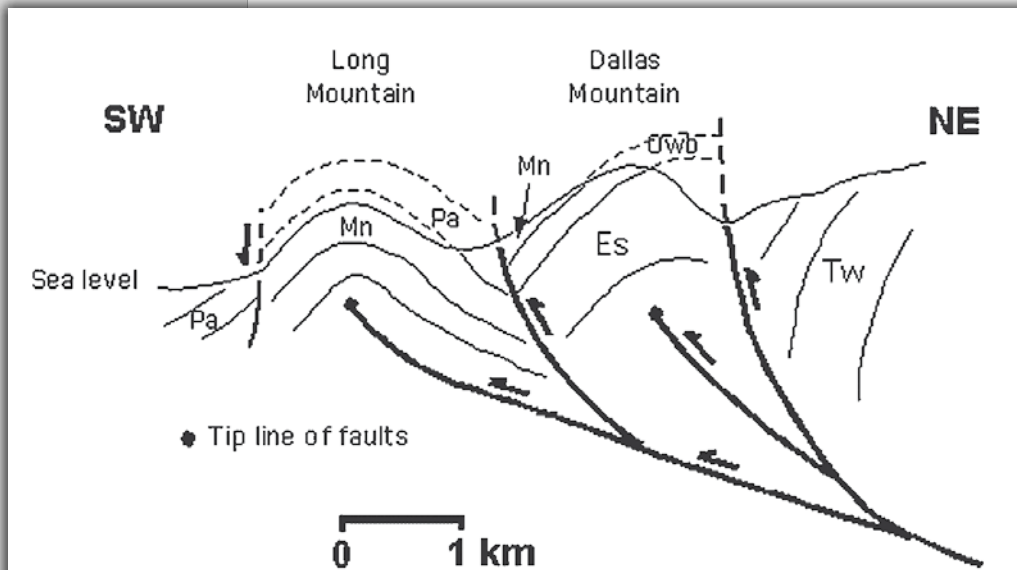
Bahoruco es un antiforme en “flor positiva”, fracturado por fallas inversas en la vertiente N y fallas normales en la S, cuya génesis se vincula a la transpresión generada por el movimiento oblicuo entre la plataforma oceánica del Caribe y el resto del arco singular de La Española (Figura 7-20). Este movimiento se desarrolla a lo largo de la falla transcurrente sinistral de Enriquillo, emplazada sobre la cuenca homónima.

Por último Draper (2008) centrado en las estructuras tectónicas de Jamaica, un sistema geológico que prolonga las estructuras de Bahoruco,

pone de manifiesto el cambio tectónico que se produce entre el Paleógeno y el Neógeno con el desarrollo de unas estructuras activas de *strike slip* y red de fallas de cabalgamiento ramificadas (*thrust fault branching*) que, como en el caso de Bahoruco, persisten hasta la actualidad (Figura 7-21). El resultado proporciona un estilo regional de tectónica en fichas de dominó con rotación antihoraria (*domino-tectonics* o *domino blocks*, p. 569).

Para Draper (2008) esta hipótesis no es una alternativa al modelo de Mann, sino más bien un detalle estructural dentro de dicho esquema.

La manifestación geomorfológica del modelo morfoestructural obtenida a través del levantamiento de la cartografía geomorfológica de esta tesis, resalta los siguientes elementos: 1) la sierra de Bahoruco es una unidad morfoestructural sobre-elevada con un dispositivo de bóveda culminante y vertientes disimétricas que ascienden por el S en forma de graderías y, por el N, de forma abrupta con grandes escarpes; 2) que existe una tectónica muy activa con alternancia de fases, que comienza antes del Neógeno, se reactiva e intensifica durante éste y se prolonga hasta la actualidad; 3) que debe existir una tectónica de fractura diferenciada entre la vertiente N y la S; 4) que existe un sistema de fallas normales que tienen una componente transversal a la Sierra (NE-SO) y que favorece el sistema general de cañones; 5) que el sistema de



**Figura 7-21. Esquema geológico en Long Mountain (Jamaica) mostrando el sistema de red de fallas de cabalgamiento (*thrust fault branching*) (Draper, 2008, p. 570). Se advierte el empuje a las bóvedas anticlinales y la laminación de la charnela sinclinal**



pliegues anticlinales tiende a conservar la superficie culminante; 6) que en conjunto se puede identificar una organización del modelado en bandas o bloques longitudinales. Estos seis elementos geomorfológicos generales permiten encuadrar los resultados en los dos últimos modelos propuestos, coincidente tanto con la geo-estructura en "flor positiva" como con la existencia de una posible "tectónica en dominó".

## **Modelado kárstico: formas y síntesis evolutiva**

**La morfología predominante en la Sierra de Bahoruco, dentro del geosistema kárstico de montaña media tropical, es la superficie corrosiva y el pedimento con karst de colinas (*kuppenkarst*, *kegelkarst*), grandes poljes y conos rocosos.**

Además, hay importantes extensiones de karst de plataforma con dolinas circulares al pie de la Sierra de Bahoruco, específicamente en todo el piedemonte S y su prolongación hacia el Parque Nacional Jaragua.

**En República Dominicana, la mejor representación del karst de montaña media tropical se encuentra en la Sierra de Bahoruco.** Es fácilmente observable en las minas a cielo abierto de El Aceitillar y Las Mercedes, así como en sectores de las superficies corrosivas cimeras.

Esta alta representatividad de tipologías y formas kársticas del geosistema Bahoruco-Jaragua, merece especial atención y debería explotarse para destacar su geodiversidad y puesta en valor como georrecurso.

### **Significación geomorfológica de las superficies corrosivas en la evolución del relieve**

**La mayor parte del karst está aplanado por extensas superficies corrosivas Intra- y Fini-Terciarias**, más evidentes en la vertiente S. Se trata de extensos espacios de topografía monótona y repetitiva. **Su modelado despierta un gran interés en al naturalista dominicano**, porque en los macizos montañosos del país predominan, generalmente, las vertientes escarpadas y las elevaciones sobresalientes.

Estas macroformas de modelado constituyen las mejores síntesis de las condiciones paleoambientales del Paleógeno y el Neógeno de toda República Dominicana, dado el buen estado de conservación que el clima tropical de estacionalidad contrastada ha permitido.

**El concepto de superficie aplanada deriva del clásico de superficie de erosión**, el cual designa una superficie plana, bastante amplia, que resulta del arrasamiento de los relieves por la erosión y que puede cortar en bisel las estructuras de las rocas subyacentes, cualesquiera que sean sus durezas

relativas (Foucault y Raoult, 1985). La planitud implica una baja energía del relieve mientras que el arrasamiento incorpora una larga escala temporal.

Las tres opciones clásicas de aplanamientos son: las penillanuras del ciclo de erosión de Davis, la escalera de piedemontes de Pecnk y los pedimentos de King. Las tres siguen explicando hoy en día la evolución del relieve a largo plazo. Sin embargo, recientemente, se han aportado y matizado nuevos métodos e interpretaciones que introducen nuevos elementos en la evolución de los relieves:

1. La posición del nivel de base, el papel de la energía del relieve y de la isostasia (Phillips, 2002 y 2009). Se han introducido nuevas reflexiones sobre el concepto clásico de nivel de base y su papel en la evolución del relieve. Los principales resultados se resumen en que, para la configuración de aplanamientos, debe ser constante la posición relativa del nivel de base, su proximidad a la superficie topográfica aplanada, así como la estabilidad en los procesos de actividad tectónica, biótica y el climática. Estas condiciones de estabilidad permiten el ajuste entre erosión, deposición y adaptación isostásica. Una modelización de este ajuste se ha planteado en el modelo *Landscape Evolution Space* (LES), subrayando a pequeña escala la importancia de la energía del relieve.
2. Sobre las *etchplain* y los mantos de alteración, de Thomas (1979), Migon (2001) y Twidale (2009). Además de los aplanamientos (penillanuras y pedillanuras) como formas de erosión areolar, se desarrollan otros modelados de aplanamiento, derivados de una alteración en el frente basal de meteorización (*etch*), lo que implica la existencia de potentes mantos de alteración con una dinámica heterogénea y singular. A nivel de medios tropicales, los mantos de alteración y particularmente las lateritas en los karsts, implican un cripto-modelado que permite, de una parte, una diversificación de las características geoquímicas y mineralógicas de los mantos, y de otra parte, cuando se produce la exhumación del relieve, una variedad de formas del relieve.
3. La edad de los aplanamientos, particularmente en el dominio tropical. Este es un tema clásico que enfrenta las dataciones relativas con las absolutas (Twidale y Watchman, 2002). Los aplanamientos tropicales sobre zócalos y escudos, se interpretan como muy antiguos. Sin embargo, los ensayos más frecuentes de dataciones absolutas en lateritas caoliníticas han resultado poco significativos cronológicamente. En este particular hay que resaltar las nuevas técnicas de datación aplicadas por Carmo y Vasconcelos (2004) sobre mantos caoliníticos conservados de Brasil, aportando cronologías de 8-10 millones de años, a partir del análisis de Ar/Ar aplicado al K de la generación del *cryptomelane* ( $\text{KMn}_8\text{O}_{16}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ ). No obstante, en los sistemas geomorfológicos con desmantelamiento

de mantos de alteración se sigue evidenciando el problema de si se data la fase de exhumación o la incidencia de la poligénesis.

A partir de esta tesis se ha identificado y cartografiado en la Sierra de Bahoruco un conjunto de aplanamientos interpretados como superficies corrosivas. El modelo de superficie corrosiva constituye un tipo de aplanamiento kárstico (Nicod, 1972; Salomon, 2000) que puede ser parcial (CNRS, 1985) o total. Su génesis está asociada a procesos de oscilación del nivel freático en la zona vadosa alcanzando la superficie. En karst de rocas duras en condiciones tropicales y subtropicales, esta oscilación, cuando es persistente (por ejemplo en condiciones de estabilidad, proximidad del nivel de base y baja energía del relieve), se configuran conos rocosos y grandes poljes. Por otra parte, en las formaciones correlativas conservadas de la evolución del karst de Bahoruco se reconocen procesos de criptocorrosión, de alteración isovolumétrica en mantos de alteración tropical y de bauxitización.

La significación geomorfológica de las superficies corrosivas de la Sierra de Bahoruco, nos está mostrando que existe una evolución bajo condiciones tropicales con desarrollo de aplanamientos, cuya génesis se desarrolla por etapas y está controlada por la fluctuación del nivel de base, que a su vez depende de la variabilidad de la actividad tectónica. En condiciones de estabilidad se potencia la configuración de superficies corrosivas, mientras que en condiciones de actividad tectónica intensa se configuran karst de colinas y se desmantelan los mantos de alteración y las coberteras.

La implicación de la variabilidad de la actividad tectónica, su velocidad y su carácter recurrente en el macizo relativamente joven en términos geológicos, da lugar a un progresivo escalonamiento de niveles de superficies que se aproxima al modelo de *piedmontreppen* de Pecnk.

## **Superficies corrosivas y pedimentos**

### **Las superficies culminantes de Los Pinos y El Aceitillar**

Las superficies corrosivas más importantes **de la Sierra de Bahoruco son “Los Pinos” y “El Aceitillar”, modeladas sobre las calizas de la Formación Neyba**. Por su posición central y amplia extensión se trata, como se ha dicho anteriormente, de dos macroformas emblemáticas del PNSB.

La cota promedio de la superficie Los Pinos es 1800 m. Algunos restos del entorno de la Loma del Toro, se sitúan a más 2300 m, mientras que hacia el E, en Agua de Juancho y en las proximidades de la depresión Río Arriba, se conserva a 1600 m en bloques fracturados. Esta superficie es la más extensa de todo el Bahoruco Occidental, abarcando más de 250 km<sup>2</sup>. En la parte dominicana de la Sierra, **Los Pinos se extiende por todo**

**el Bahoruco Occidental, desde el Aguacate y la Loma del Toro hasta la Loma de los Yabos**, próximo al borde O de la depresión Río Arriba (Figura 7-22). Por el N la superficie queda limitada el escarpe derivado de la falla de los Pinos (1500 m).

Geomorfológicamente, el modelado de esta superficie está constituido por depresiones muy tendidas, de tipo paleo-poljes abiertos la mayoría



**Figura 7-22.** Superficie corrosiva Los Pinos (2200 m) mostrando restos conservados en el horizonte (1) con la topografía alomada propia de este sector, producto del retoque en karst de cúpulas. Las vertientes de enlace con aspecto de vertiente regulada (2) descienden hacia la Sabana de El Alcájé (3), un paleo-polje colgado en la Superficie (JRMB, 06/10/2004)

de las veces, y dolinas estrechas de unas decenas de metros de profundidad, con cúpulas y ocasionalmente conos kársticos. Algunas de las



**Figura 7-23.** Lapiaz de rundkarren exhumado en borde de dolina al pie de la vertiente N de la loma del Toro (2183 m) (R. Cámara, 08/10/2004)

vertientes de enlace con el karst de cúpulas presentan, cuando no están desmanteladas y localmente, aspecto de vertiente regulada. En superficie predomina el lapiaz *rundkarren* exhumado y una abundante presencia de clastos de calizas (Figura 7-23 y Figura 7-24).

Por su parte, la superficie corrosiva El Aceitillar se emplaza entre los 1000 y 1450 m, y a una cota me-

dia de 1250 m. El “Centro de Visitantes Mirador de Pelempito” fue establecido sobre esta superficie. Se distribuye de forma discontinua en dirección NO-SE, y a niveles inferiores que los de la superficie corrosiva Los



**Figura 7-24.** Al fondo en el horizonte, la loma de los Yabos (1800m ) (1) de la superficie corrosiva Los Pinos, vista desde las canteras de El Aceitillar (2) de bauxita. En este sector destaca la topografía plana de la superficie. A esta distancia, se aprecian los canchales (3) que cubren sus vertientes con pinar abierto (JRMB, 06/10/2004)

Pinos. La superficie más continua se prolonga desde Las Abejas hasta la localidad de Los Arroyos, pasando al N de Bella Vista e Higo Grande. Hacia el E esta superficie se presenta escalonada en tres bloques (a 1800, 1600 y 1300 m, respectivamente), de los que el más oriental es el más extenso y en el que se encuentran las bauxitas de El Aceitillar.

**Geológicamente se desarrolla sobre el eje anticlinal homónimo, aunque predomina en su flanco N.** Dicho eje está orientado en dirección NO-SE, a unos 3 km al SO de la cantera de bauxita situada a 1300 m en dicha localidad.



**Figura 7-25.** Canchal cubriendo el depósito correlativo de la Superficie corrosiva El Aceitillar. En detalle, alterita limo-arenosa con pisolitos. Proximidades de loma El Guanito (1580 m) (JRMB, 06/10/2004)

El modelado de la superficie presenta unas pocas cúpulas y dolinas dispersas, así como lapiaz de *rundkarren* y *kluftkarren*, y canchales hacia el enlace con Los Pinos (Figura 7-25 y Figura 7-26).



**Figura 7-26.** Canchal de la superficie El Aceitillar, a 1500 m. (JRMB, 06/10/2004)

**En El Aceitillar esta superficie muestra una alterita masiva limo-arenosa, color 2.5 YR 3/4, con pisolitos de 2 mm de diámetro y manganes.** Geomorfológicamente la alterita progresa lateralmente afectando a la caliza tableada Neyba, dando lugar en el contacto a una alteración pelicular de carácter micrítico. Al N, continuando en la superficie, la alterita tiene un carácter netamente pisolítico, que puede correlacionarse con un modelo de evolución lateral derivado de fluctuaciones del nivel freático (McFarlane, 1983).

Dicha alterita está recubierta, desde 1500 m hasta la loma El Guanito (1600 m), por clastos de caliza de tamaño centimétrico (3 cm) y de bloques (entre 30 cm y 1 m), a veces con restos de la matriz de alteritas infrayacente (Figura 7-27).

Las superficies culminantes de Bajoruco constituyen la unidad geomorfológica más antigua del modelado de la Sierra. Como paisaje geomorfológico domina las cumbres y configura un geosítio de gran valor. Cronológicamente ya se ha indicado la datación relativa de ambas superficies como pre-Neógenas, muy probablemente Fini-Paleógenas. Ambas superficies reflejan por tanto las dos primeras etapas karstogenéticas de la evolución del modelado:

1) en la primera han predominado los procesos de corrosión asociados a la oscilación del nivel freático en la zona vadosa del karst, y por lo tanto con un nivel de base muy próximo a la superficie topográfica. Estas condiciones explican la presencia de morfologías de dolinas, poljes y lapiaz de *rundkarren* sobre la que se ha denominado, en esta tesis, como superficie corrosiva de los Pinos. Se trata de un período de estabilidad tectónica en condiciones paleoclimáticas, tanto de carácter subtropical como tropical de estacionalidad contrastada. 2) En la segunda etapa se activa por primera vez la tectónica de la Sierra, lo que propicia un aumento de la energía del relieve y del gradiente hidráulico vertical, con el consiguiente desarrollo en la superficie



**Figura 7-27. Alterita limo-arenosa con frente micrítico de alteración pelicular afectando a la caliza tableada de Neyba. Recubriendo la formación, depósito de clastos con restos de matriz roja (detalle de canchal), de la superficie corrosiva El Aceitillar. Loma El Guanito (1580 m) (JRMB, 31/08/2002)**

de Los Pinos de un modelado de *kuppen* y *kegelkarst*, así como la configuración de un nuevo nivel de base denominado superficie corrosiva El Aceitillar. Las condiciones geomorfológicas son similares a las de la superficie Los Pinos, si bien se han conservado mantos de alteración *in situ* con pisolitos que han seguido evolucionando propiciando una alteración pelicular micrítica de carácter ferriálfico.

Finalmente, como últimos retoques del modelado de estas superficies, hay que reflejar dos hechos: 1) la compartimentación en bloques del sector oriental de la superficie El Aceitillar a partir de lineamientos estructurales de componente ENE-OSO que podrían corresponder a sistemas de fallas normales; y 2) la exhumación de los lapiazes de esta superficie ha propiciado la desagregación de bloques que pueden estar relacionados con el patrón de fuegos históricos de la Sierra (fogoclastia de Ollier, 1975) y/o con la saturación del *epikarst* y expulsión de clastos subsiguiente.

## Pedimentos

### Pedimento El Aceitillar (vertiente S)



**Figura 7-28.** Pedimento El Aceitillar con vertiente de enlace y superficie pediplanada, destacando en ésta las cúpulas kársticas y los cañones (JRMB, 06/10/2004)

Constituye una superficie inclinada en la vertiente S de la Sierra, con dispositivo longitudinal NE-SO, modelada sobre las calizas de la formación Neyba, hacia **el flanco SO del anticlinal El Aceitillar** y aplanando estas calizas en el pliegue Los Güiritos. Presenta una pendiente media de  $9^\circ$ , aunque hay sectores con valores en torno a un mínimo de  $5^\circ$  y máximo de  $10^\circ$ . La cabecera del pedimento enlaza con el nivel inferior de la superficie El Aceitillar a

una cota de 1600 m, a través de una vertiente de enlace cóncava que, con *nick* suave, alcanza la superficie pediplanada (Figura 7-28). Se emplaza desde las proximidades de la localidad de Los Arroyos, al O de la provincia Pedernales, hasta el paraje de Macandela, pasando por la localidad El Aceitillar. El tramo inferior del pedimento está limitado por la falla normal de orientación SE-NO que pasa al N de Las Mer-



**Figura 7-29.** Pedimento El Aceitillar en la localidad "El 25" (1000-800 m). 1) pedimento conservado; 2) karst de cúpulas; 3) depresión kárstica; 4) superficies de aplanamiento en Haití; 5) Massif de la Selle (Haití) (JRMB, 07/11/2004)



cedes, y que se extiende aprox. 35 km, a una cota de 600 m. Este contacto propicia un modelado evolucionado de escarpe de falla (escarpe derivado de falla).

La unidad cartográfica del pedimento se ha dividido en dos sectores: 1) el denominado pedimento conservado (Figura 7-32); 2) el denominado pedimento desnivelado (Figura 7-33).

El primero de ellos, circunscrito al borde occidental (Figura 7-29 y Figura 7-30), presenta pendiente media en torno a 9°, y en el límite más occidental muestra un escalonamiento de cuatro niveles de superficies regradadas (a 1250, 1100, 950 y 850 m respectivamente; Figura 7-35).

En este ámbito la falla normal del límite meridional del pedimento pone en contacto las calizas de la formación Neyba con las de Sombrerito, propiciando igualmente un escarpe derivado de falla.



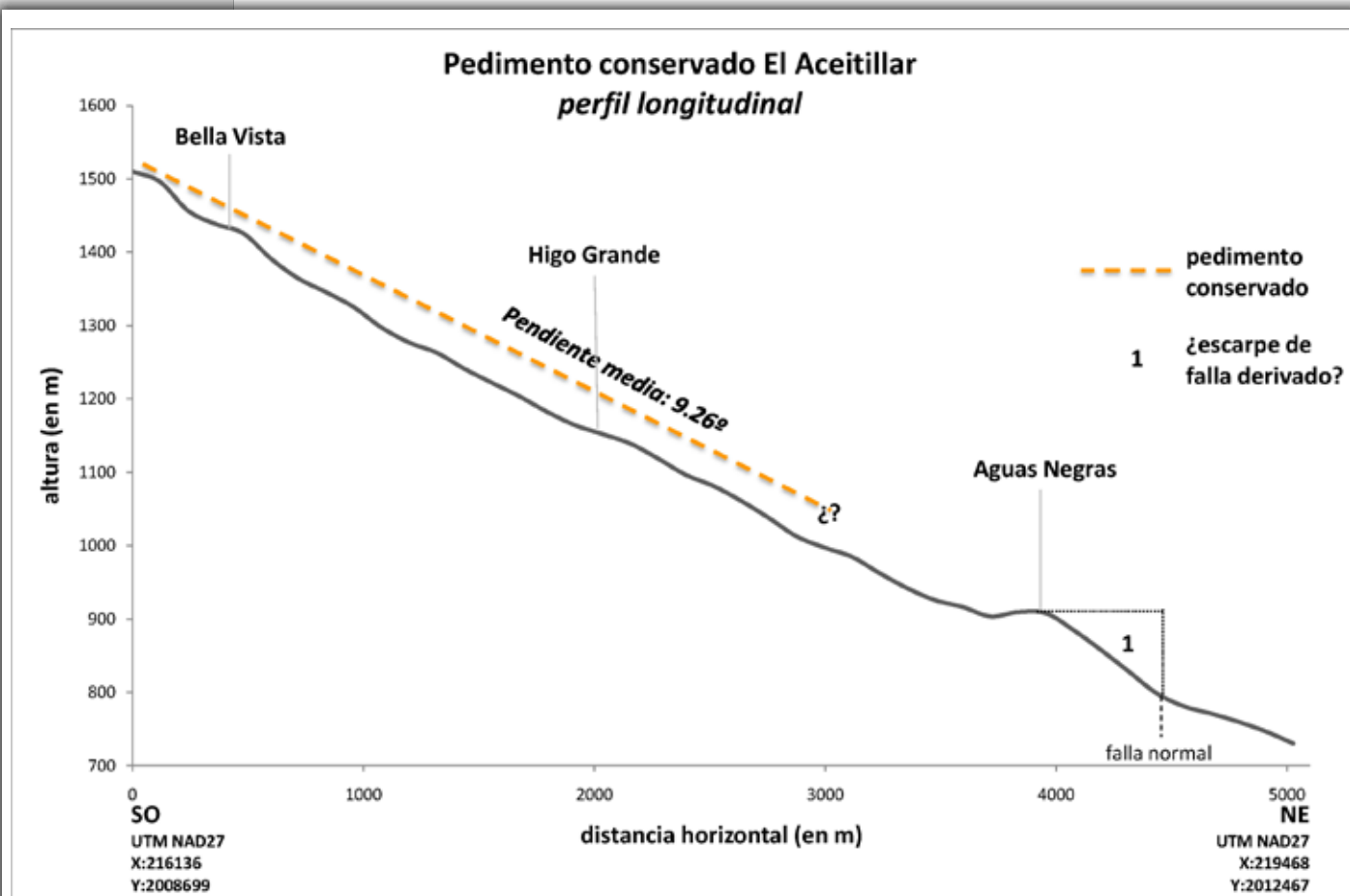
**Figura 7-30. Detalle del Pedimento El Aceitillar en la comunidad El Mogote. En primer plano, *kuppenkarst* basculado; al fondo, perfil de la Superficie Corrosiva El Aceitillar (JRMB, 07/11/2004)**



**Figura 7-31. Panorama del Pedimento El Aceitillar, vertiente S de Bahoruco (1400 a 1200 m) visto desde Canoa. 1) Superficie del pedimento conservado; 2) cúpulas del *kuppenkarst* que enlazan con depresiones kársticas con rellenos de alteritas; 3) sistema de dolinas actualmente abiertas (JRMB, 08/11/2004)**

El pedimento desnivelado se identifica en la mitad oriental a partir del entorno de Las Abejas. Se trata de un sistema de dos grandes bloques escalonados a las cotas de 1050, 950-900 m respectivamente, limitados por líneas de fracturas de componente ENE-OSO, que pueden tener un carácter de falla normal y prolongan en el pedimento los efectos en la superficie corrosiva El Aceitillar. Este mismo sistema de fracturas favorece la instalación de caño-

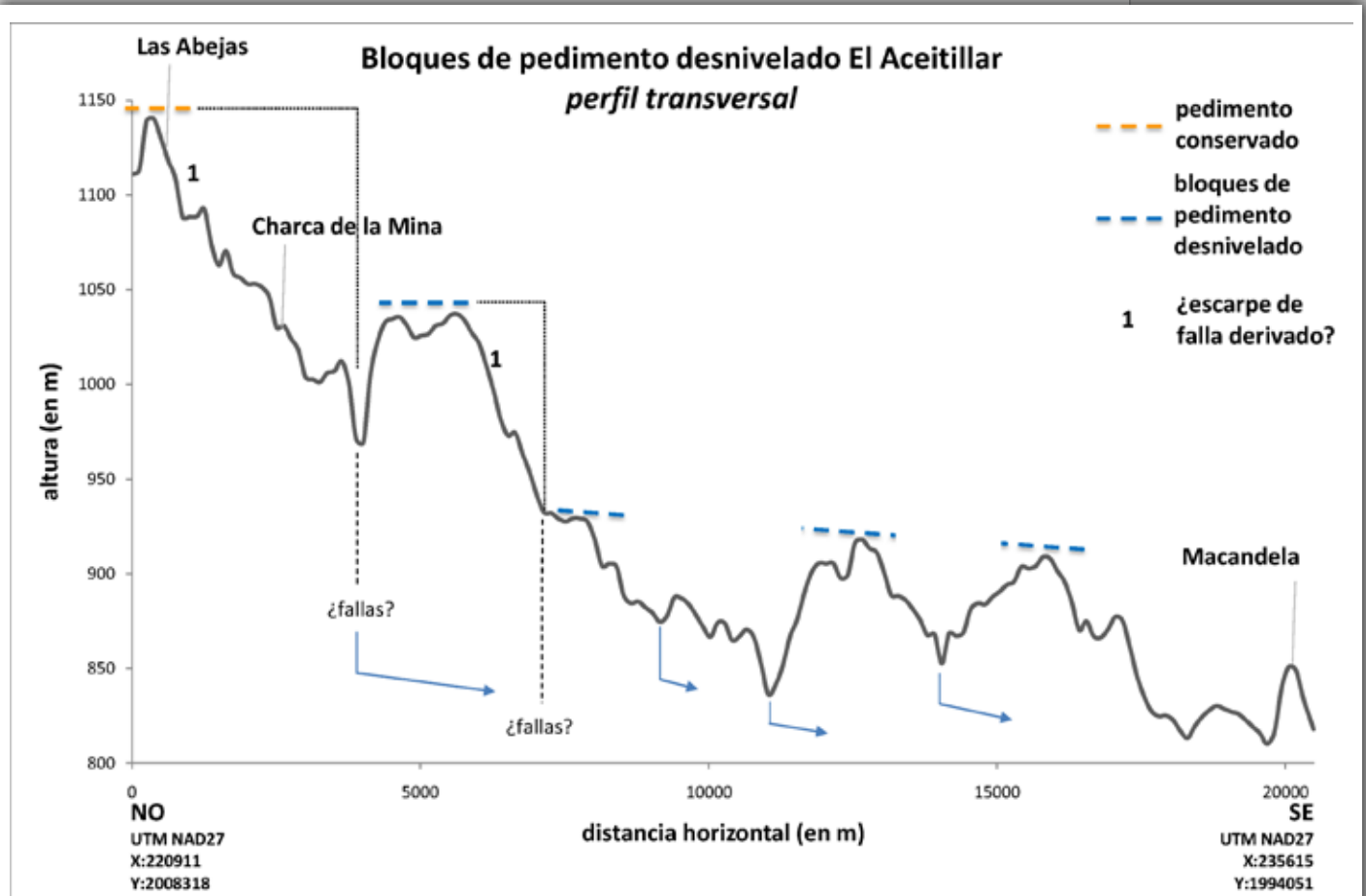
nes kársticos que han terminado por dismantelar la superficie del pedimento.



**Figura 7-32. Perfil longitudinal del pedimento conservado El Aceitillar**

El pedimento conservado es una superficie kárstica inclinada que se modela a partir de unas superficies de enlace por debajo de la cual se identifican cúpulas de *kuppenkarst* y un modelado de depresiones de fondo plano, con frecuencia recortadas por dolinas que en la actualidad se presentan mayoritariamente abiertas (Figura 7-31 y Figura 7-34). A nivel de detalles morfológicos se reconocen, de manera dispersa, crestas de lapiaces que emergen de la masa de alterita cuando éstas han sido dismanteladas. Las crestas de lapiaces pertenecen al tipo de *rundkarren*. Sin embargo es habitual identificar formas de corrosión subhorizontal. Las localidades típicas de este modelado se encuentran en el borde occidental del Pedimento, como son Los Arroyos, Aguas Negras, La Altagracia, Bella Vista, Qué Busca o El 25, entre otras. A nivel de *endokarst* fuera de lo que afecta la superficie superior del *epikarst*, se desconoce hasta la fecha su desarrollo y caracterización. A la vista de las características geomorfológicas del *kuppenkarst* y las depresiones, debe tratarse de un *endokarst* muy taponado que alcanza tanto el *epikarst* como la zona vadosa del *karst*.

A diferencia del conservado, el pedimento desnivelado presenta



**Figura 7-33. Bloques de pedimento desnivelado El Aceitillar**

un modelado principalmente con depresiones y lapiaces, destacando la casi total de ausencia de cúpulas. La posible actividad tectónica o la explotación de las zonas de debilidad estructural de las fallas normales en este pedimento, ha propiciado el desarrollo de cañones disectando los bloques kársticos y el desmantelamiento de la morfología de *kuppenkarst*. En el perfil transversal de este pedimento desnivelado el nivel de base de los cañones sugiere la progresión de estos a través de un posible nivel endo-kárstico.

Las características del pedimento informan de una morfogénesis principalmente asociada a un proceso de alteración de la cali-



**Figura 7-34. Detalle del *kuppenkarst* en el pedimento El Aceitillar (El Mogote) (JRMB, 07/11/2004)**

za Neyba, durante la consolidación de un nivel de base posterior

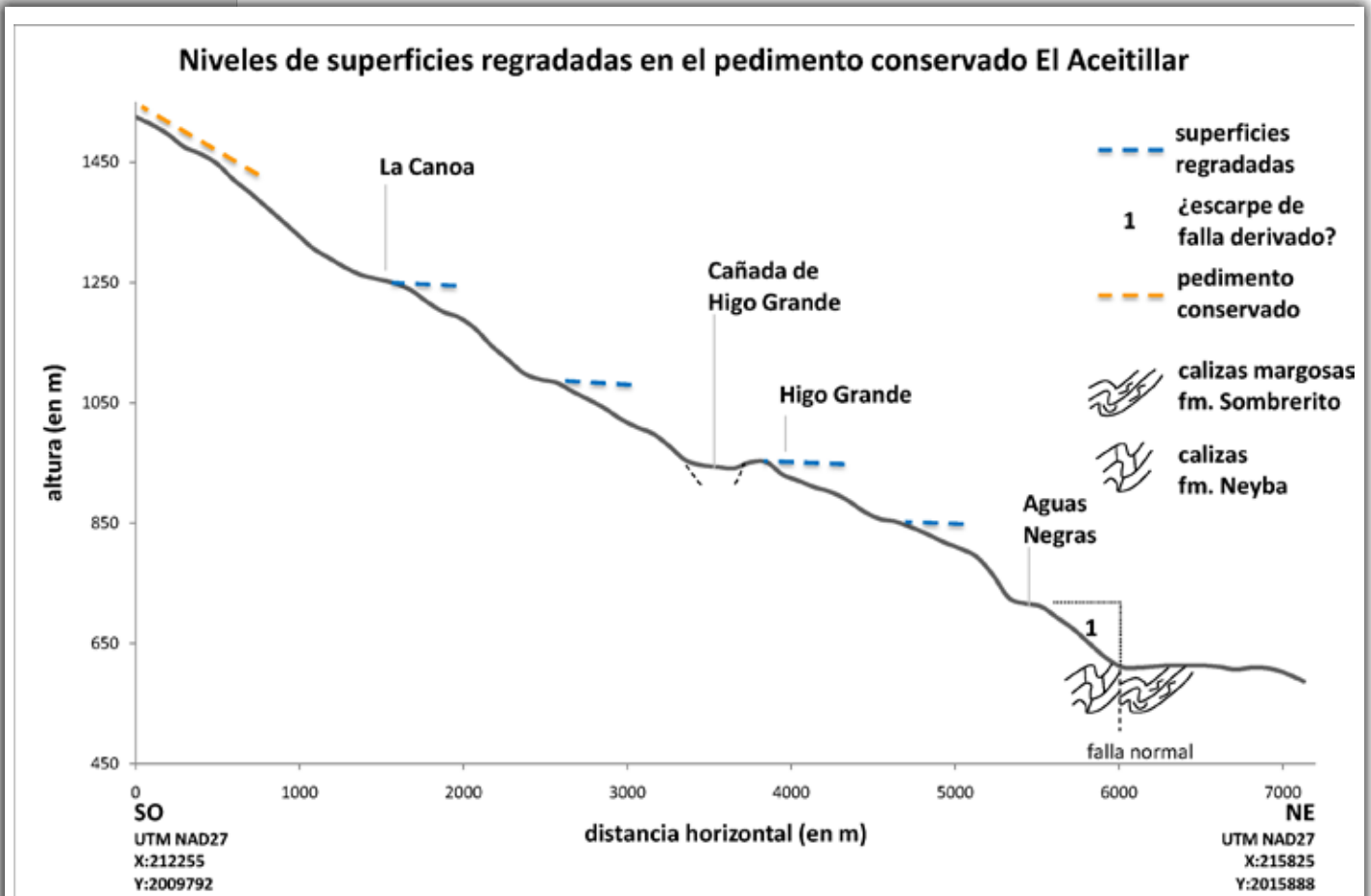


Figura 7-35. Niveles de superficies regradadas del pedimento conservado El Aceitillar

a la configuración de la superficie El Aceitillar y anterior a la superficie Las Mercedes. En este sentido, la secuencia cronológica regional sugiere

identificar el arranque de la configuración del pedimento El Aceitillar con el comienzo del Neógeno. No obstante las características geomorfológicas del pedimento permiten definir el proceso de alteración como de carácter poligenético con al menos tres fases (Figura 7-37):



Figura 7-36. Frente de meteorización ondulado (2) con poza de alteración diferencial (3), en el pedimento conservado El Aceitillar (línea naranja punteada). Los Arroyos, 1200 m. (R. Cámara, 07/10/2004)

La fase más antigua de la que se tiene evidencia de esta poligénesis

corresponde a la profundización de la alteración en el sustrato, dando lugar a un frente de meteorización diferencial, del que se obtienen crestas de la caliza Neyba entre pozas de alteración ferruginosas (Figura 7-36). El desarrollo de estos procesos a lo largo de todo el pedimento explica igualmente el modelado de progresión de cúpulas y depresiones kársticas. Esta fase se interpreta como correlativa del comienzo del Neógeno.

Fases	Procesos	Cronología
1 <sup>ra</sup>	frente de meteorización diferencial ↓ cúpulas y depresiones kársticas ↓ actividad tectónica	¿Mioceno?
2 <sup>da</sup>	rebajamiento de niveles de base y formación de pedimento desnivelado ↓ dolinas y escarpes de fallas derivados ↓ exhumación de <i>rundkarren</i>	
3 <sup>ra</sup>	formación de superficies regadadas	alteración isovolumétrica con rasgos fersialíticos ↓ fase erosiva ↓ acumulación de brecha heterométrica ↓ fitoestabilización
		¿Pliocuaternario?

Figura 7-37. Síntesis poligenética del pedimento El Aceitillar

Una fase posterior estaría representada por el rebajamiento de niveles de base y la configuración de dolinas, afectando al fondo de las depresiones e iniciando el dismantelamiento de alteración diferencial con la consiguiente exhumación de lapiaces de *rundkarren* (Figura 7-38). El motor morfogenético de este episodio puede corresponder con la actividad tectónica regional de la



Figura 7-38. Pedimento El Aceitillar (Las Abejas), mostrando lapiaz de *rundkarren* parcialmente dismantelado con desarrollo de tubo horizontal (JRMB, 06/11/2004)

falla que limita el pedimento por el S, correlativo con la actividad tectónica del Mioceno (¿intramioceno?), que explica igualmente la formación del pedimento desnivelado.

Finalmente todavía se identifican localmente modelados diferenciados con génesis de superficies regradas (en La Canoa, Higo



**Figura 7-39. Pedimento El Aceitillar, El Bambú, vertiente S de la Sierra. Episodios locales de alteración-erosión-sedimentación. 1) sustrato; 2) alteración; 3) episodio erosivo y depósito brechoide (R. Cámara, 07/10/2004)**

Grande y Aguas Negras), y otros con imbricación de una dinámica edafo-morfogenética compleja. Esta última se ha reconocido en El Bambú (Al N de Pedernales y al S de Los Arroyos, Figura 7-39). En este lugar se observa un afloramiento con tres elementos: 1) sustrato de la caliza Neyba de carácter tableado y arenoso con un ondulado frente de meteorización, que presenta calcitas de alteración pelicular; 2) depósito heterogéneo compuesto de: bloques de clastos de caliza cementados con matriz de alterita limo-arenosa fina clara; restos del sustrato de caliza tableada manteniendo el dispositivo estructural y parcialmente alterada; matriz arcillosa de alterita color 7.5 YR 5/6, a techo límite erosivo y ondulado; y 3) depósito de brecha heterométrica de clastos y bloques con escasa arena carbonatada.

Este afloramiento indica que, al menos de forma local, el pedimento El Aceitillar, con posterioridad al proceso de exhumación de *rundkarren*, se vio afectado por una alternancia de secuencias de alteración-erosión-sedimentación, hasta alcanzar una fase actual de carácter fitoestable.

### **Pedimento Monte Palma (vertiente N)**

Ubicado en la vertiente N de la Sierra, con desarrollo longitudinal SO-NE, modelado sobre las calizas de las formaciones Neyba y Sombre-



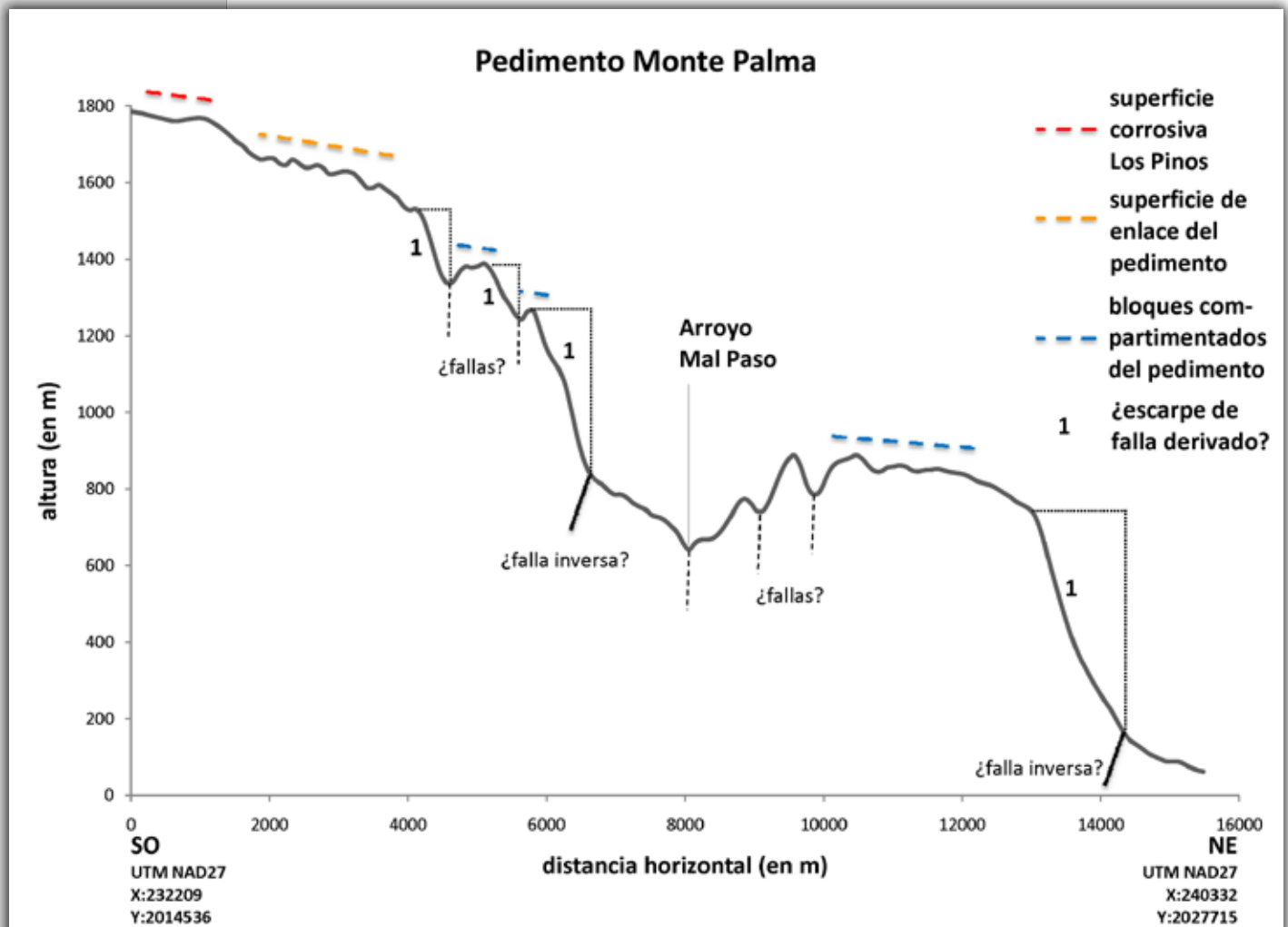
**Figura 7-40. Pedimento Monte Palma desde las proximidades de Duvergé. 1) superficie de enlace del pedimento (en la foto, a 1600 m); 2) bloque compartimentado (en la foto, entre 1000 y 900 m); 3) superficie corrosiva Los Pinos (JRMB, 10/11/2004)**

rito, plegadas y con predominio del dispositivo subvertical o inclinado. Tiene una pendiente media de 2.5°, aunque presenta sectores con un máximo de 3° y un mínimo de 1.2° (Figura 7-40). La mayor parte del pedimento está compuesta por bloques cuyas superficies topográficas se nivelan a distintas alturas. Se extiende desde la localidad de Monte Palma (al E) hasta la Loma de



**Figura 7-41. Bloques del pedimento compartimentado Monte Palma (1), correspondientes a las lomas de los Charcos y Bolívar (JRMB, 08/10/2004)**

Bolívar por el N y “La Placa” por el O (Figura 7-41). El tramo inferior, situado al N del pedimento y a una cota variable entre los 200 y los



**Figura 7-42. Superficie de enlace y bloques compartimentados del pedimento de Monte Palma**

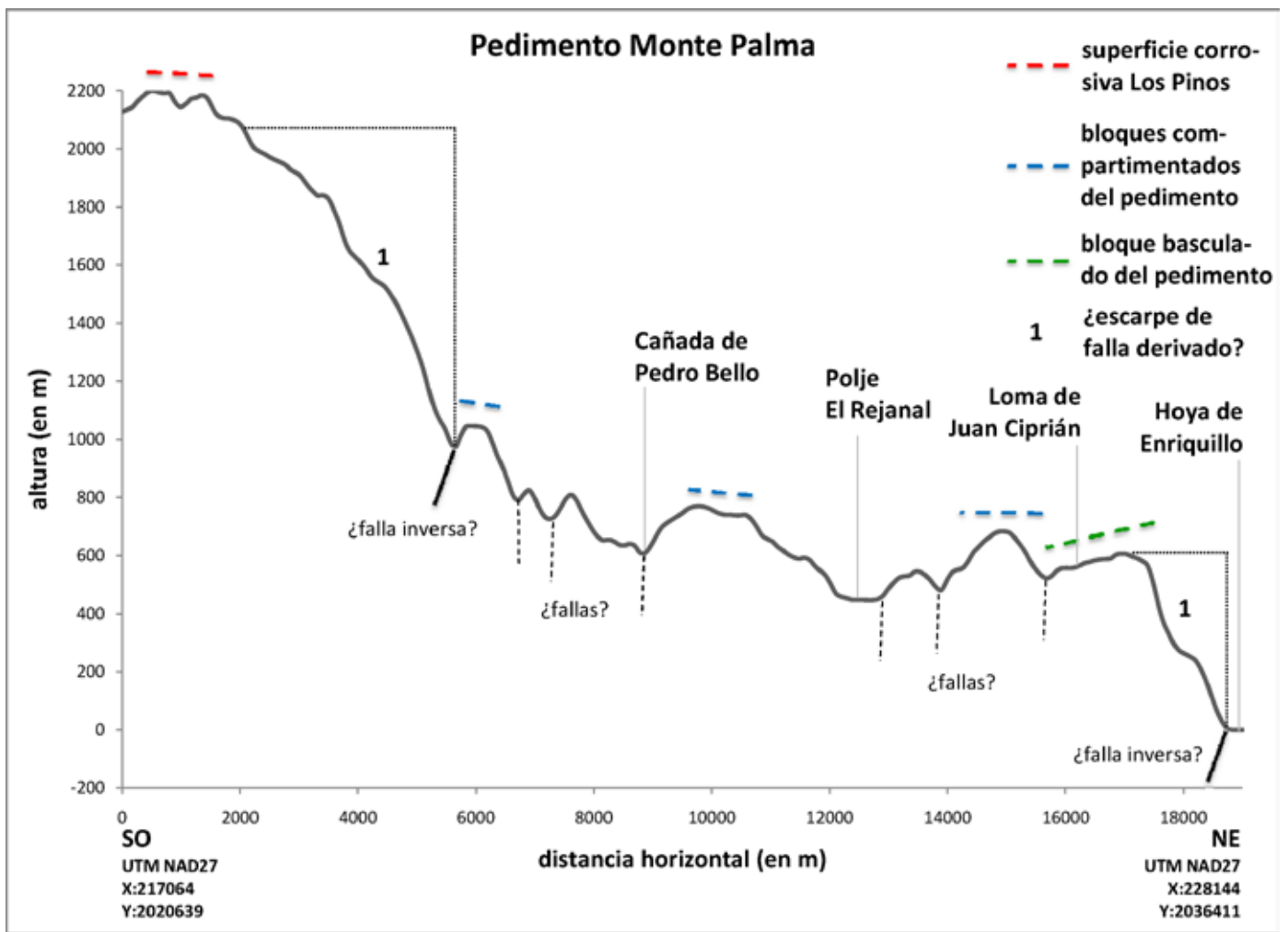
500 m, está limitado por una falla con escarpe derivado de orientación variable, en las direcciones SE-NO y E-O. Su cota más alta se sitúa a aproximadamente 1700 m, y enlaza con la superficie de Los Pinos mediante una vertiente de amplio recorrido y un *nick* que puede llegar a ser pronunciado en varios sectores. Este enlace está controlado por fallas con rumbo NO-SE.



**Figura 7-43. Bloques del pedimento compartimentado de Monte Palma (1), visto desde Puerto Escondido (JRMB, 03/04/2003)**



La unidad cartográfica del pedimento se ha dividido en tres sectores (Figura 7-42 y Figura 7-44): 1) superficie de enlace, sectores altos de la vertiente



**Figura 7-44. Superficie de enlace, bloques compartimentados y basculado del pedimento Monte Palma**

N, como Monte Jota; 2) bloques compartimentados, visibles especialmente en sectores como Monte Palma y el entorno de Puerto Escondido (Figura



**Figura 7-45. Bloque más septentrional del pedimento basculado de Monte Palma (1, fotografiado desde La Playita, entre Duvergé y La Zurza (JRMB, 01/04/2003)**

7-43); 3) bloques basculados, en el borde N del pedimento (Figura 7-45).

La superficie de enlace tiene altura máxima de 1700 m y mínima de 1500 m, y pendiente media de 2.5°. Está modelada sobre la caliza Neyba. El enlace con la superficie corrosiva Los Pinos se resuelve mediante nick pronunciado en varios sectores; destaca la ausencia de esta unidad en el borde occidental de la Sierra.



**Figura 7-46.** 1) Bloque compartimentado del pedimento Monte Palma, fotografiado desde la localidad “derricos de Guamalito”, situada a 1 km al O de Puerto Escondido. La superficie topográfica está cubierta de vegetación tropófila. 2) Cañón epigénico del río Las Damas. (JRMB, 04/04/2003)



**Figura 7-47.** Crestas del lapiaz de *rundkarren* parcialmente desmantelado en las proximidades de la sabana de Flores Estrella. (JRMB, 03/04/2003)

Los bloques compartimentados, en conjunto, son más extensos que la superficie de enlace. Los bloques más altos se modelan en la caliza Neyba, mientras que en los niveles intermedios y bajos, que predominan en el pedimento, biselan la caliza Sombrerito. Las localidades donde mejor se observan estos últimos son de Monte Palma, La Placa y Loma de Bolívar, así como en el entorno de los poljes de Puerto Escondido (Figura 7-46) y El Re-

janal, a alturas variables de 500, 700, 900, 1100, 1200 y 1400 m. Entre éstos se observa un sistema de fallas de componente NO-SE.

A diferencia del de El Aceitillar, el pedimento Monte Palma, no presenta dolinas, ni relieves residuales positivos del tipo cúpulas o mogo-

tes. Se trata de una superficie arrasada con frecuentes sectores de colmatación.

La superficie de enlace es de baja inclinación, avenida por cañones y valles en V transversales al pedimento, siguiendo los lineamientos de falla. Las localidades típicas de esta superficie son Monte Jota y Agua de Juancho. En su superficie se observa lapiaz de *rundkarren* y *kluffkarren* (Figura 7-47 y Figura 7-48).

Los bloques compartimentados altos, que son a la vez los más próximos a la superficie de enlace, presentan arrasamiento, mientras que en los bajos o distales son frecuentes las superficies colmatadas. El lapiaz de *rillenkarren* (poco desarrollado) y *kluffkarren* está presente en muchos bloques. Entre éstos, el complejo sistema de fracturas ha favorecido la formación de poljes de dimensiones kilométricas, así como cañones y valles en V.

Los bloques basculados se sitúan en el borde septentrional del pedimento, al N de Puerto Escondido y al Sudoeste de Duvergé. Su inclinación media es de 2° y es contraria a la pendiente general del pedimento.



**Figura 7-48. Superficie topográfica del pedimento compartimentado de Monte Palma (1) desde la carretera que conduce a Pueblo Viejo. En primer plano, pavimento de *kluffkarren* (2) y, en detalle, corredores incipientes (3) (JRMB, 03/04/2003)**

Fases	Procesos	Cronología
1 <sup>ra</sup>	frente de meteorización basal levemente ondulado y con poca progresión	Pre-Neógeno
	↓	
	génesis incipiente del pedimento (superficie de enlace)	
2 <sup>da</sup>	↓	¿Mioceno?
	actividad tectónica (falla inversa)	
	↓	
	colmatación sedimentaria y pediplanación (glacis rocoso y de acumulación)	
	↓	
actividad tectónica (fallas normales)	¿Pliocuaternario?	
↓		
formación de grandes poljes		alteración micrítica bajo cobertera
3 <sup>ra</sup>	↓	Cuaternario
	fase de incisión fluvial	

**Figura 7-49. Morfogénesis del pedimento Monte Palma**

Las características del pedimento informan de una morfogénesis principalmente asociada a un proceso erosivo (con poca alteración de la caliza) durante la consolidación de un nivel de base posterior a la configuración de la superficie Los Pinos. La secuencia cronológica regional sugiere identificar el arranque de la configuración del pedimento Monte Palma con el pre-Neógeno. No obstante las características geomorfológicas del pedimento permiten definir el proceso de formación en al menos tres fases (Figura 7-49):

La fase más antigua de la que se tiene evidencia, atribuible al pre-Neógeno, se puede observar en la superficie de enlace, y correspondería a una leve profundización de la alteración en el sustrato, dando lugar a un frente de meteorización del que se obtiene un lapiaz *rundkarren* de progresión leve a moderada, que en la actualidad se observa dismantelado en las proximidades de Pueblo Viejo-Sabana de Flores Estrella.

Una segunda fase (¿Intramiocena?) estaría representada por un episodio de colmatación sedimentaria y pediplanación, con glacis rocosos y de acumulación.

El motor morfogenético podría corresponder al inicio de una actividad tectónica de falla inversa, que quizá responde al modelo de red de fallas de cabalgamiento ramificadas (modelo de Draper, 2008), que en algunos puntos pondría en contacto las calizas de las formaciones Neyba y Sombrerito, y proveería de energía al relieve para iniciar la formación de los glacis de acumulación y rocosos. Los depósitos encontrados en estos sugieren que la energía del relieve sería suficiente para desplazar clastos de la caliza Neyba hasta sectores tan distantes como Puerto Escondido (Figura 7-50).



**Figura 7-50. Depósito en el sector Guamalito, próximo a Puerto Escondido, en un glacis de acumulación distal del pedimento compartimentado Monte Palma. 1) clastos heterométricos de la caliza Neyba en matriz arenosa; 2) la micrita resultante de la alteración isovolumétrica de la caliza margosa Sombrerito. (JRMB, 04/04/2003)**

gía del relieve sería suficiente para desplazar clastos de la caliza Neyba hasta sectores tan distantes como Puerto Escondido (Figura 7-50).

Dentro de esta segunda fase, actuaría una tectónica de fallas normales que compartimentaría el pedimento en bloques y favorecería la formación de grandes poljes. Simultáneamente, bajo la cobertera de los glaciares de acumulación, se produciría una alteración micrítica del sustrato, que en este caso corresponde a la caliza Sombrerito.

Evidencia morfotopográfica sugiere que la actividad tectónica se ha mantenido durante un tiempo prolongado. Esto se hace evidente en el sector central del pedimento, donde las superficies topográficas teóricas de los bloques presentan desniveles de más de 100 m entre sí. También en el borde N del pedimento, hacia el enlace con la Hoya de Enriquillo, se observa un basculamiento a contrapendiente del bloque de la loma de Juan Ciprián (y otros próximos a éste), lo cual además apuntaría a una tectónica muy reciente.

Finalmente, en la fase más reciente predominaría la incisión fluvial, provocada por un cambio de nivel base atribuible a la actividad tectónica, abriría los cañones y valles en V que disectan el pedimento en distintos sectores, especialmente en el enlace con los poljes y con la Hoya de Enriquillo.

### **Pedimento Las Mercedes**

Se localiza en la vertiente meridional de la Sierra, limitado al O por el río Mulito, al S por la superficie karstificada de Jaragua y al E por los aplanamientos de El Higüero (Figura 7-51). Su cota máxima es de aproximadamente 900 m y mínima de 200 m, con una pendiente media de 3.6°, aunque hay sectores con pendientes cercanas a los 2°. En su eje mayor tiene unos 35 km, mientras que transversalmente alcanza los 7 km.

El contacto con el pedimento El Aceitillar, justo hacia el N y



**Figura 7-51. Pedimento Las Mercedes. 1) Bloque conservado, exhumado por las operaciones de la minera Alcoa, mostrando un criptorrelieve en pináculos. 2) Bloque basculado. En cartela, detalle de los pináculos (JRMB, 31/08/2002)**

topográficamente más elevado, se resuelve tanto con escarpes derivados de falla (al O) como mediante *nicks* generalmente suaves. El contacto con la superficie karstificada de Jaragua, situada al S, se resuelve

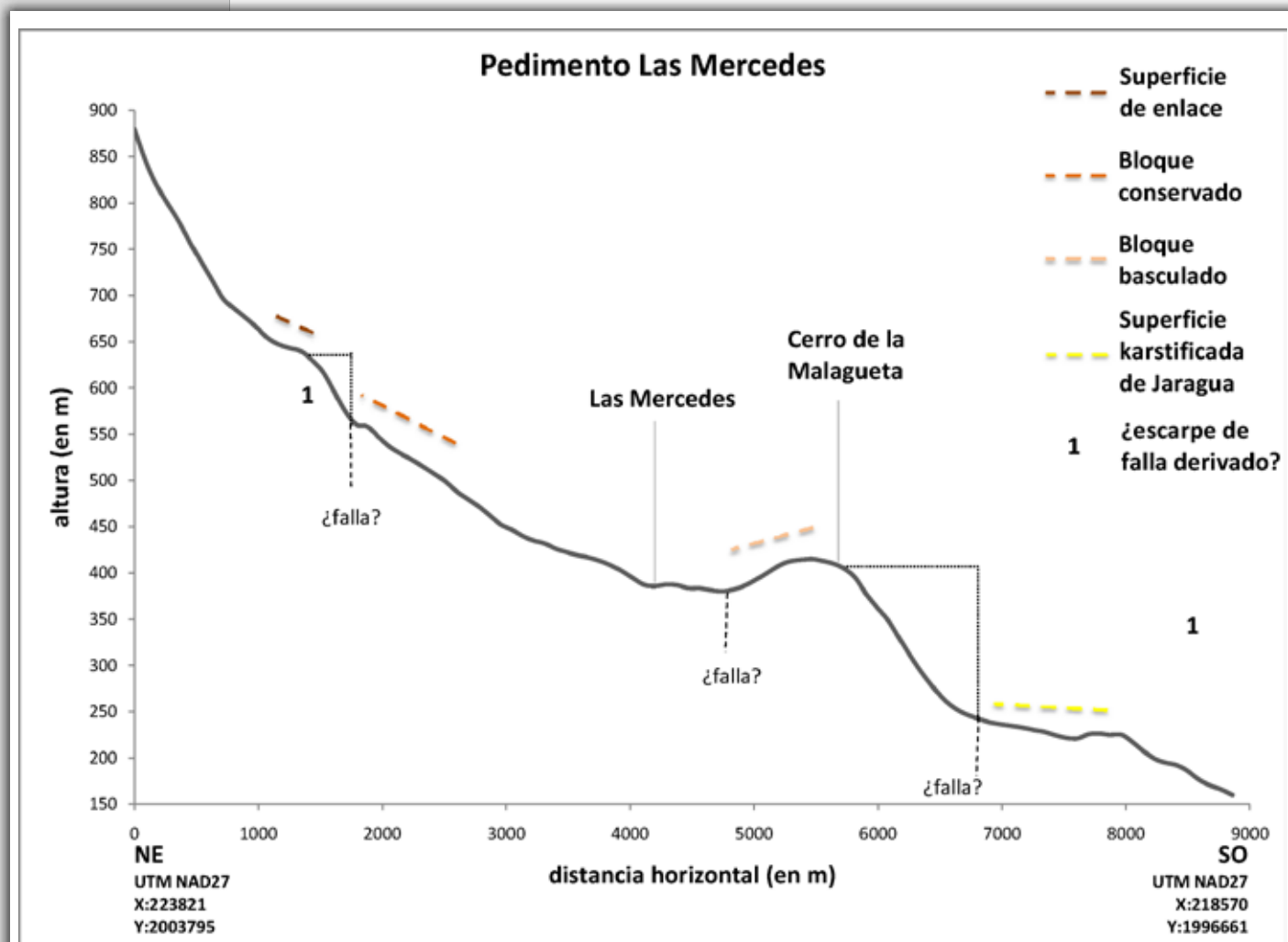


Figura 7-52. Pedimento Las Mercedes

mediante escarpes que pueden ser localmente pronunciados. La localidad Las Mercedes, y la mina del mismo nombre explotada por la empresa Alcoa Exploration Company, se sitúan sobre este pedimento.

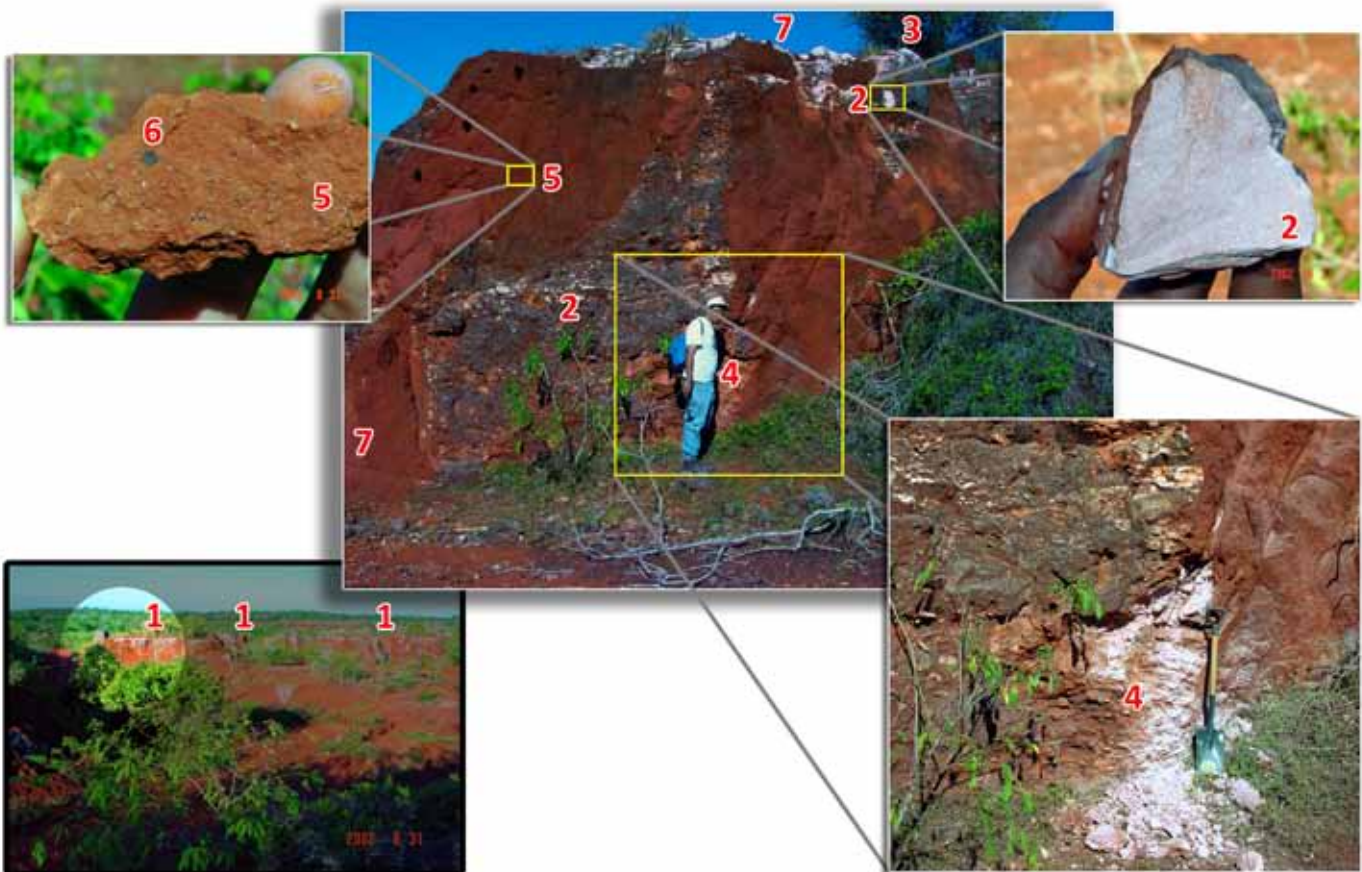
La unidad se ha dividido en tres partes (Figura 7-52): 1) superficie de enlace; 2) bloque conservado; 3) bloques basculados.

La superficie de enlace es la subunidad que resuelve el contacto entre este pedimento y el de El Aceitillar, cortando únicamente las calizas de la formación Neyba. Tiene una cota máxima de 900 m y una mínima de 500 m. Es tan larga como el bloque conservado, aunque sólo tiene un máximo de 2 km de ancho. Localidades como El Mogote y El 25 se sitúan dentro de ella.

El bloque conservado es la subunidad más extensa. Su cota más alta alcanza los 800 m y la más baja es de 200 m. Tiene pendiente cercana a los 4° en los niveles altos y corta las calizas de la formación Neyba, mientras que hacia las cotas bajas su pendiente es menor de 2° y modela las calizas Pedernales. En este bloque se encuentra la localidad de Las Mercedes, que da nombre al pedimento. El contacto con la superficie de enlace se resuelve mediante *nicks* suaves, y en ocasiones resulta difícil diferenciarlo de ésta.

Tres bloques basculados se localizan en el borde meridional del conservado, concretamente en los cerros de la Malagueta y en las proximidades de Bucán Tussen. Los tres están inclinados 3.5° contra la pendiente general del pedimento. La cota máxima de este conjunto es de poco más de 400 m y la mínima 300 m.

En términos geomorfológicos, la superficie de enlace presenta una muy desarrollada red de cañones y valles en V (sobre todo hacia el O), pro-



**Figura 7-53.** Descripción del pedimento Las Mercedes. En cartela inferior izquierda, bloque conservado mostrando los pináculos (1) en la caliza Pedernales (2), con *rundkarren* a techo (3). Parte de la cobertera ha sido extraída; bajo ésta, y sobre la caliza, progresa una alteración isovolumétrica de aspecto micrítico (4). Las alteritas que componen la cobertera son: “tipo 1” (5), limosa con pisolitos (6) y microcristales, aparentemente alóctona; “tipo 2” (7), arenosa, aparentemente autóctona. Ver detalles en el texto (JRMB, 31/08/2002)

venientes del pedimento El Aceitillar, la cual atraviesa algunas depresiones y cúpulas kársticas.

El bloque conservado, en el tramo que corta la caliza tableada Pedernales, muestra una cobertera de alteritas que en la localidad de Las Mercedes oculta un criptorrelieve de pináculos con *rundkarren* a techo, hoy visibles gracias a la extracción de bauxita realizada por la Alcoa (Figura 7-53). Además, se ha podido observar que, en el contacto con la cobertera, una alteración isovolumétrica afecta los restos de la caliza, proporcionando una masa de carbonato cálcico de aspecto micrítico.

La caracterización de la cobertera se describe a continuación:

- Alterita "tipo 1", que predomina en la cobertera, de carácter aparentemente alóctono, limosa, color 2.5YR 4/8, masiva, de textura limosa, compacta, débilmente porosa, con abundantes microcristales en la matriz y pisolitos de 1 a 2 mm de color verdoso subredondeados no rayables con hierro. Se dispone rellenando grandes pozas dentro de los pináculos y ocupando el amplio espacio dejado entre éstos.
- Alterita "tipo 2", poco abundante, presente en pozas de alteración, de carácter aparentemente autóctono, textura arenosa, color 10R 4/8, con escasos o nulos granos microcristalinos o pisolíticos. Rellena los tubos y pozas del *rundkarren*, así como fracturas dentro de los pináculos.

Mediante técnicas cartográficas se ha detectado que son escasos los cañones y valles en V que disectan el bloque, y que éstos a su vez están poco ramificados. Se localizan principalmente en el borde occidental del bloque. Algunos acaban en abanicos aluviales sin llegar a cruzar el bloque completamente.

Por último, los bloques basculados presentan exhumación del lapiaz de *rundkarren*, conservando escasamente algunas pozas de alteración de aparente carácter autóctono.

La evidencia actual sugiere que el pedimento Las Mercedes es de carácter poligenético. Siguiendo la secuencia cronológica morfogenética de la Sierra, el arranque podría estar en el Mioceno. En detalle, se han podido caracterizar al menos tres fases (Figura 7-54):

La más antigua correspondería al Mioceno, con formación de cúpulas y depresiones kársticas en la superficie de enlace. En un segundo momento, atribuible al Intramioceno, la actividad tectónica (¿de fallas normales?) levantaría la superficie y expondría las calizas de la formación Pedernales sobre las que continuaría modelándose el pedimento.



En una segunda fase, atribuible al Plioceno, se formarían los pináculos que hoy se observan en el bloque conservado del pedimento. Simultáneamente, entre la superficie de enlace y el resto del pedimento, se formarían escarpes derivados de falla. Posteriormente (¿Pliocuaternalio?), los niveles más bajos, recibirían alteritas (tipo 1) de unidades topográficamente superiores y más antiguas, sellando el modelado de pináculos. Simultáneamente, se formarían los abanicos aluviales.

Finalmente, en una tercera fase (¿Cuaternario?), se formarían el *rundkarren* y las alteritas autóctonas (tipo 2). Posteriormente, en sectores centrales del pedimento, que hoy conforman el bloque conservado, progresaría la alteración isovolumétrica de aspecto micrítico sobre la caliza Pedernales; simultáneamente, en el borde meridional, se produciría un basculamiento a contrapendiente, generándose al menos 3 bloques basculados. Finalmente, en el bloque conservado se produciría una fitoestabilización de la cobertera y los abanicos aluviales, mientras que en los basculados se exhumaría el lapiaz de *rundkarren*.

Fases	Procesos		Cronología
1 <sup>ra</sup>	<b>superficie de enlace</b> cúpulas y depresiones kársticas ↓ actividad tectónica		¿Mioceno?
2 <sup>da</sup>	<b>superficie de enlace</b> ↓ escarpes derivados de fallas	<b>resto del pedimento</b> ↓ formación de pináculos ↓ relleno con alteritas alóctonas (tipo 1) y formación de abanicos aluviales	¿Plioceno?
3 <sup>ra</sup>	<b>resto del pedimento</b> ↓ formación de <i>rundkarren</i> y alteritas autóctonas (tipo 2)		¿Cuaternario?
	<b>bloques basculados</b> ↓ basculamiento de parte del pedimento ↓ exhumación del lapiaz de <i>rundkarren</i>	<b>bloque conservado</b> ↓ alteración isovolumétrica con carbonato cálcico de aspecto micrítico ↓ fitoestabilización de la cobertera y abanicos	

Figura 7-54. Poligénesis del pedimento Las Mercedes

### Síntesis evolutiva de las Superficies Corrosivas y Pedimentos de la Sierra de Bahoruco

La síntesis evolutiva de las superficies y pedimentos más importantes de la Sierra se resume de la siguiente manera (Figura 7-55):

En una primera fase de estabilidad tectónica **fini-Paleógena**, sobre la actual **superficie culminante Los Pinos**, predominarían procesos de corrosión asociados a una oscilación del nivel freático próximo a la superficie topográfica, lo cual daría lugar a poljes, dolinas y lapiaz de *rundka-*

ren. En un segundo momento, **todavía sin alcanzar el Neógeno**, se activaría por primera vez la tectónica, que propiciaría en esta superficie

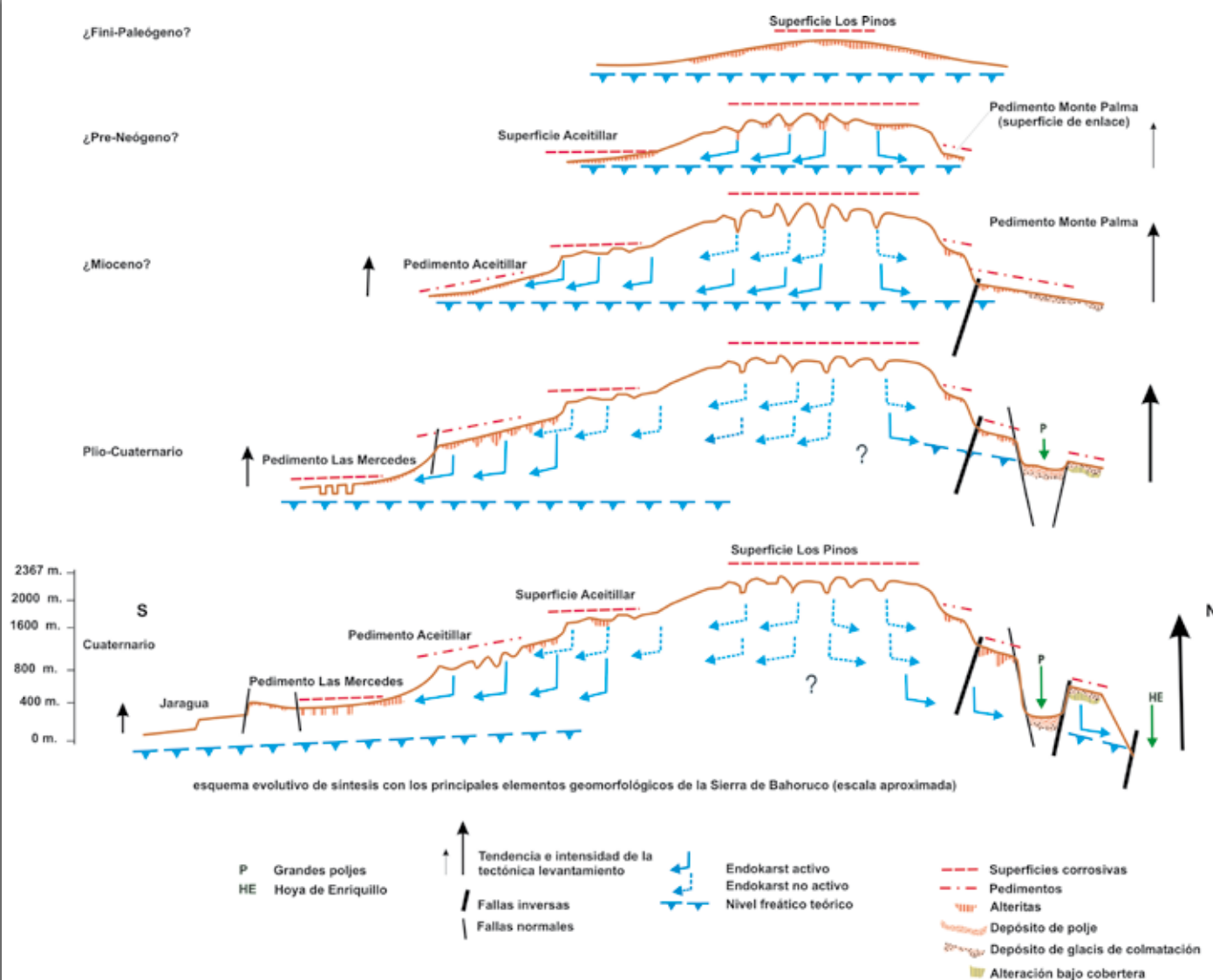


Figura 7-55. Síntesis evolutiva de las superficies corrosivas y pedimentos de la Sierra de Bahoruco

un modelado de *kuppen* y *kegelkarst*. Además, se establecería un nuevo nivel de base que, por la vertiente S, favorecería la formación de la denominada **superficie corrosiva El Aceitillar**, mientras que por la N comenzaría a modelarse el **pedimento Monte Palma**, con un frente de meteorización de escasa progresión en lo que se ha denominado superficie de enlace.

Durante el **Neógeno**, probablemente dentro del **Mioceno temprano**, por la vertiente S comenzaría a formarse el **pedimento El Aceitillar** con un frente de meteorización diferencial, el cual posteriormente desarrollaría cúpulas y depresiones kársticas.

Probablemente en el **Intramioceno**, la actividad tectónica se activaría. Sobre la **superficie El Aceitillar** se produciría una compartimentación en bloques del sector oriental, a partir de lineamientos estructurales de componente ENE-OSO que podrían corresponder a sistemas de fallas normales.

Por la vertiente N, esta actividad se traduciría en un sistema de fallas inversas que otorgaría mayor energía al relieve, favoreciendo la colmatación sedimentaria y la pediplanación, cuyo resultado sería la formación de glacis rocosos y de acumulación en el **pedimento Monte Palma**.

Sobre el **pedimento El Aceitillar**, también durante el Intramioceno, la actividad tectónica se traduciría en fallas normales, lo cual favorecería el rebajamiento de los niveles de base y desnivelaría su sector oriental, dando origen al pedimento desnivelado; la mayor energía del relieve contribuiría también a la formación de dolinas y escarpes de fallas derivados y, posteriormente, a la exhumación del *rundkarren* antiguo, especialmente en sectores medios y bajos.

Es probable que, también durante esta fase, comenzara a formarse la superficie de enlace del **pedimento Las Mercedes**, con una morfogénesis incipiente que generaría cúpulas y depresiones kársticas.

Durante el **Pliocuaternario**, la morfogénesis seguiría activa en todas las macroformas. En las **superficies culminantes (Los Pinos y El Aceitillar)** un último retoque produciría la exhumación de sus lapiazes.

En el **pedimento Monte Palma**, se iniciaría una actividad de fallas normales que lo fracturaría, iniciándose así la compartimentación del pedimento por debajo de la cota 1000 m, así como los grandes poljes de Puerto Escondido, El Rejanal y otros. El sustrato de los bloques compartimentados comenzaría a experimentar alteración bajo cobertera. Sobre los sectores centrales y septentrionales, se iniciaría una fase de incisión fluvial.

En el **pedimento El Aceitillar**, especialmente en sus sectores altos, donde el lapiaz no se ha exhumado, una alteración isovolumétrica con rasgos fersialíticos afectará al *rundkarren*. Se iniciaría también la formación de las superficies regradadas.

En el **pedimento Las Mercedes**, comenzaría la formación de pináculos que posteriormente serían rellenados con alteritas alóctonas. Esto coincidiría con la formación de abanicos aluviales.

Finalmente, durante el **Cuaternario**, los pedimentos experimentarían algunos retoques. Sobre el de **Monte Palma** continuaría la incisión fluvial,

con formación de cañones y valles en V, especialmente entre Puerto Escondido y la Hoya de Enriquillo.

Sobre el **pedimento El Aceitillar**, especialmente hacia el N, una fase erosiva cortaría parte de su superficie topográfica, seguida de un episodio de acumulación de brecha heterométrica que finalmente sería fitoestabilizada.

Sobre el **pedimento Las Mercedes** comenzaría la formación de *rundkarren* con alteritas autóctonas. Posteriormente, se generarían dos unidades diferenciadas: 1) los bloques basculados, vinculados a una tardía actividad tectónica de fallas normales, cuyo *rundkarren* sería finalmente exhumado; 2) en el bloque conservado, y sobre la caliza Pedernales, comenzaría una alteración isovolumétrica con carbonato cálcico de aspecto micrítico bajo cobertera, así como la fitoestabilización de ésta última y los abanicos.

### Polje de Pelempito

Los poljes son las formas deprimidas que con mayor interés contemplativo buscan los visitantes de la Sierra de Bahoruco. **En la terminología**



**Figura 7-56.** Hoyo de Pelempito visto desde el Mirador del Ministerio de Medio Ambiente construido sobre la superficie corrosiva El Aceitillar (1300 m). Al fondo la Loma de Los Pinos y, delante de ésta, los mont-derivados de las lomas Bucán Yamé y Alto de Las Dos Palmas. El polje se sitúa en el centro de la imagen (JRMB, 12/10/2008)

local, el polje de dimensiones medias, así como la uvala, es identificado con el nombre de “fondo”. El más importante de los de la Sierra es el denominado “Hoyo de Pelempito” (Figura 7-56, Figura 7-60 y Figura 7-62). Quizá por su extensión y por el amplio desnivel de sus umbrales limítrofes, para Pelempito se utiliza el apelativo reforzado de “hoyo”, que además forma parte de su topónimo.



Tiene un área de **10.27 km<sup>2</sup>** y un perímetro **23.71 km** (Figura 7-58 y Figura 7-59). Su eje longitudinal tiene un máximo de 6.8 km y el transversal un

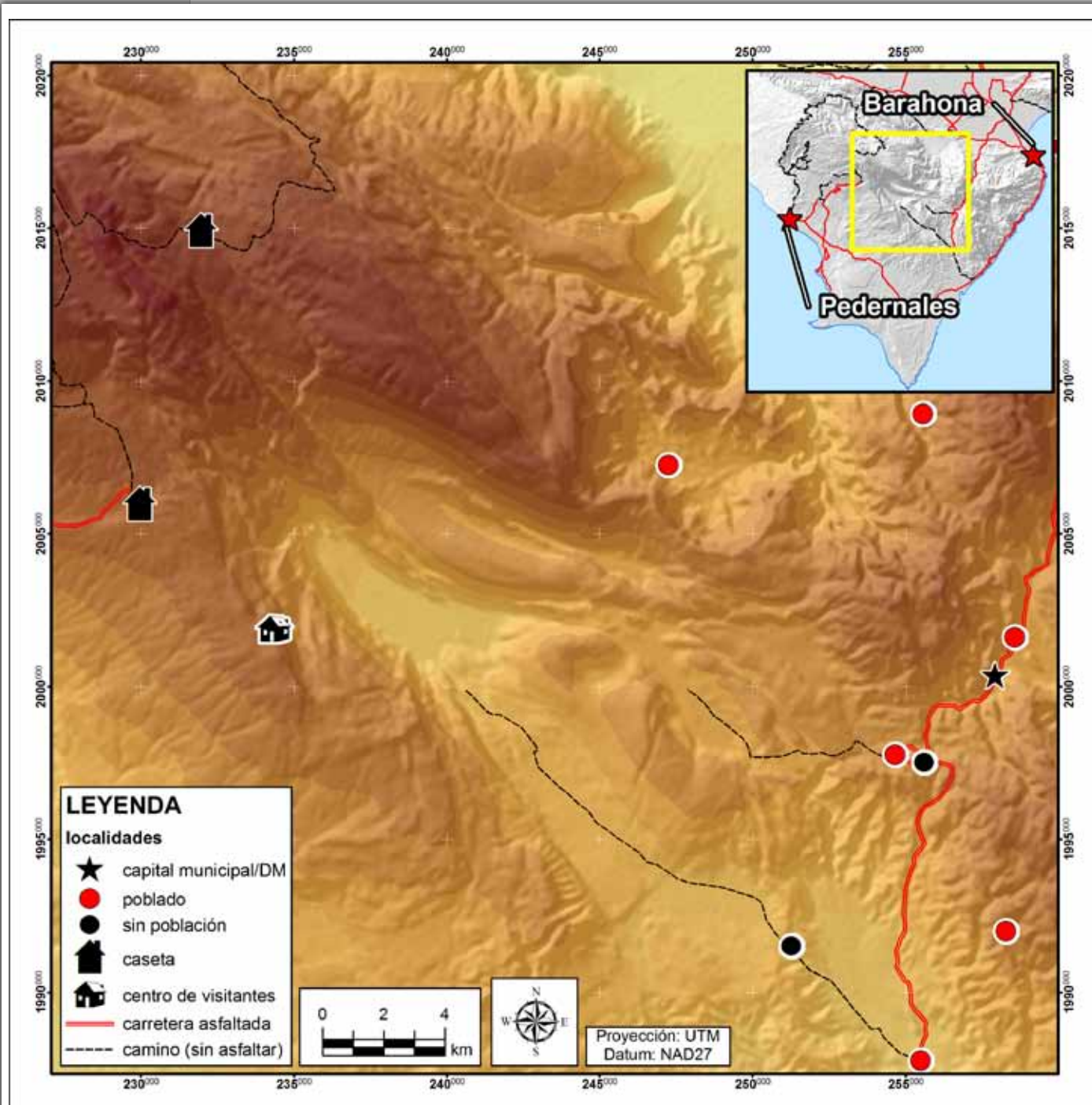


Figura 7-58. Imagen de sombras, del Hoyo de Pelempito y entorno sin toponimia.

mínimo de 900 m. El polje es **siete veces y media más largo que ancho**. La cota máxima dentro del polje es de 515 metros (al NO) y la más baja es 374 m (al SE); por lo tanto, el perfil longitudinal de la depresión está inclinado hacia el SE a razón de 1.45°. La altura media de la depresión es 400 metros sobre el nivel del mar.

En las vertientes y escarpes del entorno, principalmente en las situadas al NO, NE y SE del polje, se escalona un sistema de conos rocosos a alturas

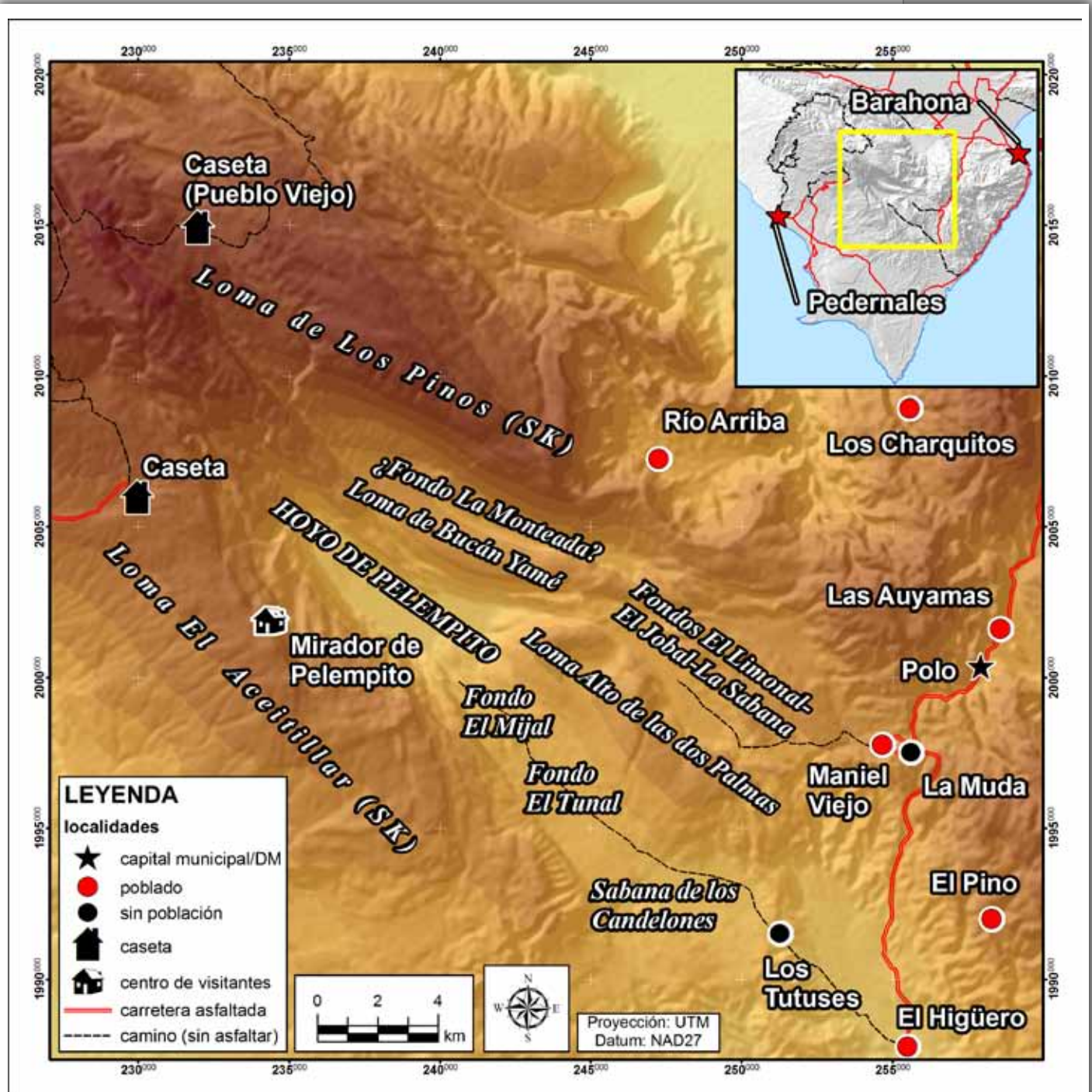


Figura 7-59. Imagen de sombras, destacando el Hoyo de Pelempito y la toponimia utilizada en el texto

de 450, 550, 600, 650, 850, 1000, 1200, 1300, 1400, 1500, 1550, 1600, 1700, 1850 y 1950 m respectivamente. También destacan, en el umbral septentrional, 2 *mont-*derivados en las lomas de Bucán Yamé y Alto de Las Dos Palmas, modelados sobre la caliza Neyba en dispositivo anticlinal. La superficie topográfica de estos *mont-*derivados en ambos casos se sitúa en torno a los 900 m.

Mediante fotointerpretación se ha detectado que un sistema de conos de deyección yace sobre el fondo, dejando escasos espacios sin relleno aluvial. Los sectores del polje donde se han detectado estas morfologías son el NO y el SO, empalmando con las terminaciones de los cañones que descienden de las superficies culminantes.



**Figura 7-60.** Perspectiva tridimensional de composición en color natural de imagen Landsat ETM+ de 1999, sobre modelo digital del terreno PROSISA, enfocada hacia el Noroeste, con exageración de sombras. Se observa el Hoyo de Pelempito y las morfologías circundantes. La vista está orientada hacia el Noroeste

En un reconocimiento de campo en el sector oriental del polje, se pudo caracterizar su relleno. En los primeros 10 cm la textura es arenosa, de color 5 YR 3/3 con raicillas (Figura 7-61). Por debajo de este nivel, y al menos hasta los 50 cm, abundan las raíces y la textura se torna limo-arenosa, manteniendo la misma coloración, con presencia ocasional de clastos de rocas magmáticas de color gris oscuro a negro, probablemente basaltos.



**Figura 7-61.** Depósito del polje de Pelempito, mostrando el nivel superior de textura arenosa con coloración 5 YR 3/3 (JRMB, 05/11/2004)



**La morfología y el depósito del polje informan de una evolución controlada especialmente por la tectónica del macizo.** Siguiendo el modelo



**Figura 7-62.** Hoyo de Pelempito visto desde el borde oriental. Esta es una de las formas más llamativas del PNSB, dado el amplio desnivel entre los sectores cimeros de su entorno y el fondo (más de 1500 m), así como por el buen estado de conservación de su bosque mesófilo (=transición) (JRMB, 5/11/2004)

general, se propone la siguiente síntesis evolutiva: con la **activación de la tectónica durante el Intramioceno**, el borde oriental de las superficies culminantes se habría fracturado a través de un sistema de fallas normales de dirección predominante ESE-ONO. El dispositivo compartimentaría el borde oriental de las superficies en bloques, de tal suerte que unos experimentarían ascenso sostenido, mientras que una porción, donde se localiza actualmente el polje, mantendría un **movimiento relativo descendente durante todo el resto del Neógeno**.

La presencia de **conos rocosos escalonados y de los mont-derivados de las lomas Bucán Yamé y Alto de Las Dos Palmas**, sugiere que la tectónica sería irregular con momentos de estabilización y consecuente generación de distintos niveles de base. Los *mont-derivados* se habrían configurado inicialmente como pedimentos asociados al piedemonte de la loma de Los Pinos, en cuyos ápices posteriormente se modelarían poljes vinculados a fallas normales, concretamente en las localidades de la Sabana, el Limonal, Fondo de Masó y Fondo La Monteada.

Es probable que durante el final del Mioceno y **el resto del Neógeno**, la corrosión **retranqueara los escarpes NE y SO del polje, ensanchando a su vez su superficie**.

En un momento posterior, probablemente durante el Pliocuaternalio, el **desmantelamiento del lapiaz** que afectaría a las superficies

culminantes, descrito en el epígrafe anterior, **arrastraría consigo igualmente a la fracción fina de las alteritas, la cual terminaría rellenando el polje**. Quizá debido al escaso reconocimiento de campo realizado, todavía no se han encontrado ni en el depósito ni en los cañones que descienden hacia éste, restos del lapiaz de *rundkarren* de las superficies culminantes.

### **Algunas consideraciones finales**

#### **Sobre el modelo evolutivo y la biogeografía de la Sierra**

Algunos indicios biogeográficos apoyan el modelo evolutivo propuesto para la Sierra. Algunos ejemplos se citan a continuación:

- *Pinus occidentalis* o pino criollo, endémico de La Española, está reportado en varios macizos de la Isla, entre ellos, la Cordillera Central y Sierras de Neyba y Bahoruco. En esta última, sólo está reportado en el Bahoruco Occidental y en el complejo haitiano Hotte-Selle, coincidiendo con los relieves más antiguos. Esta y otras antiguas gimnospermas, como las *Podocarpaceae* y las *Pteridophyta*, así como algunas angiospermas basales, como *Magnolia spp.*, han debido provenir de territorios continentales, tales como América Central y del Sur. Es probable que las superficies culminantes estuvieran cubiertas, durante su modelado, por estos grupos de plantas.
- El diablofín o *Pterodroma hasitata*, es una gaviota que desarrolla la mayor parte de su ciclo de vida en el mar, pero anida cada año a más de 2000 m de altura, específicamente sobre unos escarpes que enlazan la superficie culminante de Los Pinos con poljes y otras depresiones en las proximidades de Villa Aida. Según el modelo evolutivo propuesto, hasta el Mioceno Inferior el nivel máximo de esta superficie estaría próximo al mar, de tal suerte que el ave anidaría en un karst de colinas, similar al actual de Los Haitises, pero cubierto de pinares y otras especies propias de la época. También según el modelo propuesto, la tectónica intensa que iniciaría en el Intramioceno (y que se mantiene hasta la actualidad) elevaría gradualmente el bloque de Loma del Toro hasta su cota actual (más de 2000 m). Al tratarse de un ascenso paulatino, el ave mantendría su costumbre de anidar en el paisaje que le era familiar: el bosque de pinar Paleógeno sobre superficie corrosiva con karst de colinas.

#### **Sobre los mecanismos del modelado kárstico, y en su relación con la litología y dispositivo estructural**

La cartografía geomorfológica elaborada en esta tesis, y su relación con los datos litológicos y estructurales existentes, sugieren algunas ideas clave sobre el modelado kárstico en montaña media tropical, que se resumen a continuación:

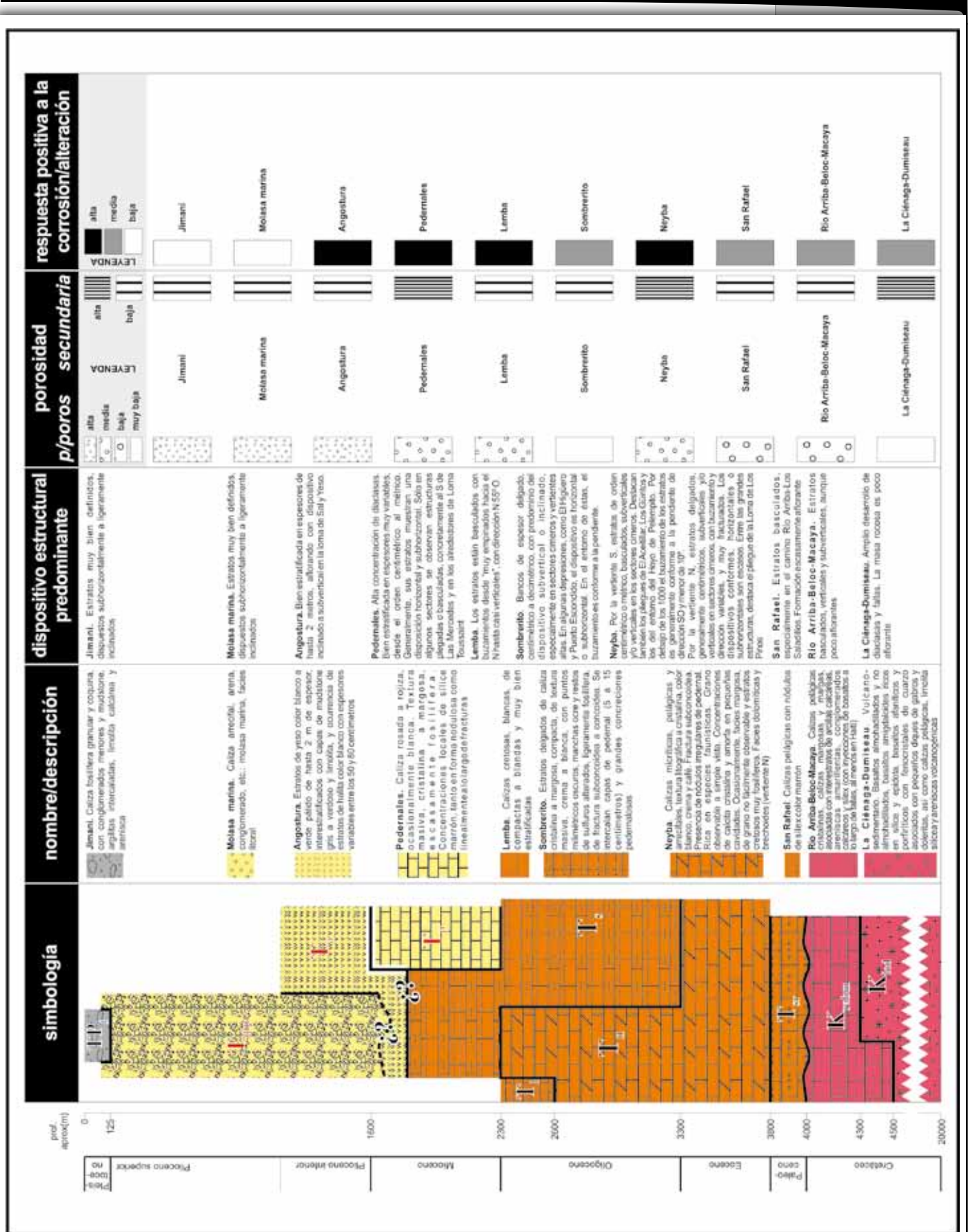


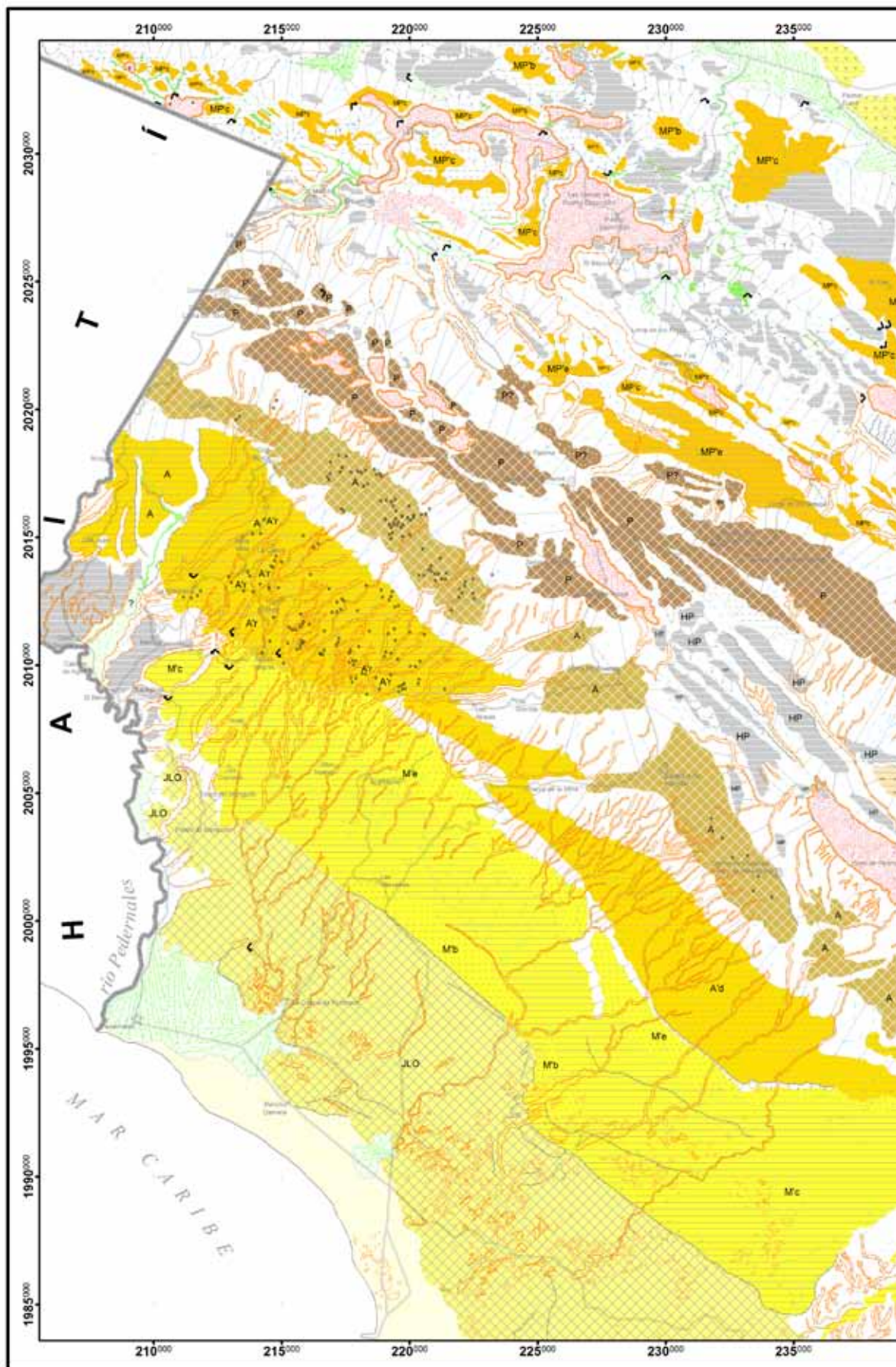
Figura 7-63. Columna estratigráfica de formaciones litológicas y su respuesta al modelado (fuente: elaboración propia a partir de diversos autores)

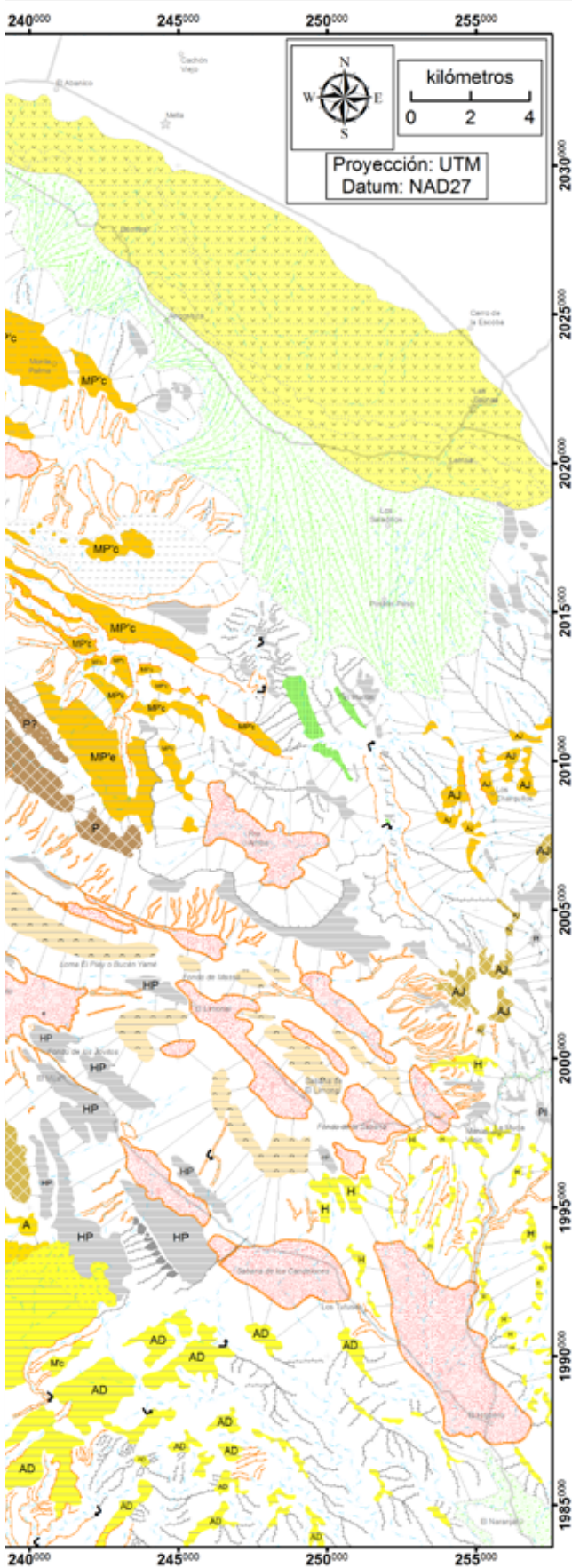
- Los datos obtenidos sugieren que **el modelado kárstico en la montaña media tropical no se produce únicamente a partir de la disolución**, es decir, ácido carbónico que disuelve carbonato de calcio. Este mecanismo es amplificado por las altas concentraciones de elementos químicos ajenos al sistema, tales como el hierro, el aluminio y otros, presentes en coberteras alóctonas. Su participación en la solución ácida puede ser relevante y condiciona el tipo de modelado. Los pedimentos Monte Palma y Las Mercedes son ejemplos de este caso.
- Los fenómenos epigenéticos observados sugieren que **la corrosión puede llegar a ser un mecanismo importante en el karst de montaña media tropical**. Es probable que los canchales transportados estén contribuyendo a retocar el perfil y generar depósitos nuevos en la superficies culminantes de Los Pinos y El Aceitillar, al menos durante el Cuaternario. No se ha podido determinar la influencia de la corrosión en el endo-karst, pero se cree que su papel podría ser determinante en las cuevas del macizo.
- **Las observaciones de campo y de fotointerpretación sugieren que, sin restar importancia a la composición litológica, el dispositivo estructural de los materiales también condiciona la karsto-génesis**. La caliza, generalmente, no es porosa, por lo que se atribuiría a la fracturación la entrada del agua en el macizo, que es la que inicia y profundiza la corrosión. Formaciones como Pedernales y Neyba, muy fracturadas, responden de forma positiva a la corrosión, mientras que Sombrerito o Jimaní no. La Figura 7-63 sugiere, de forma general y sin reflejar las particularidades locales, que los materiales responden mejor a la corrosión en la medida en que éstos se exponen a la entrada del agua a través de la "porosidad secundaria". También se ha detectado que la corrosión penetra poco en la medida que el dispositivo de los estratos tiende a ser horizontal. Así, en las charnelas de los anticlinales de Los Pinos, Monte Palma y El Aceitillar, los estratos se disponen de forma subhorizontal, permitiendo la conservación de las superficies y pedimentos correspondientes.

Ver Mapa Geomorfológico del Parque Nacional Sierra de Bahoruco y su Entorno en páginas siguientes.

Mapa geomorfológico del Parque Nacional  
Sierra de Bahoruco y su Entorno

Mapa





## LEYENDA

### Superficies Regionales y Grandes Pedimentos

- P Superficie Culminante Los Pinos
- P? ¿resto de Superficie Culminante Los Pinos?
- A Superficie Culminante El Aceitillar
- MP<sup>e</sup> Pedimento de Monte Palma: superficie de enlace
- MP<sup>c</sup> Pedimento de Monte Palma: bloques compartimentados
- MP<sup>b</sup> Pedimento de Monte Palma: bloques basculados
- A Pedimento El Aceitillar
- A<sup>d</sup> Pedimento El Aceitillar: bloque desnivelado
- A<sup>r</sup> Pedimento El Aceitillar: superficie regradada
- M<sup>e</sup> Pedimento Las Mercedes: superficie de enlace
- M<sup>c</sup> Pedimento Las Mercedes: bloque conservado
- M<sup>b</sup> Pedimento Las Mercedes: bloque basculado
- JLO Superficie Karstificada de Jaragua-Los Olivares
- superficie degradada

### Otros aplanamientos

- AJ Superficie Las Auyamas-La Jo
- AJ Pedimento Las Auyamas-La Jo
- Mont Derivado de las Lomas Bucán Yamé y Alto de Las Dos Palmas
- H Pedimento El Higuero
- AD Pedimento Arroyo Dulce
- pedimento/cono rocoso
- HP pedimento/cono rocoso con vergencia hacia el Hoyo de Pelempito
- PI cono rocoso con vergencia a la depresión de Polo
- superficie halo-kárstica
- superficie halo-kárstica degradada

### Depósitos y otros elementos

- depósitos de fondo de polje
- depósito aluvial de cauce activo
- valle capturado
- depresión periférica rellena con depósito aluvial de abanicos y conos
- depósito aluvial de abanicos y conos
- ¿depósito aluvial de abanicos y conos?
- faceta
- depósitos litorales

### Límites de formas kársticas

- límite de polje
- límite de uvala
- límite de dolina
- límite de corredor fluvio-kárstico o cañón
- límite de valle en "V"

### Otros elementos

- interfluvio indiferenciado
- escarpe indiferenciado
- sentido de vergencia de vertiente
- dirección de flujo de abanico o cono
- posible codo de captura
- relieve residual positivo kárstico
- talweg





**CAPÍTULO VIII.**  
**DIVERSIDAD**  
**DE FLORA Y**  
**VEGETACIÓN**



## Estudios previos

La vegetación de República Dominicana cuenta con estudios desde principios del siglo XX (Ciferri, 1936), pero hasta los años 70 no se desarrolló una sistemática de la flora y formaciones vegetales dominicanas, liderada por H. Liogier (1976) y respaldada institucionalmente por el Jardín Botánico Nacional Dr. Rafael Moscoso Puello (a partir de 1989, Revista Moscosoa). El resultado más destacado de este esfuerzo es la Flora de La Española (Liogier, 2000) en 9 tomos.

En los años 80, se hicieron estudios sistemáticos de la biodiversidad nacional (SEA, 1990), muchos de los cuales fueron publicados en la revista Moscosoa entre la década 1990 y los primeros años del siglo XXI. En estos trabajos se han abordado diferentes aspectos de las formaciones vegetales del piso basal y la montaña, entre los que se citan: García (1989, 1994); García y Mejía (2000); García y otros (2001a, 2001b); García y Pimentel (1986); Zanoni (1985, 1990a, 1990b, 1993); Zanoni y Jiménez (2002); Zanoni y otros (1990). Complementan estas aportaciones los trabajos de Cámara (1997, 1999, 2004, 2009), de Cámara y Díaz del Olmo (1997a, 1997b, 1999, 2000) y Cámara y otros (2005).

Sobre el área de estudio, la información más extensa en materia de diversidad de flora la proveen los siguientes documentos:

- Un único informe, cuyo ámbito de estudio es el conjunto de la Sierra titulado "Informe sobre la flora y la vegetación de la Sierra de Bahoruco", de García y otros (2001);
- Dos informes, uno con ámbito en el Bahoruco Occidental exclusivamente y, por lo tanto, incluye a su Parque Nacional; el otro, que abarca a la provincia de Pedernales, incluyendo igualmente al BO y su PN. En el mismo orden, son citados a continuación:
  - "Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la Sierra de Bahoruco", de SEA/DVS (1994);
  - "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia Pedernales (PORN-Pedernales)" de ONAPLAN y otros (2004)<sup>1</sup>.

También se han publicado artículos sobre especies nuevas, caracterización de flora endémica y transectos de vegetación, que complementan los referidos trabajos integrales. Pero sin duda, los más importantes son los referidos informes.

El informe de García y otros (2001b), consolida y actualiza las aportaciones, hasta entonces separadas, de los Bahoruco Occidental y Oriental en un único documento, que supone una ampliación sensiblemente notoria del número de especies. Además, se proponen unas unidades de vegetación ligeramente distintas a los anteriores trabajos. Sin embar-

<sup>1</sup> Además de los datos aportados por SEA/DVS y ONAPLAN y otros, se levantaron varias parcelas durante los trabajos de campo de esta tesis.

go, no se especifican los sitios de colecta de cada espécimen y por ello es necesario el estudio de la flora con indicación de sitios y su georreferenciación.

Los informes de SEA/DVS (1994) y ONAPLAN y otros (2004) centran su atención en el Bahoruco Occidental. El primero de estos: "Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la Sierra de Bahoruco" (inédito, y puede consultarse en la Dirección de Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente), es el resultado de los estudios financiados por HELVETAS, en el marco del "Programa Ambiental", al que se incorporaron 8 instituciones gubernamentales y el DED. Aunque su título se refiere a la Sierra íntegramente, se centró fundamentalmente en el Bahoruco Occidental, dado que el Oriental había sido estudiado previamente en SEA/DVS (1992). El PORN-Pedernales puede consultarse en la biblioteca del Viceministerio de Economía y Planificación (MEPyD), en el Ministerio de Medio Ambiente, o en la Oficina Técnica de Cooperación de la Embajada de España en República Dominicana.

Por último, los trabajos complementarios son los siguientes:

- Zanoni y Jiménez (2002), "Notas para la flora de La Española IX", donde se indica el redescubrimiento de la especie *Pedinopetalum domingense*, en El Aguacate, Los Arroyos y Pueblo Viejo;
- García y otros (2001a), "Flora endémica de la Sierra Bahoruco", donde se indican aquellas especies que son endémicas de La Española presentes en Bahoruco. No se indican lugares específicos donde se reportan las especies. No se indican los lugares;
- García y Mejía (2000), "Una especie de *Acacia* (Mimosaceae) nueva para la Ciencia", que resultó ser la endémica para la Sierra *Acacia oviedoensis*, colectada en la Sierra de Bahoruco y en el Parque Nacional Jaragua;
- Liogier y García (1997), "Una nueva especie de *Psidium* (Myrtaceae) para la Sierra de Bahoruco", donde describe la especie *Psidium bahorucanum*. Fue colectada en Monte Palma
- Barneby y Grimes (1997), "Silk tree, guanacaste, monkey's earing", que reporta la *Cojoba zanoni* (Mimosaceae) en la Carretera Cabral-Polo;
- Fisher-Meerow y Judd (1989), "un estudio florístico de cinco sitios a lo largo de un transecto altitudinal en la Sierra de Bahoruco", que comprende un transecto con colectas en 5 puntos de la vertiente S de la Sierra.

Existe una extensa bibliografía publicada por Donald Dod acerca de las más de 180 especies de la familia Orchidaceae, de las que se conoce su alta diversidad y endemismo para la Sierra de Bahoruco.

Estos trabajos sobre la flora del PNSB y la Sierra constituyen buenas fuentes para elaborar un diagnóstico apropiado, acorde con la diversidad botánica y su grado de amenaza. De ahí que se haya prestado especial atención en extraer, de la información base, las especies y su distribución en el territorio. Además, cada uno de estos documentos contiene información útil para establecer variables tales como diversidad específica por formación vegetal, fragilidad de los ecosistemas, entre otros.

## **Diversidad botánica de la sierra de Bahoruco**

Aun cuando el ámbito de la presente tesis es el Bahoruco Occidental, no se ha obviado la importancia que tiene la flora de la Sierra como macizo unitario. Por lo tanto, se presentará primero la caracterización florística de conjunto y posteriormente se aborda al Bahoruco Occidental de manera específica. Para lo primero, se utilizarán los datos de García y otros (2001b), que une los resultados de SEA/DVS (1994) y publicaciones sobre el Bahoruco Oriental.

### **Diversidad botánica de la sierra de Bahoruco**

La sierra de Bahoruco tiene 1409 especies de plantas vasculares reportadas, lo cual supone el 25.6% del total descrito en RD (García y otros, 2001b). De estas 1251 son angiospermas y 158 *pteridophytas* (helechos). Se distribuyen en 672 géneros, que representa el 57% de todos los reportados en el país, repartidos en 131 familias, 11 de las cuales están representadas por 25 especies o más (Tabla 8-1).



**Figura 8-1.** La Poaceae *Arthrostylidium capillifolium* en el acceso que comunica el herbazal de Villa Aida con Marramié o Charco de la Paloma, en la vertiente N de la Sierra. Esta herbácea ocupa sectores expuestos o como cortejo del bosque nublado, especialmente en esta vertiente (JRMB, 9/11/04)

**Tabla 8-1. Familias representadas por más de 25 especies en el conjunto de la Sierra de Bahoruco, según García y otros (2001b). La familia *Orchidaceae* puede llegar hasta 180 especies, pero sólo se reportan 131**

FAMILIAS CON > 25 ESPECIES	
<i>Orchidaceae</i>	131
<i>Rubiaceae</i>	77
<i>Asteraceae</i>	72
<i>Euphorbiaceae</i>	65
<i>Poaceae</i>	47
<i>Piperaceae</i>	40
<i>Fabaceae</i>	38
<i>Solanaceae</i>	29
<i>Malvaceae</i>	28
<i>Boraginaceae</i>	25
<i>Mimosaceae</i>	25

El informe indica que hay 13 familias representadas por más de 10 géneros. Por supuesto, esta lista también la encabeza *Orchidaceae*. La Tabla 8-2 resume este dato.

**Tabla 8-2. Familias representadas por más de 10 Géneros en el conjunto de la Sierra de Bahoruco, según García y otros (2001b)**

FAMILIAS CON > 10 GÉNEROS	
<i>Orchidaceae</i>	53
<i>Asteraceae</i>	40
<i>Rubiaceae</i>	31
<i>Poaceae</i>	29
<i>Mimosaceae</i>	15
<i>Apocynaceae</i>	14
<i>Malvaceae</i>	14
<i>Verbenaceae</i>	12
<i>Cactaceae</i>	11
<i>Melastomataceae</i>	10
<i>Sapindaceae</i>	10

Por último, como estadística relevante, se indica que un total de 20 Géneros está representado por 10 o más especies. La Tabla 8-3 muestra la cantidad de especies en cada caso.

**Tabla 8-3. Géneros representados por más de 10 especies en el conjunto de la Sierra de Bahoruco, según García y otros (2001b)**

GÉNEROS CON > 10 ESPECIES	
<i>Peperomia</i>	26
<i>Tillandsia</i>	24
<i>Thelypteris</i>	19
<i>Lepanthes</i>	17
<i>Pleurothallis</i>	15
<i>Asplenium</i>	14
<i>Eugenia</i>	14
<i>Guettarda</i>	12
<i>Epidendrum</i>	12
<i>Piper</i>	12
<i>Polypodium</i>	12
<i>Eupatorium</i>	11
<i>Croton</i>	11
<i>Solanum</i>	11

GÉNEROS CON > 10 ESPECIES	
<i>Coccoloba</i>	10
<i>Exostema</i>	10
<i>Elaphoglossum</i>	10
<i>Cordia</i>	10
<i>Caesalpiniaceae</i>	10
<i>Ipomoeae</i>	10

Según tipo biológico, la distribución es como sigue: 194 árboles (13.93%); 433 arbustos (30.40%); 431 hierbas (30.41%); 194 epifitas (13.90%); 124 trepadoras (8.72%); 13 parásitas, 10 estípites o palmas, 6 rastreras y 4 arbustos sarmentosos.

### Diversidad botánica del PNSB

Se analizan a continuación las variables anteriores para el Parque Nacional. Como se ha comentado, las fuentes de información para este ámbito concreto son SEA/DVS (1994) y ONAPLAN y otros (2004), así como inventarios realizados en trabajos de campo de la presente tesis.

En anexos, se recogen las especies que están reportadas específicamente dentro del área protegida (Anexo 3, según SEA/DVS, 1994 y ONAPLAN y otros, 2004) (ver Figura 8-2), así como aquellas amenazadas según criterios de SEMARENA (2004b) (Anexo 4).

SEA/DVS (1994) trabaja en 19 sitios de muestreo (con indicación de coordenadas), los cuales se citan en la Tabla 8-4.

**Tabla 8-4. Tabla de referencia de los sitios de muestreo en SEA/DVS (1994), con indicación del código, topónimo y coordenadas**

letra	nombre, topónimo	Coord. NAD27	
		Y	X
A	Monte Palma	2027728	236365
B	Hoyo de Pelempito y alrededores	2001592	242261
C	Adermá - Mapioró	1988090	244000
D	Fondo del Limonal	1999897	247983
E	Loma Guadome	1995664	242582
F	Duvergé - Puerto Escondido	2029361	230732
G	Puerto Escondido - Aguacate	2029003	224684
H	Loma del Toro, Villa Aida y alrededores	2024346	213361
I	Aguacate - Villa Aida - Puerto Viejo	2019969	222521
J	Entrada del 4 - Rancho Viejo	2014702	235361
K	Las Mercedes	2002177	220196
L	Las Abejas (Aceitillar)	2008461	222286
M	Cabo Rojo	1977201	219964
N	Laguna del Medio, Lago Enriquillo y sus alrededores	2039711	214493
O	Sur de la Laguna del Limón	-	-
P	Limón - Jimaní	2042143	203570
Q	Zona Cafetalera Paraíso	-	-
R	Pie de Palo, La Guázara	-	-
S	Monteada Nueva	-	-

Se advierte que sólo los lugares codificados desde la A la L corresponden al PNSB; M corresponde al PN Jaragua; N, O y P se inscriben en el

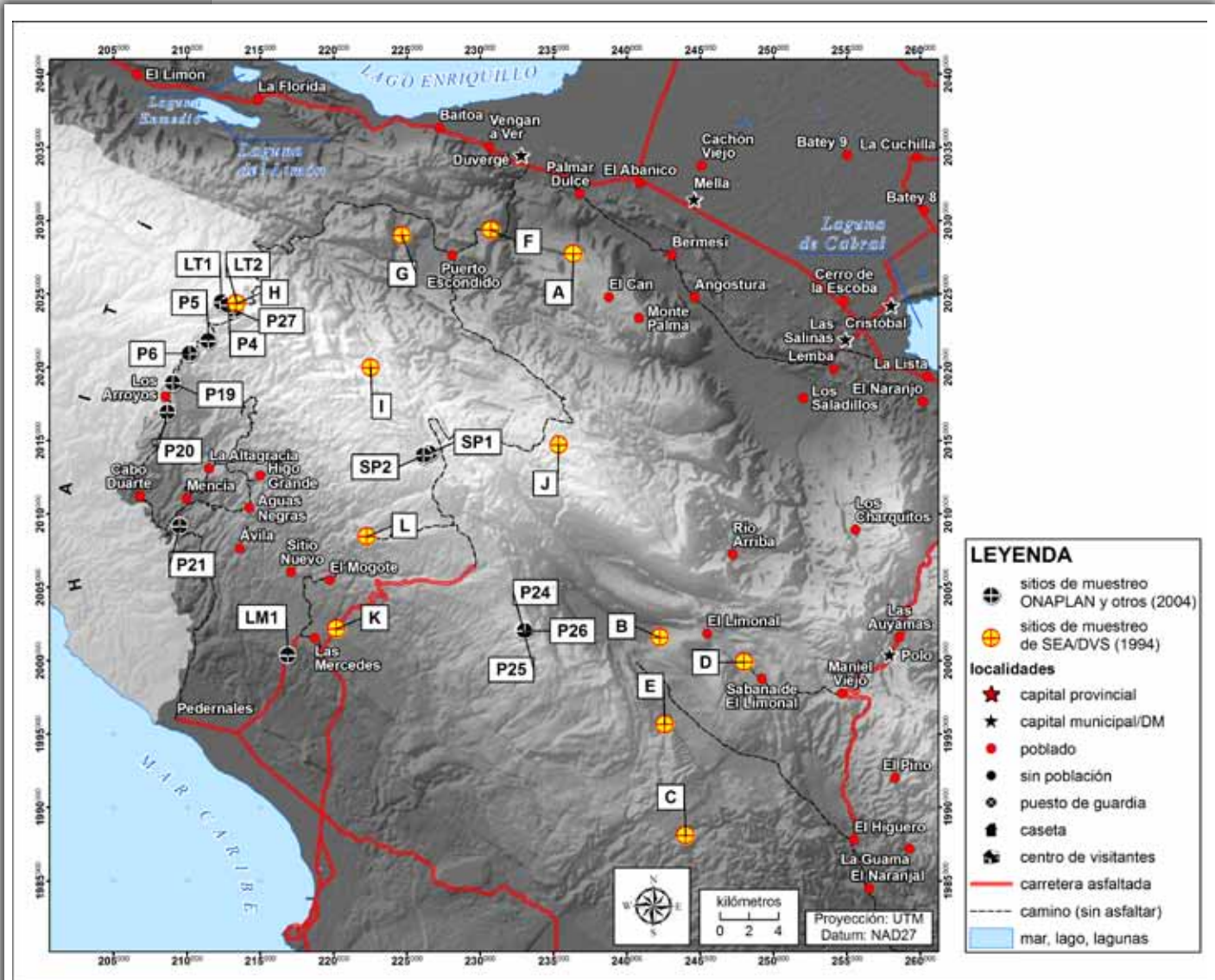


Figura 8-2. Mapa de sitios de muestreo de ONAPLAN y otros (2004) y SEA/DVS (1994)

pedimonte septentrional de la Sierra y la Hoya de Enriquillo; y Q, R y S corresponden al Bahoruco Oriental. Por lo tanto, de los 19 sitios muestreados, 12 se inscriben el PNSB.

ONAPLAN y otros (2004) trabajaron en 15 “parcelas”, cuya localización y nombres figuran en la Tabla 8-5:

Tabla 8-5. Tabla de referencia de los sitios de muestreo en ONAPLAN y otros (2004), así como de inventarios de esta tesis, con indicación del código, lugar y coordenadas

cód.	lugar	Coord. NAD27	
		Y	X
LM1	Las Mercedes	216880	2000351
LT1	Loma del Toro	212363	2024430



cód.	lugar	Coord. NAD27	
		Y	X
LT2	Loma del Toro	213393	2024403
P4	Loma del Toro	212837	2024214
P5	Loma del Toro	211465	2021803
P6	Los Arroyos	210202	2020939
P19	Los Arroyos	209048	2018917
P20	Los Arroyos	208680	2016915
P21	El Agüita	209530	2009157
P24	Camino El Aceitillar-Mirador	232953	2002051
P25	Camino El Aceitillar-Mirador	232941	2002016
P26	Camino El Aceitillar-Mirador	233052	2002035
P27	Loma del Toro	213219	2023926
SP1	Savane Pebligue	226525	2014148
SP2	Savane Pebligue	226140	2013977

La Figura 8-2 muestra la distribución de los sitios de muestreo de ambos estudios. Para la extracción de información, se ha diseñado una base de datos que permite un análisis rápido y preciso, cuyos resultados se detallan a continuación.

En el ámbito del PNSB se reportan 746 especies, distribuidas en 426 géneros y 116 familias.

De éstas, 21 familias están representadas por 10 especies o más dentro del PN, encabezadas por *Orchidaceae*, *Asteraceae*, *Rubiaceae*, *Euphorbiaceae* y *Solanaceae* (Tabla 8-6).



**Figura 8-3.** Ejemplares de *Pinus occidentalis* del herbazal denominado “Sabana Redonda”, en el camino que une Villa Aida con Marramie, vertiente N de la Sierra (JRMB, 9/11/04)

**Tabla 8-6.** Familias representadas por 10 o más especies en el PNSB, según SEA/DVS (1994) y ONAPLAN y otros (2004), así como de inventarios realizados para tesis

FAMILIAS CON > 10 ESPECIES	
<i>Orchidaceae</i>	72
<i>Asteraceae</i>	55
<i>Rubiaceae</i>	53
<i>Euphorbiaceae</i>	37
<i>Poaceae</i>	21
<i>Solanaceae</i>	20
<i>Fabaceae</i>	19

FAMILIAS CON > 10 ESPECIES	
<i>Myrtaceae</i>	17
<i>Mimosaceae</i>	16
<i>Melastomataceae</i>	16
<i>Bromeliaceae</i>	16
<i>Piperaceae</i>	15
<i>Helechos</i>	14
<i>Sapindaceae</i>	13
<i>Verbenaceae</i>	12
<i>Rutaceae</i>	11
<i>Sapotaceae</i>	11
<i>Caesalpiniaceae</i>	10
<i>Boraginaceae</i>	10
<i>Lauraceae</i>	10
<i>Apocynaceae</i>	10

También se ha calculado que hay 10 familias representadas por 8 o más géneros. Nuevamente *Orchidaceae* encabeza la lista, seguida de *Asteraceae*, *Rubiaceae* y *Euphorbiaceae*, según se recoge en la Tabla 8-7.

**Tabla 8-7. Familias representadas por 8 o más Géneros en el PNSB, según SEA/DVS (1994) y ONAPLAN y otros (2004), así como de inventarios realizados para esta tesis**

FAMILIAS CON > 8 GÉNEROS	
<i>Orchidaceae</i>	39
<i>Asteraceae</i>	31
<i>Rubiaceae</i>	20
<i>Euphorbiaceae</i>	17
<i>Poaceae</i>	15
<i>Fabaceae</i>	13
<i>Helechos</i>	10
<i>Mimosaceae</i>	9
<i>Apocynaceae</i>	9
<i>Verbenaceae</i>	9
<i>Melastomataceae</i>	8
<i>Sapindaceae</i>	8

Hay 18 géneros en el PNSB representados por 5 o más especies. Encabeza la lista *Tillandsia* (*Bromeliaceae*), seguida de *Eupatorium* (*Asteraceae*), *Eugenia* (*Myrtaceae*), *Xanthoxylum* (*Rutaceae*), entre otros (ver Tabla 8-8).

**Tabla 8-8. Géneros representados por más de 5 especies en el conjunto de la Sierra de Bahoruco, según SEA/DVS (1994) y ONAPLAN y otros (2004), así como de inventarios realizados para esta tesis**

GÉNEROS CON > 5 ESPECIES	
<i>Tillandsia</i>	11
<i>Eupatorium</i>	11
<i>Eugenia</i>	10
<i>Psychotria</i>	9
<i>Peperomia</i>	9
<i>Coccoloba</i>	8
<i>Solanum</i>	8
<i>Miconia</i>	8
<i>Pleurothallis</i>	8
<i>Xanthoxylum</i>	8

GÉNEROS CON > 5 ESPECIES	
<i>Senecio</i>	7
<i>Cestrum</i>	7
<i>Guettarda</i>	7
<i>Ilex</i>	7
<i>Croton</i>	7
<i>Rondeletia</i>	5
<i>Erythroxylum</i>	5
<i>Acacia</i>	5
<i>Sideroxylon</i>	5
<i>Oncidium</i>	5
<i>Ocotea</i>	5

Por formación vegetal, la mayor diversidad está en el bosque mesófilo (semideciduo), con 301 especies (Tabla 8-9). Le sigue el bosque higrófilo (nublado) con 228 y el ombrófilo (húmedo) con 206. El resto de las especies se distribuye entre el pinar, con 131, el matorral tropó-xerófilo (matorral seco) con 97, y por último el bosque seco con 49 especies. Es probable que la menor diversidad del bosque nublado respecto del mesófilo se deba a un menor muestreo en dicha formación.

**Tabla 8-9. Cantidad de especies según formación vegetal (elaborado a partir de SEA/DVS, 1994) y ONAPLAN y otros (2004), así como de inventarios realizados para la presente tesis**

formación vegetal	cantidad de especies
<i>bosque mesófilo</i>	403
<i>bosque higrófilo</i>	155
<i>pinar</i>	143
<i>bosque ombrófilo</i>	28
<i>bosque tropófilo</i>	17

**En cuanto al estado de conservación de especies**, para el PNSB y su entorno próximo hay reportadas 51 bajo algún grado de amenaza o extinción, según el análisis realizado por ULG y otros (1999) en base a García (1994), SEA/DVS (1994), y Hartshorn y otros (1981). Otra referencia para esta lista ha sido el documento elaborado para la creación de la Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo (SEMARN, 2004). Estas 51 especies se distribuyen en 20 familias, encabe-



**Figura 8-4. Ejemplar de *Arcoa gonavensis* (Caesalpinaceae), cuyo DAP es superior a 1 m (JRMB, 5/11/04)**

zadas por *Orchidaceae* con 25 especies, seguida de *Rubiaceae* (3), *Caesalpinaceae* (3), *Myrsinaceae* (2), *Mimosaceae* (2) y *Smilacaceae* (2), y otras con sólo 1 especies. Puede consultarse la lista completa de especies ordenadas según familias en el Anexo 4. A continuación la Tabla 8-10, resume estos resultados.

**Tabla 8-10. Cantidad de especies amenazadas o en extinción por familia en el PNSB, según SEMARN (2004) y ULG y otros (1999), así como de inventarios realizados para esta tesis**

familia	cantidad de especies
<i>Orchidaceae</i>	25
<i>Rubiaceae</i>	3
<i>Caesalpinaceae</i>	3
<i>Myrsinaceae</i>	2
<i>Mimosaceae</i>	2
<i>Smilacaceae</i>	2
<i>Meliaceae</i>	1
<i>Arecaceae</i>	1
<i>Bignoniaceae</i>	1
<i>Bromeliaceae</i>	1
<i>Cactaceae</i>	1
<i>Cupressaceae</i>	1
<i>Ebenaceae</i>	1
<i>Agavaceae</i>	1
<i>Melastomataceae</i>	1
<i>Phytolaccaceae</i>	1
<i>Podocarpaceae</i>	1
<i>Rutaceae</i>	1
<i>Sapotaceae</i>	1
<i>Fabaceae</i>	1

En cuanto a especies endémicas raras, tanto por la escasez de individuos como por la antigüedad del último reporte conocido, García y otros (2001) citan 6: *Dendropanax selleana* Urb. & Ekm. (*Araliaceae*), *Pseudophoenix ekmanii* Burret (*Arecaceae*), *Gnaphalium selleanum* Urb. & Ekm. (*Asclepiadaceae*), *Coreopsis buchii* (*Asteraceae*), *Fuchsia triphylla* L. (*Onagraceae*), *Passiflora orbiculata* Cav. (*Passifloraceae*).

Hay otras 22 especies que en las publicaciones referidas han sido catalogadas de "hallazgos importantes":

- Al menos 9 son endémicas, exclusivas de la Sierra de Bahoruco, aunque probablemente estuvieron o están presentes en el Massif de la Selle
- Las restantes 13 son endémicas de La Española, en algunos casos restringidas al SO y, normalmente, de escasa abundancia

La Tabla 8-11 resume estas aportaciones:

**Tabla 8-11. Especies reportadas como raras o cuyo último reporte es muy antiguo (fuente: varios autores)**

Especie	Reporte en PNSB	Reporte fuera de PNSB	End. PNSB	Observaciones
<i>Caesalpinia sphaerosperma</i> (Caesalpinaceae)	Los Jobitos (camino El Tunal- Hoyo de Pelempito)	☒	✓	Redescubierta. Último reporte 1926
<i>Chloroleucon</i> sp. (Mimosaceae)	Camino El Tunal- Hoyo de Pelempito	☒	✓	Reportada como <i>C. guantanamense</i> (Figura 8-5)
<i>Drypetes ilicifolia</i> (Euphorbiaceae)	Monte Palma	☒	✓	-
<i>Gesneria saxatilis</i> (Gesneriaceae)	Monte Palma; Limonal	☒	✓	Descubierta por Liogier en 1971. Rara
<i>Phialanthus hipaniolae</i> (Rubiaceae)	Monte Palma	☒	✓	-
<i>Psidium bahorucanum</i> (Myrtaceae)	Monte Palma	☒	✓	-
<i>Quisqueya ekmanii</i> (Orchidaceae)	Villa Aida	☒	✓	-
<i>Sapium daphnoides</i> . (Euphorbiaceae)	Monte Palma; Limonal	☒	✓	-
<i>Senecio buchii</i> (Asteraceae)	Villa Aida	☒	✓	Abundante en este sector
<i>Acacia cocuyo</i> (Mimosaceae)	Sabana de Maniel	Sierra de Martín García	☒	Nuevo reporte para Bahoruco
<i>Acacia oviedoensis</i> sp. (Mimosaceae)	Camino El Tunal- Hoyo de Pelempito	Parque Nacional Jaragua	☒	-
<i>Arcoa gonavensis</i> (Caesalpinaceae)	Camino El Tunal- Hoyo de Pelempito	Haití	☒	Rara (Figura 8-4)
<i>Cojoba zanonii</i>	Carretera Cabral- Polo	Massif de la Selle	☒	Originalmente reportada como <i>Obolingo zanonii</i>
<i>Daphnosis crassifolia</i> (Thymelaeaceae)	Loma del Toro, Villa Aida, El Aguacate, Pueblo Viejo, Rancho Viejo	Massif de la Selle?, Sierra de Neyba, Samaná, Cord. Central	☒	Estudio de 1985
<i>Guettarda spinifera</i> (Rubiaceae)	Los Jobitos (camino El Tunal-Hoyo de Pelempito)	La Descubierta (RD) y Haití	☒	Redescubierta. Último reporte 1920
<i>Juniperus ekmanii</i> (Cupressaceae)	Rancho Viejo	La Selle	☒	Afectada por corte
<i>Leandra inaequidens</i> (Melastomataceae)	Las Abejas, El Aceitillar	Massif de la Selle	☒	Redescubierta. Último reporte 1973
<i>Meliosma impressa</i> (Sabiaceae)	Loma del Toro, Villa Aida, El Aguacate, Pueblo Viejo, Rancho Viejo	Massif de La Selle?, Cord. Central	☒	-
<i>Pedinopetalum domingense</i> (Apiaceae)	El Aguacate, Los Arroyos, Pueblo Viejo	Haití	☒	Se asocia con la zanahoria <i>Daucus carota</i>
<i>Sebastiana picardae</i> (Euphorbiaceae)	Hoyo de Pelempito y alrededores; Las Abejas	Haití	☒	Rara
<i>Sophora oligosperma</i> (Fabaceae)	Al N de Mapioró	Massif de La Selle	☒	Redescubierta. Último reporte 1925
<i>Symplocos domingensis</i> (Symplocaceae)	Las Abejas	Cord. Central, Massif de La Selle?, Sierra de Neyba	☒	-

Resumiendo los datos sobre la flora, unas **1409 especies** reportadas para la **Sierra de Bahoruco y su entorno**, de las que **746 se inscriben en el PNSB**. De estas, **51 se cree bajo algún grado de amenaza o en peligro**

de extinción. De las endémicas, **28 son raras o constituyen hallazgos importantes.**

### **Riqueza específica e índices de diversidad por formaciones vegetales del PNSB a partir de parcelas estructuradas**

Las 15 parcelas publicadas en ONAPLAN y otros (2004), y otras realizadas en esta tesis, permiten caracterizar la riqueza específica y calcular los índices de diversidad por formaciones vegetales del PNSB. La distribución es como sigue: una en el bosque tropófilo, una en el mesófilo montano, una en el ombrófilo montano, dos en el higrófilo, y 10 en el pinar con sus formaciones asociadas (pinar abierto, pinar cerrado, herbazales). La Tabla 8-12 muestra amplia estos datos.

**Tabla 8-12. Distribución de las parcelas según formaciones vegetales**

ID	localización	fecha	formación	altimetría
LM1	Las Mercedes	5/10/2004	bosque tropofilo	300
P21	El Agüita	7/8/2003	bosque mesofilo	1200
P19	Los Arroyos	7/8/2003	bosque ombrófilo	1307
P6	Los Arroyos	1/8/2003	bosque higrófilo	1680
P20	Los Arroyos	7/8/2003	bosque higrófilo	1350
P24	Camino de Aceitillar	16/08/2003	bosque de pinos	1227
P25	Aceitillar	16/08/2003	bosque de pinos	1206
P26	Aceitillar	16/08/2003	bosque de pinos	1231
SP1	Sabana Peblique	6/10/2004	herbazal-pinar	1920
SP2	Sabana Peblique	6/10/2004	herbazal-pinar	1953
P5	Loma del toro	31/07/2003	bosque de pinos	1983
P4	Loma del toro	31/07/2003	bosque de pinos	2100
LT2	Loma del toro	8/10/2004	bosque de pinos	2200
LT1	Loma del toro	8/10/2004	bosque de pinos	2217
P27	Loma del toro	17/08/2003	herbazal-pinar	2306

Se inventariaron 191 especies agrupadas en 84 familias. Las familias con más de 4 especies son 13: *Asteraceae*, *Euphorbiaceae*, *Lauraceae*, *malvaceae*, *Meliaceae*, *Mimosaceae*, *Myrtaceae*, *Oleaceae*, *Orchidaceae*, *Poaceae*, *Rubiaceae*, *Sapindaceae*, *Sapotaceae*, destacando *Asteraceae* (15), *Poaceae* (11), *Rubiaceae* (10), *Euphorbiaceae* (6) y *Sapindaceae* (6).

**La riqueza específica** por formación es como sigue: bosque tropófilo, 20 especies; bosque mesófilo, 45 especies; bosque ombrófilo, 27 especies; bosque nublado, 50 especies; pinar, 84 especies. Estos datos ponen de manifiesto los siguientes puntos:

- Del bosque tropófilo, mesófilo y ombrófilo sólo se realizó una parcela, mientras que del nublado 2. Con una sola parcela, en cada caso, se inventarió un **20% de las especies del bosque tropofilo** reportadas por SEA/DVS (1994); **14% de las del bosque mesófilo**; **13% de las del bosque ombrófilo**; y **22% de las del bosque nublado**.

- Del pinar se realizaron 10 parcelas, para un **64% de las especies ya inventariadas** por SEA/DVS (1994), lo cual implica que, según la curva área/especie, con 5 parcelas más la aproximación hubiese sido de un 90% de las especies repertoriadas. Evidentemente, esta formación presenta una mayor riqueza por haberse realizado más inventarios en ella. Sin embargo, esta ponderación se justifica en que el pinar es la formación vegetal predominante del PN. Por lo tanto, excluyendo el pinar y según los datos recogidos en esta tesis, **las formaciones con mayor riqueza específica son, de mayor a menor, el bosque mesófilo, higrófilo, tropófilo y ombrófilo**. Se atribuye a la alta degradación la baja riqueza de los bosques ombrófilo e higrófilo, aunque las parcelas seleccionadas como "tipos" son representativas de estas formaciones en el Bajoruco Occidental.

Los índices de diversidad para las formaciones están recogidos en la Tabla 8-13:

**Tabla 8-13. Índices de diversidad aplicados a las 15 parcelas estudiadas**

índice	bosque tropófilo	bosque mesófilo	bosque ombrófilo	bosque higrófilo	bosque de pinar
especies	20	45	27	50	84
Dominancia (D)	0.1525	0.03032	0.1361	0.06277	0.0492
Shannon (H)	2.19	3.515	2.16	2.952	3.545
Simpson_ (1-D)	0.8475	0.9697	0.8639	0.9372	0.9508
Evenness (e <sup>H</sup> /S)	0.4469	0.7471	0.321	0.383	0.4125
Menhinick	0.1277	0.2251	0.1987	0.2674	0.1743
Margalef	1.88	4.153	2.647	4.684	6.717
Equitabilidad (J)	0.7311	0.9234	0.6553	0.7547	0.8001
Fisher_alpha	2.14	5.008	3.107	5.737	8.193
Berger-Parker	0.2937	0.03603	0.2183	0.09839	0.1644

**Aunque se comentarán todas las formaciones vegetales, la discusión se centrará en el bosque de pinos**, ya que sus resultados para 10 parcelas están más próximos a los valores representativos de la formación.

Para el conjunto, los índices de **Shannon** se sitúan en valores entre **2 y 3.5**. En el caso del pinar este es el valor máximo probablemente que puede alcanzar, que es similar a los valores alcanzados para los bosques tropófilos del Lago Enriquillo y NO de República Dominicana. Para los bosques en los que se han hecho una o dos parcelas estos índices deben acercarse a 3 (bosques tropófilos, ombrófilos e higrófilos) y en algún caso a 4, como en el bosque mesófilo o en el higrófilo. Considerando que los valores para selvas húmedas (bosque ombrófilos) alcanzan valores entre 4.5 y 5, la diversidad para el pinar es alta, dado que *Pinus occidentales* predomina en cobertura dentro de esta formación.

**Los índices de Margalef dan valores bajos** (no superior a 7). En selvas húmedas en Costa Abajo de Colón se han obtenido valores de 24 (ANAM/

Fondo Mixto/DEMUCA, 2008) y 7 para los bosques secos del SO de República Dominicana.

**Los valores del índice de Menhinick son también bajos**, ni siquiera alcanzan la unidad, especialmente en el caso del bosque de pinos, con 0.17, frente a valores de 2 a 3 en áreas que también se definen como formación vegetal con especies dominantes monoespecíficas, como son las ciénagas costeras de Costa Abajo de Colón. Los bosques ombrófilos de Costa Abajo de Colón (Panamá) alcanzan valores de 5 a 7, y los bosques tropófilos de la Hoya de Enriquillo de 1.5 a 2.5.

El **índice de equitabilidad de Pielou (J)** da 0.8 para los bosques de pino, lo cual indica que las especies presentes son igualmente abundantes, a excepción del *Pinus occidentalis*, que es la dominante.

Esto también queda marcado en el **índice de Dominancia**, que para el **bosque de pinos tiene un valor de 0.16**. Esto indica que al menos una especie domina sobre las demás, dado que los valores para una representación en abundancia equitativa para todas las especies estarían próximos a cero (en el bosque ombrófilo de Costa Abajo, Panamá, fue de 0.01).

Para el conjunto de formaciones, los valores del índice de **Simpson (1-D)** son parecidos, en torno al **0.8-0.9**. La escala de valoración propone que, cuanto más cercano a 1, más alta la diversidad. En este caso se trata de valores muy altos, lo cual significa que existe una relación entre la riqueza y la abundancia por especies.

Finalmente, el índice de dominancia de **Berger-Parker** se interpreta como una **disminución de la equidad y un aumento de la dominancia conforme su valor es más alto**. Se expresa en forma recíproca ( $1/d$ ) para que los aumentos en el valor del índice si-



**Figura 8-5.** Ejemplar de *Chloroleucon sp.*, especie endémica de la Sierra de Bahoruco, inicialmente descrita como *C. guantanamoensis* por error. Junto al ejemplar el administrador del PN, José Dolores Jiménez (JRMB, 5/11/04)



gan al aumento de la diversidad de especies o una disminución de dominancia.

Finalmente, en cuanto a la técnica de muestreo y de análisis de diversidad, la experiencia adquirida a lo largo de los años en la aplicación de índices en parcelas de la Hoya de Enriquillo (Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla y otros, 2001), en las que se inventarían todas las especies presentes, frente a aquellas en las que solo se inventarían aquellas con un DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) > 20 cm, es que las primeras presentan **índices de diversidad de Margalef más altos que las segundas**, mientras que con **el de Menhinick ocurre al contrario**. Sin embargo los valores de **índice de heterogeneidad de Shannon son muy similares**. Los índices de **equitatividad de Pielou y Hill muestran valores semejantes en las dos formas de inventario, al igual que con los índices de dominancia de Berger y Simpson**. Hay que acumular más experiencia en este sentido, pero los primeros datos indican que la aplicación de los índices en parcelas en las que sólo se consideran individuos de DAP > 20 cm, es similar a si se inventarían todas las especies de las parcelas. **Se pierde información de la lista final de especies pero su valoración en índices es similar**, es decir, hay diferencias en los valores absolutos pero no en los relativos.

## ***Pisos bioclimáticos de la Sierra y formaciones vegetales asociadas***

La aplicación conjunta del balance hídrico (Thorntwaite y Matter, 1995) y el diagrama bioclimático (Montero de Burgos y González Reboollar, 1973) a las estaciones termopluviométricas de República Dominicana, establece los períodos de déficit hídrico y su duración, así como el comportamiento bioclimático de las formaciones vegetales, pudiendo diferenciarse de esta manera cuatro aspectos (Cámara y otros, 2005):

- **Períodos de paralización vegetativa, de otros con simplemente balance deficitario.** La paralización vegetativa indica detención de la savia en los tejidos de las plantas, como respuesta a un determinado nivel de estrés hídrico (en el caso del dominio tropical de estacionalidad contrastada). **Un balance deficitario no necesariamente se traduce en paralización vegetativa.** Cuando ocurre la paralización vegetativa, la actividad biológica máxima que pueden desarrollar las plantas (denominada Intensidad Bioclimática Potencial, o IBP, la cual se mide en "unidades bioclimáticas" (ubc), no se alcanza. Se dice entonces que la Intensidad Bioclimática Real (IBR) es negativa.
- **Contenido en humedad del suelo durante el periodo de déficit** (agua higroscópica retenida por el suelo gracias a una intensa precipitación o una alta capacidad del suelo para acoger agua,

que se denomina “capacidad de campo”), **cuya repercusión es importante para los procesos geoquímicos del suelo y para el desarrollo de la actividad vegetativa.**

- **Excedente de humedad durante la fase en que no hay déficit** (el agua que el suelo, en estado de saturación, es incapaz de retener). El excedente determinará el tipo de **vegetación capaz de adaptarse a un potencial encharcamiento** durante un período determinado a lo largo del año.
- **Tiempo de recargo de humedad edáfica hasta la saturación.** Este valor es útil para establecer cuánto estrés hídrico son capaces de soportar las plantas hasta alcanzar un desarrollo normal de su actividad vegetativa sin que lleguen a paralizar la savia.

Estos **cuatro aspectos pueden utilizarse para identificar subtipos dentro de los tipos de cinco grandes regímenes climáticos** en función de las características termo-pluviométricas, considerando la repartición estacional de las lluvias y la existencia o no de paralización vegetativa (paralización en el desarrollo vegetativo de las plantas).

**El Método de Regímenes Ecodinámicos (MRE)** es un método de investigación biogeográfico, basado en el análisis de datos paramétricos, que se expresa mediante dos graficas de tres y dos variables, respectivamente. Su fundamento está en la combinación de la información de la textura de las formaciones superficiales geomorfológicas (expresada mediante el índice de Capacidad de Campo), el Balance Hídrico (BH) y el Diagrama Bioclimático (DB).

Para el tratamiento del **BH se parte de los métodos de balances hídrico de Thornwaite y Matter** (López Cadenas, 1986), y del **DB de Montero de Burgos y González de Rebollar** (Montero de Burgos, 1974). Se ha introducido una **modificación basada en la redefinición del concepto de Coeficiente de Retención (CR)** de Montero de Burgos y González de Rebollar, utilizando los valores mensuales de agua disponible del BH como la P eficaz del DB.

**Con esta aportación se relacionan mutuamente entre sí el BH y el DB, y estos a su vez con las formaciones superficiales que sostienen la vegetación. Con el MRE se obtienen cuatro grandes resultados concatenados:**

1. **Se elaboran dos gráficas:** la primera el **BH** con las variables **Precipitación (P)**, **Evapotranspiración Real (ETR)** y **Evapotranspiración Potencial (ETP)**; y el segundo el **DB** con las variables **Intensidad Bioclimática Real (IBR)** e **Intensidad Bioclimática Potencial (IBP)**. Sendos gráficos expresan los siguientes rangos ambientales bioclimáticos:
  - **Periodos de paralización vegetativa** para un BH del suelo deficitario.

- **Contenido en humedad del suelo durante el periodo de déficit**, cuya repercusión alcanza los procesos geoquímicos del suelo y el desarrollo de la actividad vegetativa.
  - **Excedente de humedad durante la fase en que no hay déficit.**
  - **Tiempo de recargo de humedad edáfica hasta la saturación.**
2. Los **datos analíticos** de los rangos ambientales obtenidos se expresan, por interpolación territorial de los puntos, **cartográficamente mediante mapas bioclimáticos**.
  3. Relacionando la **valencia ecológica** de las formaciones vegetales y su **distribución con los rangos bioclimáticos** se obtiene una **caracterización ambiental** adaptada a los factores temporales estacionales (meses del año), **termopluviométricos** ( $T_m$  y  $P_m$ ), **edafosedimentológicos** (Capacidad de Campo) y **espaciales** (distribución de la vegetación). **Esta caracterización ambiental se denomina Régimen Ecodinámico**.
  4. Cada uno de estos **Regímenes Ecodinámicos**, partiendo de la clasificación de E. Huguet del Villar (1929) (Crf. A Clements, 1902; y Warming, 1909), es **susceptible de nuevas matizaciones** en la medida que se precise el factor edafosedimentológico. Pero con los datos actuales, se diferencian claramente los siguientes:
    - **Ombrofilia: formaciones vegetales que se desarrollan sin condicionamiento hídrico ni termico**. Generalmente, el volumen de (P) supera los 1800 mm. Existe excedente y el período de déficit es inexistente o dura de 1 a 2 meses, conservando durante todo el período la humedad en el suelo. Las especies son comúnmente latifoliadas y perennes.
    - **Mesofilia: formaciones vegetales que se desarrollan en condiciones de humedad y temperaturas medias**. El excedente se reduce hasta llegar a desaparecer, pero el recargo de humedad edáfica es importante. El déficit hídrico puede prolongarse, pero se conserva la humedad en el suelo durante todo éste período. Puede presentar especies con hoja caduca en las situaciones más desfavorables, en el tránsito a la tropofilia.
    - **Tropofilia: existe una discontinuidad en la armonía de los factores del medio debida a la humedad** (el déficit hídrico es el condicionamiento para la actividad vegetativa que lleva a situaciones de paralización de savia). **Existe paralización vegetativa que no alcanza los 4 meses y el déficit hídrico generalmente alcanza todo el año**. Predominan las especies de hoja caduca, y en el tránsito a la xerofilia puede presentar plantas espinosas.
    - **Xerofilia: existe un condicionamiento dominante en el factor hídrico del medio y también paralización vegetativa (o estación seca, tomada del DB), que puede durar más de 4 meses**. Se pueden distinguir dos situaciones:
      - **Xerófilo**: la escasez de agua no es extrema y las plantas presentan formas de resistencia a la sequía (espinas). La dura-

ción de la **sequía es inferior a 6 meses**. Abarca las situaciones extremas de tropofilia espinosa hasta las estepas cálidas. Las especies son predominantemente arbustivas espinosas.

- **Hiperxerófilo:** existe una falta de agua absoluta. Se corresponde con los desiertos, **superando en cualquier caso la paralización vegetativa los 7 meses**. Las especies en este régimen presentan adaptaciones muy especiales a estos medios extremos como las cactáceas y las crasuláceas.

El análisis para todo el país, a partir de los datos extraídos de **69 estaciones estudiadas aplicando el MRE**, aporta los siguientes valores de intensidad bioclimática para **República Dominicana** (Cámara, 1997):

- **La Intensidad Bioclimática Potencial (IBP):** con un valor medio para todo el país de 43.37 ubc, tiene su máximo en las estaciones más secas, entre 45 y 50 ubc, situadas al NO de la depresión Septentrional, en la depresión Meridional-Llanos de Azua, al E de Jaragua, al SE de la llanura Oriental (Higüey) y en la cuenca de Baní, alcanzando en Duvergé y la Descubierta las 50 ubc. También poseen valores altos de IBP, entre 47 y 50 ubc, estaciones situadas en Régimen Hiperhúmedo y Húmedo como Sánchez y Bayaguana. Los valores mínimos se localizan en las áreas de montaña con valores inferiores entre 26 y 43 ubc, destacando Constanza y Rancho Arriba con 25 ubc. El resto de las estaciones del país presentan valores de IBP entre 42 y 46 ubc.
- **Intensidad Bioclimática Real (IBR):** con un valor medio de 30 a 29 ubc, alcanza sus máximos en las estaciones más húmedas del NE, con 40 a 44 ubc, y sus valores mínimos en aquellos lugares que presentan paralización vegetativa con más de 4 meses, a excepción del NO de la depresión Septentrional que muestra 1 a 2 meses de sequía. En ambos casos la IBR oscila entre 3 y 15 ubc. El resto del país se encuentra entre 15 y 40 ubc, desarrollándose una gradación desde altas IBR en el NE a las más bajas en el SO, destacando los valores altos entre 30 y 40 ubc en la vertiente septentrional del macizo del Pico Duarte, frente a los valores inferiores a sotavento entre 15 y 30 ubc. La IBR se correlaciona con la ETR y las precipitaciones, así como con los días con excedente de humedad, siendo mayor para valores máximos de estos parámetros. La temperatura media para los valores más elevados de IBR oscila entre 26 y 27°C.
- **Intensidad Bioclimática Seca (IBS):** valor medio de 0.24 variando entre 0.1 y 2 ubc. Solo hay período de paralización vegetativa en los regímenes subhúmedo y seco con 0.5-2 ubc.

A partir de estos caracteres, Cámara agrupó las estaciones, estableciendo los pisos bioclimáticos con sus diferentes subtipos. Tomando como referencia su método y la aportación para el ámbito nacional, en la presente tesis **se han relacionado los regímenes ecodinámicos**

**con los pisos bioclimáticos para el conjunto de la Sierra de Bahoruco** (en referencia a los Índices de Termicidad,  $It$ ) y, como resultado de ello, se indican las formaciones vegetales asociadas. En los casos de falta de datos para establecer el  $It$ , se ha calculado el Índice de Termicidad Compensado ( $Itc$ ) (Montero de Burgos, 1981), siendo  $Am$  la amplitud anual de las temperaturas medias mensuales e  $It = 10 (T + 2tf)$ , tal que  $T$  es la temperatura media mensual, y  $tf$  la temperatura media del mes más frío. Por lo tanto, si

$Am < 9$ , entonces  $Itc = It - 90$ ,

si  $9 \leq Am \leq 18$ , entonces  $Itc = It$

y si  $Am > 18$ , entonces  $Itc = It + C1 + C2 + C3 + C4$ , Siendo cada uno de los  $C$  coeficientes de corrección, cuyas fórmulas son:  $C1 = 5(Am - 18)$ ;  $C2 = 10(Am - 21)$ ;  $C3 = 5(Am - 27)$ ;  $C4 = 20(Am - 46)$ .

En República Dominicana  $Am$  es siempre inferior a 9, por lo que  $Itc = It - 90$ . Con este índice, se construyen los umbrales para el establecimiento de los pisos.

La terminología empleada es la de pisos de montaña **atendiendo a sus condiciones térmicas y pluviométricas**, siguiendo la denominación clásica que usa los prefijos: infra-, termo-, meso- y supra- (Ozenda, 1982 y 1985; Rivas Martínez, 1987). Asimismo, como sufijo se utilizará "-antillano" (el mismo empleado por Cámara (1997)), que alude a la especificidad geográfica de las islas de la región Caribe, en el mismo sentido que Rougerie (1990) hizo para la región andina.

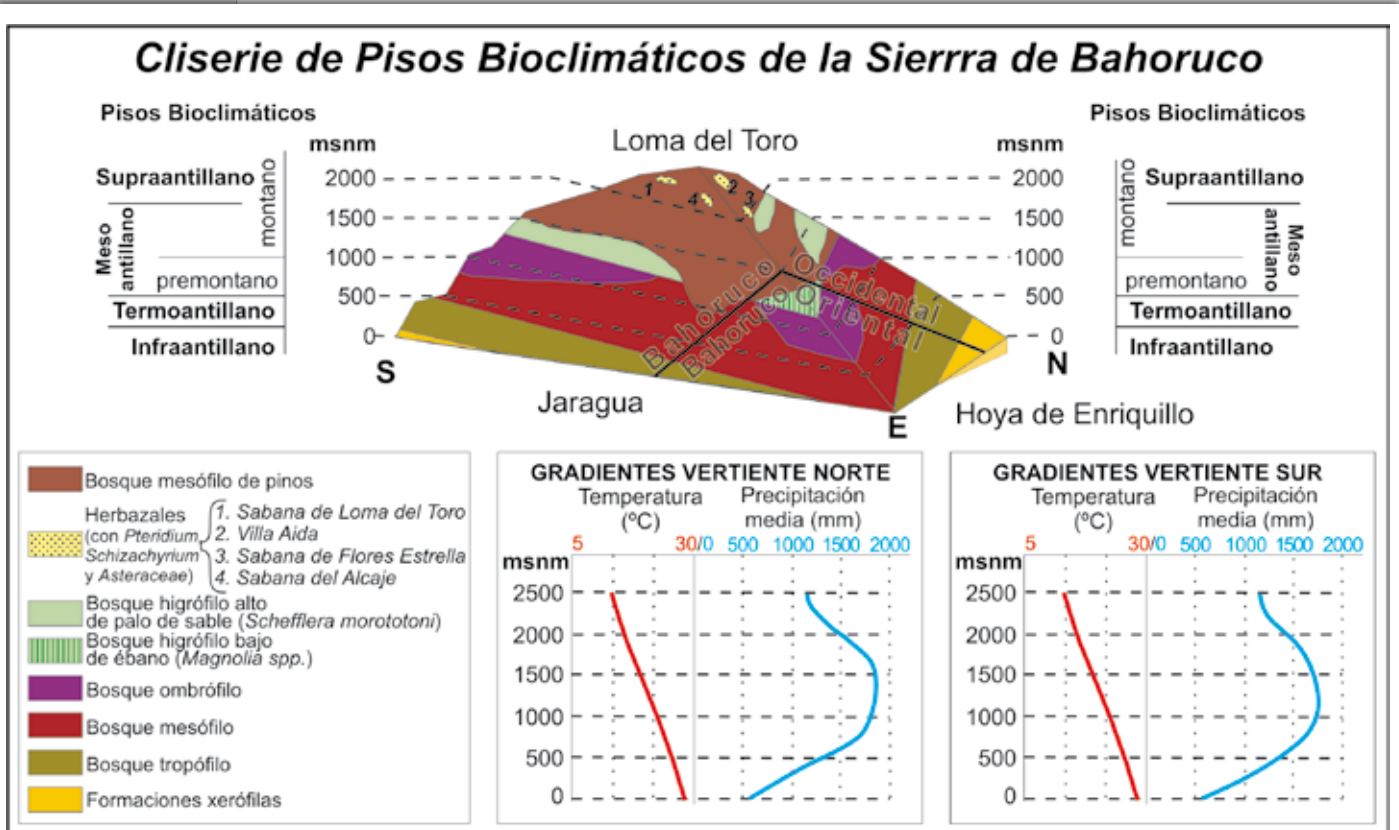
La combinación de la temperatura y la precipitación para el establecimiento de pisos se justifica entre los paralelos  $15^\circ$  hasta  $23^\circ$ , ya que en esta franja de la zona tropical de estacionalidad contrastada, las montañas presentan suficiente contraste bioclimático de carácter térmico e hídrico (Demangeot, 1976). En consecuencia es posible realizar una **clasificación de pisos bioclimáticos con la siguiente nomenclatura: Piso infraantillano, Piso termoantillano, Piso mesoantillano, Piso supraantillano**. La representación idealizada de estos pisos se puede consultar en la cliserie de la Figura 8-6.

Finalmente, se utilizarán los términos de premontano y montano para reforzar las condiciones de humedad de los pisos donde las condiciones son diferentes y el criterio de piso no es tan nítido (Holdrige, 1967, 1989). En consecuencia, se identifican los regímenes hídricos de montaña en dos pisos, premontano y montano, según los caracteres de variación de humedad (paso de subhúmedo a húmedo) y se aplica la consideración de termo-, meso- y supra- para las variaciones de temperatura en altitud.

La observación realizada de las estaciones del país muestra que a partir de 400 m, se producen cambios en la temperatura, precipitaciones y especialmente, en el contenido de humedad del suelo. Según esto se han identificado los siguientes pisos bioclimáticos:

- **Pisos bioclimáticos premontanos mesoantillano subhúmedo y húmedo, entre 500 y 900/1000 m**, que ocupan las áreas de piedemonte, valles intramontanos y valles de intrafosa.
- **Pisos bioclimáticos montanos mesoantillano hiperhúmedo y húmedo, y supraantillano húmedo**, a partir de 1000 m, donde aparecen los caracteres propios de la montaña que abarca formaciones mesófilas, ombrófilas e higrófilas.

El ITC (Índice de termicidad compensado) permite establecer el paso del piso termo al meso, y de éste al supra. Su valor en el piso mesoanti-



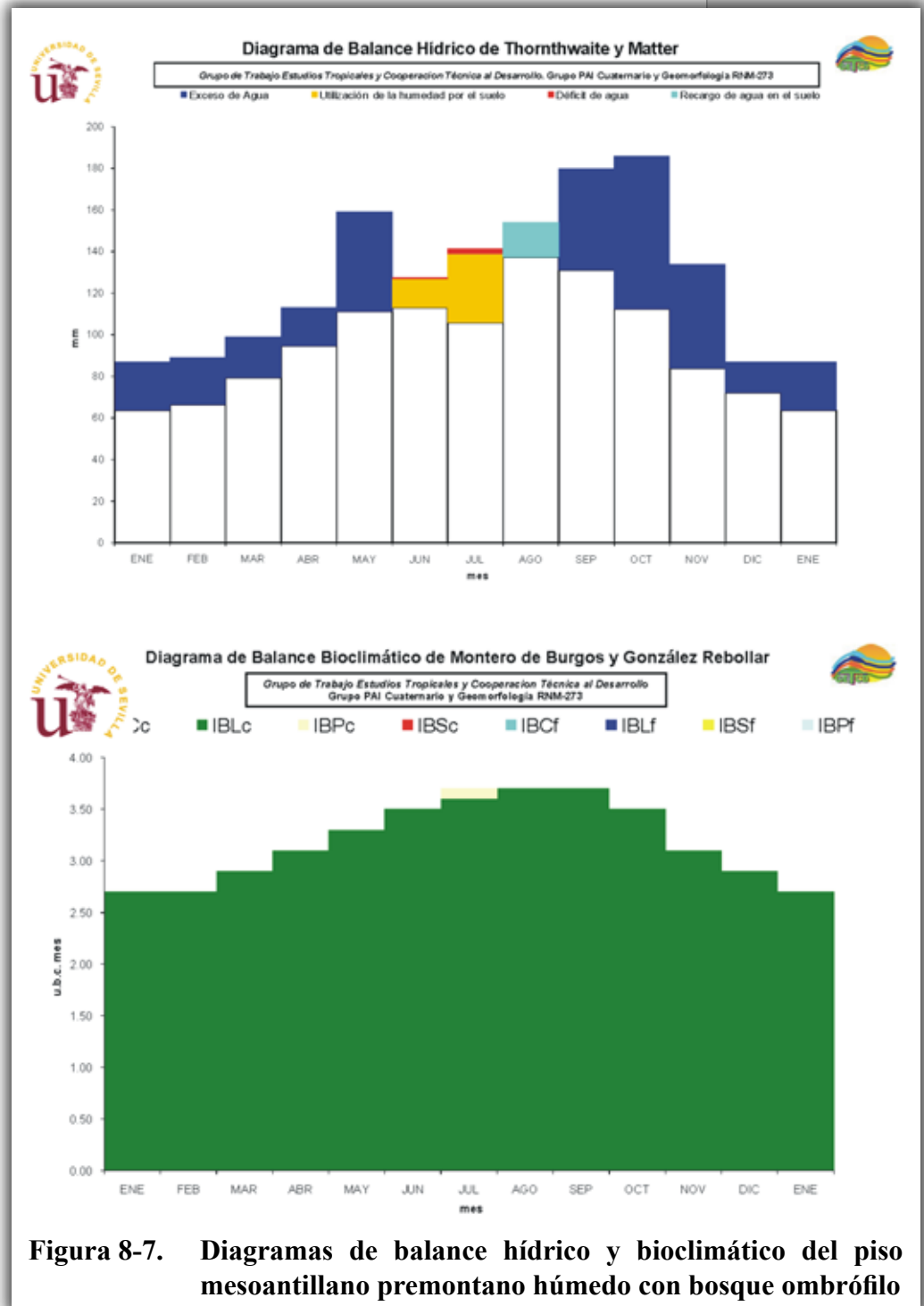
**Figura 8-6.** Cliserie de pisos bioclimáticos de la Sierra de Bahoruco (fuente: elaboración propia a partir de Cámara, 1997)

llano se sitúan entre 280 y 490. Por debajo del valor de 280, se refiere al piso supraantillano. Cámara opta por considerar también criterios de carácter fisonómico para reforzar la determinación de estos pisos. En este sentido, la presencia de líquenes y musgos formando parte de las formaciones vegetales sobre los troncos de los árboles, constituye un elemento fisonómico diferenciador importante, junto a la permanencia de las hojas durante todo el año, así como la presencia más o menos

constante de nieblas, que marcan cualitativamente la diferencia entre el piso meso y supraantillano.

**La diferencia entre el termo y el meso quedaría marcada por condiciones térmicas más suaves para el segundo, con un aumento progresivo de la humedad en altitud y del predominio de la fotosíntesis sobre la respiración vegetal,** mientras que en el termo ambas actividades fisiológicas quedan equiparadas.

No existen observatorios termopluviométricos hasta los 1100 m en posiciones con lluvias altas. Por lo tanto, el piso premontano con régimen húmedo no está debidamente representado. Ante este déficit, y dado que se ha interpolado la precipitación para el conjunto de la Sierra, se ha inferido un observatorio en la comunidad de Aguas Negras, vertiente S del Bahoruco Occidental, a 750 m, para el cual se han calculado los rasgos característicos del referido régimen.



**Figura 8-7. Diagramas de balance hídrico y bioclimático del piso mesoantillano premontano húmedo con bosque ombrófilo**

### Pisos bioclimáticos representados en la Sierra de Bahoruco

#### Pisos premontanos y montanos

- **Piso mesoantillano en régimen tropical premontano húmedo y subhúmedo.** Sus caracteres generales quedan definidos por una Tm entre 23 y 26°C, con valores de P que pueden variar desde los 700 mm hasta llegar a los 1000 mm. El período de déficit hídrico varía entre 4 y 7 meses, con volúmenes de 200 a 700 mm, y puede presentar hasta 2 meses de paralización vegetativa, que contrasta con precipitaciones superiores a los 800 mm y que pueden incluso alcanzar los 1000 mm.

Su IBP varía entre 26 y 43 ubc, su IBR entre 17 y 33 ubc, mientras que su IBS no supera las 0.4 ubc. La vegetación va desde formaciones ombrófilas a un mesófilo dentro del piso premontano, las cuales se describen a continuación:

- **Mesoantillano premontano húmedo con bosque ombrófilo** (entre 700/800 y 900/1000 m) (IBR = 35.56 ubc): su Tm es de 22.6°C con precipitaciones anuales

que superan los 1500-1600 mm. El excedente es de 430 mm. El déficit hídrico es muy bajo (menos de 15 mm) y varía entre 4 y 5 meses, conservando la humedad en el suelo todo el periodo. Su

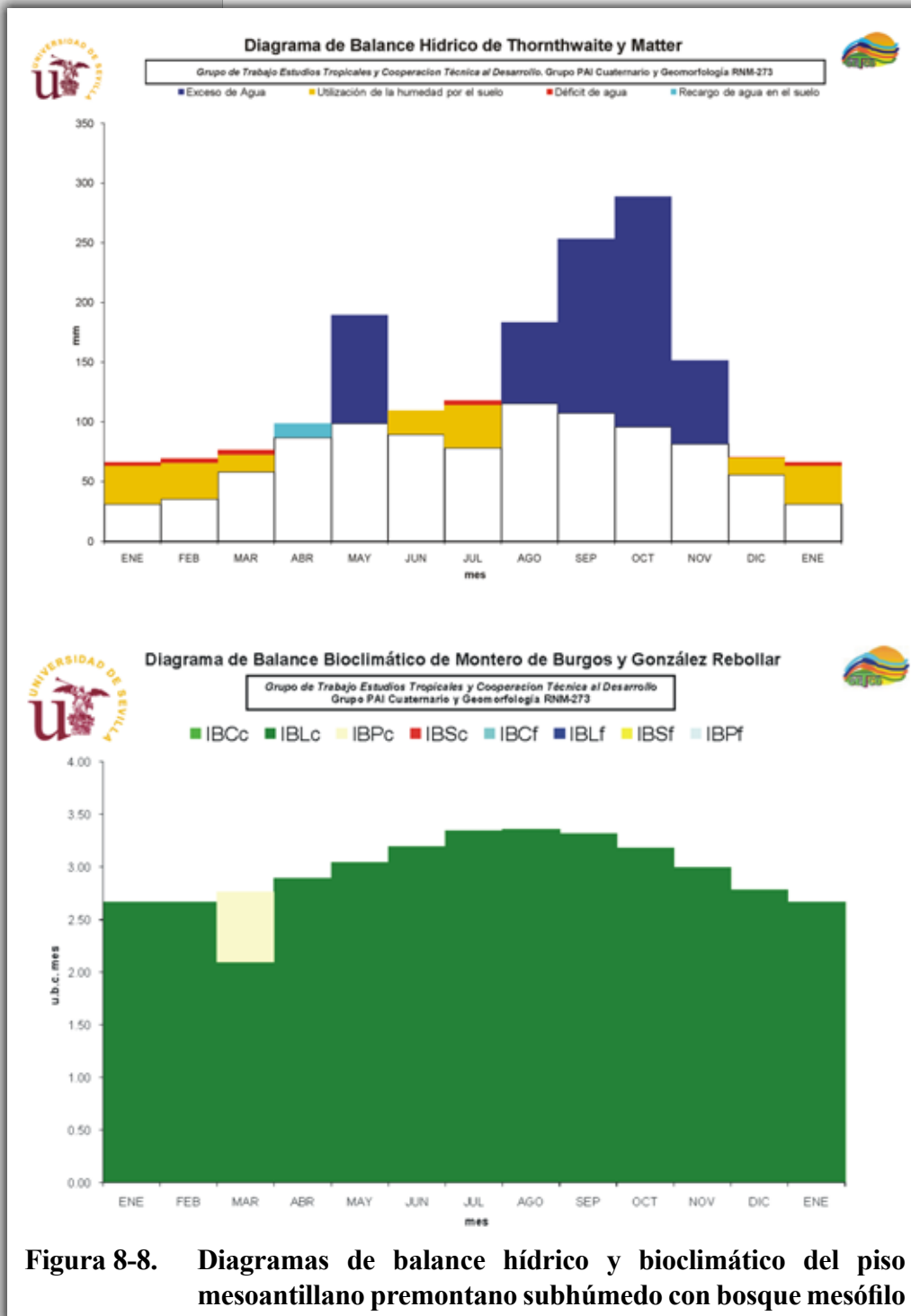
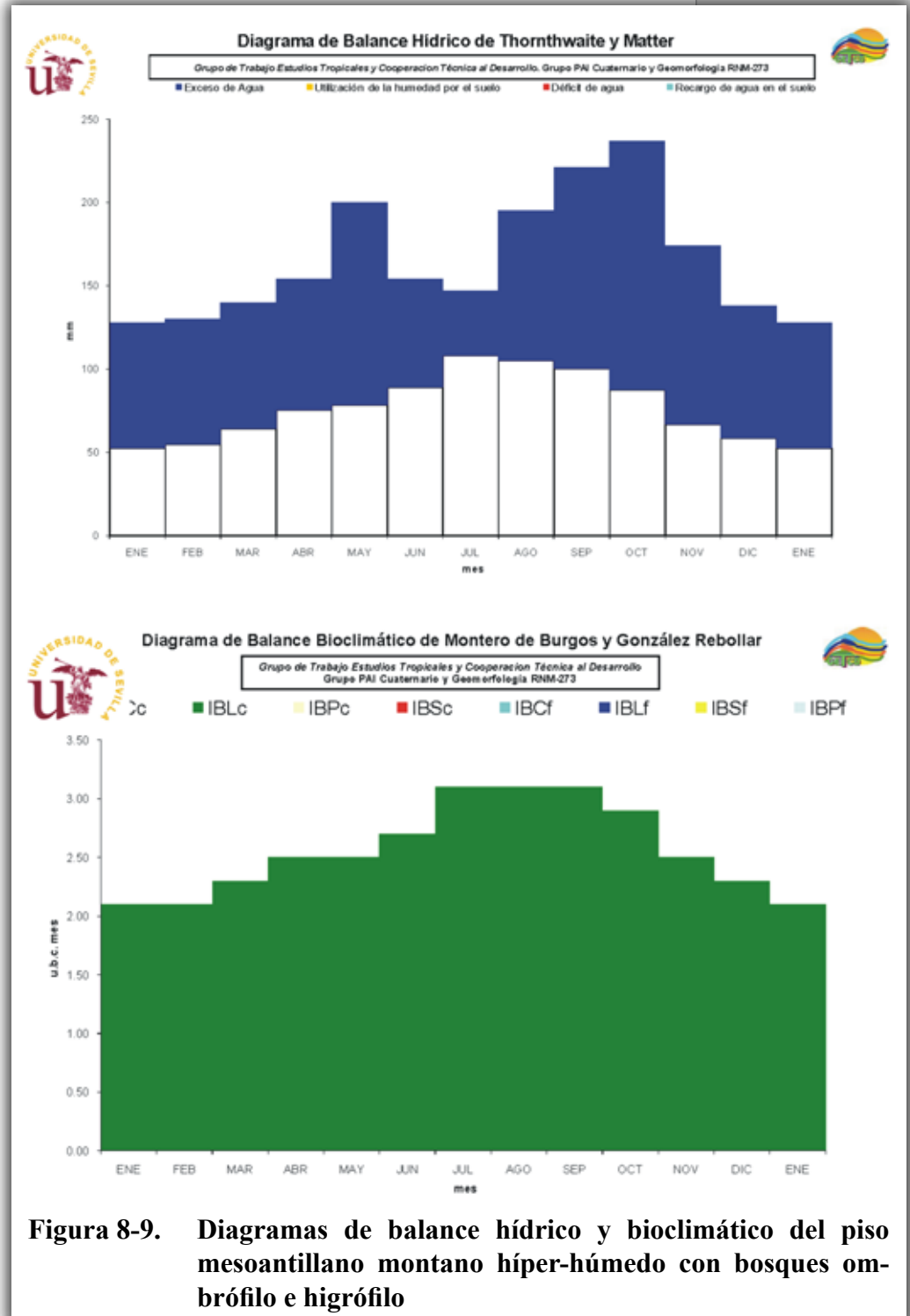


Figura 8-8. Diagramas de balance hídrico y bioclimático del piso mesoantillano premontano subhúmedo con bosque mesófilo



IBP es de 36.22 ubc, y su IBR de 35.56 ubc. Las formaciones vegetales son bosques ombrófilos dentro del piso premontano, muy común en las vertientes S y N del Bahoruco Occidental, entre los 700 y 800 m (ver diagramas de balance hídrico y bioclimático en Figura 8-7).

- **Mesoantillano premontano subhúmedo con bosque mesófilo** (entre 500 y 800 m) (IBR = 25-33 ubc): su  $T_m$  es de 23°C con precipitaciones que no exceden los 1500-1600 mm. No existe excedente de humedad y el recargo puede durar entre 60 y 150 días, repartido en los dos picos lluviosos de Mayo y Octubre. El período de déficit dura hasta 7 meses, con volúmenes entre 200 y 450 mm en dos etapas: una más larga en invierno, que presenta paralización vegetativa de 30 días (alcanza los 60 días en el tránsito a la tropofilia), y otra más corta en verano. Su ETR se sitúa en 1000 mm. Puede situarse en áreas



**Figura 8-9. Diagramas de balance hídrico y bioclimático del piso mesoantillano montano hiper-húmedo con bosques ombrófilo e higrófilo**

de piedemonte en contacto con el piso infra-antillano (contacto de la Sierra con el Lago). Presenta una vegetación de bosque tropófilo en el piedemonte de Bahoruco (ver diagramas de balance hídrico y bioclimático en Figura 8-8).

- **Piso mesoantillano montano hiperhúmedo con bosques ombrófilo e higrófilo** (entre 1000 m y 1600 m al SO y entre 1000 y 1700

m al NE) (IBR = 31-39 ubc): con una Tm entre 13 y 15°C según el gradiente de altitud, y alcanza precipitaciones que pueden variar desde los 1400 mm y los 1800 mm. El excedente oscila entre 400 y 1000 mm. Hay déficit hídrico en invierno entre Diciembre y Marzo, si bien conserva la humedad en el suelo durante todo el período, y no existe paralización vegetativa. Su ETR se sitúa por encima de 1000 hasta 1300 mm. Su vegetación se corresponde con un bosque ombrófilo y un bosque higrófilo o bosque nublado bajo (ver diagramas de balance hídrico y bioclimático en Figura 8-9).

- **Piso supraantillano con régimen tropical montano húmedo** (a partir de 1600 m al SO y 1700 m al NE) con Tm entre 10 y 13°C y P entre

1100 y 1600 mm, puede presentar déficit hídrico de hasta 60 días en Enero-Febrero, con excedente entre 350 y 450 mm. Su

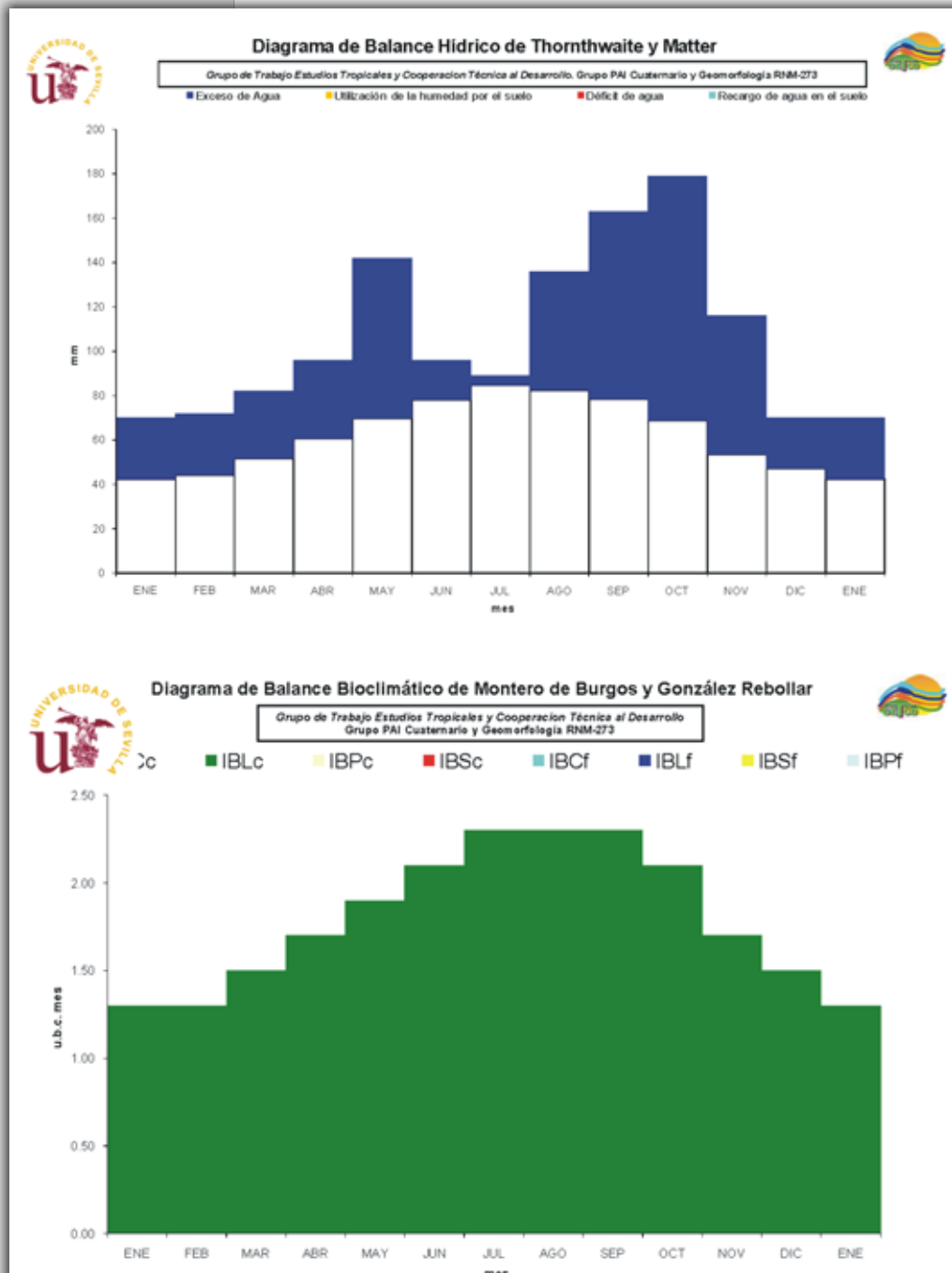


Figura 8-10. Diagramas de balance hídrico y bioclimático del piso supraantillano montano húmedo con bosques de pino e higrófilo

ETR se sitúa entre 800 y 1000 mm. Sus características bioclimáticas son IBP 34-41 ubc, IBR 20-30 ubc. Los bosques predominantes son el higrófilo y mesófilo (bosques de pinos). Los bosques nublados se encuentran ampliamente representados en la Sierra de Bahoruco, tanto el sector Oriental como en el Occidental, aunque más en el primero. Los bosques de pino, ocupan la mayor parte del territorio del Bahoruco Occidental, y no están reportados de forma natural en el Oriental. En el piso suprantillano, las medias mensuales no sobrepasan los 12-15°C, con mínimas que pueden bajar ocasionalmente de los 5°C. La humedad es alta y casi constante, con una alta nubosidad que permanece en el bosque generalmente durante las horas del día. La temperatura nocturna está ser inferior a 0°C con formación de escarcha. Donde la topografía lo permite, el suelo acumula una importante cantidad de humus a medio descomponer. En la Sierra, el bosque nublado aparece a partir de los 860 m, mezclado con otros bosques montanos e incluso con el pinar, y puede llegar hasta los 2000 m, altura a partir de la cual, predomina el pinar (hasta los 2400 m) como bosque monoespecífico de *Pinus occidentalis* con *Schizachyrium gracile* (aceitillo), así como plantas compuestas. **El patrón de fuegos y la distribución de las alteritas, son los factores que regulan el mosaico bosque nublado-pinar.** También son propios de este piso los herbazales de montaña, con predominio de *Pteridium*, *Schizachyrium* y *Asteraceae* (ver diagramas de balance hídrico y bioclimático en Figura 8-10).

### Pisos bioclimáticos basales

- **Piso Termoantillano.** Se caracteriza por una Tm entre 24 y 27°C, con una P anual entre 600 y 1300 mm y con un déficit hídrico que puede ser más o menos extenso e importante, variando de 0 a 900 mm; en el subtipo más seco, la paralización vegetativa puede alcanzar los 2 meses, a lo sumo 3. Su ETR se sitúa entre 800 y 1600 mm, mientras que sus condiciones bioclimáticas son IBP 42-47 ubc e IBR 15-43 ubc. El índice de termicidad se sitúa entre 490 y 640. Predominan los bosques tropófilo y mesófilo, distribuidos desde la cota 0 hasta los 500 m en la vertiente S, y desde los 250 hasta los 500 m por la vertiente N. Se reportan los siguientes subtipos:
  - **Termoantillano subhúmedo con formaciones de bosque mesófilo.** Con una (Tm) 24-26,5°C y una pluviometría de 800-1300 mm. En este régimen predomina el déficit hídrico sin alcanzar la paralización vegetativa. Entre 1 y 3 meses pueden presentar recargo de humedad y varios utilización del agua por el suelo. Se caracteriza por presentar sus especies hojas pequeñas, algunas coriáceas. Su altura no sobrepasa los 15-20 m. Aparecen algunas especies con hoja caduca, y se re-

ducen las epifitas y bejucos respecto del que el bosque ombrófilo (ver diagramas de balance hídrico y bioclimático en Figura 8-11).

- **Termoantillano seco con formaciones de bosque tropófilo** (IBR =

15-30 ubc). Se caracteriza por una (Tm) entre 25 y 27°C y una P de 600 a 800 mm, con dos máximos lluviosos, uno en Mayo y otro en Octubre. Sigue presentando humedad edáfica y hay un recargo parcial de ésta sin alcanzar la saturación. El período de recargo se extingue diferenciándose un subgrupo con recargo y otro sin él. El déficit hídrico es más importante, y puede variar entre 400 y 900 mm, llegando a durar hasta 9 meses. Puede presentar entre 1 y 2 meses de paralización vegetativa. Su vegetación característica es el bosque tropófilo. Predominan las especies de hoja caduca y pequeña. Aparecen epifitas, pero los bejucos son raros en comparación con el bosque mesófilo- Algunas especies presentan espinas. La

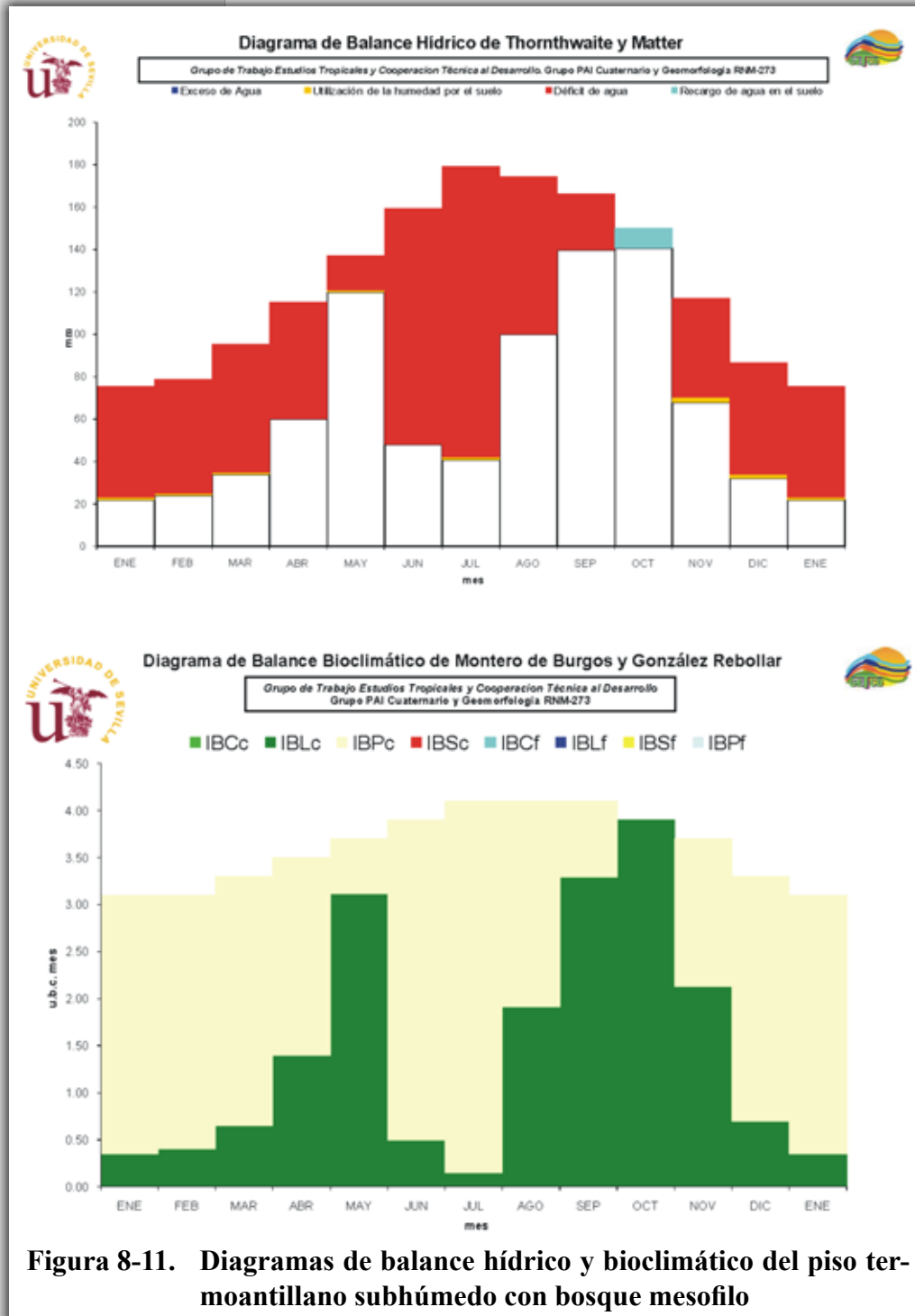


Figura 8-11. Diagramas de balance hídrico y bioclimático del piso termoantillano subhúmedo con bosque mesófilo

altura del estrato más alto no sobrepasa los 10 m.

- **Piso infraantillano seco con formaciones arbustivas xerófilas.** Se caracteriza por la presencia de una paralización vegetativa repartida en uno o dos períodos, dominando la respiración vege-

tal sobre la fotosíntesis. Ocupa las topografías más deprimidas de la Hoya de Enriquillo, aunque sus rasgos remontan a unos 200-250 m en el enlace con la vertiente N de la Sierra. También se reporta en el sector O del karst de Jaragua. Los índices de termicidad que marcan sus límites son 640 a 750. Con 26.5 y 29°C de (Tm) anual y pluviometría entre 450 y 600 mm, registran dos máximos, uno en Mayo y otro en Octubre. Hay entre 3 y 6 meses de paralización vegetativa con un déficit hídrico ocupa todo el año alcanzando 1400 mm. Su ETR se sitúa entre 600 y 900 mm. Sus caracteres bioclimáticos quedan definidos por in IBP entre 45 y 50 ubc, IBR entre 7 y 15 ubc, IBS entre 0.5 y 2 ubc. La vegetación se corresponde con una formación arbustiva xerófila en la que dominan las especies espinosas y las cactáceas. Muchas especies son de hoja caduca. La altura del estrato superior no sobrepasa los 5 m. Se identifican los siguientes subtipos:

- Período de paralización vegetativa en verano con una duración 2-3 meses, mientras que la ETR oscila entre 600 y 750 mm. El volumen del déficit alcanza 1000 mm, doblando las precipitaciones. Se reporta en el sector más O de la Hoya de Enriquillo.
- Con el período de paralización vegetativa en invierno, pudiendo durar entre 3 y 4 meses, e incluso más. Déficit hídrico entre 800 y 900 mm, con una ETR entre 700-900 mm. Se reporta en el sector E de la Hoya de Enriquillo.
- Con dos períodos de paralización vegetativa, uno en Julio, y el otro entre Diciembre y Marzo, pudiendo durar en conjunto entre 5 y 6 meses. El déficit hídrico es de 1400 mm anuales, mientras que la ETR oscila entre 500-600 mm. Se localiza en el Sector O de Jaragua y los sectores centrales de la Hoya de Enriquillo.

### **Formaciones vegetales asociadas**

Desde el piso infraantillano hasta el mesoantillano, ambos inclusive, la cliserie se resuelve desde con cuatro formaciones: matorral xerófilo, bosque tropófilo, bosque mesófilo montano y bosque ombrófilo montano. En el piso supraantillano se sitúan los bosques higrófilo (o nublado) y bosque de pino. El mapa de vegetación puede consultarse en el inserto de la contraportada del documento; también se ha incluido al final de este capítulo, al igual que los diagramas de estructura, diversidad y cobertura. La lista de especies de flora de cada una de las formaciones, inventariadas en 15 parcelas de ONA-PLAN y otros (2004) y de levantamientos de campo inéditos de esta tesis, con indicación de la abundancia-dominancia, puede consultarse en el Anexo 5.

**Matorral xerófilo**

El matorral xerófilo ("monte espinoso" en la clasificación dominicana) pre-



**Figura 8-12. Matorral xerófilo en Los Olivares, al N de la carretera Oviedo-Pedernales, desafiando al lapiaz espumoso. La condición xerófila es provocada por la ausencia del manto de alteración (JRMB, 21/07/2003)**

domina en ambas vertientes de la Sierra (ver Figura 8-12). Por el N, en la Hoya de Enriquillo, mientras que por el S, en el enlace del piedemonte meridional de la Sierra con el karst de Jaragua (y sobre éste). En ambos sectores se encuentra ampliamente distribuido, ocupando decenas de kilómetros cuadrados de superficie. En el karst de Jaragua, el condicionamiento lo provoca la escasez o ausencia del manto de alteración, por lo que el matorral crece directamente sobre la roca. Por el contrario, en la Hoya de Enriquillo, las condiciones bioclimáticas son propicias, aunque en algunos sectores también hay condicionamiento edáfico. Las especies características son: *Capparis ferruginea*, *Cleome viscosa*, *Cordia* sp., *Croton* sp., *Eugenia* sp., *Guaicum officinale*, *Harrisia nashii*, *Leimarcereus hystrix*, *Mammillaria prolifera*, *Melochia tomentosa*, *Prosopis juliflora*, *Opuntia caribaea*, *Opuntia moniliformis*, *Portulaca oleracea* y *Uniola virgata*.

## Bosque tropófilo

El bosque tropófilo ("seco" en la clasificación dominicana) se conforma estructuralmente con un dosel predominante entre 3 a 5 m,



**Figura 8-13. Bosque tropófilo en las proximidades de Las Mercedes, correspondiente a la parcela LM1 (JRMB, 5/10/2004)**

con algunos árboles emergentes entre 5 y 10 m (ver Figura 8-13). La mayor riqueza específica se encuentra en el estrato arbustivo y subarbustivo, aunque no necesariamente sean estos los estratos de mayor cobertura (diagrama LM1 en página 320 y siguiente). Las especies características son: *Agave antillarum*, *Capparis spp*, *Croton spp.*, *Exostema caribaeum*, *Guaiacum officinale*, *Jacquinia berterii*, *Melochia tomentosa*, *Neoabottia paniculata*, *Pithecellobium unguis-cati*, *Plumeria spp.*, *Prosopis juliflora*, *Pseudophoenix vinifera*, *Tillandsia recurvata*, *Turnera diffusa* *Uniola virgata*, y *Ziziphus rignoni*, entre otras.

### Bosque mesófilo

El bosque mesófilo montano ("semideciduo" o "de transición" en la clasificación dominicana) de Bahoruco se halla muy bien conservado en



**Figura 8-14. Bosque mesófilo en las proximidades de El Manguito, correspondiente a la parcela P21 (JRMB, 5/10/2004)**

la vertiente Norte, pero hacia el Suroeste está amenazado y destruido por el avance de la frontera agrícola en las comunidades de Las Mercedes, Aguas Negras y Mencía, entre otras (ver Figura 8-14). Estructuralmente se conforma como un bosque con un estrato dominante a 5-10 m de altura, que presenta una mayor diversidad en especies leñosas arbóreas. Esta diversidad es también alta en el estrato subarbustivo, especialmente cuando el bosque está perturbado (diagrama P21 en página 322 y siguiente). Las especies arbóreas más abundantes, identificadas en esta formación, son: *Cayaponia racemosa*, *Chrysophyllum caimito*, *Chrysophyllum oliviforme*, *Coccoloba diversifolia*, *Cupania americana*, *Dendropanax arboreus*, *Eugenia foetida*, *Exothea paniculata*, *Guaiacum sanctum*, *Guapira sp.*, *Guarea guidonia*, *Ocotea coriacea*, *Ocotea floribunda*, *Oreopanax capitatus*, *Phyllostylon rhamnoides*.



des, *Pouteria dyctioneura*, *Sideroxylum cubense* y *Ziziphus* sp. Entre las arbustivas predominan *Capparis* spp., acompañadas de *Acacia skleroxyla*, *A. macracantha*, *Amyris elemifera*, *Bursera simaruba*, *Calliandra haematomma*, *Catalpa longissima*, *Celtis trinervia*, *Comocladia ekmaniana*, *Ficus* spp., *Guazuma tomentosa*, *Krugiodendron ferreum*, *Myrsine nubicola*, *Spondias mombin*, *Tabebuia berterii*, *Trichillia hirta*, y *Zanthoxylum elephantiasis*.

### Bosque ombrófilo

El bosque ombrófilo montano ("húmedo" en la clasificación dominicana) se distribuye al O de la vertiente meridional y en varios sectores de



**Figura 8-15. Bosque ombrófilo en las proximidades de Los Arroyos, correspondiente a la parcela P19 (JRMB, 5/10/2004)**

la septentrional. En la actualidad se halla muy fragmentado y amenazado por el desarrollo de la agricultura en Los Arroyos, vertiente meridional (ver Figura 8-15). Se trata de bosques que alcanzan los 20 m de altura, con mayor diversidad en plantas leñosas en los estratos superiores. En situaciones de degradación los estratos "arbustivo" y "arbustivo alto" se hacen más diversos y de mayor cobertura (diagrama P19 en página 324 y siguiente). En el estrato arbóreo, las especies más abundantes son: *Alchornea latifolia*, *Beilschmiedia pendula*, *Calophyllum calaba*, *Cecro-*

*pia schreberiana*, *Cedrela odorata*, *Chamisoa altissima*, *Cinnamomun triplinerius*, *Cyathea arborea*, *Dendropanax arboreus*, *Inga vera*, *Ocotea sp.* *Persea americana*, *Prestoea montana*, *Prunus myrtifolia*, *Trichillia pallida*. En los estratos arbustivos predominan *Miconia spp.*, *Palicourea*, *Peperomia spp.*, y *Psychotria*. Finalmente, las epifitas predominantes pertenecen a la familia Orchidaceae, entre las que destaca *Lepanthes spp.* y *Pleurothallis spp.*, así como varias de la familia Bromeliaceae, entre las que destaca *Guzmania spp.* y *Tillandsia spp.*



**Figura 8-16. Bosque higrófilo de Zapotén. Destacan *Schefflera tremulus* el helecho *Cyathea sp.* (JRMB, 8/10/2004)**

### Bosque higrófilo

Los bosques higrófilos montañosos o bosques nublados del Bahoruco Occidental se sitúan entre los 1300 y 1800 m en la vertiente S y, en la N, desde la misma cota hasta los 2000 metros<sup>2</sup>. En la composición de estos bosques destacan por su abundancia *Brunellia comocladifolia* y *Schefflera tremulus*, las cuales marcan la fisonomía de la formación (Figura 8-16 y Figura 8-17). Los 2 factores principales que favorecen la aparición de este bosque son: 1) abundante humedad higroscópica; 2) presencia de alteritas (especialmente de textura fina) y escasa pedregosidad. En la vertiente S, esta formación está sometida a un intenso proceso de tala, por lo preciado del suelo sobre el que se apoya, proceso que da paso a una agricultura con cultivos de ciclo corto. Por la N, debido al buen estado de

conservación que presentaba esta formación, varias especies leñosas angiospermas están siendo taladas para la producción de carbón.

La estructura viene definida por un estrato arbóreo que cierra la cobertura a unos 10 m, con un segundo estrato inferior más rico en especies, situado entre 3 a 5 m. Los estratos arbustivo y subarbustivo son los que poseen mayor diversidad aunque su cobertura es mucho menor que la del estrato arbóreo, si no está perturbado (diagramas P6 y P20 en página 326 y siguiente, y 328 y siguiente, respectivamente).

<sup>2</sup> En la vertiente oriental de la Sierra, fuera del ámbito territorial de esta tesis, frente a los vientos alisios, entre los 950 y 1500 m, se reportan extensos bosques higrófilos con *Magnolia hamorii* (caimoni).

Las especies más características son *Arthrostylidium capillifolium*, *Brunellia comocladifolia* (palo de cotorra), *Daphnopsis crassifolia*, *Garrya fadyeni*, *Gomidesia lindeniana*, *Ilex macfadyenii*, *Meliosma herberi*, *Meliosma impressa*, *Ocotea acarina*, *Ocotea leucoxylon*, *Podocarpus aristulatus*, *Sapium daphnoides*, *Schefflera tremulus* (palo de viento), *Symplocos berteroi*, y *Turpinia picardae*, y entre las arbustivos *Cyathea* (helecho de porte arbóreo), *Miconia* y *Psychotria*, así como *Gleichenia bifida* y otras Pteridophyta, y varias especies de la familia Orchidaceae.

### **Pinar y herbazales de alta montaña: dinámica de funcionamiento y relación con otras formaciones**

El pinar, o bosque de pino, en sus modalidades abierto (Figura 8-20) y cerrado (Figura 8-19), es la formación predominantes del Bahoruco Occidental, cubriendo un 35% de la superficie protegida de la Sierra. Asociado a este, están los herbazales de alta montaña (Figura 8-18 y Figura 8-22).

En el piso mesoantillano premontano, y sólo por la vertiente S, los bosques de pino pueden aparecer a partir de los 700/800 m. Entre esta cota y los 1000 m, se mezcla con los bosques mesófilo y ombrófilo. Este descenso de la cota mínima del pinar está vinculado a la evolución geomorfológica del macizo, así como al patrón de fuegos. Este último, favorece el avance del pinar sobre otras formaciones.

En el mesoantillano montano (a partir de 1000 m) predomina el pinar, aunque compite con los bosques higrófilo y ombrófilo. Al igual que en el caso anterior, el fuego favorece la expansión del primero, aunque en los sustratos profundos y poco pedregosos suele predominar el higrófilo.

Finalmente, en el piso supraantillano húmedo y en cualquiera de las vertientes del Bahoruco Occidental, a partir de los 1700/1800 m el pinar es predominante. Sólo una pequeña "ceja" de bosque nublado, en el sector "Palo de Agua"-Agua de Juancho, al NE del PN, se abre paso en el entorno de pinar predominante. Igualmente, a partir de esta cota, el



**Figura 8-17. Bosque higrófilo de Los Arroyos, correspondiente a la parcela P6 (JRMB, 7/10/2004)**

herbazal de alta montaña acompaña al pinar en una sucesión repetitiva y escalonada, vinculado a factores que se explican a continuación.

La distribución del pinar y el herbazal, así como su sucesión, dependen significativamente del patrón de fuegos. Este además incide sensiblemente sobre la composición y cobertura del pinar, así como en el enlace con otras formaciones, diferenciándose 2 situaciones: 1) sin incidencia de fuegos en un período superior a 25-30 años; 2) con tasas de retorno de incendios entre 5 y 25 años.

En el primer caso, cuando el pinar no es afectado por incendios en al menos 30 años, su evolución *a posteriori* está condicionada por factores

antrópicos, climáticos y edáficos (por lo tanto, geomorfológicos y alterológicos). Excluyendo los 2 primeros, se proponen a continuación las formaciones vegetales que corresponden a cada tipo de sustrato:

**1. Sobre sustrato con pedregosidad baja o nula** (sin clastos, sólo depósito de alteritas). Se reportan 2 variantes según la posición geomorfológica:

- **En depresiones o llanuras con drenaje impedido, se establecen herbazales** (diagrama P27 en



**Figura 8-18. Herbazal de Loma del Toro, ocupando un fondo de dolina con drenaje parcialmente impedido, correspondiente al inventario P27 (JRMB, 17/08/03)**

página 330 y siguiente; Figura 8-18). Los suelos son profundos y saturados en agua. Esta situación es común a partir de los 1800/2000 m, aunque también se reportan algunos a 1600 m (Sabana de Canote). La composición florística básica es el helecho *Pteridium aquilinum*, líquenes (*Cladonia sp.* y *Cladina*), así como plantas de las familias *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Rosaceae* y *Poaceae*. El contacto con otras formaciones (bosque higrófilo y pinar) suele marcarlo el límite inundable de la depresión. En una sucesión sin perturbación, el herbazal tiende a mantenerse como tal. En situaciones post-incendio, suele regenerarse en 1 año;

- **En vertientes de poca inclinación, o llanuras drenadas, y con profundidad moderada de las alteritas. Suele establecerse el bosque higrófilo descrito previamente** (P6 y P20; Figura 8-17). Para ello, las condiciones climáticas deben ser favorables (suficiente humedad ambiental) y el encharcamiento debe ser leve. En situaciones post-incendio suele regenerarse con lentitud e, incluso, el pinar puede avanzar sobre éste, sobretodo si el fuego ha producido fogoclastia, o cuando ha expuesto las alteritas y éstas son lavadas.

**Sobre sustrato de pedregosidad media** (clastos de lapiaz en matriz de alteritas) **en superficies y vertientes. En esta condición, se suele establecer el pinar con estrato**

**arbóreo denso** (Figura 8-19).

Evolucionando sin perturbación, la formación se vuelve "cerrada", de manera que los individuos de pino de los estratos arbóreos (con alturas de 15 a 20 m) se juntan mucho entre sí creando un dosel (diagramas LT2 y P5 en página 332 y siguiente, y 334 y siguiente, respectivamente). Los estratos bajos y medios pueden aumentar o disminuir su diversidad y cobertura, lo cual dependerá de la etapa en la sucesión que se encuentre el pinar. En su composición florística predomina *Pinus occidentalis* en el estrato arbóreo y con cobertura superior a 15-25%, mientras que en los estratos bajos predomina *Agave sp.*, *Baccharis myrsinites*, *Eupatorium macrophyllum*, *Fuchsia sp.*, *Garrya fadyenii*, *Illex tuerckheimii*, *Isachne rigidifolia*, *Lyonia microcarpa*, *Miconia spp.*, *Ocotea coriacea*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus sp.*, *Senecio barahonensis*, *Sideroxylon cubense*, *Thouinia domingensis*,

*Tripsacum floridanum*, así como un tapiz abundante de *Cladonia angustata* y varias especies de la familia *Orchidaceae* y *Bromeliaceae*. Dada su amplia representación en los distintos pisos bioclimáticos de la Sierra, el pinar cerrado entra en contacto con los



**Figura 8-19. Pinar cerrado en regeneración en las proximidades de Loma del Toro, con predominio de *Pinus occidentalis* en el estrato arbóreo (JRMB, 08/10/04)**

bosques higrófilo, ombrófilo y mesófilo. Se estima que este es el pinar mejor conservado de la Sierra y, al mismo tiempo, se ratifica que su distribución actual está vinculada a un determinado patrón de incendios, en los que la tasa de retorno es muy grande (superior a 30 años). La geometría y los procesos de dichos ecotonos están regulados por el patrón de incendios. En este sentido, e interpretando los datos actuales, se puede asegurar que el pinar en la Sierra es pirófilo, pero no está adaptado a un patrón de fuegos favorecido antrópicamente con altas tasas de retorno. Además, el fuego del pinar afecta también a las formaciones que entran en contacto con este, las cuales en ningún caso son pirófilas.

**2. Sobre sustrato de pedregosidad alta** (clastos de lapiaz en poca o nula matriz de alteritas, o depósitos de soliflucción de grano grueso)

**en vertientes y superficies, en cuyo caso la cobertura más común es el pinar de tipo abierto** con independencia de la tasa de retorno del fuego (diagramas LT1 y P4 en página 336 y siguiente, y 338 y siguiente, respectivamente; ver también Figura 8-20). Su composición florística incluye, por supuesto, a *Pinus occidentalis* como especie arbórea predominante pero sin dosel, acompañado en los estratos no arbóreos de *Agave cf. brevispina*, *Asplenium au-*



**Figura 8-20. Bosque de pinar abierto sobre sustrato con pedregosidad alta en la vertiente N de la Loma del Toro, correspondiente al inventario LT1 (JRMB, 8/10/04)**

*ritum*, *Baccharis myrsinites*, *Cladonia angustata*, *Daucus carota*, *Dodonaea angustifolia*, *Eupatorium macrophyllum*, *Fuchsia pringsheimii*, *Gnaphalium eggertii*, *Ilex tuerckheimi*, *Miconia sp.*, *Myrica picardae*, *Pastinaca sativa*, *Pilea lanceolata*, *Poa sp.*, *Symplocos berteroi*, *Thouinia domingensis*, *Tripsacum floridanum*, *Vernonia fruticosa*, y varias especies de la familia *Bromeliaceae* y *Orchidaceae*. Al igual que en el caso anterior, está muy extendido en los distintos pisos bioclimáticos de la Sierra, por lo que entra en contacto con las otras formaciones vegetales. El pinar abierto no sólo

aparece por factores edáficos, dado que también es favorecido por incendios forestales recurrentes, subtipo que se trata a continuación. Sin embargo, es oportuno señalar que el pinar, una vez quemado, se mantiene abierto durante muchos años, aun sin la intervención del fuego, gracias a las limitaciones que impone el sustrato pedregoso.

En el segundo caso, con tasas de retorno de incendios entre 5 y 25 años, se presentan 2 situaciones en función del sustrato:

**1. Sobre sustrato de pedregosidad media y alta, en superficies y vertientes intermedias, con pinar tanto abierto como cerrado y con abundancia de pinos jóvenes.**

En este caso, la sucesión es dinámica y la regeneración del bosque con todos sus estratos suele alcanzarse debido a 2 factores: índices de termicidad relativamente altos y precipitaciones suficientes para permitir el desarrollo de las plantas (diagramas P24, P25 y P26 en página 340 y siguiente, 342 y siguiente, y 344 y siguiente, respectivamente; ver también Figura 8-21). Estos factores compensan las limi-



**Figura 8-21.** Arriba y abajo: bosques de pinar cerrado sobre sustrato con pedregosidad media y alta, correspondientes a los inventarios P26 y P24 (respectivamente), en el camino que comunica El Aceitillar con el Mirador Hoyo de Pelempito. Ambos están afectados por un patrón de fuegos con altas tasas de retorno. En el de abajo, la pedregosidad aumentó tras el incendio (JRMB, 16/08/03)

tantes que impone el sustrato muy pedregoso (P24). La dinámica de la formación con el fuego es como sigue: durante el incendio, la cobertura de los estratos herbáceo, subarbustivo, arbustivo y arbustivo alto, se reduce significativamente; en determinados lugares, la quema del mull descubre los clastos del lapiaz, aumentando la pedregosidad del rodal (P24). Al principio, la diversidad del herbáceo aumenta significativamente, predominando el helecho *Pteridium aquilinum* y la Ericaceae

*Lyonia microcarpa*, acompañados de las siguientes especies: *Agave cf. brevispina*, *Bulbostylis cf. juncooides*, *Coccothrinax scoparia*, *Dodonaea angustifolia*, *Eupatorium sinuatum* var. *visigerum*, *Forestiera seilleana*, *Gnaphalium eggersii*, *Hieracium gronovii*, *Hypericum hypericoides*, *Narvalina domingensis*, *Panicum aciculare*, *Panicum acuminatum*, *Passiflora suberosa*, *Pilea lanceolata*, *Sideroxylon repens*, *Schizachyrium gracile*, *Scleria ciliata* var. *elliotti* y *Vernonia fruticosa*. Dependiendo del tipo de fuego, los



**Figura 8-22. Herbazal sobre sustrato con pedregosidad alta en Savane Peblique, afectado por un patrón de fuegos con altas tasas de retorno (inventario SP2). La pedregosidad de este sector aumentó tras el incendio (JRMB, 6/10/04)**

pinos viejos (si los hay) suelen resistir o, en su defecto, resultar parcialmente afectados, mientras que los jóvenes experimentan daños intensos (P24). Si existe dosel cerrado, éste se abre sensiblemente, convirtiéndose en un pinar abierto. En caso de que existan pinos jóvenes formando un dosel cerrado, y una proporción de estos resista, tras el fuego quedará un pinar abierto con dosel a 10-15 m. En la regeneración, las plántulas de pino prosperan simultáneamente con el sotobosque, lo cual ocurre durante los primeros 5 a 10 años transcurridos desde el último incendio. Simultáneamente, la cobertura de los estratos herbáceo, subarbustivo y arbustivo aumenta sensiblemente (P26). Transcurrido este tiempo, los pinos comienzan a ocupar los estratos arbóreos, en los cuales pueden conformar un dosel abierto o cerrado en función del número de individuos que prosperen, lo cual dependerá de la compe-



tencia con las especies de los estratos herbáceo y arbustivo y, por supuesto, de la tasa de retorno del fuego.

**2. Sobre sustrato de pedregosidad alta en vertientes, sectores cimeros y depresiones colgadas, con herbazal (diagrama SP2 página 348 y siguiente) o pinar muy abierto (diagrama SP1 página 346 y siguiente).**

La regeneración suele ser lenta, estableciéndose por mucho tiempo un herbazal (SP2; ver Figura 8-22). Suelen predominar *Lyonia microcarpa*, *Pteridium aquilinum*, *Agave cf. brevispina*, *Gnaphalium eggersii*, *Symplocas berteroi*, *Schizachyrium gracile*, así como otras especies de la familia *Asteraceae*. Si el pino progresa lo hace lentamente (SP1), compitiendo con las herbáceas y arbustivas; si alcanza los estratos arbóreos, no cierra en dosel, convirtiéndose la formación en un pinar abierto. En Savane Peblique, esta modalidad está perturbada por un patrón de incendios favorecido antrópicamente, con altas tasas de retorno y una alta pedregosidad, sendos factores que impiden su regeneración total.

Finalmente, merece mención el "calimetal" (Figura 8-23), formación no muy extendida en el Bahoruco Occidental, reportada en pisos bioclimáticos húmedos y que es favorecida por un patrón de fuegos con altas tasas de retorno. El fuego suele dejar lugares soleados que el calimetal resiste muy bien, siempre y cuando la humedad (higroscópica o edáfica) esté garantizada. En todo caso, se trata de una formación pirófila. Su flora se compone de varias especies *Gleichenia* o "calimete", siendo *Gleichenia bifida* la más común, aunque aparecen también, de forma más rara, *Gleichenia pectinata* y *Gleichenia revoluta*. El calimetal se conforma como una masa densa e impenetrable, que sólo permite la aparición de algunas especies como la *Arthrostylidium haitiense*, *Smilax ilicifolia* o *Smilax oblongata*.



**Figura 8-23. Calimetal en el camino que comunica Loma del Toro con Puerto Escondido, en el contacto entre el bosque higrófilo y el pinar (JRMB, 8/10/04)**

## **Dinámica de las formaciones vegetales de Bahoruco occidental**

El análisis de los diagramas de riqueza-estructura-cobertura realizado permite establecer unas pirámides tipo con mayor madurez ecológica, entendiendo esta como un equilibrio dinámico, y no como un estado climácico al cual alcanzar y permanecer inmutable cuando no hay perturbaciones externas. Se interpreta que este equilibrio es dinámico, porque en la madurez ecológica de la formación vegetal existe una alimentación orgánica al suelo y, consustancial a ésta, una evolución edáfica dentro de las condiciones geoquímicas que establece el marco bioclimático en el que se encuentra localizada dicha formación vegetal. En consecuencia, la evolución edáfica repercute sobre las especies de la formación y, consecuentemente, sobre su estructura vertical y horizontal.

### **Bosque tropofilo**

Se cuenta con una parcela en el piedemonte meridional de la Sierra de Bahoruco (etiquetada como LM1). Consiste en una formación manejada para la extracción de madera de forma selectiva para carboneo o para recursos de madera para construcción en la que domina *Acacia macracantha* y *Guaiacum officinale* en el estrato arbóreo de 5 a 10 metros, como árbol emergente. En el estrato arbóreo inferior, de 3,5 a 5 metros, la especie dominante es *Acacia macracantha*. La presencia dominante de *Senna atomaria* en el estrato arbustivo alto (de 1.5 a 3.5 m) está relacionada con la explotación ganadera del bosque. Un estrato subarbustivo relativamente cerrado (15-25%) dominado por *Abutilon umbellatum* caracteriza finalmente el conjunto de la formación. Se trata por lo tanto de una unidad manejada con ganadería que ha perdido riqueza de especies en el estrato arbóreo, aunque la cobertura que tiene de 25 al 40% es la que le correspondería en una etapa menos degradada. Habría que esperar un aumento en la riqueza de especies y de la cobertura en el estrato arbustivo.

### **Bosque mesófilo**

La parcela situada en el piedemonte meridional de la Sierra de Bahoruco (P21) representa una unidad de formación de bosque mesófilo que mantiene una relativa riqueza específica con *Bursera simaruba*, *Chrysophyllum caimito*, *Ocotea furibunda* y *Oreopanax capitatus* entre las que domina el bejuco *Cissus verticillata*, todo ello en el estrato de 5 a 10 m. El estrato arbóreo inferior de 3,5 a 5 metros se halla empobrecido y con cobertura muy abierta, al igual que los estratos arbustivos inferiores, en los que no se puede hablar de una especie dominante y donde existe una gran equitabilidad. Sin embargo el estrato herbáceo tiene una alta

riqueza. Se trata por lo tanto de un bosque mesófilo muy degradado, de cobertura muy abierta para lo que es característico de esta formación y que, por lo tanto, se presume que está en situación de remontada biológica (alta riqueza de herbáceas).

### **Bosque ombrófilo**

Se realizó un inventario en las proximidades de Los Arroyos (P19). Se trata de una unidad de bosque ombrófilo muy degradada, en la que algunas especies no han sido extraídas o taladas como *Inga vera* o *Cinnamomum triplinervis*. También se reportan especies de colonización y recuperación de los bosques ombrófilos, como el *Dendropanax arboreus*. El estrato arbustivo tiene una alta riqueza, algo que es característico de estas unidades en remontada biológica. La presencia más abundante de *Coffea arabica* nos indica que estamos ante un cafetal abandonado, el que se hizo una selección de especies de sombra para el café, como es *Inga vera*.

### **Bosque nublado/bosque higrófilo**

Se han trabajado dos parcelas, la P6 y la P20, ambas en Los Arroyos. La primera tiene una mayor madurez ecológica. Se trata de una unidad con un estrato emergente de 10 a 20 metros abierto (15-25%) con *Schefflera tremulus*, *Brunellia comocladifolia* y *Coccoloba picardeae*, como especies dominantes. El estrato de 5 a 10 metros es muy cerrado (40 al 60%) con *Coccoloba sp.* dominante a la que acompañan las dos especies anteriores y *Symplocos berteroi*. El estrato arbustivo y subarbustivo tiene una gran riqueza aunque con poca cobertura (inferior al 15%) en el que domina *Ardisia picardeae*, *Prescothia stachyoides*, *Sapium daphnoides*, *Sideroxylon cubense* y *Symplocos berteroi*. La parcela P20 ha sido manejada y queda como un bosque casi monoespecífico de *Alchornea latifolia*, en la que los helechos juegan un papel importante de cobertura en el estrato arbustivo y subarbustivo, dominando *Cyathia arborea* en el estrato arbustivo alto de 1.5 a 3.5 metros

### **Bosque mesófilo de pinos**

En el pinar se han realizado 10 parcelas. Tres de ellas sobre herbazales, dos en el área post-incendio de Savane Peblisque (etiquetadas como SP1 y SP2), y una en depresión karstica (P27). Las 7 restantes se realizaron en bosque de pino, de las que dos corresponden al subtipo "cerrado" (P5 y LT2, en Loma del Toro) y cinco al "abierto". De estas últimas, dos corresponden al sector Loma del Toro (etiquetadas como LT1 y P4), y tres a El Aceitillar (P24, P25 y P26). Todas las parcelas se encuentran situadas en superficies corrosivas (Los pinos y El Aceitillar).

La parcela seleccionada como más madura ecológicamente es la LT2 de Loma del Toro, por su diversidad botánica y las propias especies reportadas, así como por la estructura cerrada de bosque. Se trata de un bosque denso (40-60% de cobertura en el estrato arbóreo de 10 a 20 metros) de *Pinus occidentalis*, especie también presente en estratos inferiores pero más abiertos, con cobertura inferior a 15%, en el estrato de 5 a 10 m, y densa nuevamente (25 -40%) en el de 3.5 a 5. En este último, *Garrya fadyenii* es dominante, y le acompaña *Eupatorium macrophyllum*. El estrato arbustivo alto es muy cerrado (40-60%) con *Garrya* y *Eupatorium* dominantes y algunos ejemplares de *Chamaecrista glandulosa*. La presencia de *Garrya fadyeni* y *Ocotea coriacea* en los estratos subarbustivo y herbáceo, permite clasificarlo como un "bosque de pinos con *Garrya* y *Eupatorium*", al que acompañan *Lyonia microcarpa*, *Sideroxylon cubense* y *Weinmannia pinnata* en el estrato arbustivo alto, y *Myrica picardae*, *Ilex tuerckhelmii* y *Weinmannia pinnata* en los estratos subarbustivo y herbáceo. Algunas de estas especies como *Myrica*, *Ocotea* y *Weinmannia* forman parte del cortejo florístico de los bosques nublados. Estos bosques cerrados de pino se desarrollan sobre alterita con pedregosidad media sobre la superficie corrosiva culminante de Los Pinos.

Los bosques abiertos están relacionados con el lapiaz exhumado o desagregado en la superficie corrosiva de Los Pinos y de Aceitillar. En ellas la riqueza de especies disminuye en el estrato arbóreo y arbustivo alto permaneciendo como acompañante persistente *Lyonia macrocarpa* y *Myrica picardae*, en las que destaca como elemento nuevo la palma de *Coccothrinax scoparia* en el estrato arbóreo, y *Dodonaea angustifolia*, *Eupatorium sinuatum*, *Narvalina domingensis*, *Senecio barahonensis* y *Sideroxylon repens* en el estrato arbustivo y subarbustivo.

La parcela P4 corresponde a un pinar abierto afectado por un incendio, con *Pinus* dominante que ha resistido el incendio, y en el que la única especie que aparece en el estrato herbáceo, y que normalmente corresponde a estratos superiores, es *Lyonia microcarpa*.

Finalmente, entre las parcelas de herbáceas con o sin pinos, la P27 en loma del Toro se desarrolla en una depresión kárstica. La única especie testigo es la *Garrya fadyenii*, y en el resto domina un estrato herbáceo semicerrado, a veces cerrado, con *Cladonia angustata*, *Daucus carota*, *Gnaphalium domingensis*, *Hypericum hypericoides* y *Leptothrium* sp.

Las parcelas herbáceas de Savane Pebligue responden a una progresión post-incendio con *Cuphea urens* y *Hieracium gronovii* como dominantes, juntos a las cuales aparecen, en un estrato arbustivo muy abierto (menos del 15 % de cobertura), *Eupatorium gabii*, *Garrya fadyeni*, *Lyonia microcarpa* (a veces muy abundante de forma local), *Myrica picardae*,

*Narvalina domingensis*, *Symplocos berteroi*, *Sideroxylon cubensis* y, sobre el roquedo del lapiaz, *Agave brevispina*.

La formación mesófila del pinar esta conformada por un bosque cerrado con *Garrya*, *Eupatorium* y *Lyonia*, que en situaciones de lapiaz emergente da paso a *Coccothrinax*, *Narvalina* y *Dodonaea*, entre otras. La presencia de *Myrica*, *Ocotea* y *Weinmannia* sugiere una estrecha relación entre los bosques de pino con madurez ecológica y los bosques nublados.

## **Consideraciones finales sobre la flora y la vegetación del Bahoruco Occidental**

### **Correlación entre vegetación y posición geomorfológica: “fidelidad biogeomorfológica”**

La vegetación de la sierra de Bahoruco está constituida, desde la cumbre hasta el piedemonte, por formaciones de bosques de pino, higrófilo montano, ombrófilo montano, mesófilo y tropófilo. El **análisis conjunto de los mapas geomorfológico y de vegetación**, permite agrupar las formaciones vegetales en dos grandes grupos según su grado de correlación con los elementos morfológicos: 1) formaciones que ocupan preferentemente **una determinada posición geomorfológica, desarrollándose una especie de “fidelidad biogeomorfológica”**; 2) formaciones cuya distribución parece estar condicionada, además de por la posición geomorfológica, por el régimen climático y, por lo tanto, tienen una mayor distribución en distintos elementos morfológicos.

En el **primer grupo**, donde la **fidelidad biogeomorfológica es alta**, se encuentran los bosques de pino e higrófilo. **Los pinares**, así como algunas importantes extensiones asociadas de herbazales de altura (en cotas de 1800-2200 m), se encuentran predominantemente sobre las superficies corrosivas culminantes, especialmente en el sector central. En algunos casos, un pinar mezclado con especies del mesófilo, se desarrolla en otras unidades geomorfológicas, pero con poca representatividad en términos de extensión en relación con el caso anterior. Por otra parte, el **bosque higrófilo** se sitúa, preferentemente, en el enlace entre la superficie corrosiva Los Pinos y los pedimentos circundantes: a) en la vertiente meridional, sobre cortas laderas de enlace con el pedimento El Aceitillar; b) en la vertiente septentrional, una importante mancha de bosque higrófilo que ocupa el bloque más bajo y oriental de la superficie corrosiva de Los Pinos, y también sobre pedimentos indiferenciados, conos rocosos y laderas que enlazan la superficie con el pedimento Monte Palma. De esta estrecha correlación podría interpretarse, *a priori*, un carácter

relicto para estas formaciones, en cuyo caso parte de su composición florística correspondería a una paleoflora fini-Paleógena o Miocena.

En el **segundo grupo, donde el condicionante geomorfológico no parece ser un factor explicativo predominante** de la distribución vegetal, se incluyen los bosques ombrófilo, mesófilo y tropófilo. El bosque ombrófilo montano se haya situado en la vertiente meridional sobre el sector occidental del pedimento El Aceitillar, donde predominan relieves de colinas kársticas, mientras que el sector oriental de esta unidad geomorfológica es ocupado por el bosque meso-ombrófilo, que se extiende hacia el Este hasta alcanzar la superficie de Las Mercedes. La superficie de Las Mercedes presenta tres unidades biogeomorfológicas, de Noroeste a sureste con bosque mesófilo, bosque tropófilo y bosque meso-ombrófilo, ya citado. El bosque ombrófilo montano y mesófilo en la vertiente septentrional se extiende en una estrecha franja, ocupando mayor extensión el bosque mesófilo en el pedimento de Monte Palma. Finalmente, la superficie karstificada de Jaragua-Los Olivares presenta, al igual que la de Las Mercedes, bosque mesófilo al NO y bosque tropófilo al SE.

### Comparación florística con macizos similares

**Herbazales** semejantes a los de Bahoruco se desarrollan en el Ajusco (al sur de México D.F.; ver Figura 8-24), sobre rocas volcánicas, a 2600-3000

m y a la misma latitud, pero en área continental, con *Pinus hartwegii*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. rudis* y *P. teocote* con zacatonales de *Muhlenbergia quadridentada* que a más altura dan paso a zacatonales de *Festuca hephaestophila* (3800 m) y *Calmagrostis toluensis* con *Festuca amplissima*. También están presentes *Abies religiosa*, así



**Figura 8-24.** Herbazal de alta montaña rodeado de pinar, El Ajusco, México D.F. (R. Cámara, 12/11/10)

como algunos quercus como *Quercus rugosa*, *Q. laeta*, *Q. laurina*, *Q. deserticola* y *Q. crassipes* (Velazquez, 2010). Situaciones de pinar con herbazales sobre karst de mogotes se reportan a 22-23° de latitud en la Sierra Madre Oriental, en la Reserva de Biosfera de El Cielo (Tamaulipas, México; Figura 8-25), en cotas de 2000 m con *Pinus teocote* y *P. monte-*

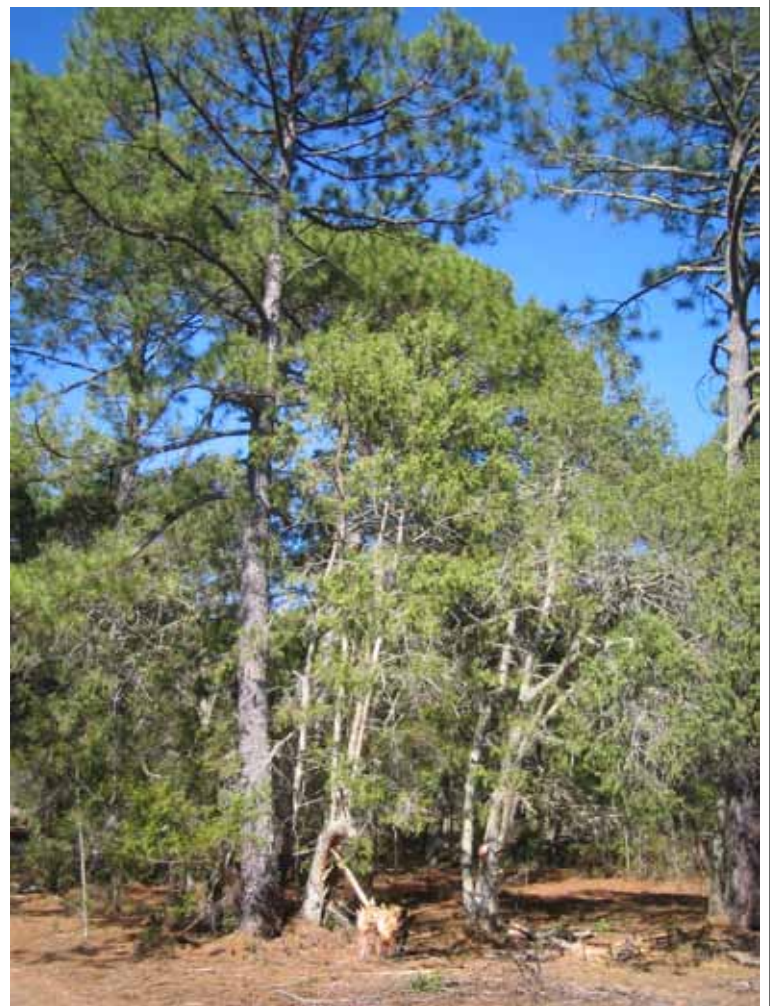
zumaes, acompañada también por especies de quercus, y con presencia también, a mayor altura, de *Abies religiosa* y *Taxus globosa*, aunque aquí no hay zacatonales como los del Ajusco, y los herbazales están ubicados en pequeñas depresiones o depresiones medias, muchas de ellas manejadas para agricultura o ganadería de subsistencia.

El **bosque higrófilo** de Bahoruco tiene, entre sus especies más características, las siguientes: *Brunellia comocladifolia*, *Ilex macfadyenii*, *Myrcianthes montana*, *Ocotea acarina*, *Psychotria baltemweckii*, *P. pubescens*, *Schefflera tremulus* y *Symplocos berteroi*. Los géneros *Ilex*, *Ocotea*, *Psychotria*, *Sapium* y *Sideroxylon* se encuentran en los bosques tropicales de Norteamérica del Eoceno y Oligoceno Medio, y algunas especies frecuentes en bosques higrófilos forman parte de los bosques de pinos como *Ilex macfadyenii*, *Dodonaea angustifolia*, *Lyonia macrocarpa*, *Psychotria plumeri*, *Sideroxylon cubense* y *Weinmannia pinnata* (Schnell, 1979, 1987).

En el caso del género *Dodonaea*, se encuentra presente en los valles secos de los Andes desde Colombia a Bolivia, y en los bosques africanos del norte de Somalia acompañado también por *Juniperus* y *Syderoxylon*, al igual que en los bosques de pinos de la sierra Madre Oriental de México.

El género *Ardisia*, representado por *Ardisia picardeae* en las formaciones higrófilas dominicanas, se halla en los bosques orientales y occidentales de los Andes, y en los bosques nublados de México (González Medrano, 2005; Puig, 2005), acompañando a *Alchornea*, *Chamaedorea* y *Myrica*, con ejemplares arbóreos de *Liquidambar*, *Quercus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Cornus*, *Carpinus*, *Crataegus*, *Vaccinium* y *Fagus* que conforman bosques mixtos. También se encuentra presente en la flora macaronésica de las laurisilvas con *Ardisia excelsa*.

Por su parte la *Myrica* se encuentra en los bosques nublados andinos de Colombia acompañada de *Brunellia*, *Clethra*, *Dendropanax*, *Drymis*,



**Figura 8-25. Bosque de la Reserva de Biosfera El Cielo, Sierra Madre Oriental, México (R. Cámara, 10/02/08)**

*Ilex*, *Juglans*, *Quercus*, *Rhamnus*, *Viburnum*, *Weinmannia*. En los bosques nublados de México está representado por *Myrica xalapensis*, así como en los bosques nublados de Cuba acompañado de *Hymenaea*, *Carapa*, *Clethra*, *Ocotea*, *Persea*, *Rubus* y *Weinmannia*,

El conjunto *Alnus-Juglans-Myrica* se encuentra en el Eoceno en el sudeste de Estados Unidos, apareciendo en Chiapas en el Mioceno medio, alcanzando Panamá en el Mioceno superior y llegando en el Plioceno al norte de Sudamérica (Wendt, 1998). En este sentido es importante resaltar el papel del género *Myrica* en la Flora Laurásica y en la de Gondwana, ya que aparece como *Myrica arborea* en África en las montañas de Tanzania y Etiopía, y en los Montes Camerún, donde acompaña a numerosas ericáceas y a los géneros *Schefflera* y *Cyathea*. La especie *Myrica faya* se encuentra en la flora macaronésica también con ericáceas y lauráceas. La *Myrica pilulifera* aparece en los montes Chimanimani (Zimbabue-Mozambique) con *Dracaena* (también presente en la flora macaronésica y en el Atlas marroquí), *Erythroxylum*, *Ilex*, *Maytenus*, *Podocarpus* y *Syzigium*, y finalmente *Myrica salicifolia* en los Montes Kenya en Tanzania y Uganda, con *Fagara*, *Olea* y *Podocarpus* (Schnell, 1979, 1987).



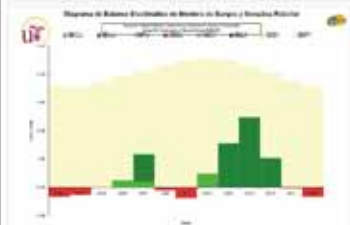
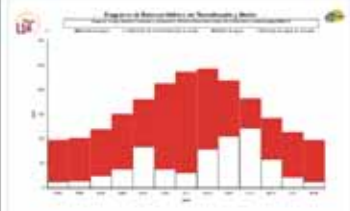
A continuación se muestran los inventarios por parcelas como referencia de diversidad, estructura y cobertura de las formaciones vegetales descritas, entre las páginas 320 y 349. Al finalizar, en la página 350 y siguiente, "Mapa de formaciones vegetales, uso y cobertura del suelo del PNSB y su entorno, actualizado a 2003"

**Bosque tropófilo en Las Mercedes, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**LM1**

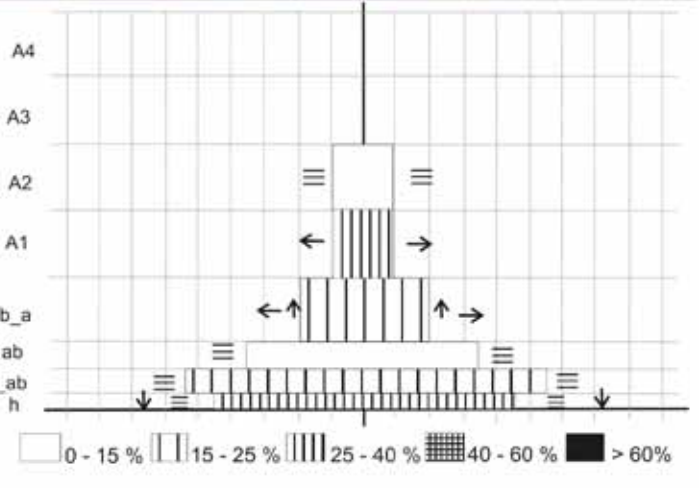
<b>DENOMINACIÓN:</b> LAS MERCEDES		<b>ID:</b> LM1	
<b>Fecha:</b> 05/10/2004	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> Pedernales	<b>Coordenadas</b>	<b>X</b> 216880
	<b>Altimetría:</b> 300 msnm	<b>UTM NAD 27</b>	<b>Y</b> 2000351
<b>Formación vegetal:</b> Bosque tropófilo		<b>Régimen ecodinámico:</b> Tropófilo	
<b>Posición geomorfológica:</b> Piedemonte de sierra de Bahoruco. Karstificado		<b>Formación superficial/substrato:</b> Terra rossa. Karst tipo tsingy	
<b>Usos y aprovechamientos:</b> Minería para la extracción de bauxita			

**DATOS BIOCLIMATICOS**  
 Precipitación anual: 626 mm  
 Ind. Omb: -68.76  
 Temperatura media anual: 27.83  
 ITC: 744.25  
 Excedente: 0 mm  
 N° meses excedente: 0  
 Déficit: 1377.67  
 N° meses déficit: 12  
 Meses paraliz. Veget. Hidrica: 4  
 Meses paraliz. Veget. térmica: 0  
 N° meses compensación: 4  
 N° meses actv. Veget. Libre: 4



**Simbología dinámica del diagrama**

- Tendencia a aumentar la diversidad para llegar al equilibrio
- ← Tendencia a disminuir la diversidad para llegar al equilibrio
- = Situación de equilibrio
- ≡ Numero de especies equivalente con cambio en la tipología o repertorio
- ↑ Tendencia a aumentar la cobertura para llegar al equilibrio
- ↓ Tendencia a disminuir la cobertura para llegar al equilibrio
- r Resiliencia
- Con regeneración
- ⊗ Sin regeneración
- Ganado vacuno
- \* Carboneo
- Y tocones de troncos



**Bosque tropófilo en Las Mercedes, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbustivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Calisia repens</i> (L.) Jacq.	2	<i>Abutilon umbellatum</i> (L.) Sw.	1	<i>Abutilon umbellatum</i> (L.) Sw.	+	<i>Capparis ferruginea</i> L.	1
<i>Capparis feruosa</i> (L.) L.	+	<i>Acacia macracantha</i> H. & B.	+	<i>Acacia macracantha</i> H. & B.	+	<i>Guaiacum officinale</i> L.	+
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	1	<i>Capparis ferruginea</i> L.	+	<i>Capparis ferruginea</i> L.	+	<i>Senna atomaria</i> (L.) Inw. & Barn.	2
<i>Lysiloma sabibu</i> Berth.	+	<i>Capparis feruosa</i> (L.) L.	+	<i>Capparis feruosa</i> (L.) L.	+	<i>Trichilia hirta</i> L.	1
<i>Opuntia cf. ariflora</i> Britt & Rose	r	<i>Eugenia foetida</i> Pers.	+	<i>Forestiera</i> sp.	r		
<i>Sida acuta</i> L.	+	<i>Euphorbia acida</i> Haw.	r	<i>Lantana urticifolia</i> Mill.	1		
<i>Sida</i> sp.	1	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	+	<i>Senna atomaria</i> (L.) Inw. & Barn.	r		
<i>Scleraxylon cubense</i> (Griseb.) T. Pennington	+	<i>Lantana</i> sp.	+				
<i>Scleraxylon fossilissimum</i> Jacq.	1	<i>Lantana urticifolia</i> Mill.	r				
		<i>Lysiloma sabibu</i> Berth.	+				
		<i>Senna atomaria</i> (L.) Inw. & Barn.	+				

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (5 - 10 m.)	A-D
<i>Acacia macracantha</i> H. & B.	3	<i>Acacia macracantha</i> H. & B.	1
<i>Senna atomaria</i> (L.) Inw. & Barn.	1	<i>Guaiacum officinale</i> L.	1



*Guaiacum officinale*



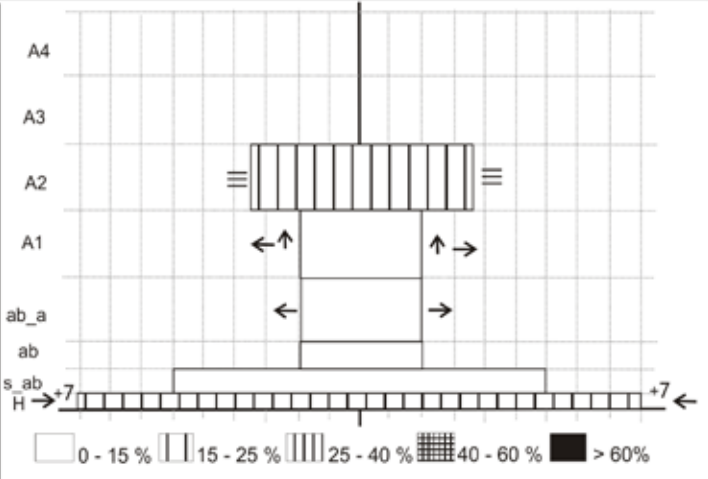
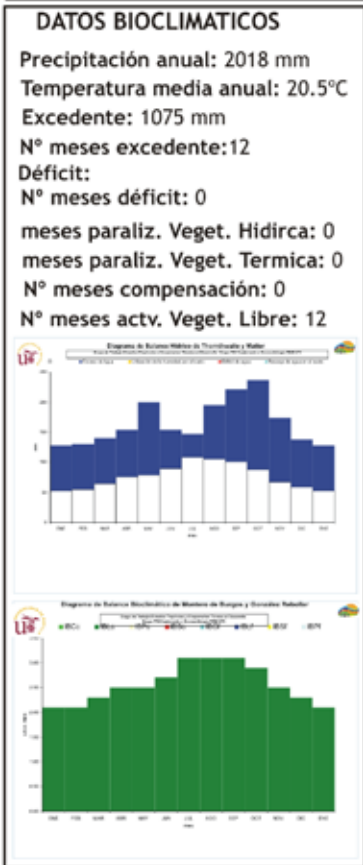
*Acacia macracantha*

**LM1**

**Bosque mesófilo en El Agüita, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P21**

<b>DENOMINACIÓN:</b> EL AGÜITA		<b>ID:</b> P21	
<b>Fecha:</b> 07/08/2003	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> PEDERNALES	<b>Coordenadas X</b>	209530
	<b>Altimetría:</b> 1.200 m.	<b>UTM NAD 27 Y</b>	2009157
<b>Formación vegetal:</b> BOSQUE MESOFILO		<b>Piso bioclimático:</b> MESO-ANTILLANO	
<b>Posición geomorfológica:</b> vertiente		<b>Régimen ecodinámico:</b> MESOFILO	
<b>Formación superficial/substrato:</b>			
<b>Usos y aprovechamientos:</b> Agricultura, ganadería.			



est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbutivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Acacia acacioides</i> Tuss.	+	<i>Chrysophyllum castilloi</i> L.	+	<i>Chromolaena odorata</i> (Jacq.) R. & K.	+	<i>Ficus virens</i> (Sw.) Schult	+
<i>Adiantum pyrramidalatum</i> (L.) Willd	+	<i>Celastrus scandens</i> Lam.	+	<i>Myrsine</i> sp.	+	<i>Piper amalago</i> L.	+
<i>Adiantum tenerum</i> Sw.	+	<i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.	+	<i>Pouteria dictyonera</i> subsp. <i>Aerides</i> (Lib.) Cronq	+	<i>Trochila pallida</i> Sw.	+
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	+	<i>Conocarpus dentata</i> Jacq.	+	<i>Urera babingtonii</i> (L.) Wedd.	+	<i>Urera babingtonii</i> (L.) Wedd.	+
<i>Chrysophyllum castilloi</i> L.	+	<i>Myrsine</i> sp.	+				
<i>Chromolaena odorata</i> (Jacq.) R. & K.	+	<i>Oreopanax capricornutum</i> (Jacq.) Benth & Pl.	+				
<i>Chorizanthe ligustrina</i> (Sw.) Parra	+	<i>Palafoxia crocea</i> (Sw.) Schult	+				
<i>Cissampelos verticillata</i> (L.) Nicolson & Jarvis	+	<i>Piper amalago</i> L.	+				
<i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.	+	<i>Rhynchospora humilis</i> L.	+				
<i>Dendropanax arboreum</i> (L.) Benth & Pl.	+	<i>Rourea trifoliata</i> Poell	+				
<i>Dryopteris adae</i> Poe	+	<i>Trochila pallida</i> Sw.	+				
<i>Elatine paniculata</i> (Juss.) Radlk	+	<i>Utricularia octandrum</i> (L.) R. Wall	+				
<i>Guarea guianensis</i> Steudner	+						
<i>Ischnanthus pallens</i> (Sw.) Munro	+						
<i>Macaranga uruguensis</i> (L.) A. Gentry	+						
<i>Metopium pendula</i> L.	+						
<i>Oreocaulon maculata</i> (Lindl.) Lindl	+						
<i>Oreandra lanceolata</i> (Sw.) Britt.	+						
<i>Pavonia pubescens</i> (Mill.) Fawc. & Rendle	+						
<i>Piper amalago</i> L.	+						
<i>Pisonia aculeata</i> L.	+						
<i>Pouteria dictyonera</i> subsp. <i>Fuerstii</i> (Lib.) Cronq.	+						
<i>Racopilum nitida</i> Jacq.	+						
<i>Rourea sumatrensis</i> Mig.	+						
<i>Securidaca virgata</i> Sw.	+						
<i>Serjania polyphylla</i> (L.) Radlk.	+						
<i>Sideroxylon leucostemonum</i> Jacq.	+						
<i>Tillium paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	+						
<i>Tectaria trifoliata</i> (L.) Cae	+						
<i>Trochila pallida</i> Sw.	+						
<i>Utricularia octandrum</i> (L.) R. Wall	+						
<i>Urera babingtonii</i> (L.) Wedd.	+						

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 2 (5 - 10 m.)	A-D
<i>Elatine paniculata</i> (Juss.) Radlk	+	<i>Rourea sumatrensis</i> (L.) Gagn.	+
<i>Oreopanax capricornutum</i> (Jacq.) Benth & Pl.	+	<i>Claytonia rosea</i> Lam.	+
<i>Pouteria dictyonera</i> subsp. <i>Fuerstii</i> (Lib.) Cronq.	+	<i>Chrysophyllum castilloi</i> L.	+
<i>Trochila pallida</i> Sw.	+	<i>Cissampelos verticillata</i> (L.) Nicolson & Jarvis	+
		<i>Ocotea cordata</i> (Sw.) Griseb.	+
		<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	+
		<i>Oreopanax capricornutum</i> (Jacq.) Benth & Pl.	+



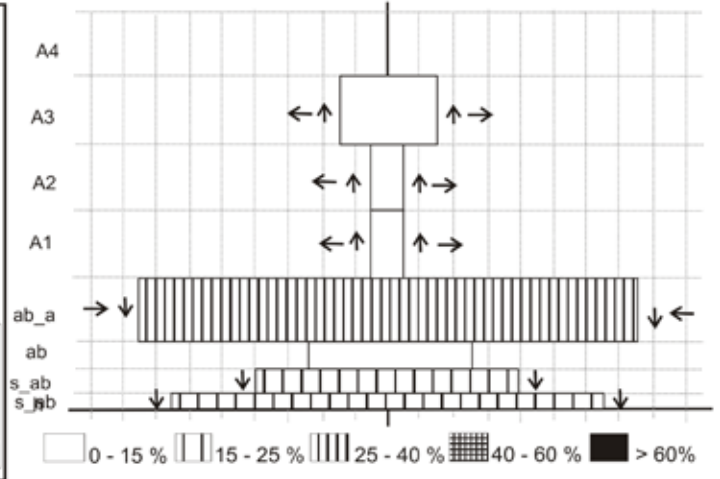
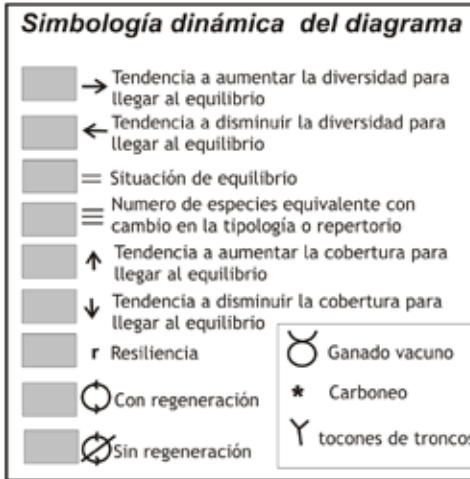
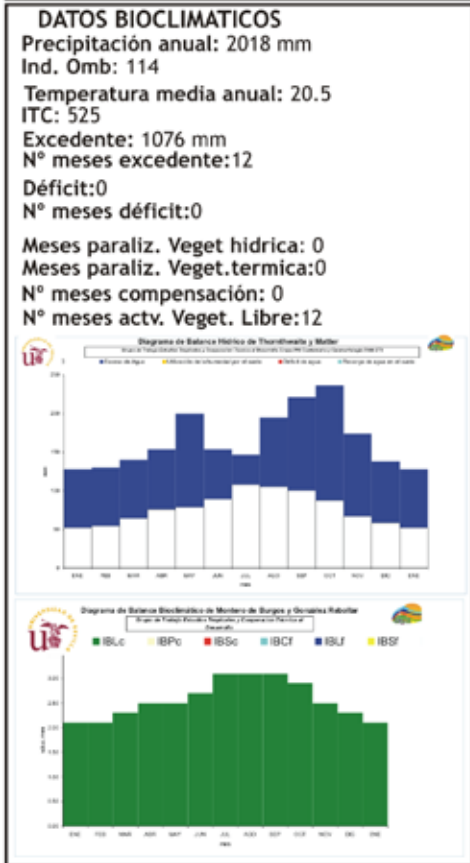
**Bosque mesófilo en El Agüita, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

**P21**

**Bosque ombrofilo en Los Arroyos, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P19**

<b>DENOMINACIÓN: LOS ARROYOS</b>		<b>ID: P-19</b>	
Fecha: 07/08/2003	Paraje:		
Estación climática:	Provincia: Pedernales	Coordenadas X	209048
	Altimetría: 1307 msnm	UTM NAD 27	Y 2018917
Formación vegetal: BOSQUE OMBROFILO SECUNDARIO	Régimen ecodinámico: Ombrofilo (montano)		
Posición geomorfológica: Vertiente meridonal Superficie de corrosión	Formación superficial/substrato: Matriz de terra rossa		
Usos y aprovechamientos: Cafetal en regeneración			



est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbustivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Coffea arabica</i> L.	1	<i>Besleria pentandra</i> (Sw.) Benth & Hook	1	<i>Besleria pentandra</i> (Sw.) Benth & Hook	1	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	1
<i>Impatiens Willd</i>	1	<i>Coffea arabica</i> L.	1	<i>Coffea arabica</i> L.	1	<i>Besleria pentandra</i> (Sw.) Benth & Hook	1
<i>Panicum glutinosum</i> Jacq.	1	<i>Impatiens Willd</i>	1	<i>Besleria arborea</i> (L.) Oakes & Pl.	1	<i>Chorizanthe elliptica</i> (Jacq.) H. B. K.	1
<i>Meriania parvula</i> L.	1	<i>Panicum spina</i> (Sw.) DC.	1	<i>Meriania spicata</i> (L.) Kuhn	1	<i>Chorizanthe dumosa</i> Lam.	1
<i>Chorizanthe parviflora</i> (Sw.) Merris	1	<i>Panicum glutinosum</i> Jacq.	1	<i>Ruellia arborea</i>	1	<i>Chorizanthe spicata</i> (L.) Merris	1
<i>Meriania spina</i> Urb.	1	<i>Meriania spina</i> Urb.	1			<i>Chorizanthe parviflora</i> L.	1
<i>Panicum glutinosum</i> (L.) Merris	1	<i>Panicum glutinosum</i> (L.) Merris	1			<i>Coffea arabica</i> L.	1
<i>Meriania spicata</i> (L.) Merris	1	<i>Meriania spicata</i> (L.) Merris	1			<i>Chorizanthe elliptica</i> L.	1
<i>Besleria pentandra</i> (Sw.) Benth & Hook	1					<i>Cyrtosperma arborea</i> (L.) J. E. Smith	1
<i>Meriania montana</i> Griseb.	1					<i>Chorizanthe parviflora</i> Sw.	1
<i>Meriania phaseoloides</i> Sw.	1					<i>Meriania spicata</i> Jacq.	1
<i>Meriania spicata</i> (L.) Merris	1					<i>Impatiens Willd</i>	1
<i>Meriania spicata</i> (L.) Merris	1					<i>Panicum glutinosum</i> DC.	1
<i>Meriania spicata</i> (L.) Merris	1					<i>Meriania montana</i> Griseb.	1
						<i>Meriania spicata</i> DC.	1

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 2 (5 - 10 m.)	A-D	est. arbóreo 3 (10 - 20 m.)	A-D
<i>Meriania spicata</i> (L.) Merris & Pl.	1	<i>Meriania spicata</i> (L.) Merris & Pl.	1	<i>Meriania spicata</i> (L.) Merris & Pl.	1
				<i>Impatiens Willd</i>	1
				<i>Meriania spicata</i> L.	1



Perfil edáfico



*Trichostigma octandrum* (L.) H. Walter



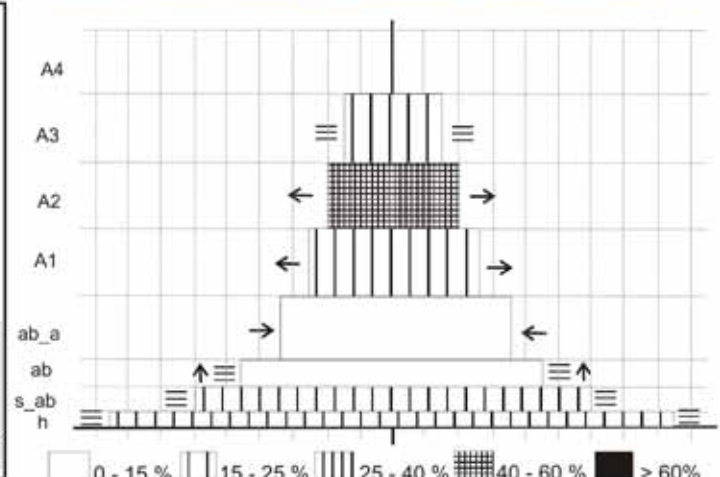
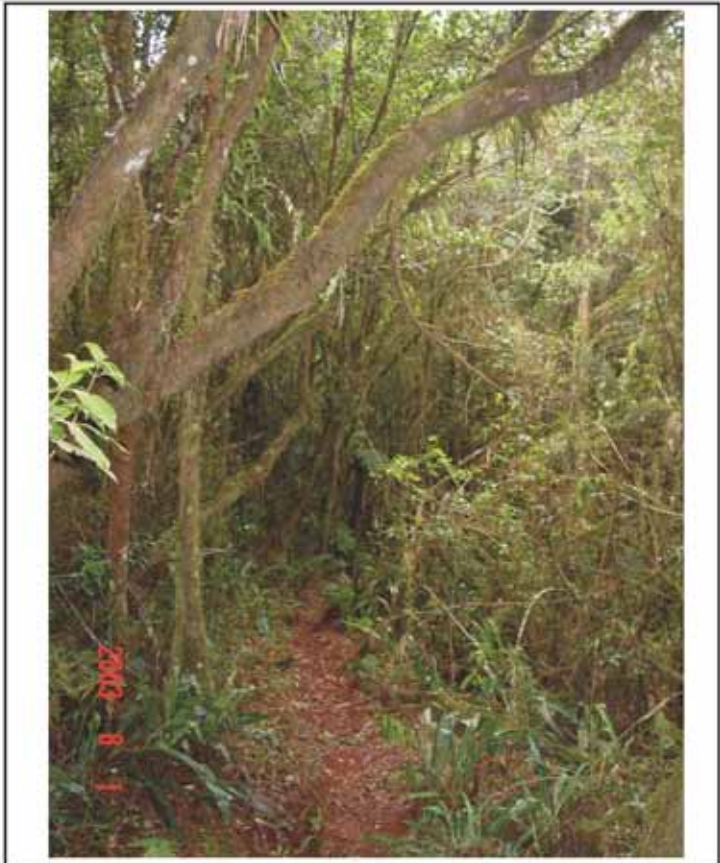
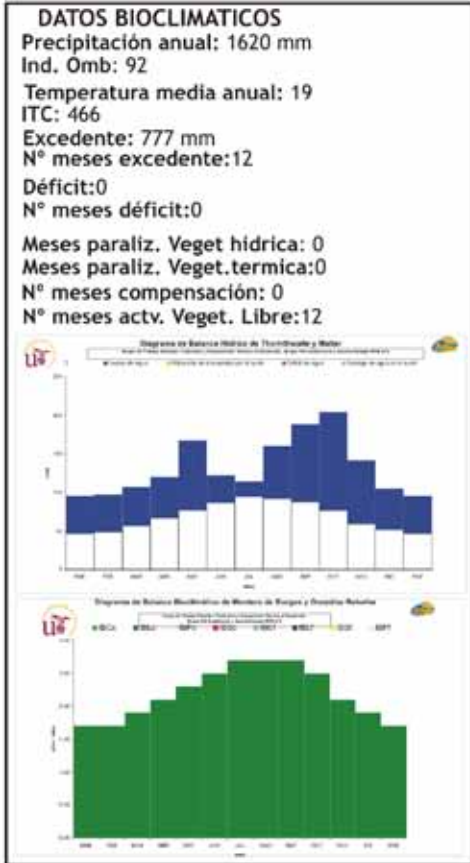
**Bosque ombrófilo en Los Arroyos, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

**P19**

**Bosque higrófilo en Los Arroyos, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P6**

<b>DENOMINACIÓN: LOS ARROYOS</b>		<b>ID: P-6</b>	
Fecha: 01/08/2003	Paraje:		
Estación climática:	Provincia: Pedernales	Coordenadas X	210202
	Altimetría: 1680 msnm	UTM NAD 27	Y 2020939
Formación vegetal: BOSQUE HIGROFILO Bosque nublado	Régimen ecodinámico: HIGROFILO (montano)		
Posición geomorfológica: Superficie de corrosión	Formación superficial/substrato: Matriz de terra rossa		
Usos y aprovechamientos:			





**Bosque higrófilo en Los Arroyos, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

est. herbáceo (0 - 0.3 m.)	A-D	est. subarborescente (0.3 - 0.6 m.)	A-D	est. arbustivo (0.6 - 1.5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1.5 - 3.5 m.)
<i>Aristolochia</i> sp.	+	<i>Asplenium aurum</i> Sw.	1	<i>Presocotia stachyoides</i> (Sw.) Lindley	1	<i>Ardisia pizarrae</i> Urb.
<i>Asplenium nudum</i> Sw.	+	<i>Calyptranthes</i> sp.	1	<i>Daphnopsis crassifolia</i> (Poir.) Mezian	+	<i>Daphnopsis crassifolia</i> (Poir.) Mezian
<i>Asplenium indicum</i> (L. C. Rich.) Wild	1	<i>Daphnopsis crassifolia</i> (Poir.) Mezian	+	<i>Calyptranthes</i> sp.	+	<i>Melicoma cf. herbacea</i> Ruffe
<i>Calanthe californica</i> (Rich. & Gal.) Harter & Garay	1	<i>Elaphoglossum aff. boidesense</i> (Hook.) T. Moore	1	<i>Myrsine montana</i> (Sw.) C. Nelson	+	<i>Olyra latifolia</i> L. & P.
<i>Cissus cf. intermedia</i> A. Rich.	+	<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc.	+	<i>Melicoma cf. herbacea</i> Ruffe	+	<i>Sapum daphnoides</i> (Urb.) Urb.
<i>Elaphoglossum aff. amblyense</i> (Hook.) T. Moore	+	<i>Lasiacis bahoruacensis</i> Zanoni	+	<i>Psychotria pubescens</i> Sw.	+	<i>Sideroxylon cubense</i> (Griseb.) T. Pennington
<i>Fuchsia procumbens</i> Urb.	1	<i>Miconia</i> sp.	1	<i>Pithecellobium</i> var. <i>hispidulum</i> Lindum	+	<i>Symplocos berteroi</i> (DC.) Merr.
<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc.	+	<i>Myrsine montana</i> (Sw.) C. Nelson	1	<i>Lasiacis bahoruacensis</i> Zanoni	+	
<i>Lasiacis bahoruacensis</i> Zanoni	+	<i>Ocotea acantha</i> E. K. Allen	+	<i>Asplenium aurum</i> Sw.	+	
<i>Melicoma cf. herbacea</i> Ruffe	+	<i>Polystichum notense</i> C. Chr.	+			
<i>Miconia luteola</i> Cogn.	+	<i>Presocotia stachyoides</i> (Sw.) Lindley	1			
<i>Myrsine montana</i> (Sw.) C. Nelson	+	<i>Psychotria bahoruacensis</i> Urb.	+			
<i>Ocotea acantha</i> (E. K. Allen)	+					
<i>Oxypetalum aculeata</i> (L.) Smith	+					
<i>Piperitum</i> sp.	+					
<i>Polystichum notense</i> C. Chr.	1					
<i>Presocotia stachyoides</i> (Sw.) Lindley	1					
<i>Psychotria bahoruacensis</i> Urb.	1					

est. arbóreo 1 (3.5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (5 - 10 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (10 - 20 m.)	A-D
<i>Coccoloba cf. pizarrae</i> Urb.	1	<i>Brunellia comocladifolia</i> Bonpl.	1	<i>Brunellia comocladifolia</i> Bonpl.	1
<i>Cyathea arborea</i> (L.) J. E. Smith	2	<i>Coccoloba cf. pizarrae</i> Urb.	1	<i>Dryopteris imbricata</i> Krug & Urb.	1
<i>Daphnopsis crassifolia</i> (Poir.) Mezian	1	<i>Dryopteris imbricata</i> Krug & Urb.	1	<i>Coccoloba cf. pizarrae</i> Urb.	2
<i>Melicoma cf. herbacea</i> Ruffe	1	<i>Symplocos berteroi</i> (DC.) Merr.	1		
<i>Sideroxylon cubense</i> (Griseb.) T. Pennington	1				



*Brunellia comocladifolia* Bonpl. (palo de cotorra)



*Weinmannia pinnata*

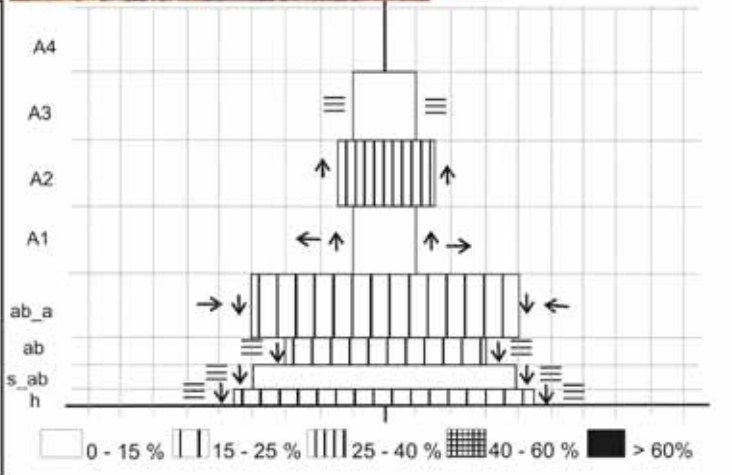


*Olyra latifolia* L. & P. (Tibisi)

**Bosque higrófilo en Los Arroyos, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P20**

<b>DENOMINACIÓN:</b> LOS ARROYOS		<b>ID:</b> P-20	
<b>Fecha:</b> 07/08/2003	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> Pedernales	<b>Coordenadas</b>	<b>X</b> 208680
	<b>Altimetría:</b> 1350 msnm	<b>UTM NAD 27</b>	<b>Y</b> 2016915
<b>Formación vegetal:</b> BOSQUE HIGROFILO		<b>Régimen ecodinámico:</b> HIGROFILO (montano)	
<b>Posición geomorfológica:</b> Superficie de corrosión		<b>Formación superficial/substrato:</b> Matriz de terra rossa	
<b>Usos y aprovechamientos:</b> Sin uso antrópico apreciable, vegetación sin uso en al menos mas de 30 años			



est. herbáceo (0 - 0,3 m.)		est. subarborescente (0,3 - 0,6 m.)		est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)		est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	
	A-D		A-D		A-D		A-D
<i>Cyrtosperma arborea</i> (L.) J. E. Smith	1	<i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw.) Benth & Hook	+	<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Kunt) Kostermans	+	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	+
<i>Alchornea pallens</i> (Sw.) Muell.	1	<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Kunt) Kostermans	+	<i>Cinnamomum parvifolium</i> L.	+	<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Kunt) Kostermans	+
<i>Lasianthus lanceolatus</i> (Griseb.) G. Mez	+	<i>Clusia arborea</i> Maxon	+	<i>Cyrtosperma arborea</i> (L.) J. E. Smith	+	<i>Cyrtosperma arborea</i> (L.) J. E. Smith	+
<i>Dioscorea leucocarpa</i> (Sw.) Mez	+	<i>Dioscorea leucocarpa</i> (Sw.) Mez	+	<i>Gomoloba indiana</i> Berg.	+	<i>Gomoloba indiana</i> Berg.	+
<i>Panicum glutinosum</i> Jacq.	+	<i>Psychotria muricata</i> Griseb.	+	<i>Psychotria muricata</i> Griseb.	+	<i>Psychotria muricata</i> Griseb.	+
<i>Piperonyx maculosa</i> (L.) Hook	+			<i>Psychotria latifolia</i> DC.	+	<i>Miconia velutina</i> (Sw.) B. & Blom	+
<i>Psychotria latifolia</i> DC.	+					<i>Dioscorea leucocarpa</i> (Sw.) Mez	+
<i>Rourea surinamensis</i> Mill.	+					<i>Psychotria latifolia</i> DC.	+

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)		est. arbóreo 1 (5 - 10 m.)		est. arbóreo 1 (10 - 20 m.)	
	A-D		A-D		A-D
<i>Comptosia indiana</i> Berg.	1	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	1	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	1
<i>Dioscorea leucocarpa</i> (Sw.) Mez	2	<i>Gomoloba indiana</i> Berg.	2	<i>Cecropia corymbosa</i> Mill.	1
		<i>Clusia domingensis</i> Mill.	1		



*Beilschmiedia pendula*



*Alchornea latifolia*



*Cinnamomum triplinerve*



*Symplocos* sp.

**Bosque higrófilo en Los Arroyos, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

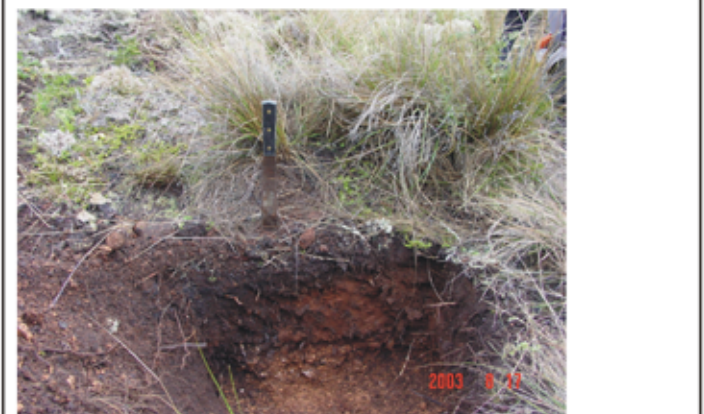
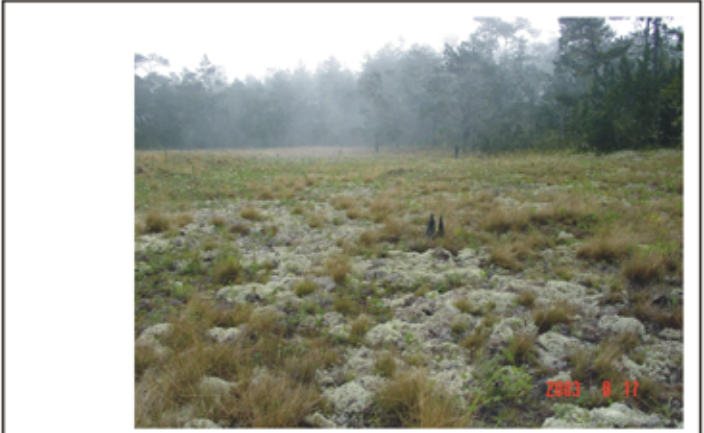
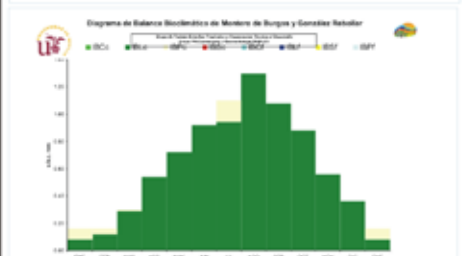
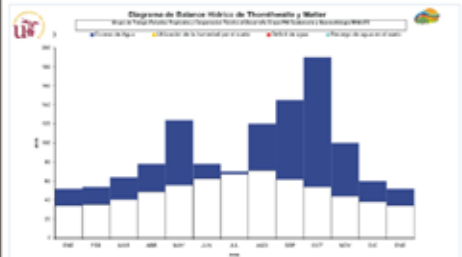
**P20**

**Herbazal en Loma del Toro, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P27**

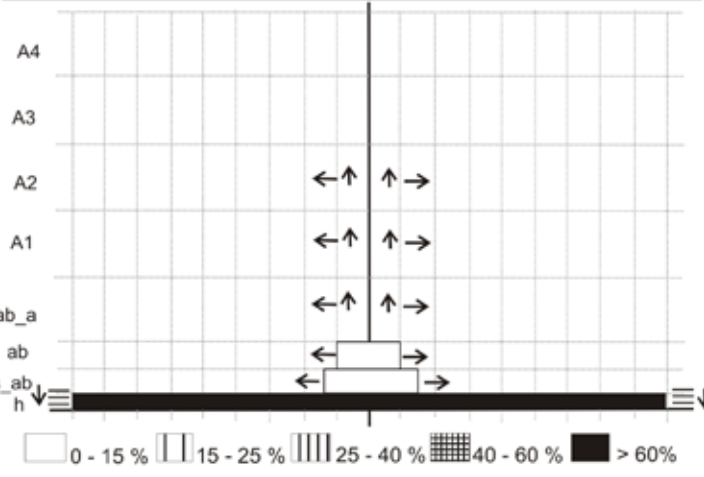
<b>DENOMINACIÓN:</b> LOMA DEL TORO		<b>ID:</b> P-27	
<b>Fecha:</b> 17/08/2003	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> PEDERNALES	<b>Coordenadas X</b>	213219
	<b>Altimetría:</b> 2306 m.	<b>UTM NAD 27 Y</b>	2023926
<b>Formación vegetal:</b> HERBAZAL en pinar		<b>Piso bioclimático:</b> SUPRA-ANTILLANO	
		<b>Régimen ecodinámico:</b> MESOFILO	
<b>Posición geomorfológica:</b> Superficie de corrosión		<b>Formación superficial/substrato:</b> Suelo con hidromorfia	
<b>Usos y aprovechamientos:</b> No se percibe			

**DATOS BIOCLIMATICOS**  
 Precipitación anual: 1135 mm  
 Ind. Omb: 85.14  
 Temperatura media anual: 10.87°C  
 ITC: 406  
 Excedente: 241.67 mm  
 N° meses excedente: 12  
 Déficit: 0  
 N° meses déficit: 0  
 Meses paraliz. Veget. hídrica: 0  
 Meses paraliz. Veget. térmica: 0  
 N° meses compensación: 0  
 N° meses actv. veget. Libre: 12



**Simbología dinámica del diagrama**

- Tendencia a aumentar la diversidad para llegar al equilibrio
- ← Tendencia a disminuir la diversidad para llegar al equilibrio
- = Situación de equilibrio
- ≡ Numero de especies equivalente con cambio en la tipología o repertorio
- ↑ Tendencia a aumentar la cobertura para llegar al equilibrio
- ↓ Tendencia a disminuir la cobertura para llegar al equilibrio
- r Resiliencia
- Con regeneración
- Sin regeneración
- Ganado vacuno
- \* Carboneo
- Y tocones de troncos



est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbusivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D
<i>Chimaphila umbellata</i> Subsp. <i>Domingensis</i> (S.E. Blake) L. Dorr.	+	<i>Daucus carota</i> L.	+	<i>Pastinaca sativa</i> L.	r
<i>Cladina</i> sp.	r	<i>Pastinaca sativa</i> L.	+	<i>Verbascum thapsus</i> L.	r
<i>Cladonia angustata</i> Nyl.	3	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	r	<i>Garrya fadyenii</i> Hook	+
<i>Cladonia</i> sp.	r				
<i>Conyza canadensis</i> Cron	r				
<i>Daucus carota</i> L.	+				
<i>Fragaria vesca</i> L.	r				
<i>Gnaphalium domingense</i> Lam.	+				
<i>Hieracium gronovii</i> L.	r				
<i>Hypericum hypericoides</i> (L.) Crantz	f				
<i>Lapsana communis</i> L.	r				
<i>Leptothrium</i> sp.	f				
<i>Pastinaca sativa</i> L.	+				
<i>Pteridium aquilinum</i> L.	+				
<i>Rubus</i> sp.	+				
<i>Verbascum thapsus</i>	r				
<i>Schizachyrium gracile</i> (Spreng.) Nash	f				



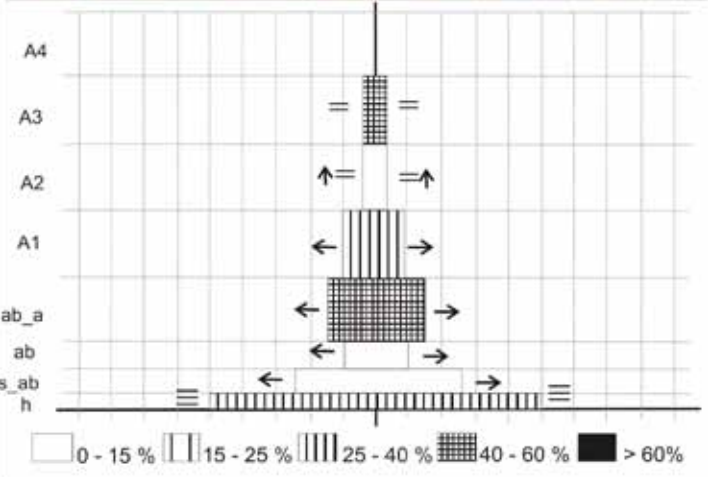
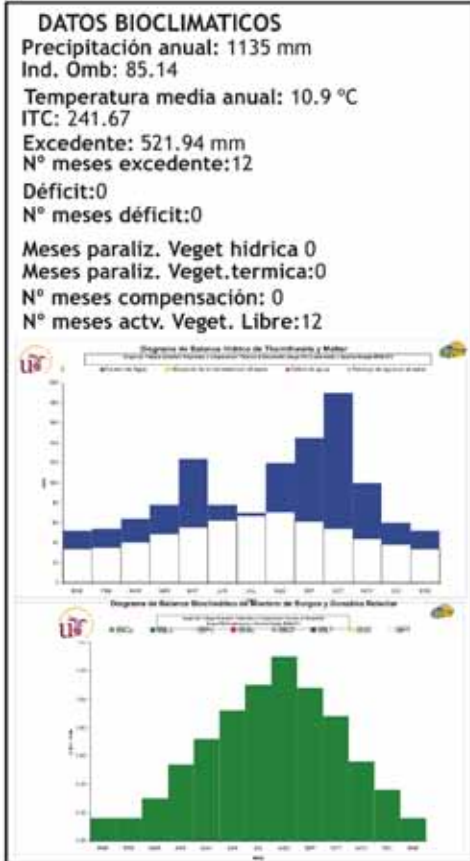
**Herbazal en Loma del Toro, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

**P27**

**Pinar cerrado en Loma del Toro, Vertiente N de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**LT2**

<b>DENOMINACIÓN:</b> LOMA DEL TORO 2		<b>ID:</b> Lt-2	
<b>Fecha:</b> 08/10/ 2004	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> Pedernales	<b>Coordenadas X</b>	213393
	<b>Altimetría:</b> 2200 msnm	<b>UTM NAD 27 Y</b>	2024403
<b>Formación vegetal:</b> Bosque de pinos	<b>Régimen ecodinámico:</b> Termomesófilo		
<b>Posición geomorfológica:</b> Vertiente de enlace entre superficies de corrosión	<b>Formación superficial/substrato:</b> Clastos de lapiaz en matriz de alteritas		
<b>Usos y aprovechamientos:</b> No se indentificaron usos humanos. Rastros de incendios.			



est. herbáceo (0 - 0,3 m.)		est. subarbustivo (0,3 - 0,6 m.)		est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)		est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	
	A-D		A-D		A-D		A-D
<i>Cladonia</i> sp.	-	<i>Fuchsia pringheimii</i> Urb.	-	<i>Garrya fadyenii</i> Hook.	-	<i>Chamaecrista glandulosa</i> var. <i>picardae</i> (Urb.) Irv. & Barn.	-
<i>Guzmania ekmanii</i> (Harms) Harms.	-	<i>Garrya fadyenii</i> Hook.	-	<i>Thouinia domingensis</i> Urb. & Radlk.	2	<i>Eupatorium macrophyllum</i> L.	1
<i>Garrya fadyenii</i> Hook.	-	<i>Alconia</i> sp.	-			<i>Garrya fadyenii</i> Hook.	3
<i>Pteridium aquilinum</i> L.	1	<i>Ocotea coriacea</i> (Sw.) Griest.	-				
<i>Robus</i> sp.	*	<i>Pteridium aquilinum</i> L.	1				
<i>Tolmiea cf. cuneata</i> Wtner	-						
<i>Tripsacum floridanum</i> Porter	2						
<i>Jacquemontia cf. pentstemon</i> (Jacq.) D. Don	2						
est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)		est. arbóreo 2 (5 - 10 m.)		est. arbóreo 3 (10 - 20 m.)			
	A-D		A-D		A-D		
<i>Eupatorium macrophyllum</i> L.	1	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	-	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	4		
<i>Garrya fadyenii</i> Hook.	2						



**Pinar cerrado en Loma del Toro, Vertiente N de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

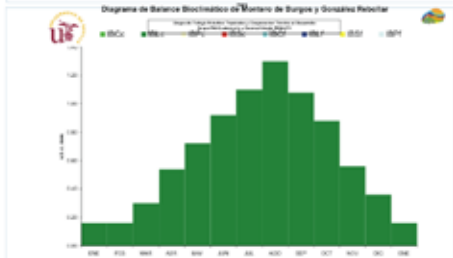
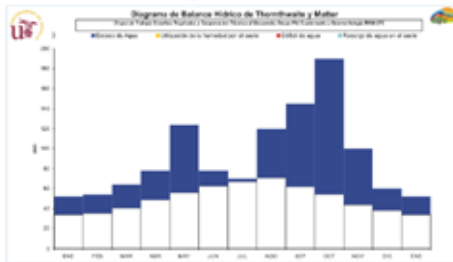
**LT2**

**Pinar cerrado en Loma del Toro, Vertiente N de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P5**

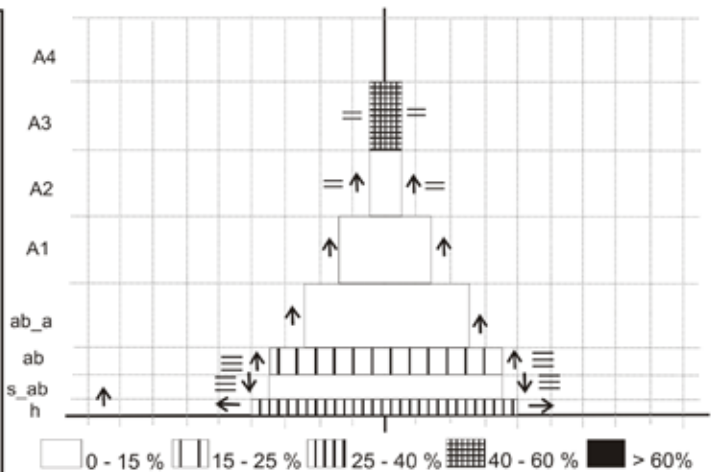
<b>DENOMINACIÓN:</b> LOMA DEL TORO		<b>ID:</b> P-5	
<b>Fecha:</b> 31/07/2003	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> Pedernales	<b>Coordenadas X</b>	211465
	<b>Altimetría:</b> 1983 msnm	<b>UTM NAD 27 Y</b>	2021803
<b>Formación vegetal:</b> Bosque de pinos		<b>Régimen ecodinámico:</b> Mesófilo (montano)	
<b>Posición geomorfológica:</b> Superficie de corrosión 2.200 m		<b>Formación superficial/substrato:</b> Clastos de lapiaz en matriz de terra rossa	
<b>Usos y aprovechamientos:</b>			

**DATOS BIOCLIMATICOS**  
 Precipitación anual: 1135 mm  
 Ind. Omb: 85.14  
 Temperatura media anual: 10.9 °C  
 ITC: 241.67  
 Excedente: 521.94 mm  
 N° meses excedente: 12  
 Déficit: 0  
 N° meses déficit: 0  
 Meses paraliz. Veget. hidrica: 0  
 Meses paraliz. Veget. termica: 0  
 N° meses compensación: 0  
 N° meses actv. Veget. Libre: 12



**Simbología dinámica del diagrama**

- Tendencia a aumentar la diversidad para llegar al equilibrio
- ← Tendencia a disminuir la diversidad para llegar al equilibrio
- ☐ Situación de equilibrio
- ≡ Numero de especies equivalente con cambio en la tipología o repertorio
- ↑ Tendencia a aumentar la cobertura para llegar al equilibrio
- ↓ Tendencia a disminuir la cobertura para llegar al equilibrio
- r Resiliencia
- ⊙ Con regeneración
- ⊘ Sin regeneración
- ☉ Ganado vacuno
- \* Carboneo
- Y tocones de troncos





**Pinar cerrado en Loma del Toro, Vertiente N de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbutivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Agave cf. brevispina</i> Trel	*	<i>Agave cf. brevispina</i> Trel	*	<i>Agave cf. brevispina</i> Trel	*	<i>Garrya fadyenii</i> Hook.	*
<i>Clethra</i> sp. 1	1	<i>Baccharis myrsinites</i> (Lam.) Pers	r	<i>Baccharis myrsinites</i> (Lam.) Pers	r	<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ekm.	1
<i>Ilex tuerckheimii</i> Loes	2	<i>Ilex tuerckheimii</i> Loes	*	<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ekm.	*	<i>Miconia luteola</i> Cogn.	r
<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	r	<i>Isachne rigidifolia</i> (Poir.) Urb.	*	<i>Miconia luteola</i> Cogn.	r	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	r	<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	*	<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	*	<i>Weinmannia pinnata</i> L.	*
<i>Phoradendron aquilinum</i> L.	2	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	r	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1		
<i>Tillandsia cf. osmentii</i> Witner	r	<i>Phoradendron aquilinum</i> L.	*	<i>Senecio barahonense</i> Urb.	*		
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	r						

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (5 - 10 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (10 - 20 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (> 20 m.)	A-D
<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ekm.	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	*	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	2		
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	r						
<i>Sideroxylon cubense</i> (Griseb.) T. Pennington	r						



*Agave brevispina* Trel



*Weinmannia pinnata* L.



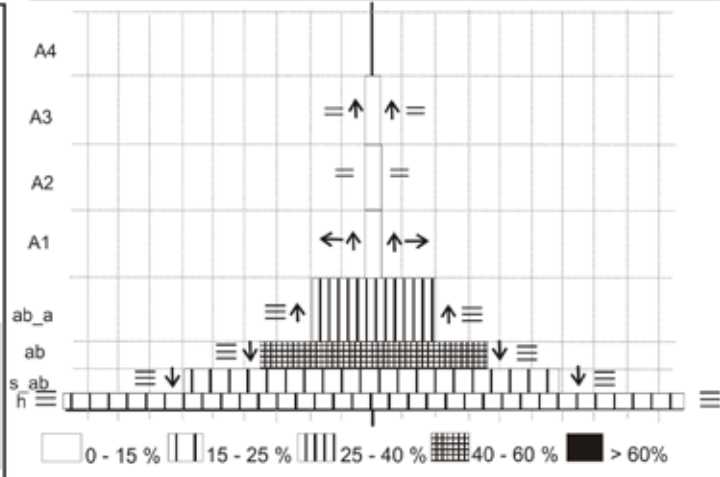
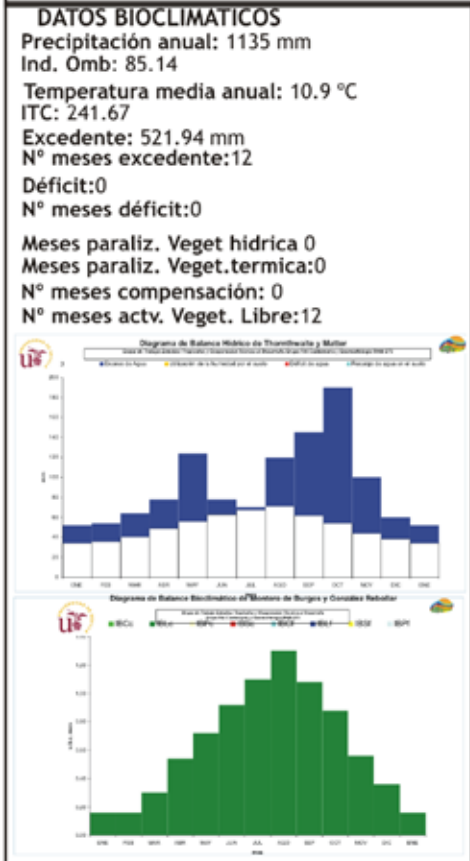
*Sideroxylon cubense* (Griseb.) T. Pennington

**P5**

**Pinar abierto en Loma del Toro, Vertiente N de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**LT1**

<b>DENOMINACIÓN:</b> LOMA DEL TORO		<b>ID:</b> Lt-1	
<b>Fecha:</b> 08/10/2004	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> Pedernales	<b>Coordenadas</b>	<b>X</b> 212363
	<b>Altimetría:</b> 2217 msnm	<b>UTM NAD 27</b>	<b>Y</b> 2024430
<b>Formación vegetal:</b> Bosque de pinos		<b>Régimen ecodinámico:</b> Termomesofilo	
<b>Posición geomorfológica:</b> Vertiente con soliflucción		<b>Formación superficial/substrato:</b> Depositos de soliflucción y calizas	
<b>Usos y aprovechamientos:</b> Area protegida con incendios ocasionales			



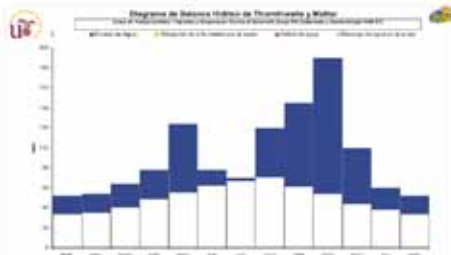


**Pinar abierto en Loma del Toro, Vertiente N de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P4**

<b>DENOMINACIÓN:</b> CASETA 5 EN LOMA DEL TORO		<b>ID:</b> P/4	
<b>Fecha:</b> 31/07/2003	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> Pedernales	<b>Coordenadas X</b>	212837
	<b>Altimetría:</b> 2100 msnm	<b>UTM NAD 27 Y</b>	2024214
<b>Formación vegetal:</b> Bosque de pinos		<b>Régimen ecodinámico:</b> Mesófilo (montano)	
<b>Posición geomorfológica:</b> Superficie de corrosión 2.200 m		<b>Formación superficial/substrato:</b> Clastos de lapiaz en escasa matriz de terra rossa	
<b>Usos y aprovechamientos:</b>			

**DATOS BIOCLIMATICOS**  
 Precipitación anual: 1135 mm  
 Ind. Omb: 85.14  
 Temperatura media anual: 10.9 °C  
 ITC: 241.67  
 Excedente: 521.94 mm  
 N° meses excedente: 12  
 Déficit: 0  
 N° meses déficit: 0  
 Meses paraliz. Veget. hidrica 0  
 Meses paraliz. Veget. termica: 0  
 N° meses compensación: 0  
 N° meses actv. Veget. Libre: 12



**Simbología dinámica del diagrama**

- Tendencia a aumentar la diversidad para llegar al equilibrio
- ← Tendencia a disminuir la diversidad para llegar al equilibrio
- = Situación de equilibrio
- ≡ Numero de especies equivalente con cambio en la tipología o repertorio
- ↑ Tendencia a aumentar la cobertura para llegar al equilibrio
- ↓ Tendencia a disminuir la cobertura para llegar al equilibrio
- r Resiliencia
- Ⓞ Con regeneración
- ⊘ Sin regeneración
- Ganado vacuno
- Carboneo
- tocones de troncos



est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbutivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Fuchsia pringshelmi</i> Urb.	1	<i>Rhix tuerckheimii</i> Loes.	2	<i>Bocconia frutescens</i> L.	+	<i>Baccharis myrsinites</i> (Lam.) Pers	+
<i>Pastinaca sativa</i> L.	+	<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	r	<i>Daucus carota</i> L.	+	<i>Eupatorium altum</i> Urb.	r
<i>Pilea lanceolata</i> (Lam.) Wedd.	1	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1	<i>Garrya fadyenii</i> Hook	1	<i>Garrya fadyenii</i> Hook	1
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	2	<i>Pteridium aquilinum</i> L.	r	<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1
<i>Pteridium aquilinum</i> L.	2			no identificada	+		
				<i>Pastinaca sativa</i> L.	+		
				<i>Senecio buchii</i> Urb.	r		

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (5 - 10 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (10 - 20 m.)	A-D	est. arbóreo 1 (> 20 m.)	A-D
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1	Bromeliaceae (varias especies)	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1		
		<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	2				

**Pinar abierto en Loma del Toro, Vertiente N de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

**P4**

*Garrya fadyenii* Hook



*Pastinaca sativa* L.



*Bocconia frutescens* L.



*Pinus occidenatlis* Sw.

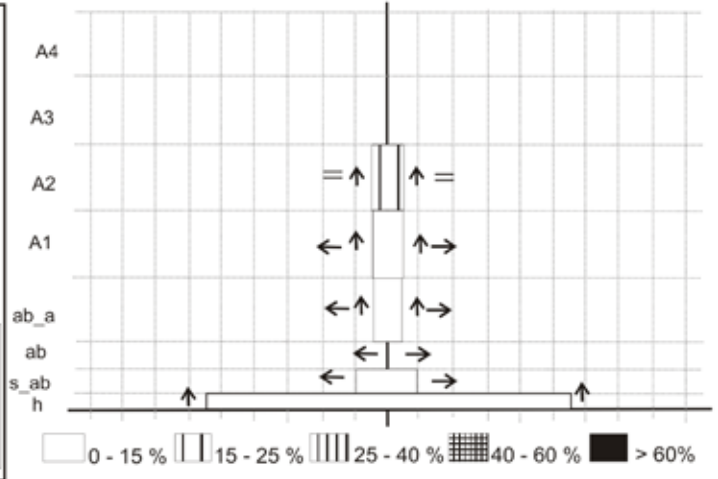
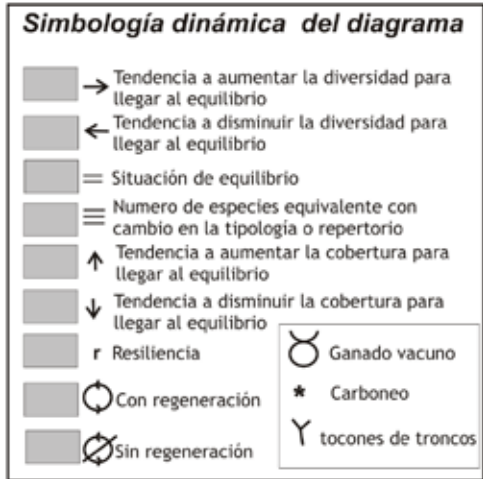


*Myrica picardae* Krug & Urb.

**Pinar cerrado en El Aceitillar, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P24**

<b>DENOMINACIÓN:</b> CAMINO DE ACEITILLAR		<b>ID:</b> P-24	
<b>Fecha:</b> 16/08/2003	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> PEDERNALES	<b>Coordenadas</b>	<b>X</b> 232953
	<b>Altimetría:</b> 1227 m.	<b>UTM NAD 27</b>	<b>Y</b> 2002051
<b>Formación vegetal:</b> BOSQUE MESOFILO		<b>Piso bioclimático:</b> MESO-ANTILLANO	
<b>Posición geomorfológica:</b> Vertiente		<b>Régimen ecodinámico:</b> MESÓFILO	
<b>Usos y aprovechamientos:</b> Sin manejo		<b>Formación superficial/substrato:</b> Clastos de lapiaz	



**Pinar cerrado en El Aceitillar, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

**P24**

est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbustivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Argemone lindeniana</i> (Muel-Arg.) Miers	r	<i>Pteridium aquilinum</i> L.	r			<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1
<i>Bulbostylis cf. juncoides</i> (Vahl) Kuk	+	<i>Vernonia fruticosa</i> (L.) Sw.	r				
<i>Forestiera seffiana</i> Urb. & Ekm.	r						
<i>Hieracium granovii</i> L.	r						
<i>Hypericum hypericoides</i> (L.) Crantz	r						
<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ekm.	r						
<i>Panicum aciculare</i> Desv.	+						
<i>Panicum acuminatum</i> Sw.	+						
<i>Passiflora suberosa</i> L.	r						
<i>Pteridium aquilinum</i> L.	1						
<i>Scleria ciliata</i> var. <i>eliotii</i> (Chapm.) Fern.	r						

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 2 (5 - 10 m.)	A-D
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	2

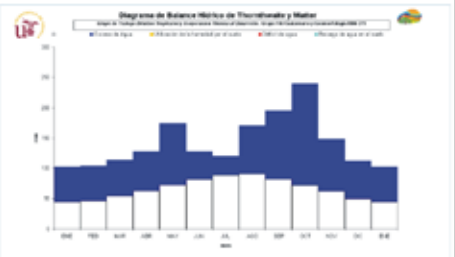


**Pinar abierto en El Aceitillar, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P25**

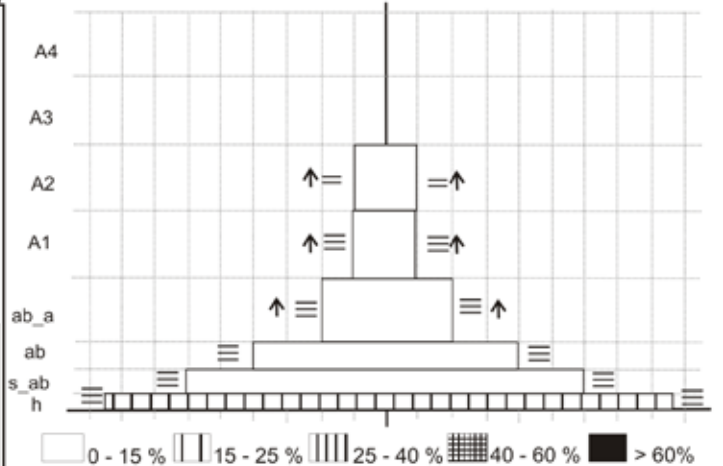
<b>DENOMINACIÓN:</b> CAMINO DE ACEITILLAR		<b>ID:</b> P-25	
<b>Fecha:</b> 16/08/2003	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> PEDERNALES	<b>Coordenadas X</b>	232941
	<b>Altimetría:</b> 1206 m.	<b>UTM NAD 27 Y</b>	2002016
<b>Formación vegetal:</b> BOSQUE de PINOS	<b>Piso bioclimático:</b> MESO-ANTILLANO		
		<b>Régimen ecodinámico:</b> MESÓFILO	
<b>Posición geomorfológica:</b> Superficie de corrosión	<b>Formación superficial/substrato:</b> Clastos de lapiaz en matriz de alteritas		
<b>Usos y aprovechamientos:</b> Minería de bauxita			

**DATOS BIOCLIMATICOS**  
 Precipitación anual: 1735 mm  
 Ind. Omb: 115.63  
 Temperatura media anual: 17.8°C  
 ITC: 442.92  
 Excedente: 930.4 mm  
 N° meses excedente: 12  
 Déficit: 0  
 N° meses déficit: 0  
 Meses paraliz. Veget. hidrica 0  
 Meses paraliz. Veget. termica: 0  
 N° meses compensación: 0  
 N° meses actv. Veget. Libre: 12



**Simbología dinámica del diagrama**

- Tendencia a aumentar la diversidad para llegar al equilibrio
- ← Tendencia a disminuir la diversidad para llegar al equilibrio
- = Situación de equilibrio
- ≡ Numero de especies equivalente con cambio en la tipología o repertorio
- ↑ Tendencia a aumentar la cobertura para llegar al equilibrio
- ↓ Tendencia a disminuir la cobertura para llegar al equilibrio
- r Resiliencia
- Con regeneración
- Sin regeneración
- Ganado vacuno
- Carboneo
- tocones de troncos





**Pinar abierto en El Aceitillar, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbustivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Cenchrus pectinatus</i> Urb.	+	<i>Alboreo oppositifolia</i> (Littard) Kuhn & G. Salm.	-	<i>Aspidistra andaluziana</i> (Muhl.-Arg.) Murr.	+	<i>Argemone hispanica</i> (Muhl.-Arg.) Murr.	+
<i>Cypripedium calceolus</i> Koehne	+	<i>Chamaecrista glaberrima</i> var. <i>pinetorum</i> (Urb.) W. & Ehm.	-	<i>Coccothrinax scoparia</i> Bosc.	+	<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ehm.	+
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> L. f.	+	<i>Eupatorium gabrie</i> Urb.	+	<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ehm.	+	<i>Psychotria cf. plumieri</i> Urb.	+
<i>Eupatorium alatum</i> var. <i>virgatum</i> Urb. & Ehm.	+	<i>Eupatorium alatum</i> var. <i>virgatum</i> Urb. & Ehm.	+	<i>Myrica rubicunda</i> Albas.	+	<i>Smilax populnea</i> O. E. Schult.	+
<i>Forsydia tetragyna</i> Urb. & Ehm.	+	<i>Forsydia tetragyna</i> Urb. & Ehm.	+	<i>Ranunculus scaber</i> L.	+		
<i>Jacquemontia</i> sp.	+	<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ehm.	+	<i>Psychotria cf. plumieri</i> Urb.	+		
<i>Phyllanthus fuchsii</i> Urb.	+	<i>Navalium dimorphum</i> Cass.	-	<i>Rhynchosia reticulata</i> (Sw.) DC.	+		
<i>Pinus lanceolata</i> (Lam.) Webb.	+	<i>Phyllanthus fuchsii</i> Urb.	+	<i>Smilax populnea</i> O. E. Schult.	+		
<i>Psychotria cf. plumieri</i> Urb.	+	<i>Rhynchosia reticulata</i> (Sw.) DC.	+				
<i>Phytolacca sp.</i>	+	<i>Schizanthus gracilis</i> Nash.	-				
<i>Rhynchosia reticulata</i> (Sw.) DC.	+	<i>Senecio barahonensis</i> Urb.	-				
<i>Schizanthus gracilis</i> Nash.	+	<i>Trifolium fontanum</i> Porter.	+				
<i>Sideroxylon repens</i> (Urb. & Ehm.) T. Ponce.	+						
<i>Smilax populnea</i> O. E. Schult.	+						
<i>Urtica cf. dioica</i> L.	+						

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 2 (5 - 10 m.)	A-D
<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ehm.	+	<i>Coccothrinax scoparia</i> Bosc.	+
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	+



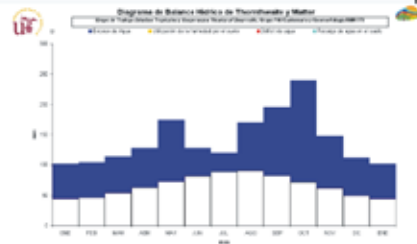
**P25**

**Pinar abierto en El Aceitillar, Vertiente S de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**P26**

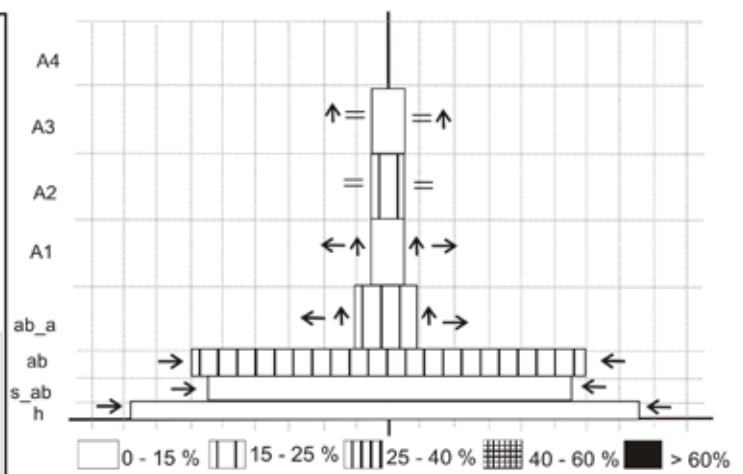
<b>DENOMINACIÓN:</b> ACEITILLAR-HOYO DE PELEMPITO		<b>ID:</b> P-26	
<b>Fecha:</b> 16/08/2003	<b>Paraje:</b> Aceitillar		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> PEDERNALES	<b>Coordenadas X</b>	233052
	<b>Altimetría:</b> 1231 m.	<b>UTM NAD 27 Y</b>	2002035
<b>Formación vegetal:</b> BOSQUE de pinos		<b>Piso bioclimático:</b> MESO_ANTILLANO	
<b>Posición geomorfológica:</b> Superficie de corrosión y polje con bauxitización		<b>Régimen ecodinámico:</b> MESÓFILO	
<b>Formación superficial/substrato:</b> Terra rossa y bauxita			
<b>Usos y aprovechamientos:</b> Mineral			

**DATOS BIOCLIMATICOS**  
 Precipitación anual: 1735 mm  
 Ind. Omb: 115.63  
 Temperatura media anual: 17.8°C  
 ITC: 442.92  
 Excedente: 930.4 mm  
 N° meses excedente: 12  
 Déficit: 0  
 N° meses déficit: 0  
 Meses paraliz. Veget. hídrica: 0  
 Meses paraliz. Veget. termica: 0  
 N° meses compensación: 0  
 N° meses actv. Veget. Libre: 12



**Simbología dinámica del diagrama**

- Tendencia a aumentar la diversidad para llegar al equilibrio
- ← Tendencia a disminuir la diversidad para llegar al equilibrio
- = Situación de equilibrio
- ≡ Numero de especies equivalente con cambio en la tipología o repertorio
- ↑ Tendencia a aumentar la cobertura para llegar al equilibrio
- ↓ Tendencia a disminuir la cobertura para llegar al equilibrio
- r Resiliencia
- ↻ Con regeneración
- ⦿ Sin regeneración
- Ganado vacuno
- \* Carboneo
- Y tocones de troncos



**Pinar abierto en El Aceitillar, Vertiente S de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbustivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Cladia</i> sp.	r	<i>Abarema oppositifolia</i> (Urban) Barnet & Grimes	+	<i>Abarema oppositifolia</i> (Urban) Barnet & Grimes	r	<i>Coccoloba scoparia</i> Becc.	r
<i>Cynanchum cf. domingense</i> (Schr.) Jimenez	r	<i>Agave cf. brevispina</i> Treli	r	<i>Argemone hindsiana</i> (Muhl-Arg.) Miers	r	<i>Dodonaea angustifolia</i> L. f.	2
<i>Dodonaea angustifolia</i> L. f.	r	<i>Eupatorium sicutum</i> var. <i>vaipenum</i> Urb. & Ekm.	+	<i>Cynanchum cf. domingense</i> (Schr.) Jimenez	r	<i>Gnaphalium eggersi</i> Urb.	+
<i>Gnaphalium eggersi</i> Urb.	r	<i>Ilex macfadynii</i> (Walp.) Rehder	r	<i>Dodonaea angustifolia</i> L. f.	+	<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	1
<i>Gnaphalium eggersi</i> Urb.	+	<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	r	<i>Gnaphalium eggersi</i> Urb.	+	<i>Narvaia domingense</i> Cass.	+
<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ekm.	r	<i>Narvaia domingense</i> Cass.	+	<i>Ilex macfadynii</i> (Walp.) Rehder	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	1
<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	r	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	+	<i>Narvaia domingense</i> Cass.	r		
<i>Narvaia domingense</i> Cass.	r	<i>Pleridium aquilinum</i> L.	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	+		
<i>Panicum acuminatum</i> Sw.	r	<i>Senecio barahonensis</i> Urb.	+	<i>Plumeria subaequalis</i> A. DC.	r		
<i>Pilea lanceolata</i> (Lam.) Wedd.	r	<i>Sideroxylon repens</i> (Urb. & Ekm.) T. Penn.	+	<i>Senecio barahonensis</i> Urb.	r		
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	r	<i>Tripsacum floridanum</i> Porter	+	<i>Smilax havanensis</i> Jacq.	r		
<i>Pleridium aquilinum</i> L.	1			<i>Tripsacum floridanum</i> Porter	1		
<i>Rhynchosia reticulata</i> (Sw.) DC.	r						
<i>Sideroxylon repens</i> (Urb. & Ekm.) T. Penn.	+						
<i>Smilax havanensis</i> Jacq.	r						

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)	A-D	est. arbóreo 2 (5 - 10 m.)	A-D	est. arbóreo 3 (10 - 20 m.)	A-D
<i>Dodonaea angustifolia</i> L. f.	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	2	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	r
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	+				



*Sideroxylon repens*

**Pinar muy abierto en Savane Peblique, Vertiente N de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**SP1**

<b>DENOMINACIÓN:</b> SABANE PEBLIQUE		<b>ID:</b> Sp1	
<b>Fecha:</b> 06/10/2004	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> Pedernales	<b>Coordenadas</b>	<b>X</b> 226525
	<b>Altimetría:</b> 1920 msnm	<b>UTM NAD 27</b>	<b>Y</b> 2014148
<b>Formación vegetal:</b> Herbazal post-incendio		<b>Régimen ecodinámico:</b> Mesófilo	
<b>Posición geomorfológica:</b>		<b>Formación superficial/substrato:</b> Lapiaz y clastos de lapiaz	
<b>Usos y aprovechamientos:</b>			

**DATOS BIOCLIMATICOS**

Precipitación anual: 1560 mm  
Ind. Omb: 131.21

Temperatura media anual: 13.67°C

ITC: 316.67

Excedente: 885.28 mm

Nº meses excedente: 12

Déficit: 0

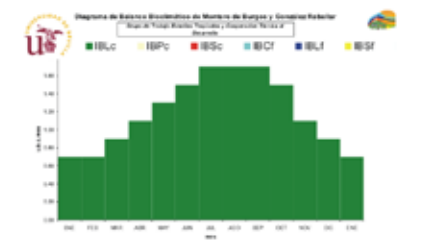
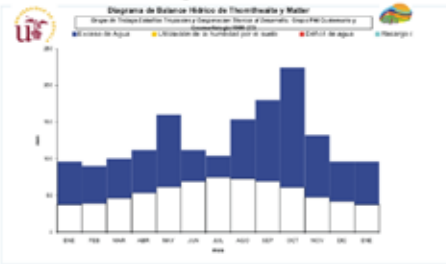
Nº meses déficit: 0

Meses paraliz. Veget. hídrica: 0

Meses paraliz. Veget. termica: 0

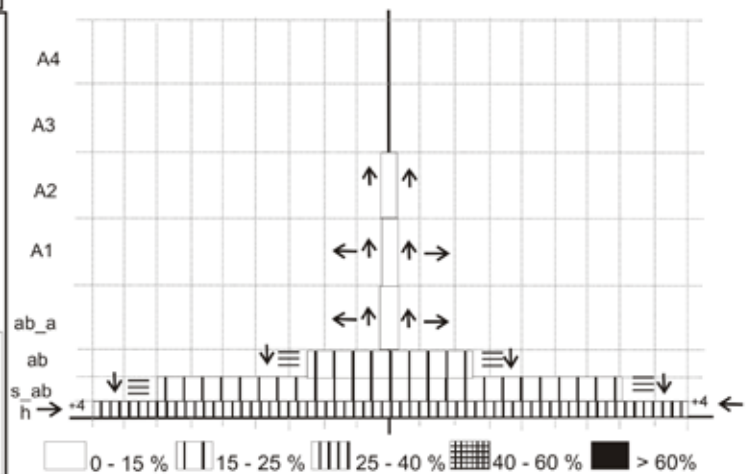
Nº meses compensación: 0

Nº meses actv. veget. Libre: 12



**Simbología dinámica del diagrama**

- Tendencia a aumentar la diversidad para llegar al equilibrio
- ← Tendencia a disminuir la diversidad para llegar al equilibrio
- = Situación de equilibrio
- ≡ Numero de especies equivalente con cambio en la tipología o repertorio
- ↑ Tendencia a aumentar la cobertura para llegar al equilibrio
- ↓ Tendencia a disminuir la cobertura para llegar al equilibrio
- r Resiliencia
- Ganado vacuno
- ★ Carboneo
- Y tocones de troncos
- ⊙ Con regeneración
- ⊘ Sin regeneración



**Pinar muy abierto en Savane Peblique, Vertiente N de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

**SP1**

est. herbáceo (0 - 0,3 m.)		est. subarbustivo (0,3 - 0,6 m.)		est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)		est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	
	A-D		A-D		A-D		A-D
<i>Agave cf. brevifolia</i> Trel	?	<i>Agave cf. brevifolia</i> Trel	?	<i>Eupatorium arvense</i> var. <i>virgatum</i> Urb. & Ekm.	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	+
<i>Argemone luteovirens</i> (Muhl.-Arg.) Maire	?	<i>Chamaecrista glandulosa</i> var. <i>puberula</i> (LHS.) Tre & Bam	+	<i>Gerythia latyves</i> Hook	?		
<i>Aristida</i> sp.	?	<i>Cuphea urens</i> Knuthae	+	<i>Hieracium gracile</i> L.	+		
<i>Asplenium auritum</i> Sw.	?	<i>Eupatorium arvense</i> var. <i>virgatum</i> Urb. & Ekm.	+	<i>Lynx microcephala</i> Urb. & Ekm.	2		
<i>Bocconia frutescens</i> L.	+	<i>Staphyleum trifolium</i> Urb.	?	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	?		
<i>Chamaecrista glandulosa</i> var. <i>puberula</i> (LHS.) Tre & Bam	?	<i>Sarcocolla communis</i> L.	+				
<i>Cladonia</i> sp.	?	<i>Syntherisma</i> sp.	2				
<i>Cuphea urens</i> Knuthae	+	<i>Lynx microcephala</i> Urb. & Ekm.	+				
<i>Eupatorium arvense</i> var. <i>virgatum</i> Urb. & Ekm.	+	<i>Myrica picardeae</i> Krug & Urb.	+				
<i>Forsselia diffusa</i> Urb. & Ekm.	+	<i>Nerata domingensis</i> Cass.	?				
<i>Staphyleum trifolium</i> Urb.	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	?				
<i>Hieracium gracile</i> L.	?	<i>Plantago aquilina</i> L.	?				
<i>Hieracium gracile</i> L.	?	<i>Syntherisma</i> sp.	?				
<i>Isopogonifolium pedicellatum</i> (Jacq.) H. Ekm.	?	<i>Syntherisma</i> sp.	?				
<i>Lynx microcephala</i> Urb. & Ekm.	+						
<i>Myrsine montana</i> (Sw.) C. Nelson	+						
<i>Nerata domingensis</i> Cass.	?						
<i>Pinus aelgaria</i> Urb.	?						
<i>Plantago aquilina</i> L.	?						
<i>Rhynchosia reticulata</i> (Sw.) DC.	?						
<i>Sidastrum cubense</i> (Link.) T. Pennington	+						
<i>Sidastrum cubense</i> O. B. Schulz	?						
<i>Syntherisma</i> sp.	?						
<i>Syntherisma</i> sp.	?						
<i>Veronica filiformis</i> L.	+						
<i>Vernonia filiformis</i> L.	+						
<i>Wedelia cf. bahianensis</i> Arian	?						

est. arbóreo 1 (3,5 - 5 m.)		est. arbóreo 1 (5 - 10 m.)	
	A-D		A-D
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	+	<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	+



*Myrica picardeae*



*Cuphea urens*



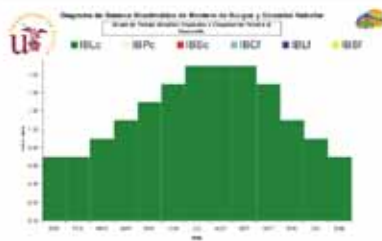
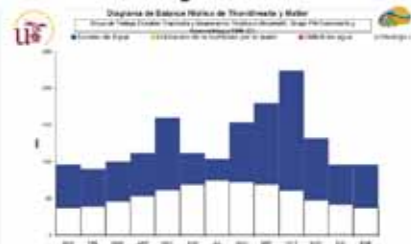
**Herbazal en Savane Peblique, Vertiente N de la Sierra**  
Diagramas de: balance hídrico, bioclimático y estructura-diversidad-cobertura

**SP2**

<b>DENOMINACIÓN:</b> SABANE PEBLIQUE 2		<b>ID:</b> Sp2	
<b>Fecha:</b> 06/10/2004	<b>Paraje:</b>		
<b>Estación climática:</b>	<b>Provincia:</b> Pedernales	<b>Coordenadas X</b>	226140
	<b>Altimetría:</b> 1953 msnm	<b>UTM NAD 27 Y</b>	2013977
<b>Formación vegetal:</b> Herbazal post-incendio	<b>Régimen ecodinámico:</b> Mesófilo		
<b>Posición geomorfológica:</b> Superficie de corrosión	<b>Formación superficial/substrato:</b> Lapiaz y clastos de lapiaz		
<b>Usos y aprovechamientos:</b> Incendio			

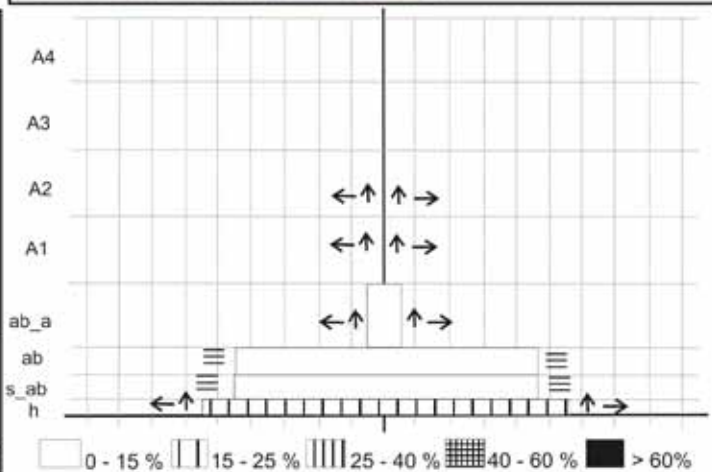
**DATOS BIOCLIMATICOS**

Precipitación anual: 1560 mm  
Ind. Omb: 131.21  
Temperatura media anual: 13.67°C  
ITC: 316.67  
Excedente: 885.28 mm  
Nº meses excedente: 12  
Déficit: 0  
Nº meses déficit: 0  
Meses paraliz. Veget. hidrica: 0  
Meses paraliz. Veget. termica: 0  
Nº meses compensación: 0  
Nº meses actv. veget. Libre: 12



**Simbología dinámica del diagrama**

- Tendencia a aumentar la diversidad para llegar al equilibrio
- ← Tendencia a disminuir la diversidad para llegar al equilibrio
- = Situación de equilibrio
- ≡ Numero de especies equivalente con cambio en la tipología o repertorio
- ↑ Tendencia a aumentar la cobertura para llegar al equilibrio
- ↓ Tendencia a disminuir la cobertura para llegar al equilibrio
- r Resiliencia
- Con regeneración
- ⊘ Sin regeneración
- Ganado vacuno
- \* Carboneo
- Y tocones de troncos



**Herbazal en Savane Peblique, Vertiente N de la Sierra**  
 Lista de especies por estrato, con indicación de su abundancia dominancia

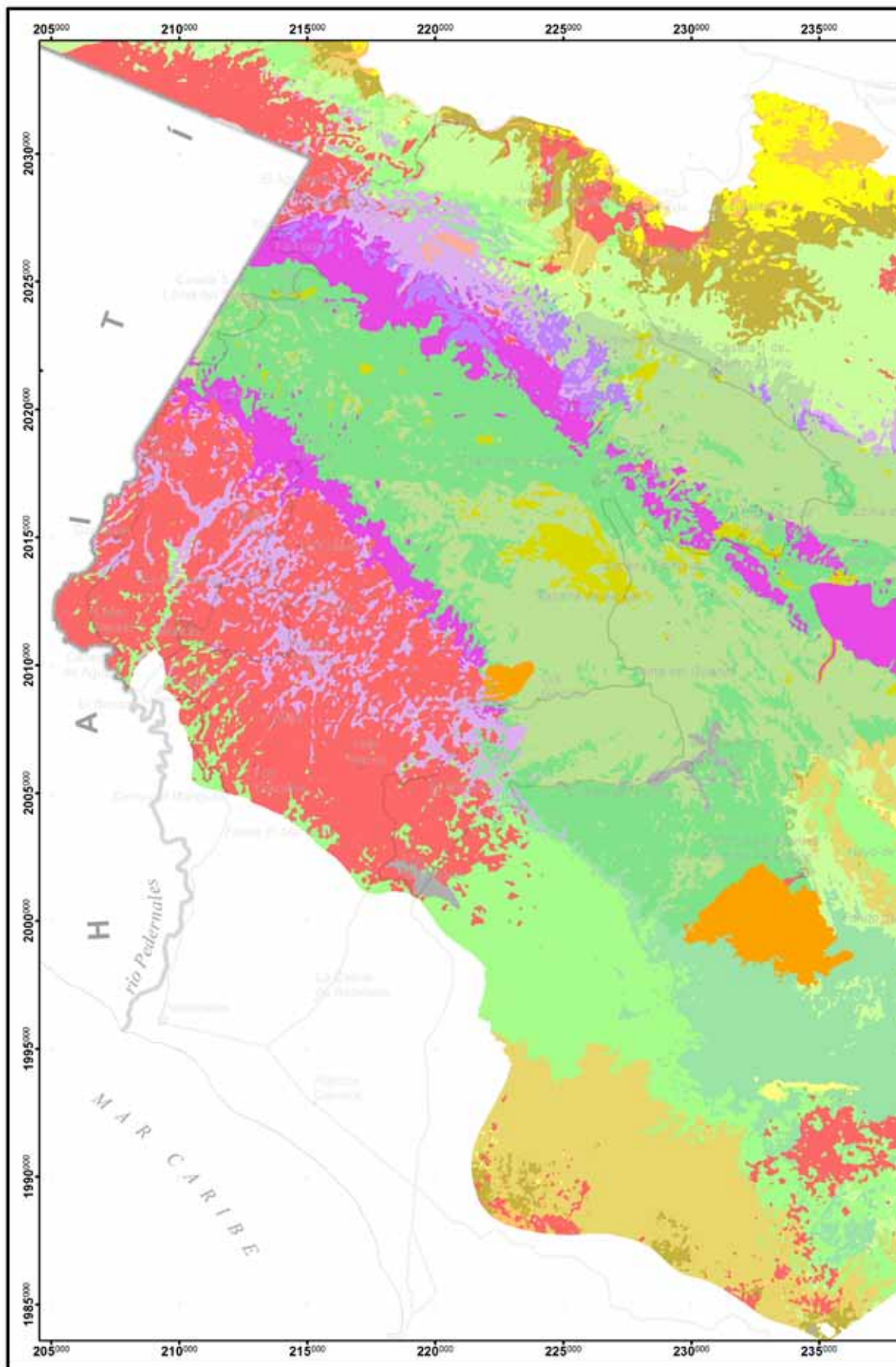
est. herbáceo (0 - 0,3 m.)	A-D	est. subarbustivo (0,3 - 0,6 m.)	A-D	est. arbustivo (0,6 - 1,5 m.)	A-D	est. arbustivo alto (1,5 - 3,5 m.)	A-D
<i>Argemone adenaria</i> (Muhl-Arg.) Miers	r	<i>Gnaphalium eggersii</i> Urb.	+	<i>Bocconia frutescens</i> L.	r	<i>Cuphea urens</i> Koehne	r
<i>Cuphea urens</i> Koehne	r	<i>Vernonia fruticosa</i> (L.) Sw.	+	<i>Chamaecrista glandulosa</i> var. <i>picardae</i> (Urb.) Jhw. & Barn	+		
<i>Fouquieria selleana</i> Urb. & Ekm.	+	<i>Schizanthium gracile</i> Nash	1	<i>Cuphea urens</i> Koehne	1		
<i>Gnaphalium eggersii</i> Urb.	+	<i>Aristida</i> sp.	+	<i>Eupatorium gabbi</i> Urb.	r		
<i>Pilea setigera</i> Urb.	r	<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	+	<i>Gesneria saxatilis</i> Alan	r		
<i>Plantain aquinum</i> L.	1	<i>Agave cf. brevispina</i> Traut	+	<i>Hieracium gracile</i> L.	1		
<i>Sideroxylon cubense</i> (Griseb.) T. Pennington	+	<i>Gesneria saxatilis</i> Alan	r	<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ekm.	r		
<i>Schizanthium gracile</i> Nash	1	<i>Rubus</i> sp.	+	<i>Rubus</i> sp.	+		
<i>Symplocos berteri</i> (DC.) Miers.	+	<i>Bocconia frutescens</i> L.	r	<i>Schizanthium gracile</i> Nash	+		
<i>Vernonia fruticosa</i> (L.) Sw.	2						
<i>Wedelia cf. barahonensis</i> Alan	+						



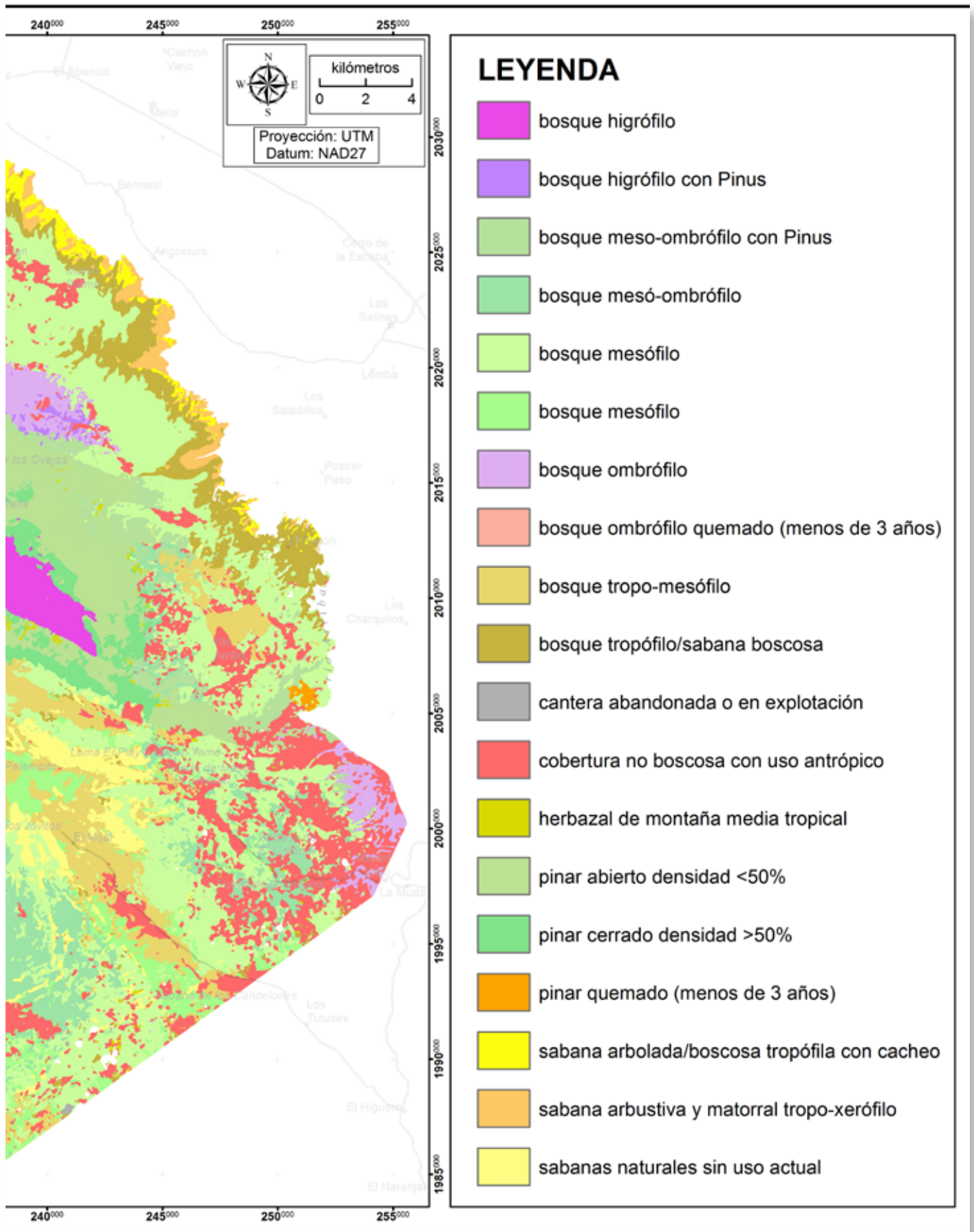
**SP2**

**Mapa de formaciones vegetales, uso y cobertura del suelo del PNSB y su entorno, actualizado a 2003**

**Mapa**









**CAPÍTULO IX.**  
**UNIDADES**  
**BIOGEOMORFO-**  
**LÓGICAS**



Las formaciones vegetales en su distribución responden a condiciones geomorfológicas y bioclimáticas que condicionan la presencia de especies, su riqueza, su diversidad y su estructura horizontal y vertical. Tras el análisis y síntesis del mapa geomorfológico, se han identificado, para Bahoruco Occidental, seis grandes unidades geomorfológicas:

1. Superficie corrosivas de Los Pinos y El Aceitillar,
2. Superficies degradadas,
3. Pedimentos El Aceitillar, Monte Palma, Las Auyamas, El Higüero, y Arroyo Dulce,
4. Conos rocosos,
5. Mont derivado,
6. Poljes (Pelempito, Río Arriba, Puerto Escondido).

Las formaciones vegetales que sobre éstas se desarrollan son:

1. Bosque de pinos con cobertura cerrada y abierta,
2. Herbazales con pino,
3. Bosque higrófilo,
4. Bosque ombrófilo y meso-ombrófilo,
5. Bosque mesófilo y mesotropófilo,
6. Bosque tropófilo.

Éstas últimas responden al escalonamiento bioclimático con condicionamiento térmico, en el que el gradiente varía en altura disminuyendo la temperatura desde los 27°C de media anual a nivel del mar hasta los 9.3°C en Loma del Toro. El gradiente de precipitación es de 1 mm/m en altura aumentando de los 500 mm a nivel del mar, hasta los 1800-2000 mm a 1100-1500 m y disminuyendo a partir de esta cota hasta los 1200-1300 mm en Loma del Toro. También tiene lugar una variación de la precipitación con la orientación de las vertientes hacia el Nordeste, recibiendo las masas de aire húmedo de los alisios, permitiendo que las formaciones vegetales que corresponden al piso bioclimático den paso a formaciones más húmedas, como por ejemplo los bosques mesófilos a los ombrófilos en el pedimento de Las Auyamas, El Higüero y Arroyo Dulce.

La síntesis de estos dos conjuntos da lugar a los subtipos condicionados por su localización que queda enmarcado en un contexto bioclimático, de formaciones superficiales y edáficas, que las individualizan dentro de cada tipo de unidad.

El manejo humano de estas unidades biogeomorfológicas termina por configurar los paisajes de la sierra de Bahoruco. Los incendios han constituido un elemento importante de degradación, mayoritariamente vinculados a las actividades humanas de cacería furtiva, limpieza de espacios de cultivo o para permitir el avance de la frontera agrícola, afectando principalmente a los pinares y los bosques higrófilos, mesófilos y

ombrófilos. Estas actividades han repercutido sobre la erosión de suelos, generación de canchales y pérdida de retención de humedad por los bosques desaparecidos, que trae consigo una mayor fuerza hidráulica y disminución de agua en las torrenteras y cañadas. Otro resultado de estas acciones es la pérdida de biodiversidad. En las vertientes y hacia el piedemonte la actividad que gana en importancia junto a la agricultura es la ganadería, dando paisajes abiertos de pastizales antrópicos.

A continuación, y en base a los elementos geomorfológicos y formaciones vegetales antes descritas, se describen las unidades biogeomorfológicas del Bahoruco Occidental.

### **a, Superficies culminantes con bosques de pino, higrófilos y ombrófilos**

Constituye la unidad más antigua de la sierra. Está constituida por extensas superficies corrosivas pre-Neógenas (y su entorno próximo), muy pro-



**Figura 9-1. Perspectiva tridimensional la unidad biogeomorfológica tipo “a, Superficies culminantes con bosques de pino, higrófilos y ombrófilos”, mostrando sus subtipos (fuente: elaborado a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)**

bablemente fini-Paleógenas, que son: 1) Los Pinos con 1800 m de altura media y restos conservados en la Loma del Toro (más de 2300 m) y en Agua de Juancho y en las proximidades de la depresión Río Arriba (a unos 1600 m) en bloques fracturados; 2) El Aceitillar, desde la localidad del mismo nombre hasta Las Abejas, entre los 1000 y 1450 m, a una cota

media de 1250 m; 3) Se incluyen también en esta unidad biogeomorfológica los bordes meridional y septentrional de ambas superficie, compuestos por vertientes de enlace hacia los pedimentos inferiores.

Las superficies presentan una alterita masiva limo-arenosa con pisolitos, que progresa lateralmente afectando a la caliza tableada Neyba, encontrándose mejor conservada en El Aceitillar, con modelado de dolinas y poljes abiertos y presencia de colinas *kársticas*.

Esta unidad biogeomorfológica presenta cinco subtipos (Figura 9-1):

- a1. Con bosque de pinos cerrado en superficie corrosiva de Los Pinos sobre cobertera de alterita.
- a2. Con bosque de pino abierto en superficie corrosiva de Aceitillar con lapiaz exhumado.
- a3. Con herbazal y pinos en depresiones *kársticas* sobre superficie corrosiva de Los Pinos.
- a4. Con bosque higrófilo en borde meridional y nororiental de la superficie corrosiva Los Pinos con cobertera de alterita .
- a5. Con bosque ombrófilo y meso-ombrófilo con exposición a los vientos alisios.

Los primeros cuatro se vinculan a dos configuraciones epi-*kársticas*: 1) con lapiaz exhumado parcial o totalmente, que da lugar a pinar cerrado o abierto, respectivamente; 2) bolsadas de alterita, con dos situaciones: a) en pequeñas depresiones la hidromorfía favorece el herbazal y b) en los bordes S y NE de la superficie Los Pinos (contacto con los pedimentos El Aceitillar y Monte Palma) donde se desarrolla un bosque higrófilo. El quinto subtipo, a5, se desarrolla sobre el borde más oriental de la superficie El Aceitillar, vinculado a la humedad traída por los vientos alisios del NE.

La unidad presenta un impacto humano bajo y, cuando existe, se relaciona con la actividad de "sabaneros" y "monteros", que repercute sobre la pérdida de biodiversidad de aves. La degradación más importante la provocan los incendios forestales, cuyo origen se atribuye a la propia actividad de estos cazadores. La minería en El Aceitillar fue un impacto importante, pero que el medio está absorbiendo gradualmente; tras cerrarse la explotación ha quedado en esta localidad, y en Las Mercedes, un testigo en el área.

## **b, Superficie degradada con bosques en escalonamiento bioclimático**

La superficie degradada constituye una unidad en la que se ha producido una modificación parcial de las características morfométricas y/o edafo-alterológicas de un aplanamiento anterior, en la cual quedan evi-

dencias de éste o en la que, por su posición o sus depósitos, se puede establecer una relación de dependencia genética. Este proceso no necesariamente se realiza con referencia a un nivel de base, como en el caso de la superficie regradada que, sobre una superficie ya constituida, se genera un nuevo aplanamiento dentro del aplanamiento preexistente respecto de un nuevo nivel de base local. En el caso de Bahoruco Occidental se observa, al N de Los Pinos, una superficie degradada de ésta; también, en las proximidades de Monte Palma, dicha superficie degradada se modela sobre un pedimento muy tendido que evoluciona desde el Mioceno, compartimentándose en el Plio-Cuaternario. El escalonamiento bioclimático de la vertiente septentrional, que se desarro-



**Figura 9-2.** Perspectiva tridimensional la unidad biogeomorfológica tipo “b, Superficie degradada con bosques en escalonamiento bioclimático”, mostrando sus subtipos (fuente: elaborado a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)

lla a lo largo del gradiente térmico e hídrico en el pedimento, da lugar a la presencia de todos los bosques presentes en La Española, desde el tropófilo al de pinos, pasando por los higrófilos. Las actividades de ganadería y quema de bosque para agricultura de subsistencia son las principales transformadoras del paisaje. Presenta seis subtipos (Figura 9-2):

- b1. Con bosque de pinos cerrado en la superficie degradada de Los Pinos con restos de alterita.
- b2. Con bosque de pinos abierto en superficie degradada en el pedimento de Monte Palma.
- b3. Con bosque higrófilo en la superficie degradada de Los Pinos.
- b4. Con bosque ombrófilo en superficie degradada en el pedimento de Monte Palma.



- b5. Con bosque mesófilo en superficie degradada en el pedimento de Monte Palma.
- b6. Con bosque tropófilo y sabanas arboladas y arbustivas tropófilas, (altura de 500 m) en superficie degradada en el pedimento de Monte Palma.

### **c, Pedimento con bosque en escalonamiento bioclimático de la cliserie y régimen de humedad de los vientos**

Los pedimentos son superficies inclinadas en la vertiente N y S de la Sierra, con dispositivo longitudinal NE-SO. Presentan una pendiente media de 9°,



**Figura 9-3. Perspectiva tridimensional la unidad biogeomorfológica tipo “c, Pedimento con bosque en escalonamiento bioclimático de la cliserie y régimen de humedad de los vientos”, mostrando sus subtipos (fuente: elaborado a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)**

aunque hay sectores con valores en torno a un mínimo de 5° y máximo de 10°. La cabecera de los pedimentos enlaza con las vertientes, y éstas a su vez con las superficies corrosivas culminantes. Estos elementos geomorfológicos, por su amplio desarrollo vertical y horizontal a lo largo de la cliserie y por su orientación predominante, acogen prácticamente todo el escalonamiento bioclimático de la sierra y captan la humedad procedente de los alisios por el N, de las vaguadas climáticas que se desplazan de O a E, y de la brisa marina que empuja humedad por el S. Esto provoca una diferencia de formaciones más húmedas al O y más xéricas al E, con una transición desde los bosques higrófilos a tropófilos, pasando por los ombrófilos y mesófilos. Exceptuando el caso del pedimento Monte

Palma, en los elementos morfológicos de esta unidad se registra la mayor actividad humana de ganadería, agricultura comercial y cultivos de subsistencia del BO, lo que ha dejado un importante avance de la frontera agrícola entre 1990 y el 2004. Presenta los siguientes subtipos (Figura 9-3):

- c1. Bosque de pino cerrado al Este del pedimento de El Aceitillar
- c2. Bosque de pinos abierto al Este del pedimento de Monte Palma
- c3. Bosque higrófilo en el contacto entre el pedimento de El Aceitillar y la superficie corrosiva de Los Pinos
- c4. Bosque ombrofilo y meso-ombrofilo en pedimento de Monte Palma y El Aceitillar
- c5. Bosque mesófilo en pedimento El Aceitillar y Monte Palma
- c6. Bosque tropófilo en pedimento de Las Mercedes

### **d, Bosques de pino abierto y bosques tropófilos con condicionamiento hídrico sobre cono rocoso**

En la medida en que la red superficial se encaja, gracias a la modificación de los ponors o la reducción de la circulación *kárstica*, el fondo



**Figura 9-4.** Perspectiva tridimensional la unidad biogeomorfológica tipo “d, Bosques de pino abierto y bosques tropófilos con condicionamiento hídrico sobre cono rocoso”, mostrando sus subtipos (fuente: elaborado a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)

corroído del polje aflora (*chicots*, *lapiaces*, etc.). También se pueden encontrar en bordes de superficies corrosivas. En Bahoruco los conos se localizan en el enlace entre la superficie corrosiva Los Pinos y el polje de Pelempito, así como entre éste y los poljes circundantes (éstos

últimos están generalmente más elevados). Las formaciones vegetales están condicionadas por deficiencia de humedad, dando lugar a formaciones abiertas más xéricas de las que les correspondería en la cliserie. Por el contrario, en los cañones situados entre estos conos, se encuentran las formaciones vegetales más húmedas y que requieren de un mayor desarrollo edáfico, como el bosque de pino cerrado, el bosque ombrófilo o el bosque mesófilo, con arreglo al desarrollo de la cliserie del escalonamiento bioclimático entre la superficie corrosiva culminante y el polje de Pelempito. Sobre los conos rocosos del borde oriental de Pelempito (El Tunal), y a partir de 2003, se produjo un importante cambio de la vegetación con el desarrollo de actividades agrarias. Hay tres subunidades (Figura 9-4):

- d1. Bosque de pino abierto en cono rocoso que une la superficie de Los pinos con el Polje de Pelempito
- d2. Bosque mesófilo sobre cono rocoso entre la superficie corrosiva de Aceitillar y el polje de Pelempito
- d3. Bosque tropófilo y sabana boscosa sobre cono rocoso entre el polje de Pelempito y los poljes inferiores de La Sabana, El Limonal, Fondo de Masó y Fondo La Monteada.

### **e, Mont derivado con bosque mesófilo**

Los *mont*-derivados son pedimentos asociados al piedemonte de la loma de Los Pinos, en cuyos ápices posteriormente se modelan los poljes



**Figura 9-5.** Perspectiva tridimensional de la unidad biogeomorfológica tipo “e, Mont derivado con bosque mesófilo”, mostrando su único subtipo (fuente: elaborado a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)

vinculados a fallas normales, en La Sabana, El Limonal, Fondo de Masó y Fondo La Monteada. La formación vegetal presenta condicionamiento hídrico, por lo que los bosques que corresponderían según la cliserie (más de tipo ombrófilos) son sustituidos por bosques mesófilos. La ocupación humana se centra en los valles y poljes adyacentes a esta unidad biogeomorfológica, pero el *mont* en sí, está poco o nada antropizado. Se ha identificado un único subtipo (Figura 9-5):

e1. Mont derivado con bosque mesófilo

### **f, Grandes y medianos poljes con bosques y herbazales**

Los fondos de poljes están ocupados por bosques, a excepción de aquellos donde se produce un encharcamiento estacional y perdura-



**Figura 9-6.** Perspectiva tridimensional la unidad biogeomorfológica tipo “f, Grandes y medianos poljes con bosques y herbazales”, mostrando sus subtipos (fuente: elaborado a partir de NASA y otros, 2000, en PROSISA, 2004)

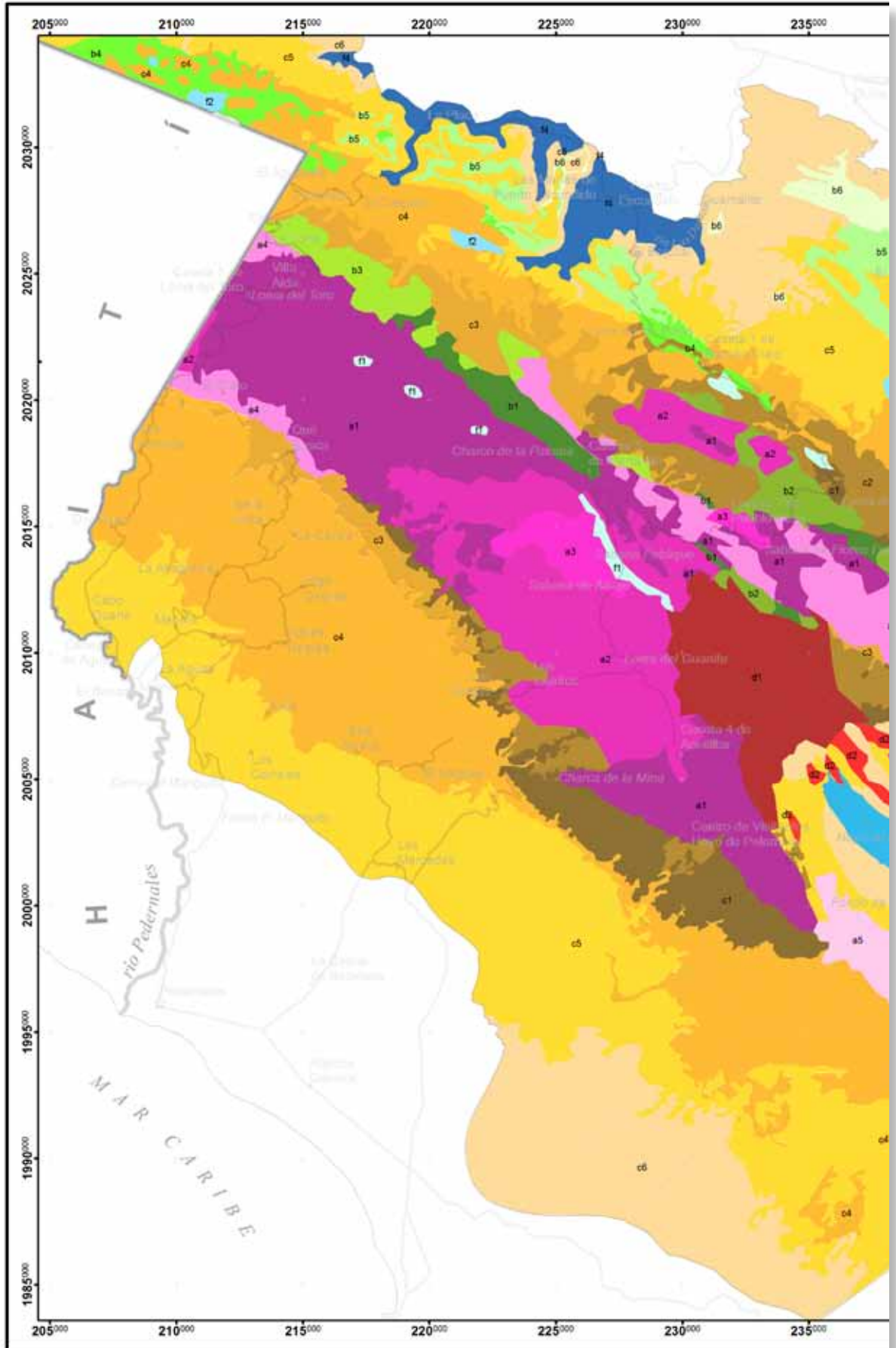
ble, en cuyo caso se presentan distintas situaciones: en los poljes de la superficie corrosiva culminante, predomina una cubierta vegetal herbácea de macollas asociadas a los bosques de pino; en las áreas vinculadas a bosques mesófilos y tropófilos, como es el caso de Pelampito (centro) y Puerto Escondido (vertiente septentrional), predominan los caméfitos y fanerófitas (ciperáceas y juncáceas de forma localizada en manatales o encharcamientos). El fondo del polje de Pelampito está ocupado por un bosque mesófilo con predominio de baitoa (*Phyllos-*

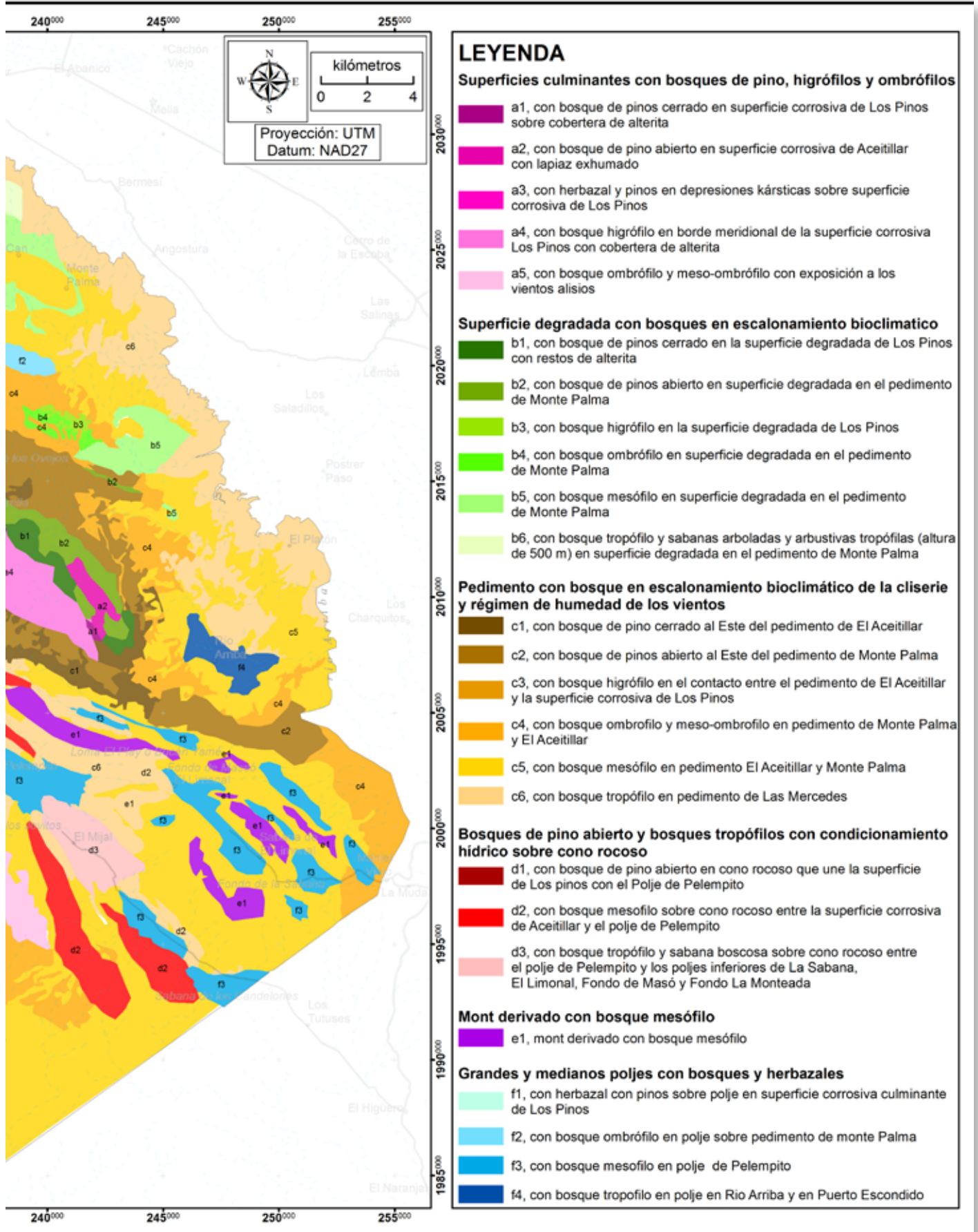
*tylon rhamnoides*) sobre una cobertera de alterita de matriz arenosa. En Puerto Escondido, el bosque tropófilo del fondo de polje ha sido sustituido por cultivos y solo quedan manchas boscosas en las vertientes que limitan el polje. La actividad humana se ha desarrollado especialmente en estos entornos por su fácil topografía para la agricultura y por su mejor disponibilidad de agua. Solo aquellos de acceso limitado, como Pelempito, han conservado su cubierta de bosque. Presenta cuatro subtipos (Figura 9-6).

- f1. Herbazal con pinos sobre polje en superficie corrosiva culminante de Los Pinos.
- f2. Bosque ombrófilo en polje sobre pedimento de monte Palma.
- f3. Bosque mesófilo en polje de Pelempito.
- f4. Bosque tropófilo en polje en Rio Arriba y en Puerto Escondido.

Ver Mapa de Tipos y Subtipos de Unidades Biogeomorfológicas en páginas siguientes.


# Mapa de Tipos y Subtipos de Unidades Biogeomorfológicas











**PARTE III:  
CONSERVACIÓN  
BIOGEOFOLÓGICA  
DEL PNSB**



**CAPÍTULO X.  
UNIDADES  
AMBIENTALES:  
LÍMITES Y  
DESCRIPCIÓN**



## Introducción

El diagnóstico de los recursos naturales es la herramienta de información base para decidir cómo afrontar los procesos actuales que transforman el territorio, así como para revertir daños causados en el pasado. En esta tesis se ha implementado un diagnóstico técnico empleando datos cuantitativos, fundamentalmente cartográficos, y cualitativos, referidos a aportaciones que los integrantes comunitarios presentaron en talleres realizados entre los meses de agosto y diciembre de 2004, con motivo de la formulación del Plan de Manejo del PNSB (SEMARENA y otros, 2005).

Adicionalmente, para que el diagnóstico fuese eficaz, se requirió información territorial adquirida en campo, con datos sobre las afectaciones a los recursos naturales y la fragilidad de los mismos, las tendencias en su uso, los indicadores de degradación ambiental y conversión, la fragmentación de hábitats, el estado de las formaciones naturales décadas atrás, entre otras variables. Para ello, se utilizó información diacrónica sobre los recursos, a efectos de contrastar la dinamicidad del territorio en el tiempo.

En el reconocimiento de campo, se advierte que todo el límite meridional del bosque higrófilo de la vertiente meridional de la Sierra (desde el paraje Los Arroyos hasta "El 25"), ha resultado muy afectado y, por lo tanto, las acciones de restauración deberían concentrarse allí. Pero un análisis a mayor resolución informa que si bien dicha UA está muy afectada, otras áreas del PN y su entorno han sido intensamente impactadas en los últimos 30 años.

Por otra parte, se ha realizado un diagnóstico de la gestión apoyado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Viceministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad. Para esta labor, se utilizaron datos provistos por la administración del Parque con referencia a la situación de 2005, así como información directa recogida en campo.

### **Metodología para la evaluación y diagnóstico de Unidades Ambientales (MEDUA): objetivo, variables, valoración y fuentes.**

Díaz del Olmo y otros (2004b) han elaborado un método que, además de considerar aspectos inherentes a los impactos presentes y detectables (cartografiados), incluye variables de fragmentación y cambio reciente de la vegetación y/o subsidiariamente en el modelado, cuantificables mediante cartografía. Se trata de la "Meto-

**dología para la evaluación y diagnóstico de unidades ambientales (MEDUA)**", que fue formulada por el Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología (PAI RNM273) de la Universidad de Sevilla para sus trabajos de investigación y ordenación en el dominio tropical, siguiendo el interés de evaluar el estado de conservación de los ecosistemas e inspirado en la metodología propuesta por Dinerstein y otros (1995).

El objetivo del MEDUA es conocer el estado de conservación de pequeños ámbitos segregados en un área de estudio concreta, que se conocen como "unidades ambientales" o UUAA. Una UA es un área compuesta por eco o geosistemas, formaciones vegetales, paisajes y usos o coberturas, que funcionan según unos procesos geo-ecológicos integrales. Convencionalmente, una UA se delimita en base a criterios biogeomorfológicos, considerando además la gestión territorial, las relaciones socio-económicas e históricas de los asentamientos, con independencia de si se trata de medios naturales, antropizados o antrópicos. Para desarrollar esta delimitación el planificador emplea su conocimiento territorial (de campo y bibliográfico), así como técnicas y fuentes cartográficas, teledetección y SIG.

En la caracterización de cada UA se utilizan datos sobre la geo y biodiversidad, incluyendo la caracterización de los procesos así

como información actualizada sobre el estado ambiental de los recursos naturales. Un tratamiento específico se plantea para el diagnóstico de la geodiversidad (Stanley, 2003), particularmente dirigido a la geomorfodiver-

$$IED = \frac{VGS + VGF + 0.5(VGD + VGC) + VGB + VGH}{6}$$

**Figura 10-1. Ecuación para el cálculo de IED**

sidad del karst de Bahoruco. De la tabla de conceptos de geodiversidad que propone Panizza (2009), se propone la aplicación de dos: "geodiversidad extrínseca", que determina el valor del geositio en función de su comparación con otras áreas geomorfológicas; y "geodiversidad intrínseca", que considera las bases geológicas y geomorfológicas de la complejidad del área.

Se evalúan 6 variables, agentes o factores en cada una de las UUAA, cuya escala de medición varía en todos los casos de 0 a 5. La media ponderada de éstas, calculada según la fórmula de la Figura 10-1, es el Índice del Estado de Degradación (IED) de la unidad ambiental, que igualmente varía de 0 a 5, siendo 0 lo menos degradado y 5 lo más. En base a los valores de IED se establecen los Estados de Degradación y Conservación de cada UA, según umbrales convencionales (ver Tabla 10-1). El índice también se utiliza para recomendar medidas de gestión y establecer niveles de alerta.

**Tabla 10-1. Estados de Degradación y Conservación, en función de umbrales del Índice del Estado de Degradación (IED), y las correspondientes medidas de gestión y niveles de alerta en la aplicación del MEDUA**

Umbrales IED	Estado de Degradación	Estado de Conservación	Gestión	Nivel de alerta	Descripción
0 a 1	No degradada	Óptimo/ bueno	Plan de Conservación	Verde	Indica que el nivel de transformación de la UA es bajo. Sólo se necesita mantener las medidas de conservación que hasta entonces se han ejecutado
1 a 2	Poco degradada	Aceptable/ sensible a la degradación	Plan de Conservación	Marrón	La UA experimenta una transformación moderada de sus geo-ecosistemas. Se deben reforzar los esfuerzos para atender aquellos ecosistemas más frágiles dentro de la UA y/o controlar los agentes que producen la degradación.
2 a 3	Degradada	Vulnerable	Plan de Manejo	Amarillo	Hay transformación sostenida de los geo-ecosistemas. Se debe actuar para corregir los impactos, especialmente sobre los ecosistemas más frágiles, así como vigilar que no ocurran posibles transformaciones en sectores todavía conservados
3 a 4.5	Muy degradada	En peligro	Plan de recuperación y conservación Plan de Manejo	Naranja	Una intensa transformación se extiende por la mayor parte del territorio. Si tal degradación ocurre se debe establecer un plan de regeneración (natural) y/o de restauración, retirando los agentes de degradación. Si se trata de un área de producción, debe garantizarse la integridad de las formaciones naturales todavía conservadas, si las hubiere
4.5 a 5	Totalmente degradada	Irreversible de forma natural	Plan de Restauración Plan de Manejo	Rojo	La UA está transformada de forma intensiva casi en toda su extensión. No existe regeneración posible, por lo tanto, para recuperarla se deben restaurar los ecosistemas empleando técnicas complejas y retirando los agentes que producen o produjeron la degradación

Las 6 variables de las que depende el (IED) se relacionan y explican a continuación:

1. VGS: Variable del grado de subdivisión.

Utilizando la extensión "subdivission" de ESRI/ArcView 3.2, la cual se rige por los postulados de Jaeger (2000), se determina el grado de fragmentación de las formaciones naturales (bosques o sa-

banas no antrópicas) de cada UA. Esta variable constituye una estimación de la cantidad de fragmentos, su superficie y su separación. Técnicamente, lo que mide es “la probabilidad de que dos puntos aleatorios “caigan” fuera de un mismo bloque no disectado”. Para que el análisis no arroje falsos resultados, aquellas formaciones vegetales que por su naturaleza se distribuyan en fragmentos (como los manglares, ausentes en la Sierra) se deberían excluir de este análisis. Varía de 0 a 5, siendo 0 la UA menos fragmentada (ver Tabla 10-2).

**Tabla 10-2. Valores de subdivisión a partir del índice de fragmentación de Jaeger**

Valores	Denominación	Índice de fragmentación (según Jaeger, 2000)	
		inferior	superior
0	No fragmentado	0	5
1	Fragmentación perceptible	5	20
2	Fragmentación baja	20	40
3	Fragmentación moderada	40	60
4	Fragmentación alta	60	80
5	Fragmentación excesiva	80	100

2. VGF: Variable del grado de fragilidad.

Esta variable mide la fragilidad de la UA en función de las proporciones de formaciones naturales predominantes en ella. Aquellas UUAA compuestas por bosques mesófilos (transición o semidecíduos) y ombrófilos (latifoliados o húmedos) resisten mejor las transformaciones, porque son capaces de regenerarse dada su alta o media dinamicidad y, por lo tanto, son poco frágiles. Los pinares y bosques tropófilos, xerófilos e higrófilos, dada sus exigencias edáficas y climáticas, así como su baja dinamicidad, son poco resistentes a las transformaciones y muy frágiles. En este caso, ciertos impactos pueden incluso hacer irreversible la regeneración de la formación original (pinares sometidos a patrones de fuegos intensos o bosques nublados en los que la erosión ha lavado los finos). Para calcular VGF, se obtienen primero los porcentajes de cada formación natural respecto de la superficie de la UA; estos se multiplican por lo valores de fragilidad asignados a cada formación (bosque mesófilo equivale a 1, ombrófilo a 2, tropófilo a 3, pinar a 4 y xerófilo y nublado a 5). Este **producto fragilidad-porcentaje de territorio** se promedia y se obtiene el VGF, que varía entre 0 y 5, siendo más frágil la UA cuanto mayor sea este valor (ver Tabla 10-3).



**Tabla 10-3. Valores de fragilidad a partir de superficie ocupada por cada tipo de formación natural**

Valores	formaciones naturales
1	Bosque mesófilo. Valores idóneos de precipitación y temperatura, así como una alta capacidad de regeneración natural, hacen posible que esta formación pueda absorber y revertir impactos
2	Bosque ombrófilo. El impacto sobre esta formación suele ser altamente reversible en áreas con abundante precipitación y retención de agua higroscópica en el suelo; en Bahoruco la precipitación no es muy alta, y la retención está limitada por el exo-karst
3	Bosque tropófilo. Reversibilidad intermedia por tener un equilibrio de factores favorables y adversos: una alta temperatura suficiente para el desarrollo de la actividad vegetativa, pero una escasa precipitación y alta pedregosidad. Aplica también este valor a sabanas tropófilas así como a herbazales de montaña media
4	Pinar. En Bahoruco, la reversibilidad del pinar impactado por incendios es lenta por la alta pedregosidad inducida por la flogoclastia
5	Matorral xerófilo y sabana arbustiva. La alta pedregosidad impide que esta formación absorba impactos y los revierta. Al bosque higrófilo también se asigna este valor, debido a su alta diversidad y las exigencias atmosféricas selectivas.

3. VGD: Variable del grado de degradación ambiental.

Es una variable de apreciación cualitativa, que se basa en indicadores sobre el nivel de degradación ambiental.

**Tabla 10-4. Valores de degradación ambiental a partir de indicadores de terreno**

Valores	Indicadores o agentes
0	No se detecta ningún agente de degradación ambiental
1	Se observan procesos gravitacionales cerca de caminos y carreteras. Se detecta disminución de los recursos hídricos (caudales, niveles piezométricos)
2	Se detecta reducción de poblaciones de fauna o flora por desaparición de hábitats
3	Se observa erosión de suelos sin aparición de "múcara" ni "piedra"
4	Se detecta contaminación del agua/suelo por la actividad ganadera y/o agrícola. Se detecta contaminación del agua/suelo por desechos domésticos. Se detecta contaminación de aguas superficiales en cabeceras por actividad humana
5	Se observa erosión de suelo con aparición de "múcara" y/o "piedra". Se observa pérdida de acuíferos o escorrentía superficiales

Estos son evaluados en campo. Cada uno tiene un valor entero entre 0 y 5, que dependerá del grado de impacto observado. Por ejemplo, el indicador "disminución de los recursos hídricos" se valora como 1, mientras que "pérdida de acuíferos y corrientes superficiales", vale 5 porque supone mayor impacto. Para la valoración ponderada de todos los indicadores se divide la suma entre 3. Varía de 0 a 5, siendo 0 la unidad ambiental que menos agentes e indicadores de degradación ambiental presenta (ver Tabla 10-4).

4. VGC: Variable del grado de conversión

Al igual que la anterior variable, se estima cualitativamente en base a indicadores sobre el nivel de conversión ambiental en cada UA, los cuales son detectados en campo. La suma de todos se divide entre 3. Varía de 0 a 5, siendo 0 la UA que menor cantidad de conversión presenta. Éstos se relacionan a continuación en la Tabla 10-5:

**Tabla 10-5. Valores de grado de conversión a partir de indicadores de terreno**

Valores	Indicadores o agentes
0	No se detecta ningún agente de conversión
1	Se detecta uso de materia orgánica del bosque nublado como abono
2	Se observan daños provocados por colmeneros y/o monteros (incendios, etc.). Se observa introducción de especies exóticas
3	Se observan aserraderos ilegales. Se observa ganadería en sectores con poco suelo. Se observa carboneo
4	Se detecta extracción de flora o fauna (helecho, orquídeas, pichoneo de cotorras). Se observa aprovechamiento irracional del bosque seco. Se observan quemas en cultivos
5	Se observan actividades mineras. Se observan incendios forestales. Se detecta cacería de avifauna

5. VGB: Variable del grado de pérdida de bloques de formaciones naturales

Esta variable mide la presencia de bloques unitarios de formaciones naturales que garantizan la integridad de los procesos geológicos. Varía de 0 a 5, siendo 0 cuando existe un bloque unitario igual o superior al 95% del tamaño de la UA. La asignación de valores se realiza siguiendo los umbrales mostrados a continuación en la Tabla 10-6:

**Tabla 10-6. Valores de grado de pérdida de bloques a partir de análisis cartográfico**

Valores	Tamaño de los bloques
0	Un bloque que ocupa más del 95% de la unidad ambiental
1	Al menos un bloque superior al 75% del tamaño de la unidad ambiental
2	Al menos un bloque superior al 50% del tamaño de la unidad ambiental
3	Al menos un bloque superior al 25% del tamaño de la unidad ambiental
4	Al menos un bloque superior al 5% del tamaño de la unidad ambiental
5	Ningún bloque superior al 5% del tamaño de la unidad ambiental

## 6. VGH: Variable del grado de pérdida hábitats.

Esta variable mide la intensidad de la transformación de los bosques y sabanas naturales durante un período convencionalmente seleccionado. Para ello se emplean mapas diacrónicos de uso y cobertura del suelo y se cruza el más reciente contra el más antiguo. Varía de 0 a 5, siendo 0 cuando la unidad ambiental sólo ha perdido entre 0 y 4,9 % de formaciones naturales y 5 cuando ha perdido más del 90%. Los valores se asignan siguiendo la Tabla 10-7:

**Tabla 10-7. Valores de grado de pérdida de hábitats a partir de análisis cartográfico diacrónico**

Valores	Magnitud de las pérdidas
0	Pérdida entre 0 y 4,9%
1	Pérdida entre 5 y 9,9%
2	Pérdida entre 10 y 23,9%
3	Pérdida entre 24 y 49,9%
4	Pérdida entre 50 y 89,9%
5	Pérdida de más del 90%

## Fuentes para el MEDUA

### Imágenes de satélite LandSat de los años 1973 y 2003

Esta horquilla temporal permite hacer estudios diacrónicos de cambio en el uso y la cobertura del suelo, cuyos resultados se presentan detalladamente en la presente tesis.

### Reconocimiento de campo

Para su ejecución se ha contado con un equipo de más de 15 personas en varias jornadas desde 2002 a 2005. Se trata de una fuente directa de captura de información que no sólo ayuda a conocer el estado de los recursos, sino con la que también se obtiene información sobre los actores, los flujos comerciales, la presencia de poblaciones y la ocupación del territorio, entre otros.

### Talleres participativos

Estos eventos fueron celebrados durante la formulación del Plan de Manejo del PNSB (SEMARENA y otros, 2005), en los que se incorporó la percepción de la población local sobre el estado de conservación de los recursos.

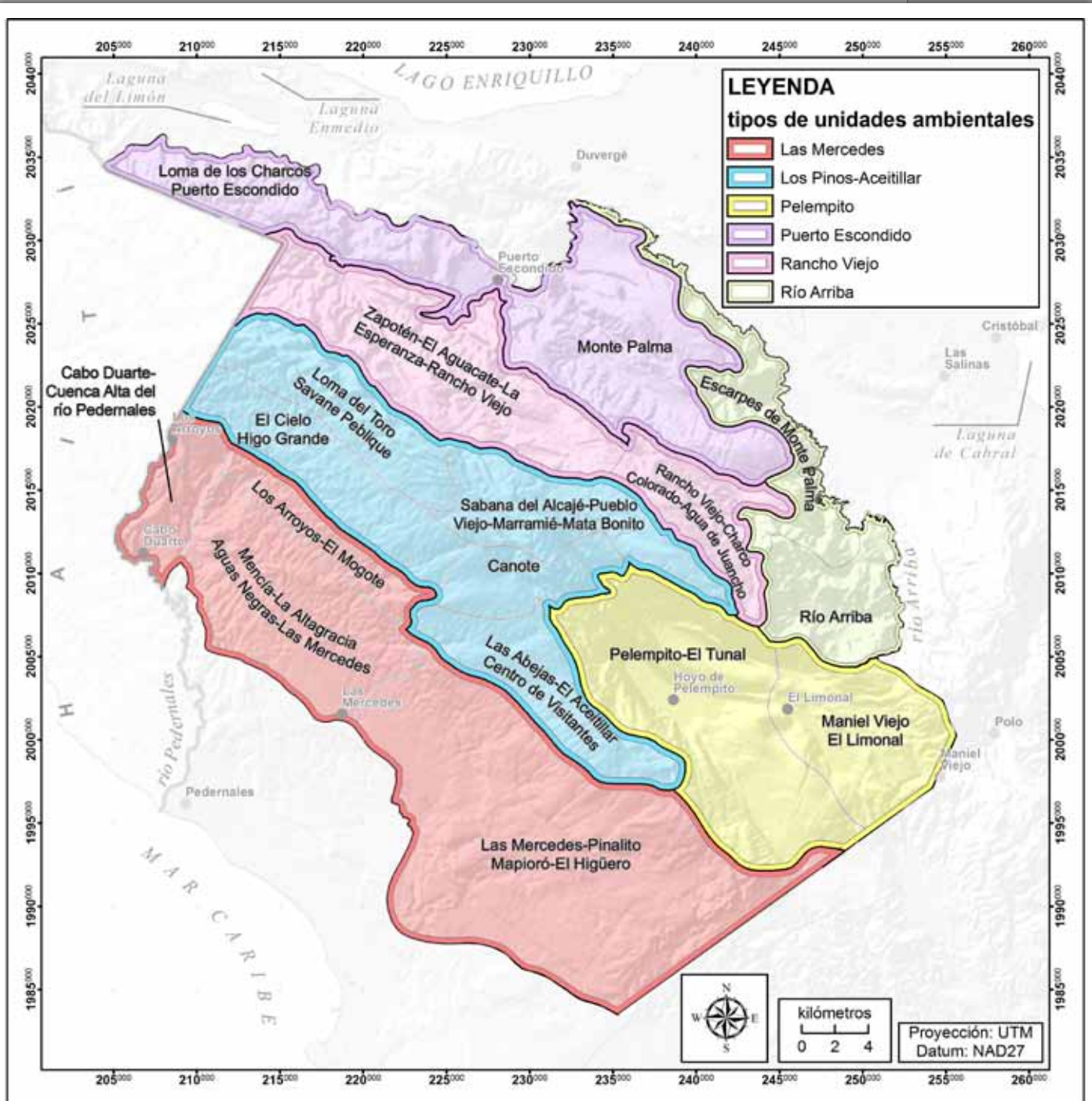
## Delimitación y descripción de las Unidades Ambientales seleccionadas

Tal como se ha comentado antes, la delimitación de las UUA del Parque Nacional y su entorno, requiere una aproximación multi-criterio. Para ello se han considerado las unidades biogeomorfológicas, que son a su vez unidades sintéticas, y los lugares que son reconocidos por la población local, en vista de que desarrollan en ellos sus principales actividades socio-económicas. Los grandes tipos de unidades biogeomorfológicas nos han permitido establecer tipos de unidades ambientales, relacionados en la Tabla 10-8:

**Tabla 10-8. Tipos de UUA, y sus respectivos subtipos, del PNSB y su entorno, con indicación del área que ocupan (en km<sup>2</sup>)**

TIPO DE UNIDAD BIO-GEOMORFOLÓGICA	TIPO UNIDAD AMBIENTAL	Unidad Ambiental	Área (en km <sup>2</sup> )	Total superficie Tipo UA
SUPERFICIES CULMINANTES CON BOSQUES DE PINOS, HIGRÓFILOS Y OMBRÓFILOS	LOS PINOS-ACEITILLAR	Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marramié-Mata Bonito	71.06	309.55
		Loma del Toro-Savane-Peblique	62.98	
		Canote	37.29	
		El Cielo-Higo Grande	71.71	
		Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes	66.51	
SUPERFICIE DEGRADADA CON BOSQUES EN ESCALONAMIENTO BIOCLIMÁTICO Y PEDIMENTO CON BOSQUES EN ESCALONAMIENTO BIOCLIMÁTICO Y VERTIENTES A BARLOVENTO Y GRANDES Y MEDIANOS POLJES	RANCHO VIEJO	Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho	50.27	184.26
		Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo	133.99	
	PUERTO ESCONDIDO	Monte Palma	129.13	219.30
		Loma de los Charcos-Puerto Escondido	90.17	
	RIO ARRIBA	Escarpes de Monte Palma	59.54	112.75
		Río Arriba	53.21	
MONT DERIVADO CON BOSQUE MESÓFILO Y BOSQUES DE PINOS ABIERTO Y TROPÓFILO SOBRE CONO ROCOSO Y GRANDES Y MEDIANOS POLJES	PELEMPITO	Pelempito-El Tunal	162.21	242.06
		Maniel Viejo-El Limonal	79.85	
PEDIMENTO CON BOSQUES EN ESCALONAMIENTO BIOCLIMÁTICO Y VERTIENTES A BARLOVENTO	LAS MERCEDES	Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero	295.00	475.15
		Los Arroyos-El Mogote	41.36	
		Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales	28.47	
		Mencía-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes	110.32	

Cada unidad ambiental pertenece a un nivel superior de planificación, en el que se agrupa un conjunto de ellas para un análisis escala 1:250,000. Dicho nivel se denomina **Tipo de Unidad Ambiental**, que se relaciona con los grandes tipos de unidades biogeomorfológicas, y tiene utilidad a efectos de la integración del PN en la Reserva de Biosfera Jaragua-



**Figura 10-2. Tipos de UUA, y sus respectivos subtipos, del PNSB y su entorno. Constituyen la referencia territorial del diagnóstico**

Bahoruco-Enriquillo. En tal sentido, el PNSB y su entorno ha sido subdividido en 6 tipos de unidades ambientales, que son:

- LOS PINOS-ACEITILLAR
- RANCHO VIEJO
- PUERTO ESCONDIDO
- RÍO ARRIBA
- PELEMPITO
- LAS MERCEDES

En estos 6 tipos de Unidades ambientales hay repartidas 17 UUAA. La Tabla 10-8 recoge la distribución de tipos de UUAA y sus respectivas UUAA, así como el área que ocupan y su relación con las grandes unidades biogeomorfológicas. Su expresión cartográfica puede consultarse en la Figura 10-2.

A continuación, se desarrolla la caracterización de cada unidad, empleando las fuentes ya citadas, en base datos colectados a dos escalas: intermedia (aprox. 1:50,000) y detallada (hasta 1:5,000). Se describen las formaciones vegetales y elementos morfológicos presentes en cada una, así como los usos habituales y, según los casos, se aportan datos sobre la gestión y ordenación.

### TIPO LOS PINOS-ACEITILLAR

Agrupar las UUAA más altas de toda la Sierra de Bahoruco para un total de 309.55 km<sup>2</sup>. Está compuesto básicamente de pinares y herbazales de

montaña media tropical, sobre la superficie corrosiva de Los Pinos. Constituye una de las unidades de referencia para la conservación de la geodiversidad extrínseca e intrínseca de la Sierra ya que las superficies corrosivas y su modelado asociado constituyen uno de los elementos clave del karst de Bahoruco. Las cinco



**Figura 10-3. Herbazal de montaña en Savane Peblique, producto del incendio forestal de 1993. Predominan *Pilea sp.*, *Pteridium sp.*, *Schizachyrium gracile*, pies dispersos y troncos quemados de *Pinus occidentalis* (JRMB, 6/10/04)**

unidades ambientales que se inscriben en este tipo son:

#### UA Loma del Toro-Savane Peblique

Es la unidad ambiental más alta del Parque, con unos 62.98 km<sup>2</sup> de superficie, inscrita íntegramente en el PNSB (Figura 10-3). Se sitúa en

todos sus puntos sobre la cota de los 1800 m, y abarca desde la Loma del Toro (caseta número 5 de la administración) hasta Savane Pebligue, en dirección NO-SE, y también los herbazales de Villa Aida, Sabanas Redonda y La Guarachita. Las formaciones vegetales predominantes son pinar cerrado, abierto y herbazal de montaña media en Savane Pebligue (inducido por un incendio de 1993), y unas manchas escasas de bosque higrófilo en depresiones y cañones. En cuanto a fauna destacan los reportes de anidamiento del ave "diablotín" (*Pterodroma hasitata*), en los escarpes que separan a Villa Aida de la Loma del Toro.

### UA Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marramié-Mata Bonito

Esta UA está situada cotas inferiores que la anterior, hacia el Este (Figura 10-4). Tiene una superficie de 71.06 km<sup>2</sup> y se inscribe íntegramente en el PNSB. Su altura mínima es aprox. 1600 m y la máxima 2000 m. Incluye los lugares de Alcajé, Pueblo Viejo (caseta número 2 de la administración del Parque), y Charco de la Paloma-Marramié (caseta número 3), así como una parte del Monte Jota y Mata Bonito. Su vegetación es bosque higrófilo y pinar cerrado (predominantes), con un poco de pinar abierto y herbazales de montaña media. Geomorfológicamente predominan las depresiones escalonadas y dolinas organizadas hacia Pelempito. El sustrato lo constituyen calizas del Eoceno de la formación Neyba. Hay un importante desarrollo de fallas de dirección NO-SE.



**Figura 10-4. Sabana del Alcaje, que más que un herbazal constituye un pinar abierto. Se trata de un gran polje abierto hacia Pelempito a más de 1800 m (JRMB, 6/10/04)**

### UA Canote

Esta UA se individualiza del resto por su vegetación, que sufrió un incendio en 1993 y hoy se encuentra en recuperación (Figura 10-5). Sus 37 km<sup>2</sup> se inscriben íntegramente en el PN. Además del área denominada Canote, abarca el herbazal de Los Güiritos, colindando con el bosque de Las Abejas por el S y con la Sabana del Alcajé por el N. La litología es caliza de la formación Neyba. La forma predominante es un sistema escalonado de dolinas-poljes, orientados en dirección OSO-ENE. La vegetación es pinar abierto, producto de la acción del referido incendio.



**Figura 10-5.** Pinar abierto con *Pteridium sp.* como tapiz en “Sabana de Canote”. Esta unidad resultó afectada por el incendio de 1993, el cual consumió importantes extensiones de pinar, así como por el de 1978 con origen en este punto (JRMB, 6/10/04)

La vegetación es pinar abierto, producto de la acción del referido incendio.

### UA El Cielo-Higo Grande



**Figura 10-6.** Cultivo abandonado frente a bosque higrófilo en El Cielo, dentro del PNSB. Este es el punto más septentrional de la frontera agrícola en la vertiente S del Bahoruco Occidental (JRMB, 18/09/04)

Es la UA más alta de la Vertiente Sur y se inscribe íntegramente en el PNSB (Figura 10-6). Tiene unos 72 km<sup>2</sup> de área. Presenta *kuppenkarst* y dolinas de la Superficie Corrosiva El Aceitillar. El rango altimétrico oscila entre los 1400 y los 2000 m. La litología predominante es calizas de la formación Neyba. La vegetación es muy frágil, porque aparte de pinar, hay bosques higrófilos distintos de los de la Vertiente Norte. Hay grandes extensiones de cultivos y pastizales para



ganado que atestiguan una reciente ocupación y apertura del bosque higrófilo.

### UA Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes

Esta UA tiene unos 67 km<sup>2</sup> de extensión, con un rango altimétrico de 1000 a 1500 m (Figura 10-7); está inscrita íntegramente en el PNSB. La vegetación la componen bosques higrófilo y mesófilo, así como pinares abierto y cerrado. Unos 16 km<sup>2</sup> de pinar fueron quemados en 2001, durante un incendio con origen en Pinalito que afectó a El Aceitillar y el Centro de Visitantes Mirador de Pelempito. Geomorfológicamente, constituye la Superficie Corrosiva El Aceitillar con su modelado asociado de *rundkarren* y *kluftkarren*, y cañones que descienden hacia Pelempito y Las Mercedes. En esta UA se sitúa la más importante mina de bauxita del país, que fue explotada por Alcoa hasta 1984-85 y conforma uno de los georrecursos más destacados del SE de República Dominicana. El sustrato es la caliza Neyba.

### TIPO RANCHO VIEJO

Se agrupan en este Tipo las UUAA más altas de la vertiente septentrional de Bahoruco Occidental, donde igualmente se registran los máximos valores de precipitación del ámbito estudiado, dada su exposición a los vientos alisios. Su vegetación es variable, desde bosques higrófilos y ombrófilos, hasta mesófilos y pinares. Hay un importante desarrollo de escarpes derivados de fallas. Geomorfológicamente abarca parte de la superficie corrosiva Los Pinos desde los 1800 hasta los 1200, incluyendo restos de aplanamientos hacia al N. Sus UUAA suman unos 184.26 km<sup>2</sup>, y lo integran 2 unidades ambientales, que son:

### UA Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo

Abarca la vertiente N de la Sierra, desde Zapotén en la frontera dominico-haitiana, hasta la caseta número 1 de la administración del Parque en Rancho Viejo, e incluye lugares como El Aguacate, cañada de Catil, Macutuca, La Esperanza, Pedro Bello, entre otros (Figura 10-8).



**Figura 10-7. Bosque higrófilo intervenido 10 años atrás en Las Abejas. Este sendero es frecuentado por ornitólogos y observadores de aves, dada su rica avifauna (JRMB, 6/11/04)**

Está casi totalmente inscrita en el PNSB, salvo por una parte de su borde



**Figura 10-8. Mosaico de formaciones vegetales (pinar, bosques ombrófilo y mesófilo) en Zapotén. En la cresta SC Los Pinos y otros restos de aplanamientos hacia la vertiente N (JRMB, 8/10/04)**



**Figura 10-9. Mezcla de pinar con bosque mesófilo en Rancho Viejo (JRMB, 3/04/03)**

NO que sobresale de éste. Con una superficie de 134 km<sup>2</sup>, tiene un rango altimétrico que varía desde los 400 hasta los 2000 m. Hay una amplia variedad de formaciones vegetales en esta UA, dado el amplio escalonamiento bioclimático, entre las que se citan: bosques higrófilo, ombrófilo, mesófilo y tropófilo, herbazales de montaña media y pinares abierto y cerrado. Se reportan algunos espacios cultivados, así como una mancha de bosque ombrófilo quemado. Geomorfológicamente presenta escarpes de inclinación superior a los 30° y restos de la superficie corrosiva Los Pinos, que se escalonan hacia la depresión de Puerto Escondido. El sustrato es caliza de la formación Neyba.

**UA Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho**

Con una superficie de aprox. 50 km<sup>2</sup>, e inscrita íntegramente en el PNSB, esta

UA tiene un rango altimétrico que varía desde los 800 a los 1900 msnsm. Las formaciones vegetales predominantes son los pinares abierto y cerrado, así como distintos tipos de bosque mesófilo (Figura 10-9). El sustrato de calizas de la formación Neyba, se presenta fracturado y plegado, con restos de superficies escalonadas y separadas por escarpes de inclinación superior a los 30°. En esta UA se han incluido los parajes de Charco Colorado, una parte del Monte Jota y Agua de Juancho, colindante con el borde de la depresión de río Arriba.

### **TIPO PUERTO ESCONDIDO**

Este Tipo alcanza una superficie de 219.30 km<sup>2</sup>, íntegramente en la base de la vertiente septentrional del Bahoruco Occidental. La vegetación que presenta mayor extensión es el bosque mesófilo, con manchas de bosque de pino. El conjunto se modela sobre calizas margosas de la Formación Sombrero, destacando como morfologías los poljes de tamaño grande y medio de Puerto Escondido del cual se toma su nombre. Se incluyen en este Tipo las siguientes UUAA:

#### **UA Monte Palma**

Esta UA se inscribe íntegramente en el PNSB. Constituye el pedimento principal de la vertiente N a 1300-1200 m, hasta alcanzar cotas de 500



**Figura 10-10. Vertiente N de Bahoruco, Pedimento Monte Palma, en primer plano; al fondo, Superficie Corrosiva Los Pinos (JRMB, 10/11/04)**

m (Figura 10-10). En su borde meridional, está separada del resto de la Sierra por una falla inversa. Su área es de 129 km<sup>2</sup>. El sustrato es caliza margosa de la formación Sombrero. La vegetación predominante es bosque mesófilo, pero hay algunas manchas de pinar y bosques ombrófilo e higrófilo al S, en el contacto con la UA Rancho Viejo-Charco Colorado. Se reportan, de manera aislada, las sabanas naturales; tam-

bién las inducidas pero sin uso actual, así como espacios cultivados y pastizales.

### UA Loma de los Charcos-Puerto Escondido

Con una extensión que alcanza los 90 km<sup>2</sup>, esta UA está fuera del PNSB, aun cuando su estado de conservación es aceptable (Figura 10-11).



**Figura 10-11. Panorámica de la UA Loma de los Charcos-Puerto Escondido, con restos de pedimento cubiertos por bosque mesófilo (JRMB, 8/10/04)**

Recientemente ha sido declarada como Reserva Biológica Charco Azul. Es oportuno destacar que la cúa (*Hyetornis ruficularis*), ave endémica de la Isla, ha sido reportada para esta UA. Su rango altitudinal varía desde los 100 a los 1000 m, con una altura media de 600 m aproximadamente. La vegetación predominante es el bosque mesófilo, y actualmente una porción importante de la UA está siendo transformada por tala de bosque para carboneo. Hay además

algunas manchas de bosque tropófilo y sabanas. El sustrato es calizas margosas de la formación Sombrero.

### TIPO RIO ARRIBA

La integran escarpes que limitan al norte la sierra de Bahoruco Occidental con bosques tropófilos y mésófilos, modelados en las calizas Neyba y Sombrero. Tiene una superficie de 112.75 km<sup>2</sup>.

### UA Río Arriba

Esta UA tiene un área de 53 km<sup>2</sup>. Esta depresión se individualiza del conjunto gracias a los escarpes modelados sobre las calizas del Eoceno de la formación Neyba (Figura 10-12). En estos el rango altitudinal es amplio. Hacia el O, el recorrido vertical de los escarpes puede superar los

1000 m (por ejemplo, Agua de Juancho se nivela a 1500 m, mientras que la depresión está a 300-400 m). La depresión es un híbrido de polje

de los denominados mixtos, que combina el modelado kárstico con la alteración de rocas graníticas en el nivel de base. El sustrato lo componen rocas del complejo ígneo (gabros, diabasas, dioritas y basaltos) que aflora a través de la formación río Arriba, compuesta esta última de areniscas, calcarenitas y calizas muy fracturadas, plegadas y basculadas.

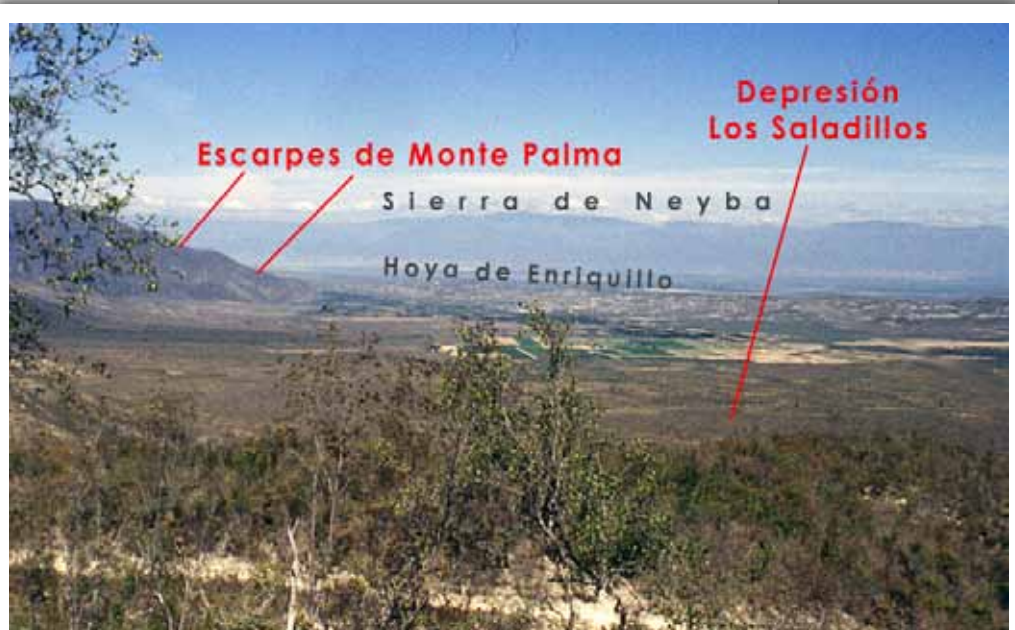
Ambas formaciones son Cretáceas, y es el único lugar del PN donde afloran materiales de este Período. Por encima descansan las calizas Eocenas de la formación Neyba. Las formaciones vegetales naturales predominantes son el bosque mesófilo (a veces con *Pinus occidentalis*) y el tropófilo. Más de la cuarta parte de la UA está cultivada o dedicada a pastizales para ganado.

### UA Escarpes de Monte Palma

Tiene un área de aprox. 60 km<sup>2</sup>, inscrita íntegramente en el PN (Figura 10-13). La tectónica de levantamiento de la vertiente N de la Sierra a través de fallas inversas, propicia escarpes derivados, que limitan el pedimento de Monte Palma de la depresión de Los Saladillos. Hay abundantes incisiones que disectan el macizo en esta UA, como son las cañadas El Caña-



**Figura 10-12.** Al centro, depresión de Río Arriba; al fondo, Superficie Corrosiva Los Pinos (JRMB, 25/02/2001)



**Figura 10-13.** Al centro, depresión de Río Arriba; al fondo, Superficie Corrosiva Los Pinos (JRMB, 25/02/2001)

veral y de los Guanos. El sustrato es la caliza margosa de la formación Sombrerito. La vegetación predominante es bosque tropófilo, sabanas arbustivas y el matorral tropo-xerófilo, mientras que en los tramos altos de los escarpes se detecta bosque mesófilo

### TIPO PELEMPITO

Este Tipo de Unidad Ambiental reúne grandes poljes justo en el límite que divide Bahoruco Occidental del Oriental. Se trata de uno de los elementos de la geodiversidad intrínseca derivada de la evolución geomorfológica y karstogenética de la Sierra. Desde este sector en dirección hacia el O, la precipitación experimenta un descenso sensible que condiciona gran parte de las formaciones vegetales del PNSB. Hay una amplia variedad de formaciones vegetales: bosques higrófilo, ombrófilo y mesófilo, así como pinares. El rango altimétrico es amplio, pues varía desde los 100 m hasta los 1700. Dos UUAA se inscriben en este Tipo:

#### UA Maniel Viejo-El Limonal



Tiene una extensión de aprox. 80 km<sup>2</sup> y se encuentra parcialmente inscrita en el PNSB (Figura 10-14). Su rango altimétrico oscila entre los 500 y los 1500 m. Se inscriben aquí una serie de poljes elevados a más de 600 m, con ejes mayores en dirección NO-SE; el polje de El Limonal tiene un hum en su centro y conos rocosos que enlazan o no con su fondo. El sustrato lo componen las calizas de la formación Neyba. Existe un fuerte control tectónico por fallas normales que orlan

**Figura 10-14. Polje de El Limonal, con bosque mesófilo en primer plano. Nótese las áreas intervenidas en el fondo de la depresión, dedicadas a pastos para ganado básicamente (JRMB, 3/11/04)**

el borde de los poljes. La vegetación natural predominante son bosques mesófilos (principalmente) y ombrófilos, así como pinar abierto. La

mayor parte de los fondos está cultivado o convertido en pastizal para ganado. El único asentamiento existente está en La Sabana, con no más de 10 casas habitadas, y El Limonal, con menos de 5. La mayor parte de los usuarios de estos recursos vive en Polo y Barahona, quienes visitan la zona periódicamente. Casi todos han contratado una o varias personas, generalmente de origen haitiano, para atender las labores agrícolas y/o ganaderas.

### UA Pelempito-El Tunal

Tiene un área de 162 km<sup>2</sup>, y está parcialmente inscrita en el PNSB (Figura 10-15). Se inscriben en esta UA los poljes de Pelempito, El Tunal y el Mijal, todos de grandes dimensiones (más de 10 km<sup>2</sup>). En torno a ellos se organiza una serie de conos rocosos de dimensiones variables, siempre con lapiaces de *rundkarren* y algunas dolinas. El sustrato son las calizas de la formación Neyba, intensamente fracturadas y plegadas. Hay un amplio desarrollo de fallas normales al S y al N de ambos poljes, algunas de ellas activas según la presencia de facetas al SE de El Tunal. Estos poljes tienen características geobotánicas diferenciadas, y están sometidos igualmente a distinta presión antrópica. El polje de Pelempito tiene bosque mesófilo de baitoa (*Phyllostylon rhamnoides*), mientras que El Tunal tiene además bosque tropófilo con *Acacia macracantha* y *Bursera simarouba*, y varias especies de la familia Cactaceae, especialmente en los sectores donde



**Figura 10-15. Bosque mesófilo del Hoyo de Pelempito, con baitoa (*Phyllostylon rhamnoides*) dominante (JRMB, 5/11/04)**

afloran los conos rocosos con lapiaz de tubo. En las vertientes altas, hacia la loma de los Yabos al N, y hacia El Aceitillar al S, esta UA cuenta también con pinares abiertos y cerrados. En las vertientes más próximas al polje de Pelempito, específicamente en la loma de Bucán Yame, predominan las sabanas naturales de montaña baja, siendo este el lugar donde mejor representadas están. A nivel de fauna hay importantes po-

blaciones de *Amazona ventralis*, amenazadas por el pichoneo (captura de pichones en troncos de anidamiento para la venta).

### **TIPO LAS MERCEDES**

Este Tipo, situados en la vertiente meridional de la sierra, se diferencia del conjunto analizado por presentar karst de cobertera con colinas en los pisos intermedios y karst de plataforma en niveles bajos, así como por lo reciente e intenso de la transformación del medio natural en los sectores altos. Contiene además el único lugar donde se han reportado bauxitas para RD. Abarca 475.15 km<sup>2</sup>, y lo integran 4 UUA:

#### **UA Los Arroyos-El Mogote**



**Figura 10-16. Vista hacia el S desde la carretera que comunica Los Arroyos con Loma del Toro. Cabe resaltar el grado de transformación de esta UA, el cual queda reflejado en esta imagen (JRMB, 29/7/04)**

Esta UA, con 41 km<sup>2</sup> y orientada en dirección predominante NO-SE, se sitúa al N de la frontera agropecuaria. Sólo la mitad de su extensión se encuentra dentro del PNSB (Figura 10-16). Además de los parajes Los Arroyos y El Mogote, se incluyen también Bella Vista, La Canoa y una parte de Las Abejas. El sustrato es la caliza de Neyba. La estructura más importante es la pro-

longación meridional del pliegue de Los Güiritos, cuyo eje es de dirección OSO-ENE, contrario al lineamiento general detectado en la Sierra. En términos geomorfológicos destaca el modelado de *kuppenkarst*, específicamente en la localidad "El Mogote". Algo más del 65% está cultivado, mientras que la escasa vegetación natural la componen básicamente bosques ombrófilo e higrófilo y pinar abierto. En 2003, un incendio quemó unos 2 km<sup>2</sup> de pinar de esta UA en las proximidades de El Mogote-Las Abejas.

#### **UA Mencía-La Altigracia-Aguas Negras-Las Mercedes**

Su extensión alcanza los 110 km<sup>2</sup> y está fuera del PNSB, aunque constituye una verdadera zona de amortiguamiento del área protegida (Figura



10-17). Es la UA del entorno del Parque con mayor extensión relativa dedicada a la producción agrícola y ganadera (70%) dentro del ámbito de estudio. El sustrato es variado, con calizas de la formación Neyba al N, crestas y calizas margosas de la formación Sombrero al O, mientras que al S predomina la caliza Miocena de la formación Pedernales. Geomorfológicamente se caracteriza por la presencia



**Figura 10-17. Panorámica de la vertiente S de la Sierra en la “Escalera de las Mercedes”. Es la UA con mayor carga antrópica del entorno del PNSB (JRMB, 7/11/04)**

del pedimento El Aceitillar, y restos de las superficies corrosivas que conforman la denominada “Escalera de Las Mercedes”. La superficie más baja, denominada “Las Mercedes”, está basculada a contrapendiente. Los asentamientos y parajes inscritos son Mencía, La Altagracia, Manacle, Ávila, Aguas Negras, Sitio Nuevo, Las Mercedes, entre otros. La vegetación natural predominante la componen bosques ombrófilo y mesófilo, organizados en torno a las cañadas como en los casos de Las Abejas y El Barraco.

### **UA Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero**

Es la más grande todas las UUAA, con 295 km<sup>2</sup>. Se sitúa al S y SE de El Aceitillar, y al E de Las Mercedes. Geomorfológicamente está compuesta por el pedimento El Aceitillar, y las superficies esca-



**Figura 10-18. Bosque mesófilo joven en Mapioró, al N de la comunidad de Oviedo (JRMB, 8/8/2003)**

lonadas de la UA anterior. Aquí se acentúa el basculamiento a contrapendiente de la superficie de Las Mercedes, y el pedimento El Aceitillar se expande notablemente. El sustrato está compuesto por las calizas de la formación Aceitillar y las caliza Miocena de las formación Peder-

nales. En esta UA se sitúa la cantera abandonada de Las Mercedes. La vegetación natural predominante la componen bosques mesófilos (Figura 10-18) y tropófilos, y sabanas naturales. En las proximidades de Macandela hay abundantes espacios dedicados a cultivo y pastizales para ganado.

### UA Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales

Esta UA tiene una extensión de 28.47 km<sup>2</sup>, con un rango altimétrico que oscila entre los 300 y los 1000 m. Esta fuera del PNSB, pero conserva una red de bosques de ribera que constituyen los mejores corredores ecológicos de la vertiente S de la Sierra. Su territorio lo componen la cuenca del río Pedernales y su afluente, el Mulito. Es la única UA de la vertiente S con escorrentía permanente. En cuanto a fauna, destacan los repor-

tes de huellas de solenodon (*Solenodon paradoxus*), un mamífero endémico de La Española, muy amenazado (comunicación personal de E. Fernández y N. Corona). La vegetación natural son bosques ombrófilo y mesófilo, organizados en torno a los cauces de los ríos Pedernales y Mulito. Más de un 75% está cultivado o, en su defecto, dedicado a pastos para ganado (Figura 10-19). El sustrato lo componen las calizas margosas y cretas de la formación Sombrerito, fuertemente fracturadas. Las formas comunes son los escarpes que modelan las fallas, cúpulas y conos kársticos, así como cañones, terrazas, abanicos aluviales y pedimentos. Los asentamientos más destacados de esta UA son Cabo Duarte, Bucán Tanjón, La Manigua, entre otros.



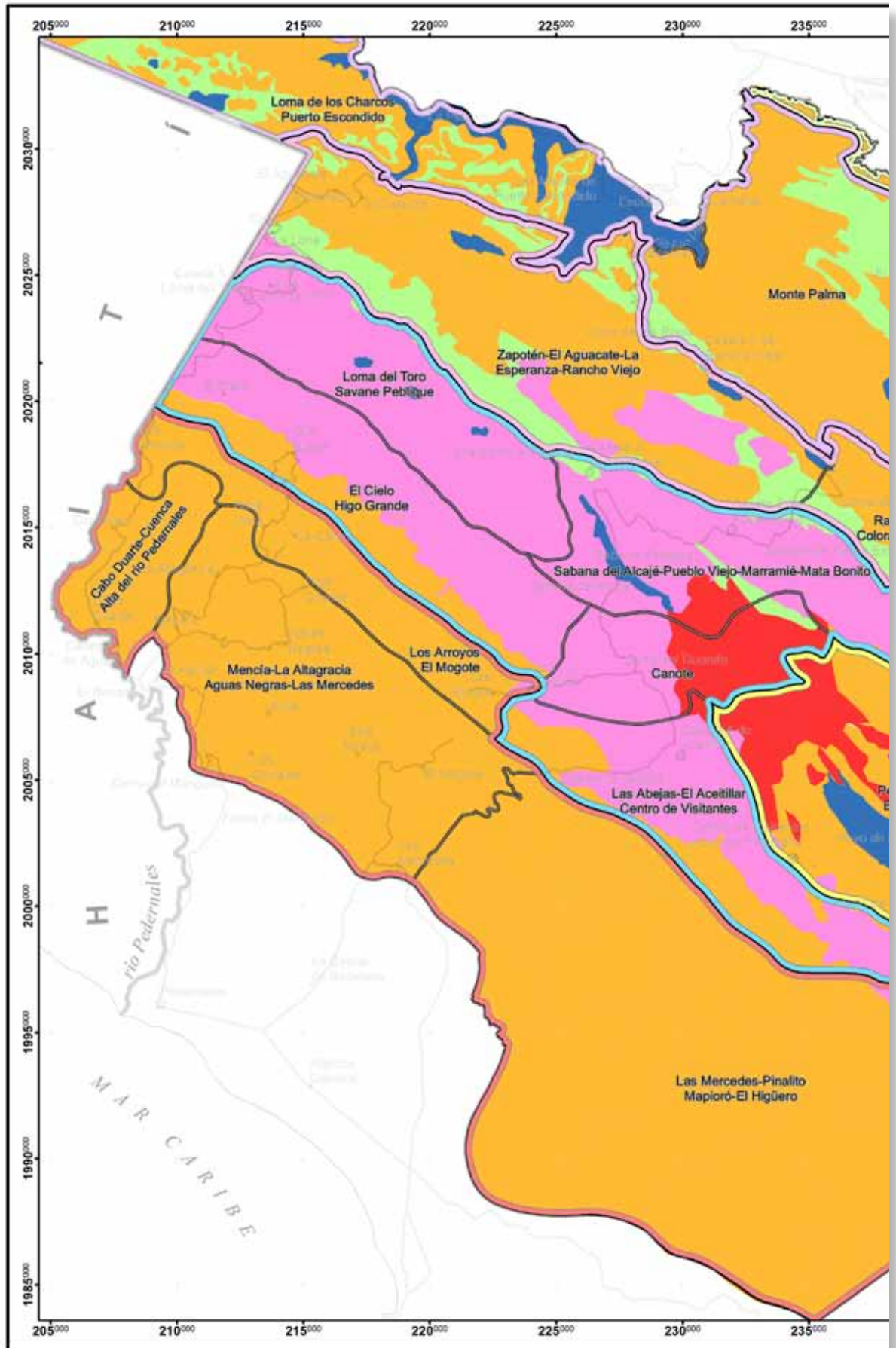
**Figura 10-19. Karst de cúpulas de Cabo Duarte; en primer plano, polje homónimo (JRMB, 7/10/04)**

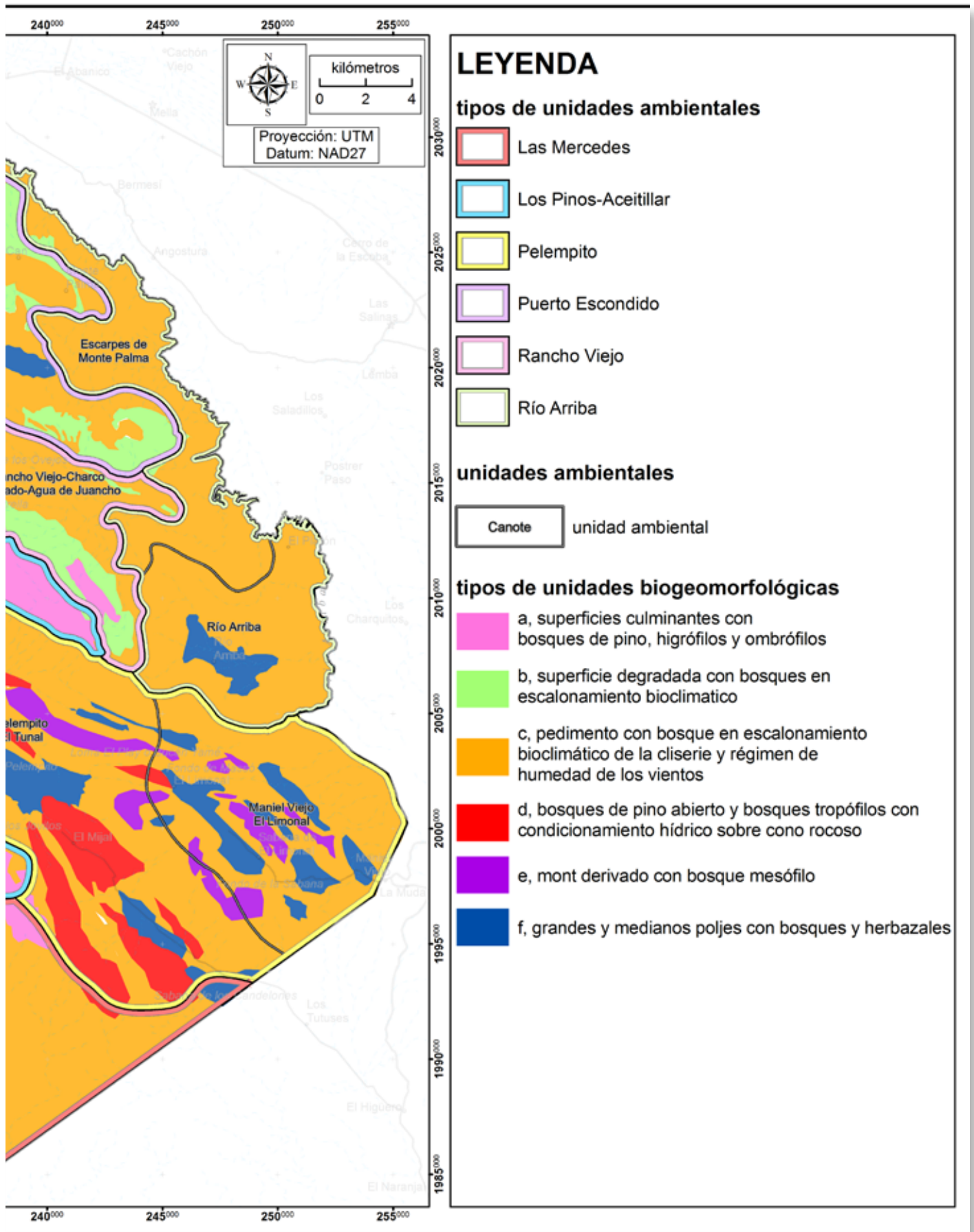
tes de huellas de solenodon (*Solenodon paradoxus*), un mamífero endémico de La Española, muy amenazado (comunicación personal de E. Fernández y N. Corona). La vegetación natural son bosques ombrófilo y mesófilo, organizados en torno a los cauces de los ríos Pedernales y Mulito. Más de un 75% está cultivado o, en su defecto, dedicado a pastos para ganado (Figura 10-19). El sustrato lo componen las calizas margosas y cretas de la formación Sombrerito, fuertemente fracturadas. Las formas comunes son los escarpes que modelan las fallas, cúpulas y conos kársticos, así como cañones, terrazas, abanicos aluviales y pedimentos. Los asentamientos más destacados de esta UA son Cabo Duarte, Bucán Tanjón, La Manigua, entre otros.

Ver “Mapa de Tipos de UAAA, y sus respectivos subtipos, del Parque Nacional Sierra de Bahoruco y su entorno” páginas siguientes.

**Mapa de Tipos de UUAA, y sus respectivos subtipos, del Parque Nacional Sierra de Bahoruco y su entorno**

**Mapa**







**CAPÍTULO XI.  
DIAGNÓSTICO  
POR UNIDADES  
AMBIENTALES**





## **Análisis de la dinámica del uso y la cobertura del suelo por Unidades Ambientales, 1973-2003**

**H**ay dos grandes hitos en la conservación de la naturaleza en la segunda mitad del siglo XX: el cierre de los aserraderos en 1967, y la declaración de Parques Nacionales y Reservas Científicas en distintos sistemas montañosos del país. El primero promovió la regeneración de muchos bosques, especialmente los de montaña y específicamente el ombrófilo, el higrófilo y el pinar. El segundo otorgó protección a valiosos geoeosistemas en el conjunto del país, y de forma particular frenó en el PNSB el avance de los aserraderos permitiendo la regeneración de las formaciones vegetales del Bahoruco Occidental.

Sin embargo, estas tendencias conservacionistas no se acompañaron de medidas compensatorias ni de valoración de los servicios ambientales para la población local y, por lo tanto, aun cuando la presión sobre el bosque disminuyó considerablemente, se dejaron muchos problemas latentes. La conservación de los recursos naturales del PNSB no se ha tecnificado hasta muy recientemente y, aunque se diseñó un sistema de protección y vigilancia, algunas áreas quedaron a merced de la presión expansiva de la frontera agropecuaria. La vertiente S del PN es el mejor ejemplo de ello.

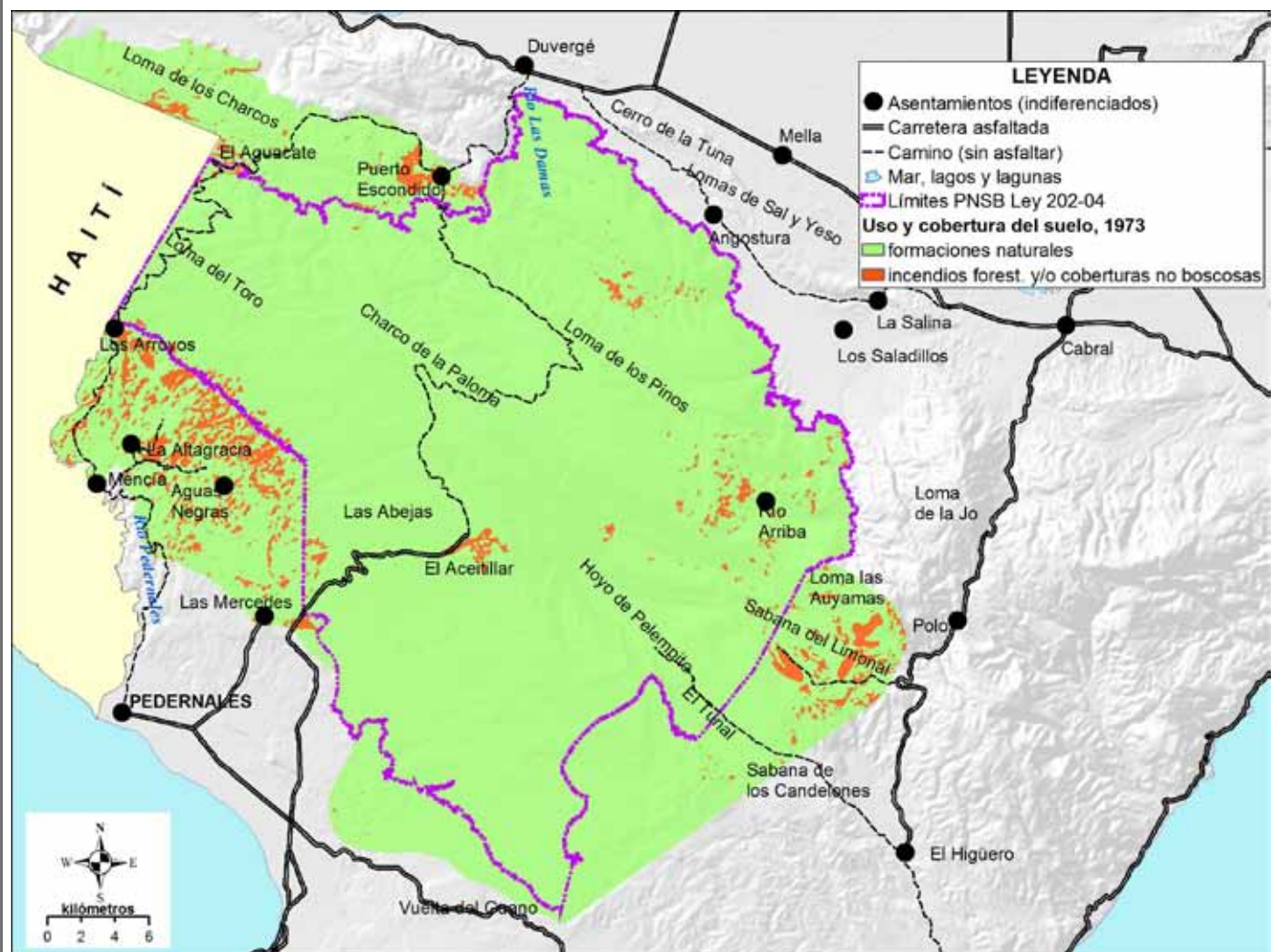
En este análisis se aborda el grado de transformación del uso y cobertura del suelo entre 1973 y 2003 (30 años). Para ello se han empleado el soporte cartográfico de orto-imágenes LandSat MSS y ETM+, cuya procedencia y pre-procesamiento ha sido descrito en el capítulo 1.

El mapa de uso y cobertura de cada año se obtuvo aplicando el método de clasificación supervisada. En el de 1973, los sitios de muestreo fueron capturados desde fotos aéreas de 1967 y 1984, mientras que para el mapa de 2003 se seleccionaron en terreno. Estos sirvieron para construir un archivo de firmas digitales de los usos o coberturas existentes para cada una de las bandas disponibles.

La ortoimagen de 1973 fue clasificada utilizando 2 firmas, correspondientes a:

- Formaciones boscosas naturales y sabanas naturales o inducidas antrópicamente sin uso actual. Este elemento incluye los herbazales de media montaña, como los de Loma del Toro, Villa Aida, Pueblo Viejo, etc., y también incluye aquellas sabanas naturales o inducidas que no estén siendo utilizadas por el ser humano, como las de Bucán Yame, al N del Hoyo de Pelempito;
- Incendios forestales y/o cobertura no boscosa con uso antrópico: agrícola (en sus distintas etapas, como barbecho, vegetación secundaria, quema, deshierbe, arado, etc.), ganadero,

minero o indiferenciado. Esta categoría hace referencia a todas aquellas áreas que están sometidas a uso antrópico, o que



**Figura 11-1. Mapa de uso y cobertura del Parque Nacional Sierra de Bahoruco y su entorno para el año 1973**

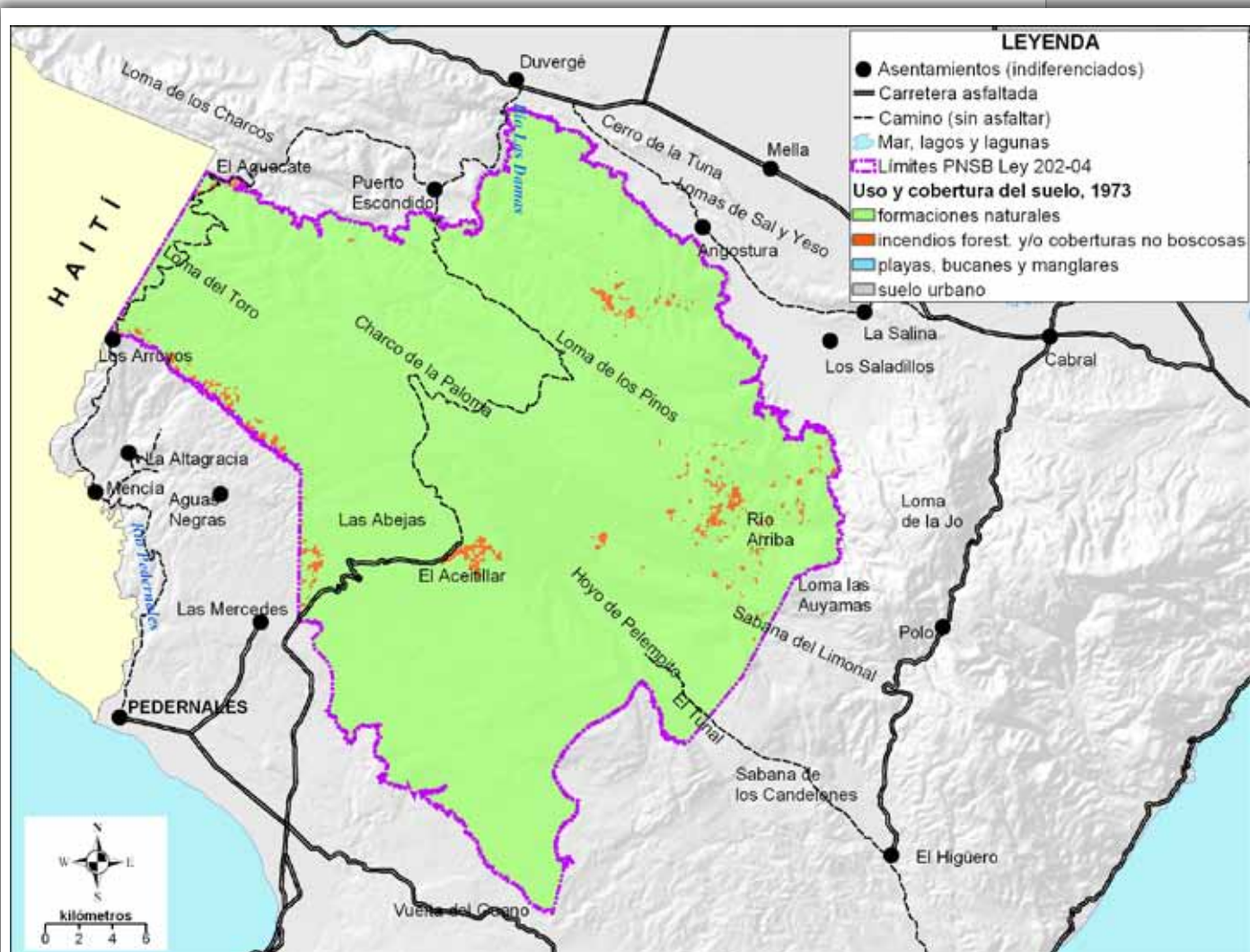
han experimentado degradación a partir de un incendio forestal de menos de 4 años de antigüedad (para 1973 no había incendios de estas características, pero en 2003 sí, como el de Pinalito, al S de El Aceitillar).

En el caso de la orto-imagen de 2003, se emplearon 22 firmas digitales, dada la mayor cantidad de información disponible al tratarse de una fuente actual. Posteriormente, las coberturas resultantes fueron agrupados hasta conseguir un mapa con los mismos 2 elementos de la clasificación de 1973.

Ambos mapas fueron superpuestos y “cruzados” mediante un módulo de detección de cambios. Los resultados de este proceso informan

sobre el grado de avance o retroceso de una formación respecto del resto y viceversa. A continuación, se presentan los resultados en detalle.

En 1973, el uso y cobertura de la tierra de los 1543 km<sup>2</sup> que suman el conjunto de las 17 unidades ambientales seleccionadas (PNSB y entorno),

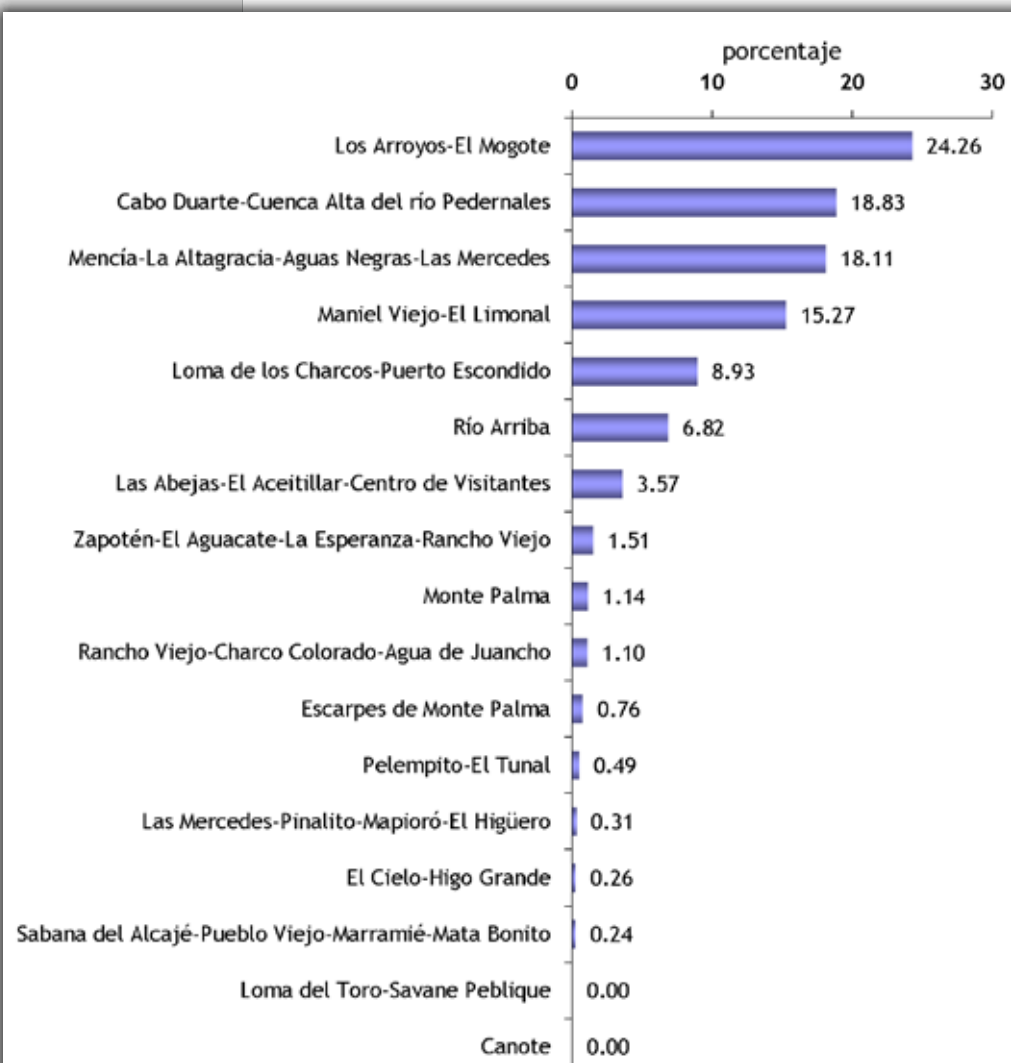


**Figura 11-2. Mapa de uso y cobertura del PNSB en el año 1973**

estaba distribuido según el siguiente reparto: 96% formaciones naturales, 4% coberturas no boscosas con uso antrópico (agricultura, ganadería y minería). El mapa de la Figura 11-1 ilustra dicha distribución.

Para esta fecha, el PNSB estaba íntegramente conservado. Las únicas unidades con uso antrópico eran Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes (por la mina de la Alcoa), así como Río Arriba, Monte Palma y El Cielo-Higo Grande (con un escaso avance de la frontera agropecuaria hacia el bosque nublado).

Circunscribiendo el análisis a los 1069 km<sup>2</sup> del Parque Nacional Sierra de Bahoruco a modo de ejemplo, las proporciones eran las siguientes: un 99% estaba conservado y el restante 1% estaba compuesto por las coberturas no boscosas con uso antrópico. El mapa de la Figura 11-2 ilustra dicha distribución.



Fuera del AP, los cultivos se distribuían por el S, N y E. Las unidades con mayor superficie cultivada eran, en orden de mayor a menor: Los Arroyos-El Mogote, Cabo Duarte-Cuenca alta del río Pedernales, Mencia-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes (en esta unidad, aparte de los cultivos y pastizales, también se incluye la cantera de bauxita de Las Mercedes, explotada por Alcoa), Maniel Viejo-El Limonal

**Figura 11-3. Distribución de las coberturas no boscosas con uso antrópico según unidades ambientales del PNSB y su entorno en 1973**

y Loma de los Charcos-Puerto Escondido. La Figura 11-3 ilustra gráficamente las distribuciones porcentuales.

Cuatro conclusiones se extraen de estos datos: 1) lo que actualmente está delimitado como Parque Nacional Sierra de Bahoruco **se encontraba poco o nada degradado**; 2) había una **baja presión de las comunidades** sobre los recursos naturales del entorno, especialmente las de la vertiente S, que dependían básicamente de una producción relativamente sostenible de café bajo sombra; 3) la Loma de los Charcos (hoy Reserva Biológica Charco Azul) **no estaba degradada**, aunque para esta fecha ya empezaba la afección sobre los bosques mesófilo y ombrófilo; 4) la depresión de **río Arriba ya estaba transformada** en 1973.

En 2003 se observa que la frontera agropecuaria ha avanzado de manera sostenida. La mayor parte de las unidades ambientales ya cultivadas siguen estándolo hoy; aunque la minería ha cesado, el impacto causado no ha sido revertido adecuadamente. Para este año, el reparto de usos y coberturas en el conjunto de unidades ambientales del PNSB y su entorno (1543 km<sup>2</sup>) se distribuye de la siguiente manera: un 82% de la superficie del conjunto de unidades ambientales es formación natural; un 18% es área transformada para: cultivo, ganadería, minería y/o incendios forestales de menos de 3 años (estos últimos dentro del PNSB). La Figura 11-4 ilustra la distribución de estas coberturas.

La aportación más importante de este análisis es la gran diferencia de porcentajes de usos y coberturas entre 1973 y 2003. **Se han perdi-**

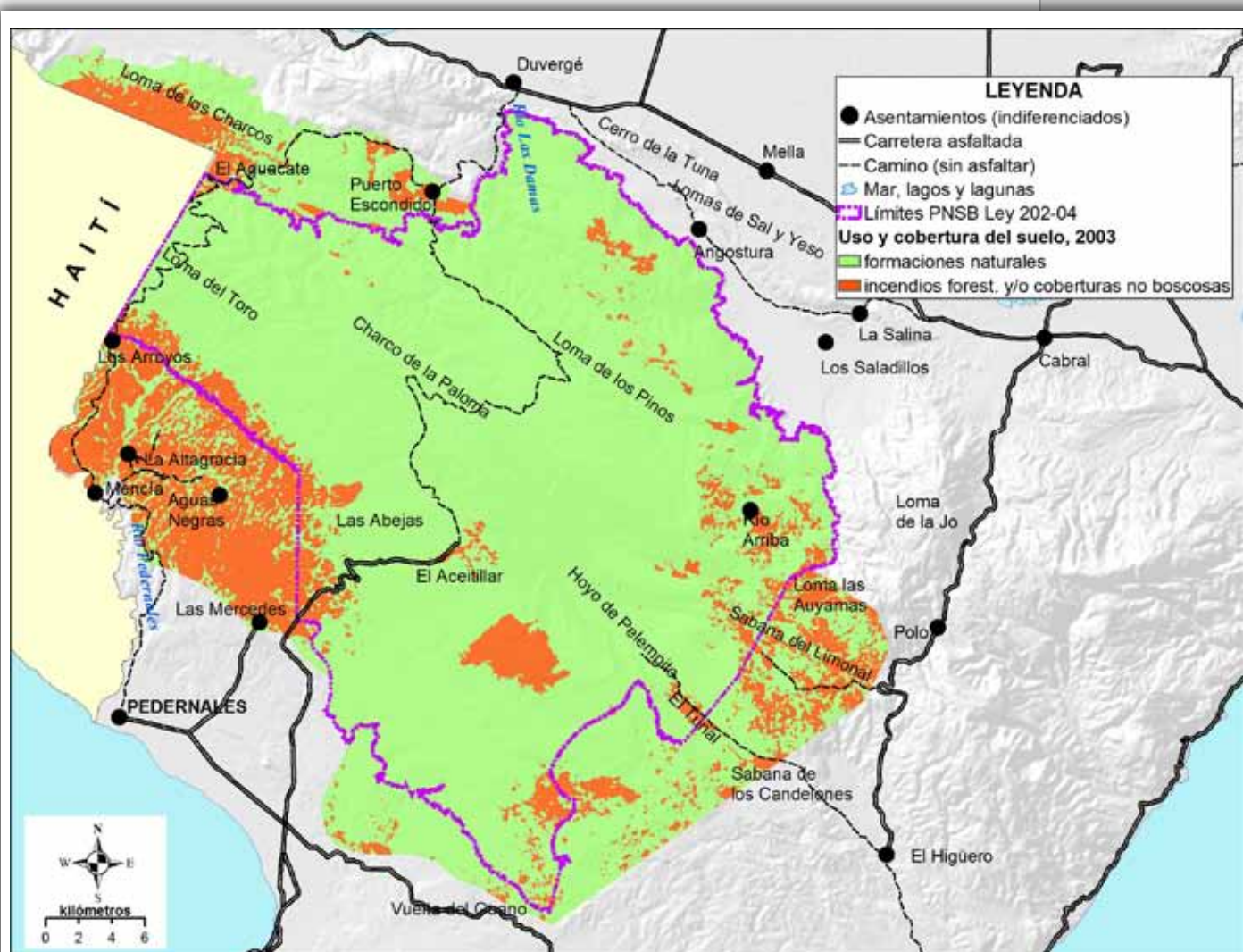


Figura 11-4. Mapa de uso y cobertura del PNSB y su entorno para el año 2003

do, en el conjunto de las unidades ambientales, un total de 226 km<sup>2</sup> de formaciones naturales (un 13% del total de superficie de las unidades ambientales y un 14% del total de formaciones naturales de 1973). Si se compara con otros territorios dominicanos, podría pare-

cer que la afección es pequeña. Sin embargo, en el caso de la Sierra, el impacto más intenso lo recibe el bosque nublado, una de las formaciones vegetales más frágiles del dominio tropical. La presión la ejerce el avance de la frontera agropecuaria hacia el NE, desde localidades como Los Arroyos, Qué Busca, Bella Vista, Higo Grande y El Mogote. El bosque se elimina (tumba) para sembrar cultivos de ciclo corto, como papas, habichuelas y cebollas por parte de productores con experiencias traídas desde Constanza, Valle Nuevo y Tireo (Cordillera Central).

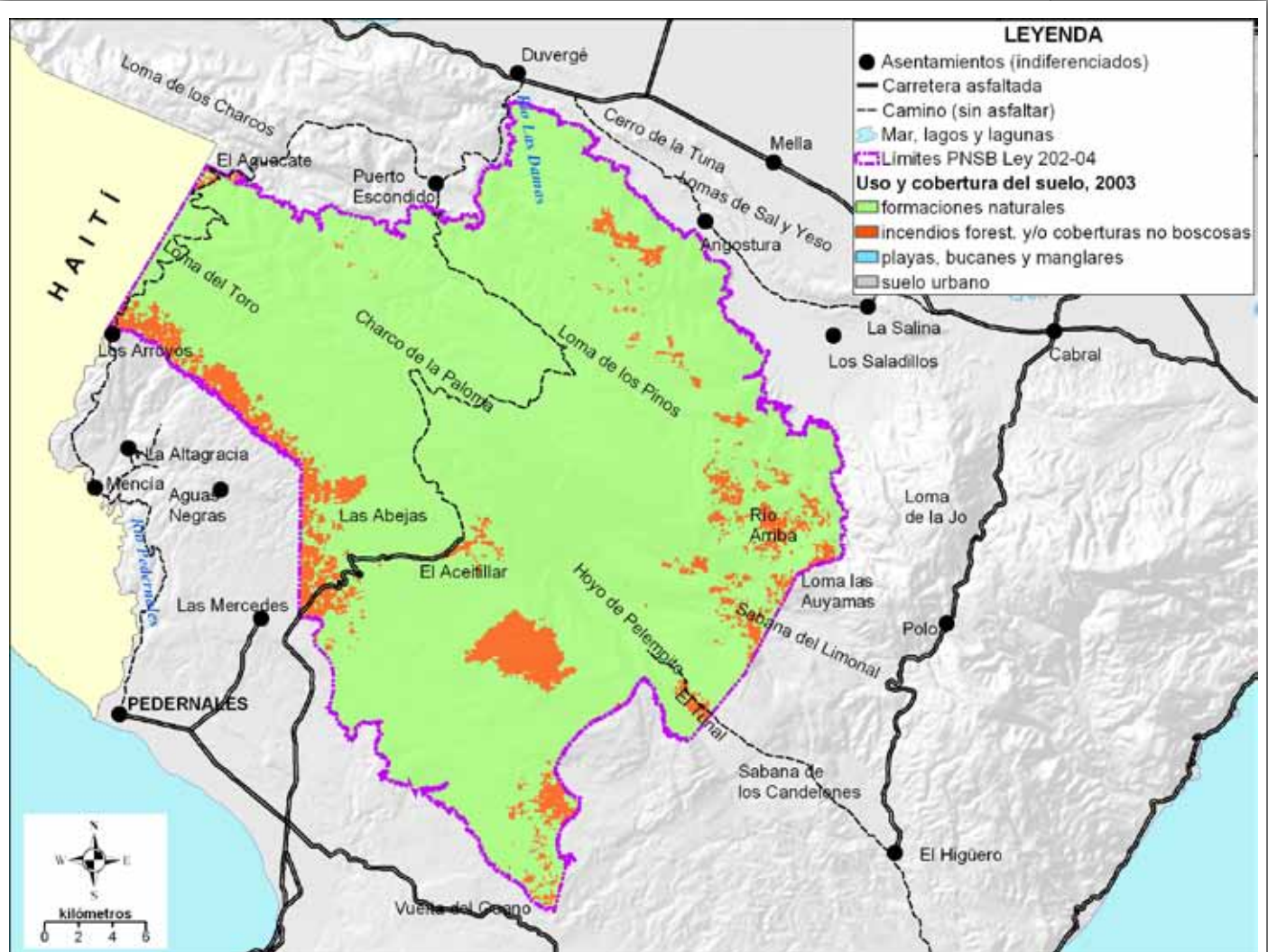
Otro lugar intensamente afectado es el km 25 de la carretera Cabo Rojo-El Aceitillar. Aquí hay *jumpas* (vivienda de condiciones precarias construidas por haitianos, donde viven generalmente una o varias familias próximas o en el terreno donde cultivan sus productos), dentro de cultivos que **han terminado por sabanizar el entorno a solicitud de los propietarios u ocupantes dominicanos**, bajo la modalidad de "a medias"<sup>1</sup> o "a quintas"<sup>2</sup> (McPherson y Schwartz, 2004).

Aplicando éste análisis al PNSB, los 1069 km<sup>2</sup> se reparten según la siguiente distribución (Figura 11-5): 92% son formaciones naturales, que incluye el pinar, los bosques ombrófilo, higrófilo, mesófilo y tropófilo, el matorral tropo-xerófilo, los herbazales de media montaña y las sabanas naturales; el restante 8% es superficie afectada por los incendios forestales de menos de 3 años de antigüedad (respecto de la fecha de captura de la imagen) y las coberturas no boscosas con uso antrópico.

En total, se han perdido 69 km<sup>2</sup> de formaciones vegetales naturales (el 7% de la superficie del PNSB). La Figura 11-6 resalta en rojo, sobre composición en color real, los sectores donde las formaciones naturales han retrocedido. Se concentran especialmente en las unidades ambientales Los Arroyos-El Mogote y El Cielo-Higo Grande; también destacan las áreas cultivadas en la unidad ambiental Pelempito-El Tunal (el cultivo de maíz y habichuela de El Tunal), Maniel Viejo-El Limonal y Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero. En esta última, la frontera agropecuaria ha avanzado con mayor velocidad durante los últimos 8 años, para dar paso a cultivos de ciclo corto y ganadería en terrenos con poco suelo. La unidad ambiental Río Arriba experimentó también una expansión de su superficie cultivada.

- 1 Acuerdo de producción agropecuaria, entre un propietario u ocupante del terreno (de nacionalidad dominicana), y uno o varios trabajadores, generalmente haitianos o descendientes. El primero proporciona el capital para siembra, mientras que el segundo provee la mano de obra. Tras la venta de la cosecha, el propietario primero debita la inversión; los beneficios resultantes son repartidos a medias.
- 2 Acuerdo de la misma naturaleza que el anterior, en el que el dominicano "cede" los derechos de uso sobre la tierra al haitiano; este último hace todas las inversiones necesarias para la siembra, tanto en capital como en mano de obra, y aquel recibe un quinto de la cosecha.

Por otra parte, los incendios forestales ocurridos entre 2000 y 2003 (menos de 3 años de antigüedad) afectaron también la vegetación



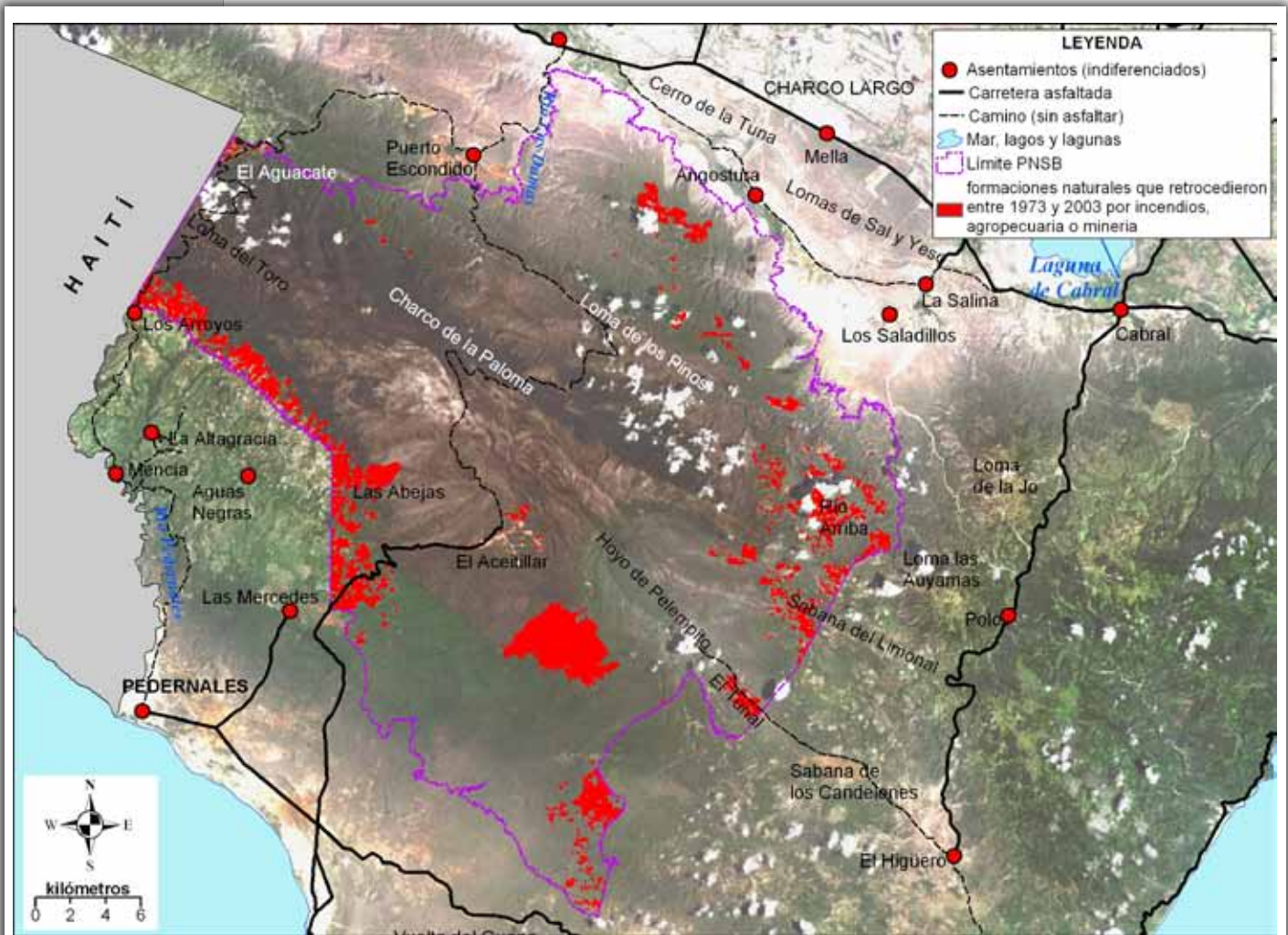
**Figura 11-5. Mapa de uso y cobertura del PNSB en el año 2003**

natural, especialmente el de Pinalito, que en 2001 calcinó unos 16 km<sup>2</sup> (1600 Ha) de pinar cerrado. Otro incendio que influyó en la pérdida de formaciones naturales fue el de 2003, en Las Abejas, que afectó a unos 2 km<sup>2</sup> de pinar (200 Ha).

Fuera del AP, las unidades ambientales más afectadas son: Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales, Mencia-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes, Los Arroyos-El Mogote (en estos casos se debe a la transformación para producción de cultivos de ciclo corto), y Loma de los Charcos-Puerto Escondido (que se interpreta como el avance de la frontera agropecuaria desde Haití) (ver Figura 11-7).

Del análisis del mapa de uso y cobertura de 2003, se puede afirmar lo siguiente:

- Las unidades ambientales situadas al S y al E son las más afectadas, no sólo en el entorno del PN, sino también varios kilómetros hacia dentro de su límite;
- La Loma de los Charcos, hoy Reserva Biológica Charco Azul, experimentó una transformación sensible. Esta constituye el único hábitat donde se reporta la cúa en la Sierra de Bahoruco;
- El polje de El Rejantal, en la unidad ambiental Loma de los Charcos-Puerto Escondido, ha sido puesto en cultivo recientemente.



**Figura 11-6. Formaciones naturales (resaltadas en rojo) que retrocedieron entre 1973 y 2003 por incendios, agropecuaria y minería, en un análisis referido sólo al PNSB**

La vegetación de estos poljes y la fauna asociadas se están perdiendo;

- Según reportan los propios pobladores, un aumento de la precipitación en los años anteriores a 2005, ha inducido la transformación de los bosques de río Arriba en cultivos;
- En Monte Palma, la superficie boscosa ha mantenido su extensión. Reportes de pobladores confirman que esta unidad ambiental ha perdido presión antrópica respecto de décadas anteriores;



- La unidad Pelempito-El Tunal experimentó en 2005 una intervención antrópica a causa del cultivo de habichuelas y maíz (con una extensión de más de 2.5 km<sup>2</sup>) establecido en 2001 en la depresión de El Tunal.

De este análisis diacrónico del uso y cobertura del suelo en las 17 unidades del PNSB y su entorno (1543 km<sup>2</sup>) se extraen las siguientes conclusiones ambientales del PNSB y su entorno en la Sierra de Bahoruco Occidental:

- En las 17 unidades ambientales **se han perdido 226 km<sup>2</sup> de formaciones naturales**, un 14% de lo que había en 1973;
- **El PNSB perdió unos 64 km<sup>2</sup> de formaciones naturales**, un 7% de la superficie del AP. Esta transformación responde al avance paulatino de la frontera agrícola desde la UA Los Arroyos-El Mogote hacia El Cielo-Higo Grande; así como en río Arriba, Pelempito-El Tunal y Maniel Viejo-El Limonal. Además, los incendios de Pinalito (16 km<sup>2</sup>) y Las Abejas (2 km<sup>2</sup>) influyeron en esta transformación;
- **De las 17 unidades ambientales, 7 han perdido más del 10% de formaciones naturales respecto de 1973.**

En orden de

mayor a menor pérdida: Cabo Duarte-Cuenca alta del río Pederna-

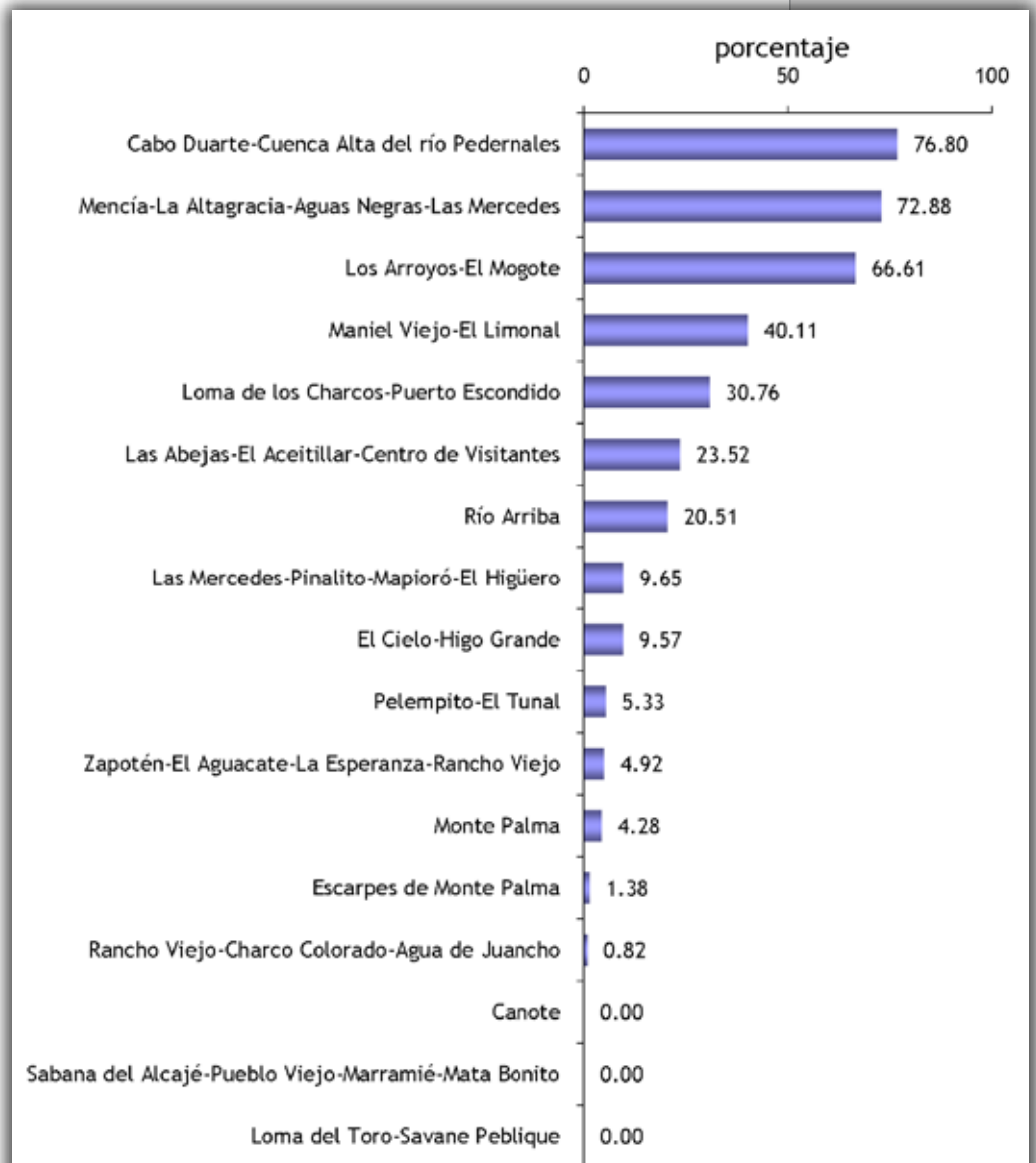


Figura 11-7. Distribución de las coberturas no boscosas con uso antrópico según unidades ambientales del PNSB y su entorno en 2003

les (72%), Mencía-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes (67%), Los Arroyos-El Mogote (56%), Maniel Viejo-El Limonal (29%), Loma de los Charcos-Puerto Escondido (24%), Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes (21%) y Río Arriba (14%);

- De las 10 restantes, 6 (inscritas en el PNSB) han perdido menos del 10% de su superficie de formaciones naturales, relacionadas a continuación: Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero (9%), El Cielo-Higo Grande (9%), Pelempito-El Tunal (5%), Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo (4%), Monte Palma (3%), Escarpes de Monte Palma (1%). Las 4 restantes han mantenido íntegramente sus formaciones naturales, todas inscritas en el PNSB: Loma del Toro-Savane Peblique, Canote, Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marramié-Mata Bonito, Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho.

### Estados de Conservación y Degradación por Unidades Ambientales del PNSB y Entorno

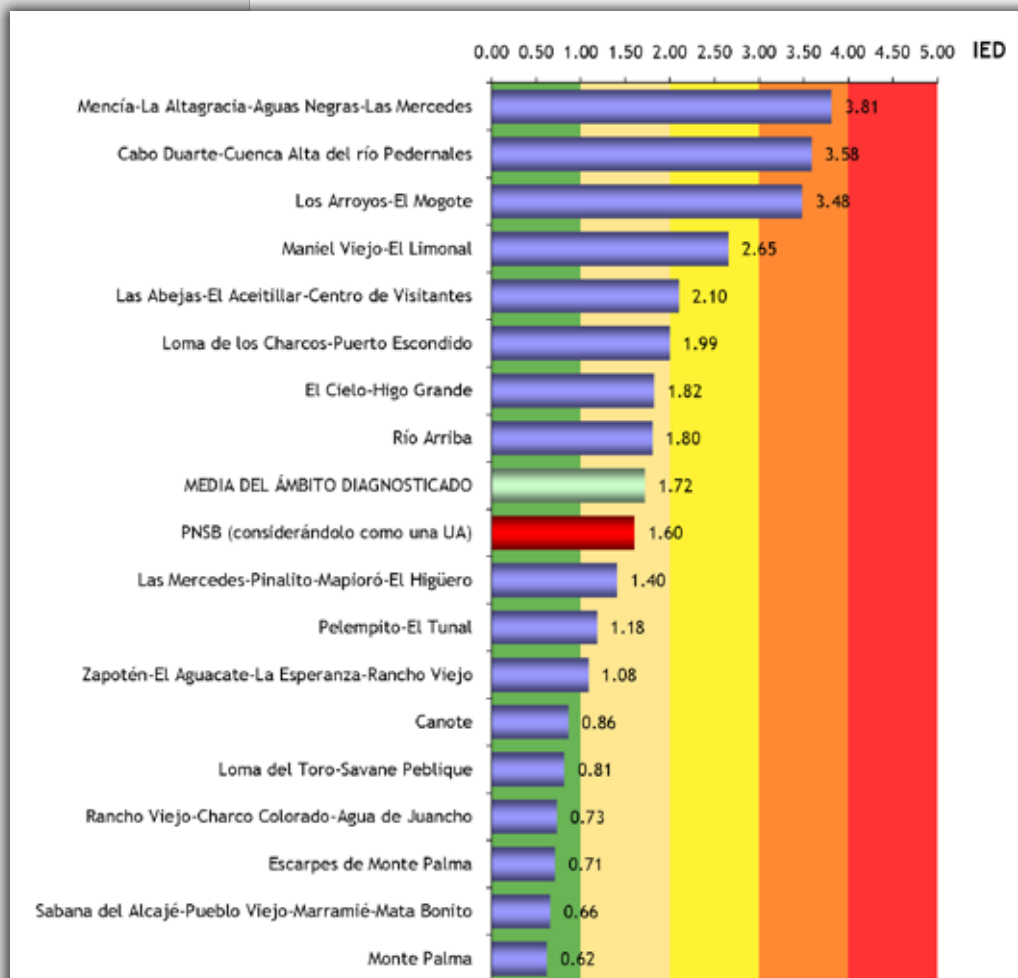


Figura 11-8. Índice del Estado de Degradación de las UUA del PNSB y su Entorno. Clave barras horizontales: verde, media del ámbito diagnóstico; barra roja, PNSB considerándolo como una UA. Clave rellenos de fondo: niveles de alerta

De cada unidad se evaluó el Índice del Estado de Degradación según sus 6 variables:

- Grado de subdivisión;
- Grado de fragilidad;
- Grado de degradación ambiental;
- Grado de conversión;
- Grado de pérdida de bloques de formaciones naturales y
- Grado de pérdida de formaciones naturales o hábitats.

El IED se calcula en base a la media ponderada del conjunto de variables de una misma unidad. Para cada

UA, la Tabla 11-1 muestra los valores por variable de IED; la Figura 11-8 presenta la distribución gráfica del IED (entre 0 y 5).

**Tabla 11-1. IED (con valores sus variables), niveles de alerta y estado de conservación por UUA del PNSB y su entorno.**

Nombre	VGS	VGf	VGd	VGc	VGB	VGh	IED	Nivel de alerta/ estado de conservación
Loma del Toro-Savane Pebligue	0.00	3.71	0.67	1.67	0.00	0.00	<b>0.81</b>	<b>Verde/Óptimo</b>
Sabana del Alcajé- Pueblo Viejo- Marramié-Mata Bonito	0.00	3.94	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.66</b>	<b>Verde/Óptimo</b>
Zapotén-El Aguacate- La Esperanza-Rancho Viejo	1.00	3.17	0.67	4.00	0.00	0.00	<b>1.08</b>	<b>Marrón/Aceptable</b>
Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho	0.00	3.53	0.00	1.67	0.00	0.00	<b>0.73</b>	<b>Verde/Óptimo</b>
Monte Palma	1.00	1.88	0.00	1.67	0.00	0.00	<b>0.62</b>	<b>Verde/Óptimo</b>
Loma de los Charcos- Puerto Escondido	3.00	1.29	1.00	2.33	2.00	2.00	<b>1.99</b>	<b>Amarillo/ Vulnerable</b>
Maniel Viejo-El Limonal	4.00	0.93	3.00	3.00	2.00	3.00	<b>2.65</b>	<b>Amarillo/ Vulnerable</b>
Pelempito-El Tunal	1.00	2.24	0.67	3.00	0.00	1.00	<b>1.18</b>	<b>Marrón/Aceptable</b>
Río Arriba	2.00	1.29	3.33	1.67	1.00	2.00	<b>1.80</b>	<b>Marrón/Aceptable</b>
Escarpes de Monte Palma	0.00	2.60	1.67	1.67	0.00	0.00	<b>0.71</b>	<b>Verde/Óptimo</b>
El Cielo-Higo Grande	1.00	3.74	1.33	5.00	1.00	1.00	<b>1.82</b>	<b>Marrón/Aceptable</b>
Canote	0.00	3.98	0.67	1.67	0.00	0.00	<b>0.86</b>	<b>Verde/Óptimo</b>
Los Arroyos-El Mogote	5.00	0.87	5.00	5.00	4.00	3.00	<b>3.48</b>	<b>Naranja a rojo/En peligro</b>
Las Abejas-El Aceitillar- Centro de Visitantes	3.00	2.58	1.00	3.00	1.00	2.00	<b>2.10</b>	<b>Amarillo/ Vulnerable</b>
Mencía-La Altagracia- Aguas Negras-Las Mercedes	5.00	1.00	5.00	5	4.00	4.00	<b>3.81</b>	<b>Naranja a rojo/En peligro</b>
Las Mercedes-Pinalito- Mapioró-El Higüero	1.00	1.59	1.00	4.67	1.00	1.00	<b>1.40</b>	<b>Marrón / Aceptable</b>
Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales	5.00	1.00	4.00	3.00	4.00	4.00	<b>3.58</b>	<b>Naranja/En peligro</b>
<b>Promedio</b>							<b>1.72</b>	<b>Marrón / Aceptable</b>

Para la valoración cualitativa, además de los datos recogidos directamente en campo, se utilizaron distintas fuentes, entre las que destacan la información colectada en talleres participativos, el análisis diacrónico de la dinámica del uso y cobertura en el PNSB y su entorno (1973-2003) y el mapa de formaciones vegetales, uso y cobertura del suelo en 2003. A continuación, se explica en detalle la valoración hecha para cada unidad, siguiendo el orden establecido por Tipos y subtipos de UUA en el capítulo anterior.

## TIPO LOS PINOS-ACEITILLAR

### UA Loma del Toro-Savane Pebligue

Esta UA está poco degradada y presenta un estado de conservación óptimo (nivel de alerta verde). Su IED sería más bajo si el incendio de



**Figura 11-9. Malla para la colecta de material combustible, próximo a la Sabana de Canote. Forma parte de un estudio realizado por el Departamento de Investigación Forestal de la ESNAFOR, Subsecretaría de Recursos Forestales (JRMB, 6/10/04)**

1993 en Savane Pebligue no hubiese calcinado parte de su pinar. Sin embargo, en el conjunto de la UA y, considerando su extensión, este impacto podría considerarse como absorbido. La regeneración en el área quemada terminará por conformar una unidad estable en los próximos años, aunque el proceso será más lento por la alta pedregosidad (Savane Pebligue), la exposición al viento y las bajas tempe-

raturas. Los incendios provocados por causas naturales, como descargas eléctricas, siempre suponen un porcentaje muy bajo en los registros, regularmente menos del 5%. En las tablas de incendios recientes de DGF (en ULG, 1999), no hay registrado ninguno por causas naturales. Los incendios forestales provocados tienen lugar normalmente durante la temporada seca, lo que aumenta el potencial de destrucción y termina por afectar a pinos adultos y se pierde la posibilidad de regeneración.

Por lo tanto, se recomienda continuar investigaciones sobre regeneración del pinar en la Sierra de Bahoruco tras incendios forestales (Figura 11-9). El Plan de Uso Público de Visitantes debe diseñar uno o varios circuitos de puesta en valor del área quemada para dar a conocer a los visitantes las causas, consecuencias y sucesiones derivadas de un incendio en pinar.

### UA Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marramié-Mata Bonito

No hay impactos actuales a destacar, pero si se ha detectado una alta fragilidad, porque su vegetación predominantemente es un pinar similar al de Savane Pebligue, que resultó afecto en 1993 y que aún no se ha regenerado. Se debe habilitar el uso público para dar a conocer el polje

colgado de Alcajé, así como las islas de bosque higrófilo muy habituales en esta UA.

## UA Canote

Según DGF (en ULG, 1999), un incendio devastador arrasó gran parte de Canote en 1978, así como otros menos destructivos en fechas recientes (Figura 11-10). Se deben habilitar una o varias rutas de uso público a pie, para dar a conocer el pinar en regeneración con más de 20 años de quemado, así como los recursos minerales de bauxitas estudiados por Alcoa.

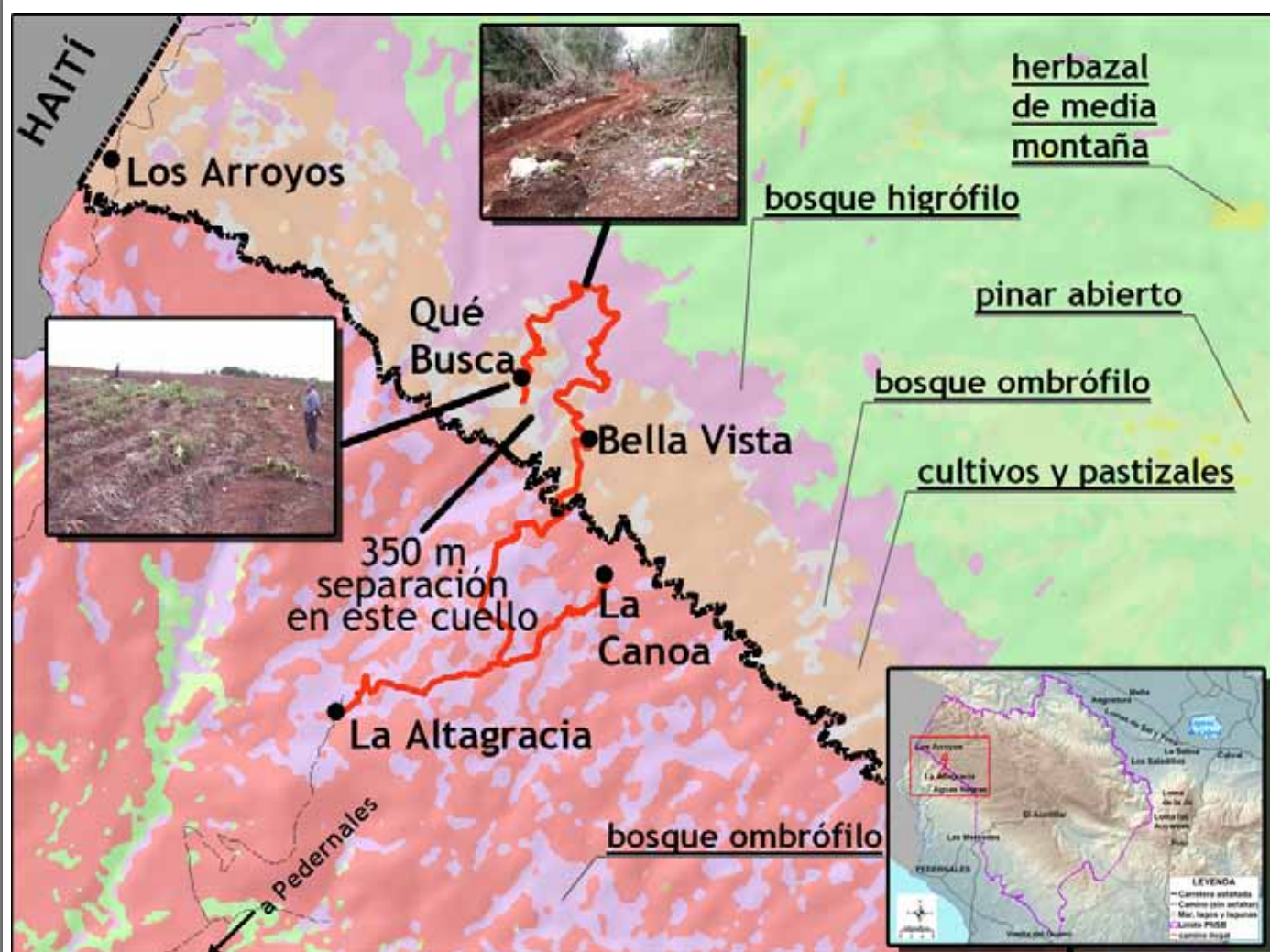


**Figura 11-10. Pinar abierto en Canote, con árboles jóvenes como resultado de una regeneración reciente tras los incendios de 1978 y posteriores (R. Cámara, 6/10/04)**

## UA El Cielo-Higo Grande

La frontera agropecuaria avanza notablemente desde Los Arroyos, Bella Vista y La Altagracia hacia el N. Hay muchos productores en esta UA transformando el bosque higrófilo en cultivos. La razón hay que buscarla en el rico suelo sobre el que se apoya esta formación y el excelente clima para la producción de papas, un cultivo que en los últimos años se ha vuelto aun más rentable. Hay además muchos cultivos de habichuela, un género igualmente rentable pero no apto para este clima ni apropiado para las condiciones topográficas. Por ello la apertura de caminos en los bosques higrófilo y ombrófilo, llegando incluso hasta el pinar, es uno de los impactos más graves. Varios productores instalados en "Qué Busca" han abierto un camino en el bosque, lo cual han explicado como un intento de conectar dicho paraje con La Altagracia. Se hizo un mapa del camino con un GPS y se detectó un rodeo exagerado a través del bosque higrófilo. El análisis de dicha cartografía dejó en evidencia que el objetivo es atravesar la mancha de bosque (con su rico suelo) por distintos puntos, con miras a talarlo progresivamente y convertirlo en cultivos de ciclo corto y pastizales. El mapa de la Figura 11-11 ilustra el problema.

Otra práctica habitual es talar el bosque sin maquinaria. En la localidad El Cielo (también dentro del PNSB) se pudo constatar una afección reciente sobre el contacto bosque higrófilo-pinar (Figura 11-12). Se trata de un aclareo para conuco hecho supuestamente por haitianos y ordenado por un "propietario" dominicano. El área intervenida, de unas 80 tareas (aprox. 5 Ha), fue talada lejos de la carretera para que no fuese



**Figura 11-11.** Camino ilegal (en rojo) que conecta La Altagracia con Qué Busca a través de los bosques higrófilo y ombrófilo y dentro del PNSB (de fondo, mapa de vegetación; cartela en la esquina inferior derecha). Foto superior: destrozos sobre el bosque higrófilo. Foto izquierda: parcela recién puesto en cultivo (antes era un cafetal). Nótese la estrecha separación entre Bella Vista y Qué Busca (aprox. 350 m) (JRMB, 8/11/04)

visible. Este tipo de conversión es también muy habitual en otros lugares de esta UA.

A pesar de la tendencia de avance de la frontera agropecuaria todavía se conserva al menos un bloque de formación natural superior al 75% de la superficie de la UA y en el período 1973-2003 solo se perdió el 9% de las formaciones naturales de la UA.

Se deben habilitar rutas de uso público desde La Altagracia hacia el bosque higrófilo, haciendo el recorrido por distintas formaciones vegetales y mostrando los cultivos tradicionales de café que aún perduran.

### UA Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes

El fuego de Pinalito-El Aceitillar quemó en 2001 unos 16 km<sup>2</sup> de pinar en las proximidades de El Aceitillar y el Centro de Visitantes. Una rápida actuación de la administración del Parque desde Puerto Escondido evitó que se quemara más superficie. El bloque de formaciones naturales más grande ocupa el 76% del área de la UA porque los incendios forestales consumieron un 20% de las formaciones naturales de la UA.

El uso público en esta UA no puede limitarse únicamente al Mirador de Pelempito y La Charca. Deben abrirse otras oportunidades del tipo interpretación ambiental en la cantera abandonada, explicando el proceso de extracción de bauxita, la génesis del mineral y la síntesis morfo-evolutiva, el ecotono entre el bosque mesófilo y el pinar en la propia carretera. El visitante tiene la posibilidad de observar las formas kársticas que anteriormente estuvieron debajo de la cobertera laterítica retirada por Alcoa. Aun reconociendo el impacto, quizás ten-



**Figura 11-12. Ruta de acceso desde Pedernales El Cielo. Foto inferior derecha: vista general del aclareo para conuco en el contacto bosque higrófilo-pinar (en la foto George Wallace, de ABC). A la fecha no ha podido establecerse el autor de este destrozo (JRMB, 18/09/04)**

ga poco interés restaurar una cantera abandonada de poco más de 2 km<sup>2</sup> y, en su lugar, aprovecharla como sitio de interpretación.

### TIPO RANCHO VIEJO

#### UA Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo

Algunas actividades impactantes provienen del vecino Haití, con el cual colinda esta UA por el O; algunos ciudadanos haitianos cruzan hacia RD para practicar el carboneo en Zapotén o, simple-



**Figura 11-13. Vegetación secundaria en la sucesión hacia bosque ombrófilo (primer plano, Zapotén, República Dominicana) y cultivos intensivos en pinar (fondo, “Chapotin”, Haití). Este proceso es cada vez más frecuente hacia el NE de Zapotén (JRMB, 8/10/04)**

mente, en busca de recursos naturales o materia prima, lo cual aumenta el número de agentes de conversión del bosque. La subdivisión es alta porque hay algunas zonas puestas en cultivo o dedicadas a pastizales para ganado, tanto dentro como fuera del AP; la fragilidad es media por la abundancia de pinares, los cuales suponen más de un 30% de las formaciones presentes. La UA presenta un grado de conversión muy alto por la presencia de agentes con un alto potencial para transformar el bosque nublado de este sector (Figura 11-13). Hacia el enlace de esta UA con la Loma de los Charcos (Reserva Biológica Charco Azul), existe una red de contrabando de las especies *Amazona ventralis* y *Aratinga chloroptera*, ambas amenazadas. Es necesario diseñar uno o varios circuitos de puesta en valor del bosque higrófilo de Zapotén, que ayude a reducir las infracciones por carboneo.

#### UA Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho

La conversión es alta por el impacto que ejercen los monteros y sabaneros, quienes dejan leña encendida o queman el bosque para facilitar la caza o en represalia por las medidas de protección. Sin embargo, no se ha producido ningún incendio reciente provocado por monteros y/o sabaneros (el último fue en 1996). La ganadería tampoco es significativa y está controlada por la escasez de agua (aunque hay fuentes, son de poco volumen). Hay que habilitar el uso público para que el visitante conozca los bosques de pinar e higrófilo de esta unidad del Parque.



## TIPO PUERTO ESCONDIDO

### UA Monte Palma

La falta de agua provocada por una prolongada sequía a principios de los 90, hizo que muchos ganaderos (de práctica extensiva) y agricultores (de ciclo corto) abandonaran el lugar. En la actualidad no hay personas viviendo de forma permanente en Monte Palma, y hay muchas menos cabezas de ganado que antes (se reportan 2000 en más de 130 km<sup>2</sup>). En la imagen de satélite se detecta una sensible regeneración del



**Figura 11-14. Sabaneros provenientes de Monte Palma. Según informe, en esa localidad hay unas 2000 cabezas de ganado, aunque el área ha sido abandonada en los últimos años (JRMB, 10/11/04)**

bosque mesófilo respecto de la situación de la década de los 80. Las escasas manchas de coberturas con uso antrópico, situadas en la vertiente N de la Loma La Malagueta y al borde NE del pedimento de Monte Palma, corresponden a vegetación secundaria en remontada biológica que, por lo demás, suponen un escaso porcentaje de la UA. Prácticamente toda la UA se encuentra en franco abandono. Algunas acciones de gestión a desarrollar son la educación ambiental selectiva con monteros y sabaneros (Figura 11-14), habilitar una o varias rutas de uso público para dar a conocer el bosque mesófilo y sus especies endémicas, así como mantener la conservación del pedimento de Monte Palma.

### UA Loma de los Charcos-Puerto Escondido

Parte de esta UA está incluida en la recién declarada Reserva Biológica Charco



**Figura 11-15. Polje de El Rejanal, puesto en cultivo recientemente. Al fondo se observa la Loma de Los Charcos (JRMB, 29/07/04)**

Azul. En la primera declaratoria de límites del PNSB formaba parte de éste, pero en 1996 fue excluida sin motivación aparente. Sin embargo hay importantes fragmentos de bosques higrófilo, ombrófilo y mesófilo (un 70% de la UA está perfectamente conservado) que podrían ser preservados con su incorporación al sistema de AAPP, y es el único hábitat reportado para el ave "cúa" (*Hyetornis ruficularis*) en toda la Sierra.

No hay asentamientos cercanos, pero la UA en concreto ha perdido importantes masas de bosque mesófilo en los últimos 20 a 30 años (un 22% de la superficie de la UA): en 2004 perdió una superficie considerable tras el establecimiento de una parcela de producción de aguacate en El Rejanal, la cual cambió sensiblemente la dinámica natural del bosque en este sector (Figura 11-15). Hay una alta fragmentación del bosque provocada por la agricultura migratoria con quemas en cultivos, provocando la escasez de bloques grandes de formaciones naturales. Se ha detectado una merma de recursos hídricos y una reducción de hábitats para la fauna, elemento este muy sensible para la cúa (*Hyetornis ruficularis*). La presencia de ganadería en sectores con poco suelo, carboneo, extracción ilegal de fauna ("pichoneo" de cotorra, perico e iguana) son otros de los impactos identificados.

### **TIPO RIO ARRIBA**

#### **UA Río Arriba**

Debido a la extensión de la agricultura migratoria y los pastizales para ganado, que han transformado las formaciones naturales con mucha intensidad, se perdió en esta UA una superficie de formaciones naturales equivalente al 14% entre 1973 y 2003. De cara a la gestión, se deben habilitar rutas de uso público desde Los Charquitos y Los Saladillos, para dar a conocer esta singular depresión, y por su alto grado de transformación y la larga tradición de uso, esta UA merece una gestión singular garantizando la restauración de las zonas más afectadas y permitir la repoblación forestal o los cafetales en las zonas aptas.

#### **UA Escarpes de Monte Palma**

Predomina el bosque tropófilo y el matorral xerófilo, ambas consideradas como formaciones frágiles, sobre todo sobre el sustrato altamente pedregoso de estos escarpes.

### **TIPO PELEMPITO**

#### **UA Maniel Viejo-El Limonal**

Tiene esta unidad una alta fragmentación por la intensidad con que se ha cultivado desde hace más de 25 años, avanzando progresivamente sobre los bosques mesófilo y ombrófilo dejando, en el mejor de los casos,

una vegetación secundaria con *Cassia* sp. como especie predominante (Figura 11-16). Un 25% de formaciones naturales ha desaparecido ante el avance de los espacios transformados; también ha contribuido negativamente la destrucción de cafetales como cultivos tradicionales. Se debe habilitar el uso público para dar a conocer el bosque mesófilo y el acceso al Hoyo de Pelempito desde esta ruta.

### UA Pelempito-El Tunal

La relativa abundancia de manchas de bosque tropófilo y pinares da un valor de conservación aceptable a esta unidad. Aunque las asociaciones de productores que explotan el

bosque seco aseguran que hacen un correcto uso de este recurso, en reconocimientos de campo se ha constatado que en El Mijal, ha habido en los últimos 3 años una explotación intensiva maderera que ha impedido la regeneración correspondiente. Se deben identificar y habilitar rutas de uso público para dar a conocer el bosque mesófilo y el acceso al Hoyo de Pelempito desde esta ruta.

### TIPO LAS MERCEDES

#### UA Los Arroyos-El Mogote

Casi todo el territorio está ocupado por una matriz de cultivos (por ejemplo, hacia El Cielo-Higo Grande) con escasas manchas de bosques ombrófilo e higrófilo a lo largo de algunos cauces. El bloque de bosque más grande sólo mide el 22% del área de la UA. En El Mogote un incendio quemó 2 km<sup>2</sup> de pinar, en el año 2003. La pérdida de formaciones naturales fue alta porque en 2003 sólo quedaba un 42% de la superficie que había en 1973, la mayor parte de la cual era bosque higrófilo. Se



**Figura 11-16. Travesía de *Cedrela odorata*, a orillas del camino Maniel Viejo-El Limonal. En el bosque actual, de *Cassia* sp., no se reporta cedro, lo cual delata la antigüedad de la transformación (JRMB, 3/11/04)**

deben habilitar varias rutas de uso público que se pueden conectar con las de la UA El Cielo-Higo Grande. En Los Arroyos hay varias posibilidades, como la interpretación del bosque higrófilo, observación de aves, bosque de ribera, pinar, entre otros. En El Mogote hay también rutas de interés karstológico.

### **UA Mencía-La Altagracia-Aguas UA Negras-Las Mercedes**

Los únicos bosques conservados son “de ribera”, que orlan algunas cañadas intermitentes, en muchas de las cuales hay reportes de huellas de solenodón (la vertiente SO del Bahoruco Occidental tiene unos 20 km<sup>2</sup> de bosques de ribera). Aquí aparecen los mismos agentes de transformación e impactos que en la unidad Los Arroyos-El Mogote. La novedad es que esta UA ha perdido más formaciones naturales que la anterior, lo cual puede comprobarse en el epígrafe “Análisis de la dinámica del uso y la cobertura del suelo por Unidades Ambientales, 1973-2003”. Casi no quedan formaciones naturales y las pocas que han subsistido están muy fragmentadas; de hecho, el bloque de formación natural más grande equivale al 7% de la superficie de la UA. En los últimos 30 años se ha perdido el 55% de las formaciones naturales de esta UA. Desde la gestión de la Unidad Ambiental se debe formular un programa de creación de monumentos naturales y/o corredores ecológicos que funja como zona de amortiguamiento, a efectos de contar con una red exterior al PNSB que haga la función de conectividad entre las UUAA altas de la Sierra de Bahoruco y los pedimentos. Esto garantizará que el Parque se integre en la Reserva de Biosfera como una unidad vinculada a su entorno, funcionando bajo un mismo criterio de sostenibilidad. Existen grandes manchas de bosque mesófilo y meso-tropófilo en buen estado de conservación al S de esta UA, que pueden ser vinculadas al PN a través de una red de corredores. Dado el peligro inminente de que estos bosques de ribera desaparezcan en los próximos años, urge crear pequeñas áreas protegidas como ésta. Las cañadas con sus bosques de ribera tienen potencial para acoger un circuito de uso público integrado, accesible desde las ciudades y asentamientos de apoyo (Pedernales, Barahona), procurando además que los recursos generados se queden en las comunidades locales.

### **UA Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero**

Esta UA cuenta con abundante superficie de formaciones naturales conservadas por la extensión de bosque mesófilo con escasa presión antrópica (hay pocos asentamientos). Sus suelos interesan poco desde el punto de vista agronómico, debido a la pedregosidad de su sustrato. Sin embargo hay una amenaza reciente que hay que achacar a los “propietarios” de terreno entre los kilómetros 21 y 25 de la carretera Cabo Rojo-El Aceitillar. En muchos puntos se abren conucos para saba-

nizar el bosque mesófilo, mediante un acuerdo entre el propietario dominicano y el haitiano a medias o a quintas (Figura 11-17). Esta práctica está consumiendo por el momento sólo algunas manchas del bosque mesófilo al E y O de la carretera, pero tiene una tendencia muy marcada a progresar y destrozar cada vez más las formaciones naturales.

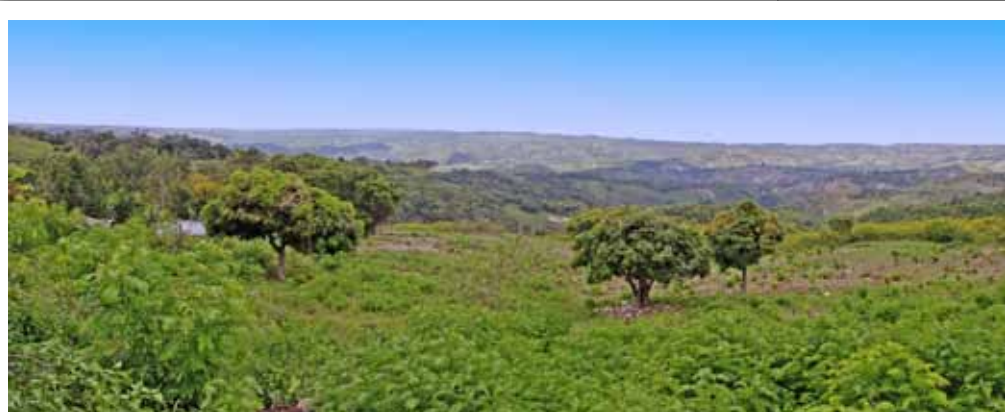
Le afectó a esta unidad el incendio de Pinalito-El Aceitillar (2001), cuya causa se imputa a un montero para facilitar la búsqueda de puercos cimarrones. Existe al menos un bloque de formaciones naturales, cuya superficie ocupa un 90% de la UA, y en los últimos 30 años sólo ha perdido un 9% de formaciones naturales. En esta UA hay abundantes dolinas de colapso. Estas formas constituyen un atractivo para el turismo deportivo, pero también se puede combinar con rutas para todo público, haciendo interpretación del bosque mesófilo en relación con el karst.



**Figura 11-17. Afección sobre el bosque mesófilo de El 25 (carretera Cabo Rojo-El Aceitillar). Todavía no hay que lamentar pérdidas de bosque mesófilo cuantiosas, pero el proceso está en franco crecimiento. Nótese los pies arbóreos del primer plano, secos por una quema. Debajo viven familias de haitianos que el “propietario” asienta allí para que le deje, tras 1 año, un terreno con pastos mejorados. Se está a tiempo de parar este proceso (JRMB, 7/11/04)**

### UA Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales

Esta UA acoge el único río permanente de la vertiente S de la Sierra. Se trata de una UA muy transformada (Figura 11-18). Como formaciones naturales sólo conserva unos pocos bosques de ribera (aprox. 6 km<sup>2</sup> en esta UA, de los 20 km<sup>2</sup> que hay en toda la vertiente SO) en la cuenca del río Pedernales, tanto en su cauce como en su afluente, el Mulito. En estas cañadas también se han observado huellas de solenodón, un mamífero



**Figura 11-18. Panorámica hacia el S desde El Bambú-La Manigua. Estas parcelas eran antiguos cafetales y hoy están convertidas en pastizales para ganado o cultivos de ciclo corto (JRMB, 7/10/04)**

endémico de La Española, muy amenazado en todo el país. La UA está fuera de los límites del PNSB y del sistema de AAPP, pero sus bosques de ribera deberían declararse corredores ecológicos y/o monumentos naturales, tal como se ha propuesto para las cañadas de la UA Mencía-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes. El bloque más grande mide sólo un 13% de la superficie de la UA; en los últimos 30 años, se ha perdido un 58% de bosques ombrófilos y de ribera.

### **Estados de Conservación y Degradación del PNSB en base a IED**

Se evaluará IED para el PNSB considerando su polígono como una UA, a efectos utilizar los valores resultantes como referencia respecto de las unidades ambientales ya analizadas. El estado de conservación y de degradación del AP, no son la suma o el promedio de los índices parciales de sus UUAA, porque el análisis de conjunto requiere reducir la escala; de esta manera, lo que puede ser un agente de conversión en una UA como por ejemplo, El Limonal, puede no serlo para el PN, porque el área es mucho mayor y el impacto es absorbido.

Su IED alcanzó el valor de 1.60, por lo que está **poco degradado** y su **estado de conservación es aceptable (nivel de alerta marrón)**. El grado de subdivisión fue bajo (1.00), porque la fragmentación es muy escasa y, cuando existe, ocurre sólo en los bordes. El grado de fragilidad alcanzó el valor de 2.61, porque hay importantes manchas de pinares y bosques higrófilos. VGD fue alto porque están presentes, de forma significativa y distribuidos en el territorio, 2 agentes de degradación (erosión de suelos con aparición de múcará, y contaminación de recursos hídricos). VGC fue también alto porque existen al menos 3 agentes de conversión graves en el PNSB (daños por monteros, extracción de flora y fauna e incendios forestales). VGB fue bajo (1.00), porque hay un bloque de formaciones naturales que ocupa el 92% de la superficie del PN. Por último, VGH fue bajo, porque durante el periodo 1973-2003 solo se vió afectado un 7% de superficie de formaciones naturales.

### **Síntesis y valoraciones sobre los Estados de Conservación y de Degradación del PNSB y su Entorno**

Se puede afirmar, en términos generales, que el estado de conservación del PNSB y su entorno es aceptable, pero algunas actividades amenazan con degradarlo. Por su parte, las UUAA inscritas en el Parque presentan un estado de conservación óptimo a aceptable. Aquellas parcialmente inscritas en el PN o totalmente fuera, presentan una situación de vulnerable a en peligro. Como medida global, se aconseja restaurar las UUAA degradadas y mantener la vigilancia en aquellas donde los índices de degradación son todavía bajos (Tabla 11-2 y Figura 11-19).

**Tabla 11-2. Resumen de estados de degradación y conservación, impactos y recomendaciones de gestión según UUA del PNSB y su Entorno (orden ascendente por IED). La columna “caracterización” se rige por los umbrales de IED explicados en el capítulo anterior. Las columnas a continuación se somborean en gris siempre que: 1) fragilidad, cuando VGF es superior a 2.5; 2) impactos en la UUA, si hay reportes positivos de impactos en cada caso; 3) gestión, si se recomiendan las medidas en cuestión en cada caso.**

Unidad Ambiental	IED	Caracterización estados de degradación (ED) y de conservación (EC) (nivel de alerta en color de fondo)	Fragilidad	Impactos en la Unidad Ambiental											Gestión												
				Ganadería	Agricultura intensiva	Apertura ilegal de caminos	Sabaneros y monteros	Quemas de agricultura de subsistencia	Carboneo	Incendios	Erosión de suelos	Reducción recursos hídricos	Contaminación de aguas	Actividad minera	Extracción mat. orgánica	Pérdida Biodiversidad	Extracción flora/fauna	Introducción especies exóticas	Investigación	Vigilancia	Restauración	Ed. Ambiental	Uso Público				
Monte Palma	0.62	ED: no degradada. EC: óptimo/bueno.																									
Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marramié-Mata Bonito	0.66																										
Escarpes de Monte Palma	0.71																										
Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho	0.73																										
Loma del Toro-Savane-Peblique	0.84																										
Canote	0.86																										
Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo	1.08	ED: poco degradada. EC: aceptable, sensible a la degradación.																									
Pelempito-El Tunal	1.18																										
Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero	1.40																										
Río Arriba	1.80																										
El Cielo-Higo Grande	1.82																										
Loma de los Charcos-Puerto Escondido	1.99	ED: degradada. EC: vulnerable.																									
Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes	2.10																										
Maniel Viejo-El Limonal	2.65																										
Los Arroyos-El Mogote	3.48	ED: muy degradada. EC: en peligro.																									
Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales	3.58																										
Mencía-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes	3.81																										

Se reportan **tres unidades ambientales** (dos del entorno y una parcialmente inscrita en el PNSB) **muy degradadas y en estado de conservación “en peligro”** (nivel de alerta naranja), que son: Los Arroyos-El Mogo-te, Mencía-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes y Cabo Duarte-Cuenca alta del río Pedernales. En las tres, localizadas en la vertiente meridional del BO, se reportan casi todos los impactos evaluados. Una de las transformaciones más severas de los últimos 20 años, ha sido la pérdida de bosque, debido al avance de la frontera agrícola y la conversión de cafetales en cultivos de ciclo corto o pastizales para ganado. En general, se recomienda la restauración ambiental y/o la declaratoria de áreas protegidas en aquellos espacios todavía conservados dentro las UUAA.

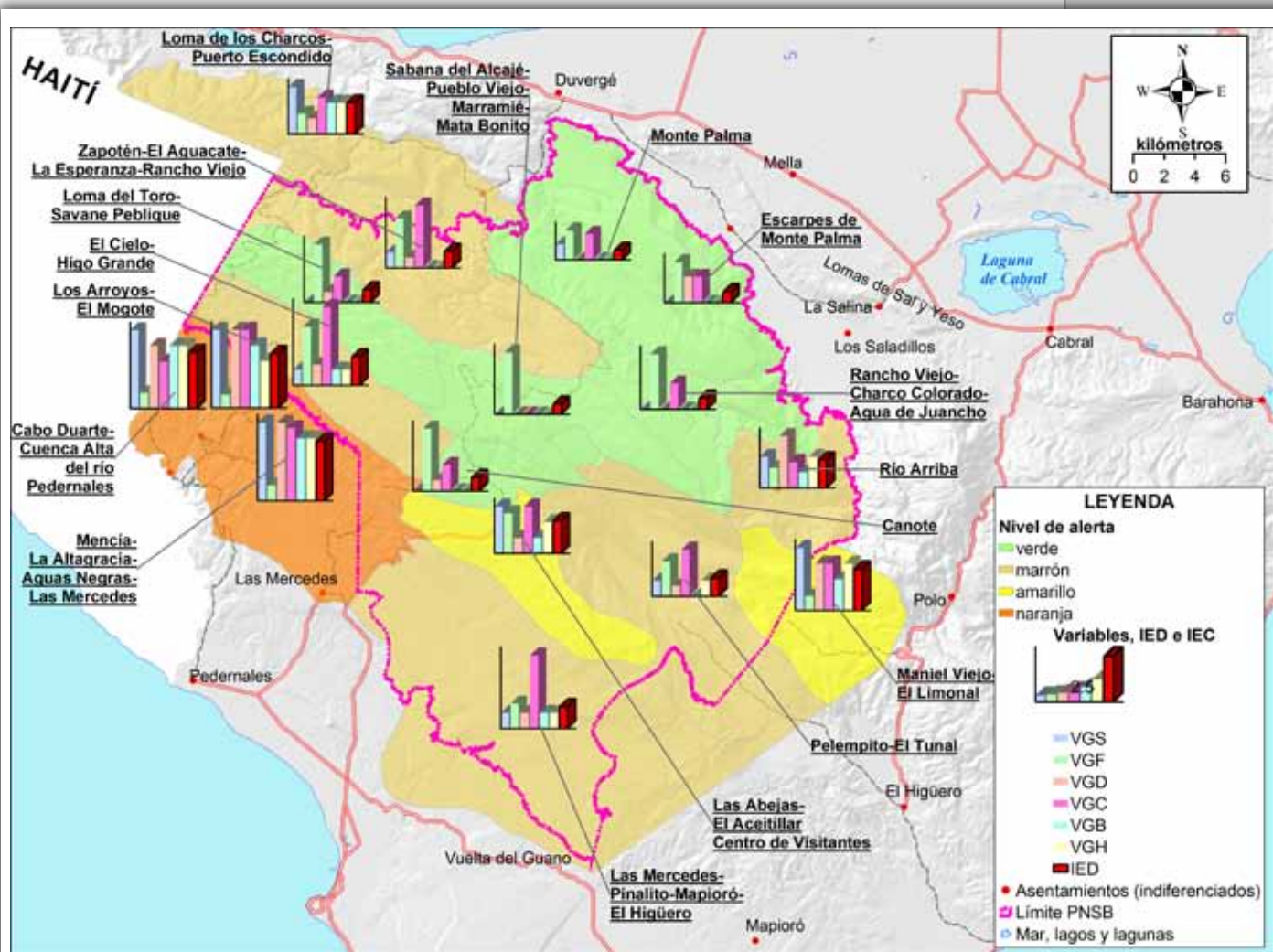
**Otras tres UUAA se encuentran “degradadas” y en estado de conservación “vulnerable”** (nivel de alerta amarillo). Dentro de cada UA se han detectado al menos 8 de los 15 impactos evaluados. En primer lugar destaca Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes, la cual además es frágil porque predominaba en ella el bosque higrófilo. En segundo lugar, se cita Loma de los Charcos-Puerto Escondido, la cual presenta tendencia a aumentar su degradación por la fuerte presión para la producción de carbón; se espera mayor atención por parte del Ministerio de Medio Ambiente, ahora que ha sido declarada “Reserva Biológica” y por tratarse de un refugio de la cúa. Finalmente la UA Maniel Viejo-El Limonal, que ha sido sometida por muchos años a presión antrópica.

En nivel de alerta marrón, **poco degradadas y en un aceptable estado de conservación, se encuentran cinco UUAA**: Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo, Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero, El Cielo-Higo Grande, Pelempito-El Tunal y Río Arriba. La primera, además de ser una unidad frágil por su bosque higrófilo predominante, fue transformada desde principios de 2000 para la producción de carbón, actividad que continuó al menos hasta 2010 (se estima que los patrullajes del Ministerio de Medio Ambiente han contribuido a disminuir esta actividad). Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero, presenta una intensa y reciente transformación, provocada por la agricultura migratoria, el conuquismo (cultivos de subsistencia) y la sabanización (especialmente en su borde occidental). El Cielo-Higo Grande es frágil por su bosque higrófilo predominante, que en las últimas décadas ha mermado ante un rápido avance de la frontera agrícola. Finalmente, las UUAA de Pelempito-El Tunal y Río Arriba han experimentado pocos cambios recientes en sus coberturas, pero no están más degradadas por la dificultad de transformar su medio (escasez de agua, pedregosidad, aislamiento, etc.).

Finalmente, **seis UUAA no están degradadas y presentan un óptimo estado de conservación** (alerta verde), y todas se sitúan en la vertiente N.



Cuatro de ellas se sitúan en pleno núcleo del PNSB, que son: Canote, Loma del Toro-Savane Peblique, Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marra-



**Figura 11-19. Estado de Degradación de las unidades ambientales del PNSB y su entorno. Clave para los diagramas de barras verticales: las 5 de la izquierda, colores pastel, sin borde negro, representan las variables del IED (VGS, VGF, VGD, VGC, VGB y VGH, respectivamente); la roja de la derecha, con borde color negro, representa el valor de IED. Los polígonos de las UUA se han sombreado según sus correspondientes niveles de alerta.**

mié-Mata Bonito y Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho. Su buen estado de conservación es atribuible a la vigilancia que se lleva a cabo en este sector del PN. Sin embargo, se debe vigilar el riesgo por incendios que provocan los monteros y sabaneros, así como inmigrantes en rutas nocturnas. Finalmente, restan dos UUA en óptimo estado, que son Monte Palma y Escarpes de Monte Palma. Su buen estado es atribuible a tres situaciones: 1) en la década de los 90, se registró una fuerte sequía que hizo disminuir la producción primaria, la cual merma-ba el bosque mesófilo; 2) el bosque mesófilo tiene alta capacidad de regeneración; 3) es una UA muy grande, en la que los impactos se diluyen con mucha facilidad. Sin embargo, se advierte que el período 2005-2009 ha sido muy húmedo, lo cual eventualmente podría llevar a los

ganaderos a interesarse por continuar trabajando en esta UA, sobre todo ahora que la lámina de agua del lago Enriquillo está destruyendo muchos medios de vida.

Respecto del PNSB, considerándolo como una UA, su estado de conservación es aceptable (nivel marrón). Sin embargo, de mantenerse la tendencia actual, en los próximos 10 años, el AP tendrá un mal estado de conservación (nivel amarillo).

## **Amenazas sobre la avifauna y recomendaciones**

En base a los datos recogidos en campo, así siguiendo las aportaciones de FMPSOH-ABC (2005), y dada la importancia de la avifauna por su endemismo y sensibilidad a los impactos, se recogen en este epígrafe las principales amenazas, así como algunas recomendaciones para evitar daños a este importante recurso.

### **Amenazas principales**

#### **Avance de la frontera agropecuaria**

La práctica agrícola no sustentable en lugares como Los Arroyos, está provocando la desaparición de importantes áreas de bosque higrófilo, único hábitat de especies endémicas de rangos de distribución restringidos, como el Zorzal de la Selle, Zorzal de Bicknells, la Ciguita Aliblanca, el Chirrí de los Bahorucos, el Vencejo Negro, entre otros.

El avance de la frontera agropecuaria, al eliminar los hábitats, también destruye los lugares de anidamiento de muchas especies, como son árboles viejos o troncos secos. El reporte de que Golondrinas Verdes estén intentando anidar en las minas de bauxita, donde evidentemente están más expuestas, evidencia la escasez de sitios adecuados para desarrollar esta actividad. Además, al cortar árboles viejos y troncos secos se reduce drásticamente la cantidad de madera en proceso de desintegración, la cual alberga muchos organismos con los que se alimentan las aves.

Hay suficiente evidencia para pensar que especies insectívoras como la Golondrina Verde y otras, están resultando afectadas de manera indirecta por el avance de la frontera agropecuaria, pues se intensifica el uso de agroquímicos que terminan contaminándola a ella al entrar en la cadena alimenticia.

## Protección efectiva de la Loma de los Charcos

La Reserva Biológica Charco Azul, recién creada, es una mancha de bosque mesófilo, hábitat principal de la Cúa (*Hyetornis ruficularis*), esta última clasificada por la UICN como "especie en peligro". Además, otras especies amenazadas, propias de este tipo de bosque, podrían estar presentes aquí, como son la Bruja (*Nyctibius jamaicensis*), el Torico (*Siphonorhis brewsteri*) y la Pitanguá (*Caprimulgus ekmanii*). Si bien se ha dado un importante paso, es necesario que se construyan infraestructuras de vigilancia y se dote de personal a este singular espacio.

## Mamíferos introducidos

Un estudio de Latta y Rimmer indica que las poblaciones de gatos asilvestrados, así como hurones, ratas, ratones, perros y puercos cimarrones, están afectando la reproducción de ciertas especies de aves. Se necesitan más datos de campo para completar este informe, pero la observación preliminar indica que hay una seria afección hacia determinadas especies de aves.

## Incendios forestales

El patrón de incendios forestales en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco está aumentando su tasa de retorno por causas antrópicas. Como se ha constatado en el capítulo anterior, este fenómeno es habitual en el pinar. Muy pocos se producen de forma natural y, cuando ocurren, tienden a beneficiar la regeneración. La mayoría de los incendios registrados en los últimos años han sido provocados, causando grandes daños aún no estimados en las poblaciones de aves que habitan el pinar. Este fenómeno está muy ligado al avance de la frontera agropecuaria y a las actividades de los monteros/sabaneros (DGF, en ULG, 1999).

Latta y otros (2000) indican que "el más severo problema que enfrentan los "Bahoruco" son los fuegos fuera de control". Estos autores estiman que el 47% de los pinos en la sierra está en etapas tempranas respecto de la secuencia de comunidades ecológicas que sucesivamente ocupan este tipo de hábitat desde su etapa inicial hasta el climax. Esto sugiere que ha habido incendios recientes y que, si se mantiene la tendencia de quema de las últimas 2 décadas, el pinar será reducido a la mitad en sólo 50 años.

Los incendios forestales no solo son más frecuentes, sino que queman con más intensidad, lo que resulta en el remplazo de todo el bosque. Este proceso, sumado a las afecciones previas al cierre de los aserraderos en 1967, debió cambiar la composición del bosque original (Darrow y Zanoni 1990, Latta y otros 2000). Amenazas similares están afectando

los bosques ombrófilo e higrófilo, por la proximidad de la frontera agropecuaria.

Es necesario aumentar la capacidad de detección y respuestas tempranas. Los forestales lo saben: la potencialidad que tiene un incendio de provocar daños es inversamente proporcional a la capacidad de detección temprana y a la respuesta. Se han construido infraestructuras para la vigilancia contra incendios, pero todavía hace falta dotar de más personal, capacitarle mejor y dotarle de mayor equipamiento.

### **Actividades comerciales en el Parque**

Este fenómeno ocurre exclusivamente en el contacto pinar-bosque higrófilo de Zapotén. Allí se instala periódicamente un mercado de productos agrícolas (básicamente repollo y papas).

Este tipo de actividad no regulada tiende a la expansión. En 1995 no era más que un punto de intercambio informal y hoy es una área donde, en ciertas épocas del año, pernoctan decenas de personas, degradando el medio con desechos sólidos, abriendo caminos y produciendo otros impactos.

Este ecosistema alberga aves de distribución muy restringida y todas endémicas, como el Zorzal de la Selle, Cigüita Aliblanca, Perdiz Coquito Blanco, Cigua Amarilla, Pitanguá, Chirí de los Bahorucos, Papagayo Dominicano, Zumbador Esmeralda y otros.

### **Captura de pichones**

La extracción de pichones de aves dentro del PN afecta a varias especies entre las que se citan: la Cotorra, el Perico, el Cao, la Perdiz Coquito Blanco, la Perdiz Perdía, la Perdiz Colorada, la paloma Ceniza, la Paloma Turca, la Paloma Coronita y el Guaraguao. Esta práctica conlleva a la tala del árbol donde se encuentra el nido, lo cual impide que vuelva a ser utilizado para los mismos fines.

### **Movimientos migratorios no controlados a través del Parque**

Los movimientos migratorios a través del PN, así como los asentamientos temporales no controlados de nacionales haitianos, constituyen una amenaza a la avifauna. Normalmente en estos campamentos se acumula basura y se talan árboles, lo cual termina afectando al ecosistema y, por ende, a las aves. También se hacen fogatas, con el consecuente riesgo de provocar incendios.

## **Baja efectividad de la vigilancia en los límites del Parque**

Son escasas las casetas de vigilancia en el Parque. Algunos infractores incursionan en los terrenos del Parque para abrir el bosque, como en el caso de la vertiente Oriental o el km 21 de la carretera Cabo Rojo-El Aceitillar, lo cual termina restando hábitat a las aves.

## **Cacería**

Se ha reportado la cacería de aves dentro del Parque, aunque el fenómeno no está suficientemente documentado. Sin embargo, sobre la caza del puerco cimarrón hay informes cualitativos sobre cómo se desarrolla esta actividad y sus impactos. La afeción directa sobre la avifauna ocurre al utilizar perros entrenados que provocan perturbación en áreas donde pueden anidar ciertas especies. De forma indirecta también se afecta a las aves, porque los monteros encienden fogatas o usan antorchas por las noches; en ULG y otros (1999) se señala esta práctica como una de las causas principales de los incendios recientes. Sin embargo, hay que destacar que el puerco cimarrón es una especie introducida que compite con especies nativas del AP.

## **Aprovechamiento no sostenible del bosque seco**

En El Tunal, el aprovechamiento de troncos secos y árboles enfermos está afectando a especies que prefieren este tipo de árboles para construir sus nidos.

## **Recomendaciones**

Debido a la exclusividad de avifauna del PNSB, con 28 de las 30 especies endémicas de la isla, más de 20 especies de aves migratorias neotropicales (algunas clasificadas como vulnerables), se deben realizar todos los esfuerzos posibles para garantizar la protección de los diferentes hábitats para la avifauna. A continuación, algunas recomendaciones en orden de prioridad.

### **Inmediatas**

- Construir infraestructuras, equipar y dotar de personal a la Reserva Biológica Charco Azul.
- Amojonar y señalizar los límites del Parque en las áreas cuya precisión es correcta y donde no se sugiere cambios del perímetro.

### **Alta prioridad**

- Eliminación de los asentamientos temporales y permanentes del Parque.
- Delimitar una zona de amortiguamiento entre los espacios con carga antrópica y el PNSB.

- Aunque se trata de una recomendación general contribuiría a mejorar la gestión en general, debe reforzarse la labor de control y vigilancia de la zona, implementando las siguientes medidas: a) selección y reclutamiento de personal adicional; b) revisión de la escala salarial de los guardaparques; c) mejorar el equipamiento y entrenamiento de los guardaparques; d) mejorar la señalización de los límites del Parque; e) mejorar la infraestructura de protección y vigilancia, como son vías internas, casetas, etc. La caseta de Los Arroyos es prioritaria; f) se recomienda también la construcción de torres de vigilancia.
- En el futuro cercano, se recomienda la realización de estudios sobre la depredación que ejercen los mamíferos introducidas hacia las especies nativas. De los resultados de este estudio podría derivarse un proyecto para erradicar los mamíferos introducidos

### **Mediana prioridad**

- Dar continuidad a los monitoreos de las poblaciones de aves a largo plazo y en los diferentes tipos de hábitats presentes en el Parque.
- Deben iniciarse estudios focales en especies de aves endémicas de importancia hacia la conservación.
- Realizar campañas de información a comunitarios del entorno del Parque, para informarles sobre la posición exacta de los límites respecto de sus respectivas comunidades.
- Promover, conjuntamente con el municipio y las autoridades haitianas, la celebración de mercados organizados en asentamientos lejanos al Parque.
- Sensibilizar a menores de edad, con charlas y presentaciones audiovisuales, sobre la riqueza de la biodiversidad existente en la zona.

## ***Sobre la gestión del PN y propuestas de actuación***

Un diagnóstico realizado por personal del Ministerio de Medio Ambiente en 2005, puso en evidencia que existían debilidades en la gestión, algunas de las cuales propiciaban el incremento de fuentes de degradación de los recursos naturales, las cuales se relacionan a continuación en orden descendente según su relevancia:

- Críticas:
  - Deficiente protección y vigilancia.
  - Deficiente manejo del uso público del PNSB.
  - Deficiencia en la ordenación territorial de ámbito nacional y regional, así como en la coordinación institucional para el manejo del PNSB.
  - Falta de una delimitación apropiada y precisa del PNSB.
  - Ausencia de un sistema organizado de tenencia de la tierra.

- Moderadas:
  - Aprovechamiento no sostenible de los recursos forestales en el entorno del PNSB.
  - Desarrollo agrícola y ganadero no sostenible en el entorno del PNSB.
  - Escasez de y deterioro de las infraestructuras y servicios del entorno del PNSB.
  - Gestión ambiental deficiente.
  - Escasez de información ambiental sobre el PNSB.
  - Bajas participación comunitaria y educación ambiental.

Aun así, se reconoce que el Ministerio de Medio Ambiente realiza una labor aceptable en el Parque, pero debe proponerse mejorar los aspectos citados arriba para mejorar su estado de conservación. A tal efecto, se recomienda organizar las intervenciones en los siete programas/subprogramas recogidos en la Tabla 11-3:

**Tabla 11-3. Programas y subprogramas recomendados para mejorar la gestión del PNSB y su Entorno**

Programas	Subprogramas
Programa de Reversión de Impactos en el PNSB	Subprograma de restauración ambiental de formaciones naturales
	Subprograma de recuperación de cultivos tradicionales
	Regeneración natural de bosques mesófilos
Programa de Gestión del PNSB	Subprograma de uso público
	Subprograma de protección y vigilancia
	Subprograma de formación de personal
Programa de gestión de la ZA	Planificación conjunta en el marco de la Reserva de Biosfera
Programa de Divulgación y Educación Ambiental	Subprograma de materiales divulgativos y campañas sobre el PM
	Subprograma de educación ambiental y materiales divulgativos sobre el PNSB
Programa de Límites	Subprograma de corrección y redacción de límites
	Subprograma de apoyo a la aprobación de límites
	Subprograma de amojonamiento y señalización de límites
Programa de Investigación y Monitoreo	Subprograma de fomento a investigaciones sectoriales
	Subprograma de botánica de sitios
	Subprograma de monitoreo biológico
	Subprograma de infraestructura y equipamiento de investigación
Programa de Tenencia de la Tierra	Subprograma de asesoría legal en materia de tenencia de la tierra
	Subprograma de inventario propietarios del PNSB
	Subprograma de titulación de tierras en la ZA del PNSB







# **CONCLUSIONES**



El estudio biogeomorfológico del Bahoruco Occidental aporta elementos nuevos sobre la interpretación de su medio físico y su valoración como ecosistema de cara a la conservación de sus recursos. Las conclusiones, según áreas de conocimiento, se presentan a continuación.

## A la Geografía Física

El **análisis topográfico** revela que el PNSB es una de las áreas protegidas de **mayor desnivel de República Dominicana**, oscilando entre las cotas de 100 y 2367 m. Su curva hipsométrica indica que la mayor parte de su superficie es media y alta. Las pendientes son, por lo general, tendidas aunque hay sectores escarpados, especialmente en los enlaces de las superficies de la vertiente N; esto sugiere un **macizo disimétrico en el transecto idealizado N-S**, con escarpes pronunciados al N, superficies subhorizontales a débilmente inclinadas en la cúspide y topografía tendida al S.

Los **modelos de precipitación y temperatura** del Parque, generados a partir de fórmulas de regresión polinómica cuyas variables independientes fueron la altura y la posición de cada celda, **ofrecen un alto grado de ajuste respecto de la distribución de las formaciones vegetales y los procesos geomorfológicos reportados**. Según el modelo de temperatura, el Parque es de **temperatura media "templada"** (unos 20°C), debido al efecto de la altura, estimándose su temperatura media anual más baja en la loma de Toro (unos 10.5 °C a unos 2360 m de altura). Según el modelo de lluvias, se trata de un **espacio bien regado**, con una media anual de 1607 mm, gracias principalmente al efecto orográfico que obliga al aire cálido y húmedo a subir y que, por enfriamiento adiabático, descarga en ambas vertientes. Los sectores de mayores pluviometría coinciden perfectamente con la localización de los bosques ombrófilo e higrófilo, al igual que los sectores menos regados son aquellos donde se emplaza el bosque tropófilo.

Del análisis de los datos observados se han identificado **4 patrones de precipitación bimodales** (con **2 picos relativos de lluvias máximas en primavera y otoño**), categorizados específicamente como **A) muy húmedo, B) húmedo y subhúmedo, C) subárido y D) árido**. También es común a todos los patrones que los **menores valores de lluvia se registran durante enero y febrero**, coincidiendo con la máxima incidencia histórica de incendios forestales. Estos patrones responden a los **tipos de tiempo predominantes del PN: a) lluvias esporádicas durante el final del verano, por el efecto de un alisio debilitado**, dado que el BO no se expone directamente a la llegada de estos vientos, pero la convección durante esta estación produce lluvias localizadas, especialmente en la vertiente N; **b) importantes lluvias durante la incidencia del aire frío en**

**altura traído por las vaguadas procedentes del O; c) períodos secos, uno durante el comienzo del verano y otro extremo en invierno**, coincidiendo con un Mar Caribe menos cálido y aportando poca humedad a la atmósfera. Por lo tanto, el BO es un ámbito donde predomina el contraste estacional, con disimetría en la distribución de las precipitaciones entre el N y el S, e igualmente bien diferenciado respecto del Bahoruco Oriental, donde los valores de precipitaciones son mayores y están mejor repartidos a lo largo del año.

En cuanto a los **patrones morfométricos de la red de drenaje, en el PNSB se reportan 4 tipos: paralelo** (con el subtipo paralelo-enrejado), **enrejado, dendrítico** (y el subtipo dendrítico-enrejado) **y rectangular**. Esta amplia variedad de patrones ratifica la singular geodiversidad del área protegida. El principal **factor de control de estos patrones es la tectónica de fallas**: por la vertiente N y E las redes responden al sistema tectónico predominante (de dirección NO-SE), y por el S el control lo ejerce la dirección conjugada (NE-SO).

## A la Geomorfología

Tras realizar el **análisis geomorfológico del modelo morfoestructural**, mediante la cartografía geomorfológica que acompaña a esta tesis, destacan las siguientes **ideas clave sobre la sierra de Bahoruco**: 1) se trata de una **unidad morfoestructural sobre-elevada con un dispositivo de bóveda culminante y vertientes disimétricas** que ascienden por el S en forma de graderías y, por el N, de forma abrupta con grandes escarpes; 2) que existe una **tectónica muy activa con alternancia de fases**, que comienza antes del Neógeno, se reactiva e intensifica durante éste y se prolonga hasta la actualidad; 3) que debe existir una **tectónica de fractura diferenciada entre la vertiente N y la S**; 4) que existe un sistema de **fallas normales que tienen una componente transversal** a la Sierra (**NE-SO**) **y que favorece el sistema general de cañones**; 5) que el sistema de **pliegues anticlinales tiende a conservar la superficie culminante**; 6) que en conjunto se puede identificar una **organización del modelado en bandas o bloques longitudinales**. Estos seis elementos geomorfológicos generales permiten encuadrar los resultados en los dos últimos modelos propuestos, coincidente tanto con la geoestructura en **"flor positiva"** como con la existencia de una posible **"tectónica en dominó"**.

Reconocido este modelo morfo-estructural de escala regional, el análisis de detalle ha permitido identificar, cartografiar e interpretar los principales **elementos geomorfológicos en el Bahoruco Occidental**, e igualmente aporta datos para proponer un modelo evolutivo del relieve. Esta información ha constituido la base para establecer las unidades biogeomorfológicas y ambientales del macizo.

**Los elementos predominantes y distintivos del BO son los aplanamientos, interpretados éstos como superficies corrosivas y pedimentos.** Su significación geomorfológica nos está mostrando que existe una evolución bajo **condiciones tropicales** con desarrollo de aplanamientos, cuya génesis **se desarrolla por etapas** y está controlada por la fluctuación del nivel de base, que a su vez **depende de la variabilidad de la actividad tectónica**. Durante las fases de estabilidad se potencian las superficies corrosivas, mientras que con la intensificación tectónica se desarrollan *karst* de colinas y desmantelamiento de mantos de alteración y coberturas. Este escalonamiento de superficies y pedimentos **se aproxima al modelo evolutivo *piedmontreppen* de Pecnk**.

Las formaciones correlativas informan sobre la evolución del *karst* de Bahoruco, con procesos de criptocorrosión, alteración isovolumétrica en mantos de alteración tropical y bauxitización.

Las superficies culminantes de **Los Pinos y El Aceitillar** son las dos macroformas emblemáticas del área de estudio. Ambas superficies constituyen la **unidad geomorfológica más antigua** del modelado de la sierra. Como paisaje geomorfológico, dominan las cumbres y configuran un geosítio de gran valor.

Ambas se desarrollan sobre charnelas anticlinales. La primera, en la cúspide del BO y hacia la vertiente N, está modelada con paleo-poljes tendidos y abiertos la mayoría de las veces, y dolinas estrechas de unas decenas de metros de profundidad, con cúpulas y ocasionalmente conos kársticos; predominan el lapiaz *rundkarren* exhumado y una abundante presencia de clastos de calizas (canchales). La de El Aceitillar, un poco más baja, discontinua y hacia la vertiente S, modelada con unas pocas cúpulas y dolinas dispersas, así como lapiaz de *rundkarren* y *klufftkarren*.

Cronológicamente se atribuyen al pre-Neógeno, muy probablemente al fini-Paleógeno, y reflejan por tanto las dos primeras etapas karstogénicas del macizo: en la primera predominaron los procesos de corrosión con oscilación del nivel freático en la zona vadosa del *karst* (próximo a la superficie topográfica) y en la segunda se activa por primera vez la tectónica con el consiguiente desarrollo, en la superficie de Los Pinos, de un modelado de *kuppen-* y *kegelkarst*, así como la configuración de un nuevo nivel de base denominado superficie corrosiva El Aceitillar. Finalmente, como retoques finales, la superficie El Aceitillar se ha compartimentado y en ambas se han exhumado y desagregado (probablemente por fogoclastia) los lapiaces, con la consecuente saturación del *epikarst*. Esta interpretación coincidiría con el arranque del modelo del *piedmontreppen* de Penck, por lo que las superficies culminantes (especialmente la de Los Pinos) **serían el equivalente de su *primarrumpf***, con

desarrollo de *karst* de colinas vinculado a una tectónica pre-Neógena incipiente.

El estudio geomorfológico de los **tres pedimentos**, situados a cotas inferiores a las superficies, completa la evolución del relieve del macizo. Los pedimentos El Aceitillar y Las Mercedes dominan el paisaje por la vertiente S, mientras que Monte Palma hace lo propio por la N.

Las características geomorfológicas observadas en el pedimento **El Aceitillar** permiten describir el proceso de alteración al **menos tres fases**: 1) desarrollo de un frente de meteorización diferencial con *rundkarren*, cúpulas y depresiones kársticas, atribuible al comienzo del Neógeno; 2) rebajamiento de niveles de base y formación de pedimento desnivelado, producto de la actividad tectónica intra-Miocena, que indujo el desarrollo de dolinas, exhumación de *rundkarren* y escarpes derivados de falla; 3) posteriormente, génesis de superficies regradadas, alteración isovolumétrica y erosión con posterior acumulación de brecha y fitoestabilización. **Se trata, por lo tanto, de una alteración poligenética con variabilidad morfoclimática y tectónica.**

En cuanto al **pedimento Monte Palma**, la evidencia encontrada sugiere una evolución igualmente en tres fases: 1) en su superficie de enlace, durante el pre-Neógeno, una leve profundización de la alteración con lapiaz de *rundkarren*; 2) con la intensificación de la actividad tectónica Neógena, probablemente de fallas inversas inicialmente (que quizá responde al modelo de red de fallas de cabalgamiento ramificadas), se produce una colmatación sedimentaria y pediplanación con alta energía de relieve y, posteriormente (probablemente en el Plioceno), una actividad tectónica de fallas normales, compartimentaría el bloque original, se formarían grandes poljes e iniciaría una alteración micrítica bajo cobertera; 3) finalmente, durante el Cuaternario, progresaría la incisión fluvial, generándose cañones y valles en V por un cambio de nivel base atribuible a la sostenida actividad tectónica. Esta interpretación del pedimento de Monte Palma ratifica la **influencia de la actividad tectónica en la evolución del macizo que, en este caso, al ser originalmente de falla inversa, conferiría una alta energía potencial para generar un dilatado pedimento.**

En el caso del **pedimento Las Mercedes**, se compone de tres subunidades: superficie de enlace, bloque conservado y bloques basculados. Los datos disponibles sugieren una evolución en **tres fases**. La morfogénesis comenzaría durante el Mioceno, con formación de cúpulas y depresiones kársticas en la superficie de enlace. En una segunda fase, atribuible al Plioceno, con la intensificación de la actividad tectónica, en la superficie de enlace se formarían escarpes derivados de fallas, mientras que en el resto del pedimento se formarían los pináculos; entre

éstos, con posterioridad a su génesis (¿fini-Plioceno?), se depositarían las alteritas alóctonas, momento en el que también se formarían abanicos en los sectores más bajos del pedimento. En una tercera fase (¿Cuaternario?), salvo en la superficie de enlace, se formarían el *rundkarren* y las alteritas autóctonas. En el cierre de esta fase, se produciría una evolución diferenciada posteriormente según sectores: 1) una parte del pedimento se bascularía y se exhumaría su lapiaz; 2) en el bloque conservado comenzaría una alteración isovolumétrica con carbonato de calcio de aspecto micrítico, y finalmente ocurriría una fitoestabilización de ésta alterita y los abanicos. **La interpretación evolutiva sugiere una evolución poligenética del pedimento en la que, al igual que en los casos anteriores, la actividad tectónica juega un papel destacado.**

Como último elemento geomorfológico destacado, se caracteriza e interpreta la evolución del **Hoyo de Pelempito**. Esta depresión, con más de 10 km<sup>2</sup> de extensión, separada verticalmente por más de 1000 m de desnivel de las elevaciones circundantes, constituye el macro-polje más emblemático del BO. Está rodeado por *mont*-derivados (borde N) y una escalera de conos rocosos (especialmente por su borde NO, NE y SE). Se ha detectado, mediante fotointerpretación, abanicos aluviales en los bordes NO y SO. El relleno lo componen alteritas, aparentemente de carácter alóctono, de textura limo-arenosas a arenosas y con clastos de rocas magmáticas. Siguiendo el modelo evolutivo de la sierra, Pelempito habría comenzado a formarse con la intensificación de la actividad tectónica durante el intra-Mioceno, que habría fracturado las superficies culminantes a través de fallas normales, de tal suerte que las superficies mantendrían un ascenso relativo sostenido y el bloque donde hoy se sitúa el polje habría experimentado un descenso relativo durante el resto del Neógeno. Los conos rocosos y *mont*-derivados circundantes estarían informando de una tectónica irregular con momentos de estabilización y consecuente generación de distintos niveles de base durante el Plioceno; el retranqueo de los escarpes de falla provocaría un ensanchamiento del polje. Quizá durante el Plio-Cuaternario, como se ha sugerido anteriormente, se produciría el desmantelamiento del lapiaz de las superficies culminantes por saturación del epikarst. Esta nueva energía desplazaría restos del lapiaz e igualmente las alteritas hacia el fondo, rellenándolo y configurando los abanicos aluviales de sus bordes. Nuevamente, **la interpretación propuesta para el Hoyo, que es consecuente con el modelo evolutivo sugerido del *pedmontreppen*, otorga un papel destacada a la actividad tectónica.**

Tras el análisis geomorfológico en detalle del macizo y la interpretación evolutiva, surgen algunos **temas que convendría profundizar en futuras investigaciones**, referidos a dos aspectos: 1) la **distribución de algunas especies en relación con la evolución del macizo**; 2) la **relación entre la karstogénesis, la litología y el dispositivo estructural**:

- Sobre la distribución de algunas especies y su relación con la evolución del relieve:
  - Aparentemente existe una **relación entre la distribución de *Pinus occidentales* (y otras especies arbóreas) con los relieves más antiguos de la isla**, lo cual también podría sugerir su procedencia continental vinculada a la paleogeografía del Caribe. Sería deseable ampliar el conocimiento de la procedencia de la flora de La Española, siendo el Bahoruco Occidental (y su prolongación en Haití) uno de los lugares de mayor interés al efecto.
  - La gaviota "**diablotín**" (*Pterodroma hasitata*) desarrolla prácticamente todo su ciclo vital en el mar, pero anida cada año a más de 2000 m de altura, en el entorno de la superficie culminante de Los Pinos. Según el modelo geomorfológico evolutivo propuesto, **hasta el Mioceno Inferior el nivel máximo de esta superficie estaría próximo al mar, de tal suerte que el ave anidaría en un karst de colinas cubierto de pinares**. Con la intensificación tectónica del intra-Mioceno, esta superficie se elevaría gradualmente hasta su cota actual (más de 2000 m). Al tratarse de un ascenso paulatino, el ave mantendría su costumbre de anidar en el paisaje que le era familiar: el bosque de pinar Paleógeno en el caso de la sierra de Bahoruco. Estudios genéticos y paleontológicos, así como análisis comparados de otros ambientes donde anida, podrían aportar más datos sobre este extraño comportamiento y su relación con la evolución geomorfológica del macizo.
- Sobre la relación entre la karstogénesis, la litología y el dispositivo estructural:
  - Según la evidencia colectada, el tradicional mecanismo de disolución en el *karst* es aparentemente amplificado por las **altas concentraciones de elementos químicos que se van añadiendo al sistema**, tales como el hierro, el aluminio y otros, presentes en coberteras alóctonas. Los pedimentos Monte Palma y Las Mercedes son ejemplos de este caso.
  - Los **fenómenos epigenéticos observados sugieren que la corrosión puede llegar a ser un mecanismo importante en el karst** de montaña media tropical. Es probable que los canchales transportados estén contribuyendo a retocar el perfil y generar depósitos nuevos en las superficies culminantes de Los Pinos y El Aceitillar, al menos durante el Cuaternario.
  - Sin restar importancia a la composición litológica, se ratifica que **el grado de fracturación y el dispositivo estructural de los materiales podría estar condicionando sensiblemente la karstogénesis**. En tal sentido, se ha comprobado que formaciones como Pedernales y Neyba, muy fracturadas, responden de forma positiva a la corrosión, mientras que Sombrerito o Jimaní no. También se ha detectado que la corrosión penetra poco en la medida que el dispositivo de los estratos tiende a ser horizontal, tal como



ocurre en las charnelas de los anticlinales de Los Pinos, Monte Palma y El Aceitillar, donde los estratos se disponen de forma subhorizontal, permitiendo la conservación de las superficies y pedimentos correspondientes. Análisis más detallados, sobre la relación entre determinados dispositivos estructurales y la karstogénesis podrían aportar mejores datos para establecer una correlación más precisa.

## A la Biogeografía

Tras revisar varios estudios realizados en la sierra de Bahoruco y, específicamente, en el Occidental, así como empleando datos de campo colectados para esta tesis, se han podido caracterizar la diversidad botánica, las formaciones vegetales y los factores que condicionan su distribución.

### Diversidad botánica

**La sierra de Bahoruco tiene 1409 especies de plantas vasculares reportadas**, lo cual supone el 25.6% del total descrito en RD (García y otros, 2001b). De estas, 1251 son angiospermas y 158 *pteridophytas* (helechos). Se distribuyen en 672 géneros, que representa el 57% de todos los reportados en el país, repartidos en 131 familias, 11 de las cuales están representadas por 25 especies o más, y 13 por más de 10 géneros, siendo *Orchidaceae* la más diversificada, seguida por *Asteraceae*, *Rubiaceae* y *Poaceae*.

**Circunscribiendo el análisis al ámbito del PNSB**, los estudios consultados reportan 746 especies, distribuidas en 426 géneros y 116 familias. De éstas, 21 familias están representadas por 10 especies o más. La mayor diversidad está en el bosque mesófilo, con 301 especies, seguido del higrófilo con 228 y el ombrófilo con 206. El resto de las especies se distribuye entre el pinar, con 131, el matorral tropó-xerófilo con 97, y el bosque tropófilo con 49 especies. En cuanto al estado de conservación, hay reportadas 51 especies bajo algún grado de amenaza o extinción.

En base a **15 parcelas estructuradas**, se determinaron valores de riqueza específica e índices de diversidad para los 5 bosques más relevantes del PNSB. Las parcelas se distribuyeron de la siguiente manera: 10 en el pinar, 2 en el higrófilo, y en los bosques tropófilo, mesófilo y ombrófilo se realizó una parcela para cada uno. Se realizó un mayor muestreo del pinar por ser la formación más extensa del Parque. Las parcelas de los bosques ombrófilo e higrófilo están altamente intervenidas, condición habitual en el Bahoruco Occidental para estas formaciones, por lo que se considera que son representativas.

**El índice de Shannon** para el conjunto varía, aproximadamente, entre 2 y 3.5, siendo el pinar el que mayor valor reporta (3.545), gracias a su mayor representatividad. En el resto de bosques, los valores son: mesófilo, 3.515; higrófilo, 2.952; tropófilo, 2.19; y ombrófilo, 2.16. En general, todos presentan valores bajos en relación a formaciones similares del dominio tropical o de la propia RD, atribuible en parte al submuestreo, pero también a la alta degradación, especialmente en el caso del higrófilo y el ombrófilo.

Los valores del **índice de Simpson** (1-D) para cada formación son altos (entre 0.8 y 0.9) y divergen poco entre sí, lo cual podría vincularse a dos causas: 1) una relación entre la riqueza y la abundancia por especies; 2) el predominio de una especie en cada bosque. Tal es el caso del pinar, con *Pinus occidentalis* como dominante, acompañado de un cortejo arbustivo y herbáceo, bien diversificado y abundante, en el que no domina ninguna especie; destaca que muchas de éstas se reportan también en el bosque higrófilo.

Por último, en cuanto a **la técnica de muestreo y de análisis de diversidad**, los primeros datos indican que la aplicación de los índices en parcelas en las que sólo se consideran individuos de DAP > 20 cm, es similar a si se inventarían todas las especies de las parcelas. Se pierde información de la lista final de especies, pero su valoración en índices es similar; es decir, hay diferencias en los valores absolutos, pero no en los relativos.

### ***Pisos bioclimáticos y formaciones vegetales asociadas***

La **cliserie de la sierra de Bahoruco** identifica al menos 4 grandes pisos bioclimáticos, cuya síntesis y clasificación se resume a continuación:

- **Piso infraantillano seco** con formaciones arbustivas xerófilas, caracterizado por un importante déficit hídrico a lo largo del año y paralización vegetativa de hasta 6 meses. Se reporta en el contacto de Bahoruco con la Hoya de Enriquillo (remonta hasta los 200 m) por la vertiente N y con el karst de Jaragua por la S (a menos de 100 m).
- **Piso termoantillano**, caracterizado por déficit hídrico extenso, con bosques tropófilo y mesófilo desde los 0 a los 500 m por la vertiente S, y bosques y de 250 a 500 m por la N. Se reportan con dos subtipos:
  - **Termoantillano subhúmedo** con formaciones de bosque mesófilo, en las que se alcanza el déficit hídrico pero sin llegar a producirse paralización vegetativa.
  - **Termoantillano seco** con formaciones de bosque tropófilo, en las que el déficit puede durar hasta 9 meses y la paralización vegetativa de 1 a 2, excepcionalmente 3.

- **Piso mesoantillano**, entre los 500 y 1600/1700 m, con déficit hídrico que puede abarcar el año completo y hasta 2 meses de paralización vegetativa. Se reportan dos subtipos:
  - Piso mesoantillano en régimen tropical **premontano** húmedo y subhúmedo, situado en la franja de 500 a 1000 m, con déficit hídrico de entre 4 y 12 meses y hasta 2 de paralización vegetativa. Dentro de este subtipo, según la formación predominante, se definen dos subtipos adicionales:
    - Mesoantillano premontano **húmedo con bosque ombrófilo**, cuyo déficit hídrico es bajo y dura de 4 a 5 meses, sin que ocurra paralización vegetativa, típicamente entre los 700 y 1000 m.
    - Mesoantillano premontano **subhúmedo con bosque mesófilo**, con déficit hídrico que puede llegar a 7 meses y paralización vegetativa de hasta 2 meses en situaciones de contacto con la tropofilia (vertiente N).
  - Piso mesoantillano **montano hiperhúmedo con bosques ombrófilo e higrófilo**, con cota inferior de 1000 m, y superior variable según vertiente: hasta los 1600 m por el SO y hasta los 1700 m por el NE. El déficit hídrico es inferior a 4 meses y no existe paralización vegetativa.
- **Piso supraantillano con régimen tropical montano húmedo**, a partir de 1600 m por el SO y 1700 m por el NE. El déficit hídrico, cuando existe, dura menos de 2 meses, y no se registra paralización vegetativa. Los bosques predominantes son higrófilo y mesófilo de pinar. La temperatura nocturna del mes más frío puede ser inferior a 0°C.

La definición y caracterización de cada piso, a partir de sus valores de temperatura y precipitación correspondientes, así como empleando el diagrama de balance hídrico y diagrama bioclimático, refuerza el **carácter geo- y biodiverso de la sierra de Bahoruco**, al estar representados en ésta todos los pisos reportados de La Española.

Las **formaciones vegetales asociadas** a estos pisos son 5: matorral xerófilo y bosques tropófilo, mesófilo, ombrófilo e higrófilo. Su caracterización se realizó a partir de 15 parcelas de vegetación estructuradas por estratos, donde se recogieron datos de abundancia-dominancia, diversidad, cobertura, dinámica y sustrato, cuya síntesis e interpretación se desarrolla a continuación:

**Matorral xerófilo** ("monte espinoso" en la clasificación dominicana), reportado en el enlace de la sierra con la Hoya de Enriquillo y en el karst de Jaragua, relacionado al condicionamiento bioclimático en el primer caso y a la ausencia de alteritas en el segundo. Es una formación predominantemente arbustiva y densa. Algunas especies características son: *Capparis ferruginea*, *Croton sp.*, *Eugenia sp.*, *Guaiacum officinale*,

*Harrisia nashii*, *Leimarcocereus histrix*, *Prosopis juliflora*, *Opuntia caribaea*, *Portulaca oleracea* y *Uniola virgata*.

**Bosque tropófilo** ("seco"), con una distribución similar al matorral pero en pisos más elevados. Su mayor riqueza florística y cobertura está entre 0 y 0.6 m. En el estrato de 1 a 3 m la cobertura y diversidad son bajas, y entre 3 y 5 m el dosel cubre hasta 25% y, a partir de 5 m, destaca la poca diversidad florística pero con una cobertura de hasta 40%. Algunas especies características son: *Agave antillarum*, *Capparis spp.*, *Croton spp.*, *Exostema caribaeum*, *Guaiacum officinale*, *Jacquinia berterii*, *Melochia tomentosa*, *Neoabottia paniculata*, *Pithecellobium unguis-cati*, *Plumeria spp.*, *Prosopis juliflora*, *Pseudophoenix vinifera*, *Tillandsia recurvata*, *Turnera diffusa* *Uniola virgata*, y *Ziziphus rignoni*. El análisis de su dinámica informa de una unidad manejada con ganadería. Su estrato arbóreo ha perdido riqueza de especies, aunque se mantiene una cobertura de hasta un 40%, que sería propia de unidad menos degradada. En el estrato arbustivo, se podría esperar un aumento en la riqueza de especies y de la cobertura.

**El bosque mesófilo** ("semideciduo" o "de transición") es una formación rica en el estrato de 5 a 10 m, con predominio *Bursera simaruba*, *Chrysophyllum caimito*, *Ocotea furibunda*, *Oreopanax capitatus* y el bejuco *Cissus verticillata*. Entre 1 y 5 m la diversidad y cobertura son bajas, mientras que en el estrato inferior a 0.6 m ambas aumentan significativamente. Se halla muy bien conservado en la vertiente Norte, pero hacia el Suroeste está amenazado y destruido por el avance de la frontera agrícola. El análisis dinámico de la parcela P21 sugiere que la unidad está muy degradada y se presume que está en situación de remontada biológica, lo cual se relaciona con su cobertura arbórea abierta y su alta riqueza de herbácea.

**El bosque ombrófilo montano** ("húmedo" en la clasificación dominicana), caracterizado a partir de la parcela P19, se distribuye al O de la vertiente meridional y en varios sectores de la vertiente N. La formación alcanza los 20 m de altura y una diversidad media de leñosas a partir de 5 m con baja cobertura (menos del 15%). Las especies más abundantes de este estrato son *Alchornea latifolia*, *Beilschmiedia pendula*, *Calophyllum calaba*, *Cecropia schreberiana*, *Cedrela odorata*, *Chamissoa altissima*, *Cinnamomum triplinerium*, *Cyathea arborea*, *Dendropanax arboreus*, *Inga vera*, *Ocotea sp.*, *Persea americana*, *Prestoea montana*, *Prunus myrtifolia*, *Trichillia pallida*. Entre 1 y 5 m, concentra su mayor riqueza específica, con una cobertura alta de hasta 40%, con predominio de *Miconia spp.*, *Palicourea*, *Peperomia spp.*, y *Psychotria*. Destacan también las epífitas de la familia Orchidaceae y Bromeliaceae. Del análisis dinámico se interpreta que esta formación fue un cafetal en el pasado, en el que no se talaron determinadas especies que garantizaban "som-

bra". Actualmente, estos cafetales se encuentran en remontada biológica, a juzgar por la alta diversidad arbustiva y la presencia de especies colonizadoras.

**El bosque nublado o higrófilo en el Bahoruco Occidental**, muestreado en dos parcelas (P6 y P20), se sitúa en cotas de 1300 a 1800 m en la vertiente S (muy intervenido y en retroceso por la agricultura), y desde la misma cota hasta 2000 m en la N (mejor conservado, pero también intervenido para el "carboneo"). Destacan por su abundancia *Brunellia comocladifolia*, *Schefflera tremulus* y *Coccoloba picardeae*. El condicionamiento de esta formación es doble: 1) humedad higroscópica y 2) presencia de alteritas (especialmente de textura fina) y escasa pedregosidad, con una alta productividad agrícola, lo que supone una amenaza para la formación. En cuanto a la estructura, un estrato arbóreo cierra la cobertura a unos 10 m, y entre 3 y 5 m uno más rico en especies. Entre 1 y 3 m se registra la mayor diversidad, aunque con cobertura mucho menor. Las especies más características son *Arthrostyidium capillifolium*, *Brunellia comocladifolia*, *Coccoloba picardeae*, *Daphnopsis crassifolia*, *Garrya fadyeni*, *Gomidesia lindeniana*, *Ilex macfadyenii*, *Meliosma herberi*, *Meliosma impressa*, *Ocotea acarina*, *Ocotea leucoxydon*, *Podocarpus aristulatus*, *Sapium daphnoides*, *Schefflera tremulus*, *Symplocos berteroi*, *Alchornea latifolia* y *Turpinia picardae*. Entre las arbustivos destacan *Cyathea*, *Miconia* y *Psychotria*, así como *Gleichenia bifida* y otras Pteridophyta, y varias especies de la familia Orchidaceae. El análisis de la dinámica de las parcelas, sugiere que se trata de bosques intervenidos, aunque P6 más madura que P20. Esta interpretación se apoya en el carácter emergente de las especies de más de 10 m, la monoespecificidad de *Alchornea latifolia* en P20 así como por la desarrollada cobertura de los estratos de 3 a 10 m. Estos bosques podrían continuar remontando si cesara la intervención humana actual.

Finalmente, **el bosque mesófilo de pinos**, la formación más extensa del ámbito de estudio, ocupando las superficies corrosivas culminantes en ambas vertientes. Está presente en el mesoantillano premontano (desde 700 hasta 1000 m) y en el montano (a partir de 1000 m), así como en el supraantillano a partir de 1600 m. Esta formación suele "competir", en los 2 primeros pisos, con los bosques higrófilo y ombrófilo; en el supraantillano, se insertan dentro de éste pequeñas "islas" de herbazales. La distribución del pinar está controlada, además de por el régimen bioclimático, por la geomorfología y el sustrato, así como por el patrón de fuegos de la sierra. La combinación de estos factores da lugar a varias situaciones y marcan la propia dinámica de la formación:

- Sin incidencia de **fuegos** durante 25 a 30 años:
  - Con sustrato de **baja o nula pedregosidad**, presentándose dos situaciones geomorfológicas:

- En **depresiones** o llanuras con drenaje impedido, se establecen herbazales, tipo Canote, con *Pteridium* y líquenes, así como especies de *Asteraceae*, *Rosaceae* y *Poaceae*
- En **vertientes** de poca inclinación, o llanuras drenadas, y con profundidad moderada de las alteritas, se establece el bosque higrófilo.
- Sobre sustrato de **pedregosidad media** (clastos de lapiaz en matriz de alteritas) en superficies y vertientes, se suele establecer el pinar, el cual, si se le deja progresar, desarrolla un estrato arbóreo denso. En su composición predomina *Pinus occidentalis* con cobertura superior a 15-25% y en los estratos bajos *Agave sp.*, *Baccharis myrsinites*, *Eupatorium macrophyllum*, *Fuchsia sp.*, *Garrya fadyenii*, *Illex tuerckheimii*, *Isachne rigidifolia*, *Lyonia microcarpa*, *Miconia spp.*, *Ocotea coriacea*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus sp.*, *Senecio barahonensis*, *Sideroxylon cubense*, *Thouinia domingensis*, *Tripsacum floridanum*, con un tapiz abundante de *Cladonia angustata* y varias especies de la familia *Orchidaceae* y *Bromeliaceae*.
- Sobre sustrato de **pedregosidad alta** (clastos de lapiaz en poca o nula matriz de alteritas, o depósitos de soliflucción de grano grueso) en vertientes y superficies, en cuyo caso la cobertura más común es el pinar de tipo abierto con independencia de la tasa de retorno del fuego. Predomina *Pinus occidentalis* sin dosel, con un cortejo parecido al anterior.
- Con tasas de retorno de **incendios entre 5 y 25 años**, se presentan 2 situaciones en función del sustrato:
  - Sobre sustrato de **pedregosidad media y alta**, en superficies y vertientes intermedias, con pinar tanto abierto como cerrado y con abundancia de pinos jóvenes. La dinámica de la formación es como sigue: durante el incendio, la cobertura de los estratos herbáceo, subarborescente, arbustivo y arbustivo alto, se reduce significativamente. La diversidad del herbáceo aumenta significativamente, predominando el helecho *Pteridium aquilinum* y la *Ericaceae* *Lyonia microcarpa*, acompañados de las especies del cortejo típico del pinar referido anteriormente. Los pinos viejos (si los hay) suelen resistir o resultar parcialmente afectados, mientras que los jóvenes no sobreviven. Si existe dosel cerrado, éste se abre sensiblemente, convirtiéndose en un pinar abierto. En la regeneración, las plántulas de pino prosperan simultáneamente con el sotobosque en los primeros 5 a 10 años; Simultáneamente, la cobertura de los estratos herbáceo, subarborescente y arbustivo aumenta sensiblemente. Transcurrido este tiempo, los pinos comienzan a ocupar los estratos arbóreos, en los cuales pueden conformar un dosel abierto o cerrado en función del número de individuos que prosperen, lo cual dependerá de la competen-

cia con las especies de los estratos herbáceo y arbustivo y, por supuesto, de la tasa de retorno del fuego.

- Sobre sustrato de **pedregosidad alta** en vertientes, sectores cimeros y depresiones colgadas, con herbazal o pinar muy abierto. La regeneración suele ser lenta, estableciéndose por mucho tiempo un herbazal (caso de Savane Peblisque) con predominio de *Lyonia microcarpa*, *Pteridium aquilinum*, *Agave cf. brevispina*, *Gnaphalium eggertii*, *Symplocas berteroi*, *Schizachyrium gracile*, entre otras. Si el pino progresa lo hace lentamente, compitiendo con las herbáceas y arbustivas; si alcanza los estratos arbóreos, no cierra en dosel, convirtiéndose la formación en un pinar abierto.

### **Fidelidad biogeomorfológica y comparación florística**

Tras analizar conjuntamente los **mapas geomorfológico y de vegetación**, los bosques se agrupan en 2 tipos: 1) bosques estrechamente relacionados con una posición geomorfológica, denominada "**fidelidad biogeomorfológica**", entre los que se incluyen el pinar y el higrófilo, relacionados estrechamente con la superficie corrosiva los pinos y sus enlances; 2) bosques cuya distribución, además de estar condicionada por la geomorfología, también lo está por el régimen climático, que agrupa a los restantes: bosques ombrófilo, mesófilo y tropófilo.

Por otra parte, la comparación florística con macizos similares del entorno, sugiere que los bosques higrófilos y de pinos de Bahoruco constituyen relictos Paleógenos de ericáceas-lauráceas de origen gondwánico y laurásico, que durante el Neógeno reciben elementos neotropicales como la *Weinmannia* y *Brunellia*, ambas incluidas en *Cunociaceae*.

### **A la Biogeomorfología**

En el BO, seis grandes unidades geomorfológicas caracterizan su relieve, e igual número de formaciones vegetales se desarrollan sobre estas. La síntesis de estos dos conjuntos da lugar a los subtipos condicionados por su localización, que queda enmarcado en un contexto bioclimático, de formaciones superficiales y edáficas, que las individualizan dentro de cada tipo de unidad.

En términos geomorfológicos, destacan las superficies culminantes y pedimentos por su gran extensión, y porque configuran la silueta típica del BO. En cuanto a la vegetación, los pinares abiertos y cerrados sobresalen por su extensión, mientras que los bosques higrófilos destacan por su singular distribución y composición florística. **Estas unidades geomorfológicas y de bosques, presentan una alta correlación en el análisis cartográfico.** Las demás formaciones vegetales, no presentan dicha

correlación tan acentuada, pero igualmente, su distribución está condicionada, al menos en parte, por el relieve sobre el que se desarrollan.

En base al análisis cartográfico conjunto de los mapas de vegetación y geomorfología, se caracterizaron **seis unidades biogeomorfológicas tipo**:

- **a, Superficies culminantes con bosques de pino, higrófilos y ombrófilos**, con 5 subtipos, de los que cuatro se vinculan a dos configuraciones epi-kársticas: 1) con lapiaz exhumado parcial o totalmente, que da lugar a pinar cerrado o abierto, respectivamente; 2) bolsas de alterita, con dos situaciones: a) en pequeñas depresiones la hidromorfía favorece el herbazal y b) en los bordes S y NE de la superficie Los Pinos (contacto con los pedimentos El Aceitillar y Monte Palma) donde se desarrolla un bosque higrófilo. Un subtipo (a5), se desarrolla sobre el borde más oriental de la superficie El Aceitillar, vinculado a la humedad traída por los vientos alisios del NE.
- **b, Superficie degradada con bosques en escalonamiento bioclimático**. Se han clasificado 6 subtipos, localizándose los más importantes en la vertiente N, principalmente, en las proximidades de Monte Palma, y también al N de Los Pinos, abarcando múltiples situaciones bioclimáticas. Por tal razón, el escalonamiento bioclimático en esta vertiente septentrional, favorece la presencia de todos los bosques presentes en La Española, desde el tropófilo al de pinos, pasando por los higrófilos.
- **c, Pedimento con bosque en escalonamiento bioclimático de la cliserie y régimen de humedad de los vientos**, con 6 subtipos, presentes en ambas vertientes, S y N. Los pedimentos de Monte Palma y El Aceitillar, por su amplio desarrollo vertical y horizontal a lo largo de la cliserie y por su orientación predominante, acogen prácticamente todo el escalonamiento bioclimático de la sierra y captan la humedad procedente de los alisios por el N, de las vagadas climáticas que se desplazan de O a E, y de la brisa marina que empuja humedad por el S, lo que provoca, al igual que en el caso anterior, favorece una variedad de formaciones, desde las más húmedas al O a las más xéricas al E, con una transición desde los bosques higrófilos a tropófilos.
- **d, Bosques de pino abierto y bosques tropófilos con condicionamiento hídrico sobre cono rocoso**, con 3 subtipos, localizados principalmente en el borde oriental del BO y a distintas alturas. En la superficie de los conos rocosos, las formaciones vegetales están condicionadas por deficiencia de humedad, dando lugar a formaciones abiertas más xéricas de las que les correspondería en la cliserie. Por el contrario, en los cañones situados entre estos conos, se encuentran las formaciones vegetales más húmedas y que requieren de un mayor desarrollo edáfico.



- **e, Mont derivado con bosque mesófilo**, con un sólo subtipo distribuido en varios bloques, localizados al N de Pelempito. Sobre la superficie del *mont*, la formación vegetal presenta condicionamiento hídrico, por lo que los bosques que corresponderían según la cliserie (más de tipo ombrófilos) son sustituidos por bosques mesófilos.
- **f, Grandes y medianos poljes con bosques y herbazales**, con 4 subtipos situados en las vertientes oriental y septentrional del BO. Los fondos de poljes bajos están ocupados por bosques mesófilos y ombrófilos, mientras que en los altos, dentro de la superficie corrosiva, donde se produce un encharcamiento estacional y perdurable, predomina una cubierta vegetal herbácea de macollas asociadas a los bosques de pino.

## A la Ordenación y la Gestión

En cuanto a la **representatividad** del Parque Nacional Sierra de Bahoruco y las demás áreas protegidas del BO, **sus unidades ambientales y biogeomorfológicas constituyen una buena muestra del karst de montaña media tropical del Caribe**, con una superficie aceptable y una categoría de manejo idónea.

Al inicio de los trabajos de campo de esta tesis, el sistema de áreas protegidas del BO no incluía la recién creada Reserva Biológica Loma Charco Azul (también conocida como “La Placa”) y otros espacios de gran valor. Tras esta declaratoria, se garantiza una mejor representatividad la bio- y geodiversidad.

En cuanto a la **delimitación actual del PNSB**, la interpretación cartográfica de detalle del marco normativo que establece su perímetro, indica que éste **no cuenta con límites precisos en varios sectores**, lo cual podría prestarse a confusión, poniendo en peligro valiosas unidades ambientales. Además, un añadido que no contribuye a la claridad del límite, es la ausencia de bornes físicos en los lugares más habitados, especialmente al SO y al E del Parque.

Tras aplicar el MEDUA, se puede afirmar que el **estado de conservación del PNSB y su entorno es aceptable, pero algunas actividades amenazan con degradarlo**. De mantenerse la tendencia actual, en los próximos 10 años, el AP tendrá un estado de conservación vulnerable.

El análisis a escala de detalle informa sobre el estado de conservación de las 17 UUAA: **3 “en peligro”, 3 “vulnerables”, 5 “aceptables” y 6 “óptimas”**. Las inscritas en el Parque presentan un estado de conservación de óptimo a aceptable, mientras que el resto es vulnerable o está en peligro. La siguiente relación amplía la información.

- Estado de conservación **en peligro** y muy degradadas (alerta naranja): Los Arroyos-El Mogote, Mencía-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes y Cabo Duarte-Cuenca alta del río Pedernales.
- Estado de conservación **vulnerable** y degradadas (alerta amarilla): Las Abejas-El Aceitillar-Centro de Visitantes, Loma de los Charcos-Puerto Escondido, Maniel Viejo-El Limonal.
- **Aceptable** estado de conservación y poco degradadas (alerta marrón): Zapotén-El Aguacate-La Esperanza-Rancho Viejo, Las Mercedes-Pinalito-Mapioró-El Higüero, El Cielo-Higo Grande, Pelempito-El Tunal y Río Arriba.
- **Óptimo** estado de conservación y no degradadas (alerta verde): Canote, Loma del Toro-Savane Peblique, Sabana del Alcajé-Pueblo Viejo-Marramié-Mata Bonito y Rancho Viejo-Charco Colorado-Agua de Juancho, Monte Palma y Escarpes de Monte Palma.

**Sobre el estado de conservación por unidades biogeomorfológicas tipo,** se puede concluir lo siguiente:

- **a**, Superficies culminantes con bosques de pino, higrófilos y ombrófilos. Este tipo se encuentra en estado **óptimo**, aunque algunos sectores, especialmente hacia el enlace con los pedimentos, presentan una leve degradación ambiental. En la vertiente N, el enlace con Monte Palma y Zapotén está bien conservado, pero al S (Las Abejas y El Cielo-Higo Grande) el estado de conservación disminuye sensiblemente.
- **b**, Superficie geomorfológicamente degradada con bosques en escalonamiento bioclimático. Su estado de conservación general es **de óptimo a aceptable**, con algunos sectores en la condición de vulnerable. Los restos de superficies degradadas (geomorfológicamente) mejor conservados son aquellos situados en el ápice del pedimento Monte Palma y la superficie corrosiva Los Pinos.
- **c**, Pedimento con bosque en escalonamiento bioclimático de la cliserie y régimen de humedad de los vientos. Al tratarse del tipo más grande del ámbito, presenta una variedad de estados de conservación, con un balance neto de **vulnerable**. Las UUAA peor conservadas son las de la vertiente S, como Los Arroyos-El Mogote, Cabo Duarte-Cuenca Alta del río Pedernales y Mencía-La Altagracia-Aguas Negras-Las Mercedes. En la vertiente N, las UUAA de este tipo se encuentran en estado óptimo o aceptable, salvo Loma de los Charcos-Puerto Escondido, que es vulnerable.
- **d**, Bosques de pino abierto y bosques tropófilos con condicionamiento hídrico sobre cono rocoso. Este tipo se encuentra íntegramente inscrito en el PN. Presenta un estado de conservación **aceptable**, aunque debería ser óptimo, por lo difícil que resulta su transformación y su escasa productividad agrícola vinculada a alta pedregosidad. Sin embargo, el cono rocoso situado en El Tunal (al E de Pelempito) fue transformado a partir de 2003 para la siembra

de cultivos de ciclo corto, porque parte de su superficie no está exhumada y conserva alteritas productivas.

- **e**, Mont derivado con bosque mesófilo. Se encuentra en estado **aceptable a óptimo**, por la escasa degradación detectada en estas cimas, atribuible a su alta pedregosidad, que dificulta las labores primarias.
- **f**, Grandes y medianos poljes con bosques y herbazales. El diagnóstico informa de un estado **vulnerable** para este tipo biogeomorfológico. Tal condición se atribuye al alto grado de transformación para cultivos de ciclo corto y ganadería de poljes como El Limonal, Maniel Viejo, El Tunal y El Rejanal.

En cuanto a la avifauna del Parque, destaca que es de las más ricas de la isla, pero está amenazada por agentes externos al AP. Destacan los casos de la cúa y el diabloteño, como especies emblemáticas y muy sensibles a los cambios en su hábitat.

Con respecto a la gestión, es crítica la situación en términos administrativos, políticas de conservación, límites y planificación. Se debe avanzar en la investigación, control de usos ilegales de acuerdo a la categoría de manejo. Los puntos fuerte son información base y sectorial y grado de aplicación de la normativa

En cuanto a la gestión, se recomienda mejorar la protección y vigilancia, dotando de más infraestructura, equipamiento y personal al PNSB y a la recién declarada Reserva Biológica Loma de Charco Azul. Se sugiere también implementar un programa de investigación que, entre otras cosas, contribuya a mejorar el nivel de conocimiento de las especies amenazadas, a efectos de proponer programas específicos para su protección. Además, es prioritario controlar el patrón de incendios, definir en terreno los límites del PNSB y "sanear" la situación de la tenencia de la tierra en el PNSB y su entorno. También es deseable implementar más educación ambiental y uso público de visitantes para dar a conocer los recursos de la sierra. En todos los casos, es deseable emplear mecanismos de gestión concertada de la Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo, como un verdadero laboratorio participativo para alcanzar el desarrollo sostenible.

Finalmente, como cierre de estas conclusiones, tras la evidencia colectada, el análisis de la misma y su posterior interpretación, se puede afirmar que se ha contribuido al conocimiento de la geografía física del *karst* de montaña media tropical, específicamente a la descripción biogeomorfológica de estos medios, de cara a proponer medidas de conservación integrales para una mejor gestión de este frágil ecosistema. Igualmente, mediante el análisis biogeomorfológico, se ha demostrado que los procesos geomorfológicos propios del dominio tropical de es-

tacionalidad contrastada afectan igualmente al *karst* de montaña de media, pero en este medio concretamente la variabilidad de la actividad tectónica apunta el carácter de singularidad más destacado. Así, el *karst* de montaña media tropical está condicionado por una variabilidad tectónica que incide sobre la configuración final del relieve, pero que igualmente influye en la singularidad de la distribución y composición de las formaciones vegetales. Por lo tanto, la conservación de los ecosistemas resultantes no puede responder sólo a criterios meramente biológicos, sino que debe reconocer el carácter geodiverso del medio, de cara a orientar las medidas de gestión hacia una conservación biogeomorfológica que es, en definitiva, más integral.



# **BIBLIOGRAFÍA**



Acevedo, H.; Bustamante, J.; Paniagua, L.; Chaves, R. (2003): Ecosistemas de la cuenca hidrográfica del río Savegre, Costa Rica. INBio, Museo Nacional de Costa Rica, MINAE, Cooperación Española-Araucaria. San José

Álvarez García, G; Molina, J.; Cámara Artigas, R. (2000): "Notas Sobre el Hallazgo de Restos Humanos y Evidencias Arqueológicas y Malacológicas en la Cueva de Caño Preso. Parque Nacional los Haitises (República Dominicana)". En XXXV Aniversario de la Sociedad Espeleológica Geos (1962-1997). Grupo Espeleológico Geos. Sevilla. pp. 293-300

Araguás Araguás, B., Michelén, C., Febrillet, J. (1993): Estudio de la dinámica del Lago Enriquillo. Informe de avance del Proyecto DOM/8/006. Sección de Hidrología Isotópica, Departamento de Investigación de Isótopos, INDRHI y Organismo Internacional de Energía Atómica. Viena.

Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM); Fondo Mixto Hispano-Panaméño de Cooperación; Fundación para el Desarrollo Local y el Fortalecimiento Municipal e Institucional de Centroamérica y El Caribe (DEMU-CA) (2008): Directrices de ordenación para la gestión integrada de las cuencas de los ríos Indio y Miguel de la Borda, Costa Abajo de Colón, República de Panamá.

Aquilina, L.; Ladouche, B.; Dörfliger, N. (2006): "Water storage and transfer in the epikarst of karstic systems during high flow periods". Journal of Hydrology, 327.

Bandle-enslin, S (2004): "Notas sobre el uso público en la Sierra de Bahoruco para el Plan de Manejo". Formato digital

Barneby, Rupert C.; Grimes, James W. (1997): "Silk tree, guanacaste, monkey's earing: a generic system for the synandrous Mimosaceae of the Americas, Part II. Pithecellobium, Cojoba and Zygia. The New York Botanical Garden. Volumen 74, Part II. Bronx, New York

Beard, J. S. (1953): The savanna vegetation of northern tropical America. Ecological Monographs, 23

Belsky, A.J.: "Tree/grass ratios in East African Savannas: a comparison of existing models". Journal of Biogeography, 17, 4/5

Berger, A. R. (1996): "Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems". URL: <http://www.gcrio.org/geo/karst.html>. Última consulta, septiembre de 2001

Bertin, J. (1973): Sémiologie Graphique. Mouton. Paris

- Bertrand, G. (1966): "Pour une étude géographique de la végétation". *Revue Géographique des Pyrénées et du Soud-Ouest*. Vol 37 (Tº XXXVII), pp. 129-143.
- Biro, P. (1965): *Les formations végétales du Globe*. SEDES, Paris
- Biro, P. (1967): *Le relief calcaire*. Centre de Documentation Universitaire. Paris
- Bourlière, F. (1983): *Tropical savannas, Ecosystems of the World*. Elsevier, Paris
- Braun-Blanquet, J. (1979): *Fitosociología*. Ed. Blume. Madrid
- Brockman-Jerosch, H; Rüb, E. (1912): *Die einteilung der pflanzengesellschaften nach ökologisch-physiognomischen geischpunkten*, Leipzig
- Büdel, J. (1982): *Climatic geomorphology*. Princeton University. Princeton
- Cámara Artigas, R. (1995): *Formaciones Gresificadas Costeras: Indicadores de Cambios Geomorfológicos en la Interfase Marino-Continental*. D. Num. 1. D.
- \_\_\_\_\_ (1997): "República Dominicana: dinámica del medio físico en la región Caribe (Geografía Física, sabanas y litoral): Aportación al conocimiento de la tropicalidad insular". Tesis Doctoral de la Universidad de Sevilla (inédita)
- \_\_\_\_\_ (1997a): "Formaciones Gresificadas Costeras: Indicadores de Cambios Geomorfológicos en la Interfase Marino-Continental". En *Cuatrenario del Entorno Litoral y Continental del Mar de Alborán*. Librería Andaluza S.A. Vol. 1. pp. 19-21
- \_\_\_\_\_ (1999): "Las Sabanas Tamaulipecas (México): Cambios Ambientales por Acción Antrópica". En *Territorio y Cooperación*. Kronos, S.A. Sevilla. pp. 369-381
- \_\_\_\_\_ (2000): "Environmental indicators of the Holocene Transgressive Maximun (HTM) in the Caribbean Area (Dominican Republic)". *Actas de la Reunión de la Comisión de Holoceno (INQUA)*, Librería Andaluza, Sevilla.
- \_\_\_\_\_ (2004): "Escalonamiento Bioclimático, Regímenes Ecodinámicos y Formaciones Vegetales de la Isla de la Española en República Dominicana". En *Estudios en Biogeografía 2004*. Servei de Publicacions de la Universitat de Girona. Terrassa. pp. 39-58.



\_\_\_\_\_ (2009): "Concepts, approche bioclimatique et typologie des savanes. Application aux savanes américaines". En *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 2009, n° 246. Presses Universitaires de Bordeaux. pp. 175-218

Cámara Artigas, R.; Álvarez García, G.; Molina, J.; Díaz del Olmo, F. (2000): "Un Karst Intertropical en la República Dominicana. Avance de las Exploraciones en el Parque Nacional los Haitises". En XXXV Aniversario de la Sociedad Espeleológica Geos (1962-1997). Grupo Espeleológico Geos. Sevilla. pp. 267-276

Cámara Artigas, R; Díaz del Olmo, F. (1997a): "Manglares y Modificaciones en Líneas de Costas Tropicales (Bahía de Samaná, República Dominicana)". *Geogaceta*. Vol. 21. pp. 55-58

\_\_\_\_\_ (1997b): "Tannes, Bucanes y Maniguas: Transito Marino-Continental en Marismas Intertropicales con Manglares (República Dominicana)". En *Cuaternario Ibérico*. Asociación Española para el Estudio del Cuaternario. Vol. 1. Huelva pp. 192-197

\_\_\_\_\_ (1999): "Karst de plataforma y formaciones litorales de Guanahacabibes (Cuba)". Inédito.

Cámara Artigas, R.; Martínez Batlle, J.R.; Díaz del Olmo, F. (2005): "Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente en República Dominicana: medios naturales, manejo histórico, conservación y protección". Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid.

Cámara Artigas, R.; Molina Rodríguez, J.; Álvarez García, G. (1994): "Cavidades del Litoral. Parque Nacional los Haitises. República Dominicana". AECI-DNP. Santo Domingo.

Carmo, I.; Vasconcelos, P. (2004): "Geochronological evidence for pervasive Miocene weathering, Minas Gerais, Brazil", *Earth Surface Processes and Landforms*, pp. 1303-1320.

Chapman, V.J. (1974): *Salt Marshes and Salt Deserts of the World*. Verlag Von J. Cramer. Bremerhaven.

Chapman, V.J. (1977): *Wet Coastal Ecosystems*, En: *Ecosystems of the World 1*. Elsevier Scientific Publishing Company. New York.

Chardon, C. E. (1941): "Los pinares de la República Dominicana". *Caribbean Forester* 2, pp. 120-130

Christine L. Goodale, John D. Aber, Scott V. Ollinger (1998): "Mapping monthly precipitation, temperature, and solar radiation for Ireland with polynomial regression and a digital elevation model". En: *Climate Research*, Vol 10, pp. 35-49

Chuvieco Salinero, C. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial*. Rialp. Madrid

Ciferri, R. (1936): *Studio Geobotanico dell'Isola Hispaniola (Antille)*. Instituto Botánico Giovanni Briosi y Laboratorio Crittogamico italiano. Volume VIII y serie IV. Pavia

Cifuentes, M.; Izurieta, V.; Henrique de Faria, H. (2000): "Medición de la efectividad del manejo de áreas protegidas". WWF. Turrialba

Clements, F.E. (1902): *A system of Nomenclature for Phytogeography Botanische Jahrbucher fur Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, N° 31 (Beibl.70). pp. 1-20.

CNRS (1985): *Cônes rocheux et aplanissements partiels sur roches carbonatées cohérentes*. 246 p.

Cole, M. (1986): "The Savannas: biogeography and geobotany". Academic Press, Londres

Colón Díaz, M. (1998): "Montaña y Karst Mediterráneo: Especificidad, Antropización y Gestión Ambiental". Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. Cádiz

Cotton, W.R. (1999): "Las Tormentas". ASTeR Press. Fort Collins.

Cross, A.M. (1990): Deforestation monitoring in Amazonia using weather satellite data, 1990, en: *Proc. Workshop on the Nature and Dynamics of the Forest/Savanna Boundary*, Glasgow (sólo resumen).

Cuadrat, J.M.; Pita López, M.F. (1997): *Climatología*. Cátedra. Madrid

Cucurullo, O. (1949): *La Hoya de Enriquillo*, En Pagán Perdomo, D. (1993): *Obras escogidas*, Sociedad Dominicana de Geografía, Vol XX, Santo Domingo

Cvijic', J. (1893): "Das Karstphänomen". *Geographische Abhandlungen* v. 5, p. 217-329.

De la Fuente sj, S. (1976): *Geografía Dominicana*. Editorial Colegial Quisqueyana e Instituto Americano del Libro. Santo Domingo

De las Casas, Bartolomé (1522): Apologética Historia. En: Rueda, M. (1988): Oviedo Las Casas, crónicas escogidas. Ediciones de la Fundación Corripio. Santo Domingo

De León, R.O. (1989): "Geología de la Sierra de Bahoruco, República Dominicana". Museo Nacional de Historia Natural. Editora Taller. Santo Domingo

De León, R.O. (1990): "Aspectos geológicos e hidrogeológicos de la Región Suroeste". Museo Nacional de Historia Natural. Santo Domingo

De Martonne, E. (1964): Tratado de geografía física. Editorial Juventud. Barcelona.

De Pedraza Gilsanz, J. (1996): Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda. Madrid.

Demangeot, J. (1976): Les espaces naturels tropicaux. Essai de géographie physique. Masson. Paris

\_\_\_\_\_ (1989): "Los medios naturales del Globo". Masson. Barcelona

\_\_\_\_\_ (1999): Tropicalité. Géographie physique intertropicale. Armand Collin. Paris

Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla; Subsecretaría de Áreas Protegidas y Biodiversidad de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA): "Estudio Ecodinámico del Lago Enriquillo: Informe preliminar enero-octubre 2001". Auspiciado por el Programa de Cooperación Científico-Técnica con Iberoamérica de la Agencia Española de Cooperación Internacional. Informe Inédito, 2001.

Derruau, M. (1991): Geomorfología. Ariel Geografía. Barcelona

Díaz del Olmo, F.; Cámara Artigas, R (1993): "Niveaux Marins, Chronologie Isotopique U/Th Et Karstification en Republique Dominicaine". Karstologia. Vol. 2. Num. 22. pp. 52-54

\_\_\_\_\_ (2003): "Karst Tropical de Colinas, Tipología y Evolución en el Plio-Cuaternario en República Dominicana". En Actas de la XI Reunión Nacional de Cuaternario. Oviedo. pp. 123-128

\_\_\_\_\_ (2004): "Metodología para la Evaluación y Diagnóstico de Unidades Ambientales". Grupo de Investigación Geomorfología y Cuaternario. Grupo de Trabajo Medios Tropicales y Cooperación al Desarrollo. Inédito.

Díaz del Olmo, F.; Cámara Artigas, R.; Martínez Batlle, J.R. (2003): "Hatos Caribeños y Dehesas Andaluzas. Paisaje y Estructura Parcelaria. En Cuba y Andalucía Entre las Dos Orillas. Sevilla. Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Junta de Andalucía. Vol. 1. pp. 303-333

Díaz del Olmo, F.; Cámara Artigas, R.; Martínez Batlle, J.R.; Gómez Ponce, C. (2004a): "Mapa geomorfológico de la provincia Pedernales, República Dominicana". En Oficina Técnica de Cooperación de la Embajada de España en República Dominicana (OTC-AECI); Oficina Nacional de Planificación de República Dominicana (ONAPLAN); Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología de la Universidad de Sevilla (2004): "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia Pedernales", Inédito, Santo Domingo

Díaz del Olmo, F.; Cámara Artigas, R.; Martínez Batlle, J.R. (2004b): Metodología para la Evaluación y Diagnóstico de Unidades Ambientales. Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología: Medios Tropicales y Cooperación al Desarrollo. Inédito.

Díaz del Olmo, F.; Cámara Artigas, R.; Martínez Batlle, J.R.; Morón Monge, M. (2005): "Plan de desarrollo sostenible del sur de la Provincia de Veraguas (Panamá)". Informe inédito para el Proyecto Araucaria-Coiba. Panamá

Díaz del Olmo, F.; Cámara Artigas, R.; Álvarez García, G.; Molina, J. (1995): "Un Karst Intertropical en la República Dominicana". Subterránea. Num. 3. pp. 24-31

Dinerstein, E. y otros (1995): "Una evaluación del estado de conservación de las Eco-regiones Terrestres de América Latina y el Caribe". Banco Mundial/Fondo Mundial para la Naturaleza. Washington D.C.

Dirección de Información Ambiental y Recursos Naturales (DIARENA): Mapas topográficos escala 1:50,000 en formato ráster". Formato digital, soporte CD. Última actualización: s/f

Dirección General de Minería; Instituto Geográfico Universitario; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1991): Mapa Geológico de la República Dominicana escala 1:250,000, BGR, Hannover.

Dirección General Forestal (DGF): "Incendios ocurridos en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, período 1978-1998". En ULG Consultants (1999): "Repoblación Forestal de Bahoruco", inédito.

Dirección Nacional de Parques (1986): "Plan de manejo y conservación del Parque Nacional Jaragua". Santo Domingo

Dirección Nacional de Parques; Agencia Española de Cooperación Internacional; Agencia de Medio Ambiente, Junta de Andalucía (1991): "Plan de Ordenación de recursos naturales y uso y gestión del Parque Nacional Los Haitises (República Dominicana)". Editora J. Muñoz, Santo Domingo

Draper, G. (2008): "Some speculations on the Paleogene and Neogene tectonics of Jamaica". *Geological Journal*, 43. pp. 563-572.

Elleberg, H.; Mueller-Dombois, C. (1967): Tentative physiognomic-ecological classification of plant formation on the Earth, Hochschule Stiftung Rübel, Zürich

Empresa Generadora de Electricidad (2001): "Hidroeléctrica Las Damas". URL: [http://www.hidroelectrica.gov.do/Las Damas.htm](http://www.hidroelectrica.gov.do/Las_Damas.htm). Última actualización: agosto, 2001

Fernández de Oviedo, G. (1535): *Historia General y Natural de las Indias*. En: Rueda, M. (1988) *Oviedo Las Casas, crónicas escogidas*. Ediciones de la Fundación Corripio. Santo Domingo

Fisher-Meerow, L. L.; Judd, W. S. (1989): "A floristic study of five sites along an elevational transect in the Sierra de Baoruco, Prov. Pedernales, Dominican Republic". *Moscosoa* 5, pp. 159-185. Santo Domingo.

Ford, D.; Williams, P. (1989): *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman Ltd. Reino Unido.

Forman R., T.T. (1994): "Land mosaics, the ecology of landscapes and regions". Cambridge University Press

Frost, P.; Medina, E.; Menaut, J.C.; Solbrig, O.; Swift, M.; Walker, M.B. (1986): "Responses of savannas to stress and disturbance. A proposal for a collaborative Programme of Research". *Biology International, Special Issue-10*. IUBS, Paris

Foucault, A.; Raoult, J.-F (1985): *Diccionario de Geología*. Masson. Barcelona

Fundación Moscoso Puello (FMP); Sociedad Ornitológica Hispaniola (SOH); American Bird Conservancy (ABC) (2004): "Proyecto de elaboración de un plan de manejo para el Parque Nacional Sierra de Bahoruco: documento de diagnóstico, capítulo de avifauna". Informe inédito preparado para el Plan de Manejo del Parque Nacional Sierra de Bahoruco

Furley, P. (1994): "Savanna formations: ecology and environment". *Progress in Physical Geography*, 18, 2

Gallais, J. (1994): *Les tropiques, terres de risques et de violence*. A. Colin. 271 p. Paris

Gamble, D.; Curtis, S. (2008): "Caribbean precipitation: review, model and prospect". *Progress in Physical Geography*, 32(3), pags. 265-276

García, R. (1989): Estudio ecoflorístico comparativo del bosque seco subtropical de Azua y Monte Cristi, República Dominicana, *Moscosoa* 5, págs. 55-84.

García, R. (1994): Diversidad, endemismo y especies amenazadas en la flora de la Isla Española. En: Gobierno Dominicano (1994): "Agenda Ambiental Dominicana. Situación ambiental y situación de la Biodiversidad en la República Dominicana. Tomo 1. Santo Domingo.

García, R.; Mejía, M. (2000): "Una especie de *Acacia* (Mimosaceae) nueva para la Ciencia". *Moscosoa* 11, pp. 7-10. Santo Domingo

García, R.; Mejía, M.; Peguero, B.; Jiménez, F. (2001a): "Flora endémica de la Sierra de Bahoruco, República Dominicana". *Moscosoa* (12), pp 9-44. Santo Domingo

García, R.; Peguero, B.; Jiménez, F.; Mejía, M. (2001b): "Informe sobre la flora y la vegetación de la Sierra de Bahoruco, República Dominicana". Informe inédito para el Proyecto Araucaria-Bahoruco. Santo Domingo

García, R.G.; Pimentel, J. (1986): "Florura de la Reserva Científica Dr. Orlando Cruz Franco, provincia de Montecristi, República Dominicana." En *Moscosoa* 4, pp. 206-214

Goldstein, G.; Menaut, J-C.; Noble, I. (1988): Exploratory research, en Walker, B-H.; Menaut, J-C. (ed): *Research procedure and experimental design for savanna ecology and management*, RSSD publication, Melbourne

Gómez Ponce, C; Cámara Artigas, R.; Díaz del Olmo, F.; Martínez Batlle, J.R. (2002): "Arrecifes Frangeantes de Paso Catuano (Parque Nacional del Este, República Dominicana)". En IX Coloquio Ibérico de Geografía. Coloquio Ibérico de Geografía. Num. 9. Universidad de Huelva. Huelva.

Gómez-Villar, A., Ortigosa, L., Martínez Castroviejo, R., Garíca-Ruiz, J.M. (1994): Factores que controlan la formación de abanicos aluviales en un área de montaña. En: Arnáez, J., García Ruiz, J.M., Gómez Villar, A. (eds.) (1994): Geomorfología en España. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño

Gonzalez Medrano, F. (2005) La vegetación. (Ed. G. Sánchez) Historia Natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo. Tamaulipas, México. Pp. 88-105

Graham, R., Read, R.E. (1990): Manual de fotografía aérea. Omega. Barcelona

Gutiérrez Elorza, M. (2001): Geomorfología climática. Omega. Barcelona

Hartshorn, G., Antonini, G., Bobois, R., Harcharik, D., Heckadon, S., Newton. H., Quesada, C., Shores, J.; Staples, G. (1981). "La República Dominicana- Perfil Ambiental del país - Un Estudio de Campo". AID Contract No. AID/SOD/PDC-C-0247. JRB Associates, Virginia

Holdrige, L.R. (1947): Determination of World plant formations from simple climatic data, Sciences, 105

Holdridge, L.R. (1967). Life zone ecology. Tropical Science Center. San José de Costa Rica.

Holdridge, L.R. (1989). Ecología basada en zonas de vida. MCA. San José.

Holling, C. S. (1973): "Resilience and stability of ecological systems". Ann. Rev. of Ecol. and Syst. 4, pp. 2-23.

Hoppe, J. (1989): "Los Parques Nacionales de la República Dominicana". Editora Corripio. Santo Domingo

Horn, S.; Orvis, K.; Kennedy, L.; Clark, M. (s/f): Prehistoric fires in the highlands of the Dominican Republic: evidence from charcoal in soils and sediments, Caribbean Journal of science

Howard K., A.; Forester, J. (1997): "Diets of two Syntopic Frogs: *Eleytherodactylus Abbotti* and *E. Armstrongi* (Leptodactylidae) from the Sierra de Bahoruco, Hispaniola". *Herpetological Natural History* 5(1), pp 66-72

Huguet del Villar, E. (1929): *Geobotánica*. Colección Labor, Editorial Labor. Barcelona.

IGME-BRGM-INYPSA (2004): República Dominicana, Cartografía Geotemática, Proyecto L, Hoja de Jimaní (5871-III)".

Instituto Geográfico Universitario (IGU): "GEOSIDE". Formato digital. Última actualización, diciembre de 2005

Incháustegui, S.; Gutiérrez, W.; Rivas, V.; Álvarez, V.; Núñez de Ricart, N.; Bonelly de Calventi, I. (1977): Notas sobre la ecología del Lago Enriquillo en 1977, En Bonelly de Calventi, I. (1977): *Conservación y Ecodesarrollo*, Centro de Investigaciones de Biología Marina (CIBIMA), Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo

Instituto Cartográfico Militar (ICM) (1989): Serie E733 de mapas topográficos escala 1:50,000, Instituto Cartográfico Militar, Santo Domingo

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) (2001): "Reportes de Aforos de los ríos Mulito, Pedernales, Arriba y Las Damas". Inédito

Jaeger, J. (2000): "Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation". *Landscape Ecology* 15, pp. 115-130

Jeanjean H, C.M.; Fontes, J.; Puig, H.; Husson, A.; Achard, F. (1994): *Étude de l'interface forêt, typologie de la fragmentation du domaine forestier tropical, étude morphologique et catalogue*, contrat no. 5396-93-07, ISPF, JRC, Ispra, Italia, pp.85-87

Johnson, R.W.; Tothill, J.C. (1985): *Definitions and broad geographic outline of savanna lands. Ecology and management of the world's savannas*, Australian Academic of Sciences, Camberra

Joly, F. (1982): *La cartografía*. Ariel. Barcelona

King, L. C. (1962): *The Morphology of the Earth: A Study and Synthesis of World Scenery*. Edinburgh. Oliver and Boyd, 1962. p. 726

Köppen, W.; Geiger, R. (1930): *Handbuch der klimatologie*, Berlin



Latta, S. C. (2000): "Ecology and Population Regulation of Neotropical Migratory Birds in the Sierra Bahoruco, Dominican Republic". Dissertation Presented to the Faculty of Graduate School University of Missouri. Columbia

Latta, S. C.: "Complementary areas for conserving avian diversity on Hispaniola". *Animal Conservation* (en publicación)

Latta, S. C.; Sondreal, M. L.; Brown, C. R. (2000): "A hierarchical analysis of nesting and foraging habitat for the conservation of the Hispaniolan White-winged Crossbill (*Loxia leucoptera megaplaga*)". *Biol. Conserv.* 96, pp. 139-150

Latta, Steven C. ; Rimmer, Christopher C.; McFarland, Kent P. (2003): "Winter bird communities in four habitats along an elevational gradient on Hispaniola". *The Condor* 105, pp. 179-197

Lauga, J.; J.J. (1992): Modelling effects of forest fragmentation on certain species of forest-breeding birds, *Landscape Ecology*, 6, pp. 183-193

Lenart, L.; Lathrop, A.; Smith, D. et al. (1997): "Anoline Diversity in three Differentially Altered Habitats in the Sierra Baoruco, República Dominicana, Hispaniola". *Biotropica* 29(1), pp. 117-123

Liogier, A.H. (1976): "La flora de la Española: análisis, origen probable" En: *Anuario de la Academia de Ciencias de la República Dominicana* 2,(2), 1976, pp. 17-46.

Liogier, A.H. (2000). *La flora de La española*. 9 tomos. Universidad Central del Este /Jardín Botánico de Santo Domingo. Santo Domingo.

Liogier, H. A.; García, R. (1997): "Una nueva especie de *Psidium* (Myrta-ceae) para la Sierra de Bahoruco, República Dominicana". *Moscosoa* 9, pp.22-25. Santo Domingo

Linás, R.A. (1972): "Geología del área Polo-Duvergé, Cuenca de Enriquillo". Publicación del Colegio Dominicano de Ingenieros Arquitectos y Agrimensores. Santo Domingo.

López Bermúdez, F.; Cuadrat, J.M.; Rubio Recio, J.M. (1992): *Geografía Física*, Cátedra, Madrid

MacArthur, R.H. (1972): *Geographical ecology: patterns in the distribution of species*, Harper & Row Publishers, New York

MacArthur, R.H.; Wilson, E.O. (1967): The theory of island biogeography, Princeton University Press, Princeton

Maire, R.; Pomel, S.; y Salomon, J.N. (1994): Enregistreurs et Indicateurs de l'Evolution de l'Environnement en Zone Tropicale. PUB. Bordeaux.

Mann, P.; Draper, G.; Lewis, J.F. (ed) (1991): Geologic and Tectonic Development of the North America Caribbean Plate Boundary in Hispaniola. Special Paper 262 The Geological Society of America. 400 pp. y 4 mapas.

Mann, P.; Mc Laughlin, P.P.; Cooper, C. (1991): Geology of the Azua and Enriquillo basins, Dominican Republic: (2) Structure and tectonics. En: Geologic and Tectonic Development of the North America Caribbean Plate Boundary in Hispaniola. Special Paper 262 The Geological Society of America Bulletin. Pp.367-389

Mann, P; Taylor, F.W.; Burke, K.; Kulstad, R. (1984): Subaerially exposed Holocene coral reef, Enriquillo Valley, Dominican Republic. Geological Society of America Bulletin, v. 95, pp. 1084-1092

Martínez, E. (1999): Los bosques tropicales: entre el desafío y la esperanza. Academia de Ciencias de República Dominicana. Santo Domingo

Martínez Batlle, J.R. (2002): "Sabanas de la República Dominicana: análisis ecodinámico de patrones tipológicos y sus ecotonos". Inédito. Proyecto de Investigación de Doctorado, Universidad de Sevilla

\_\_\_\_\_ (2003) "Dinámica aluvial y riesgos naturales por inundaciones en regiones tropicales: conos de desbordamiento en República Dominicana". Actas de la XI Reunión Nacional de Cuaternario (AEQUA). Geofoma. Madrid

\_\_\_\_\_ (2004): "Geomorfología de la Sierra de Bahoruco". Consorcio Ambiental Dominicano (CAD); Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN). Inédito (enviado para publicación)

Martínez Batlle, J.R.; Gómez Ponce, C.; Cámara Artigas, R.; Díaz del Olmo, F. (2003): "Arrecifes Costeros Sumergidos en Paso Catuano (Parque Nacional del Este, República Dominicana): Caracterización BioSEDIMENTARIA y Aplicación a la Ordenación de Unidades Ambientales". En Actas de la XI Reunión Nacional de Cuaternario. Oviedo. pp. 27-32

Martínez, P.C. y Marcano, E.J. (1987): Florura de la Isla Cabritos. Museo de Historia Natural y DNP. Santo Domingo. 41 p.

Masclé, A. ed. (1985): *Memorias del Simposio Geodinámica del Caribe*. Editions Technip, Paris

Mateo Félix, J. M. (2004): "Análisis sobre el Potencial de Uso Público para la Reserva de Biosfera: Jaragua-Bahoruco-Enriquillo". Informe inédito para la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Migoñ, P.; Lidmar-Bergström, K. (2001): "Weathering mantles and their significance for geomorphological evolution of central and northern Europe since the Mesozoic", *Earth Science Reviews*, 56, pp. 285-324.

Miller, A. (1982): *Climatología*. Barcelona.

McFarlane, M.J. (1983): "Laterites". En: Goudie, A.S. y Pye, K. (eds.): *Chemical sediments and geomorphology*. Academic Press, Londres, pp. 7-58.

McGarigal, K.; Marks, B.J. (1994): *FRAGSTATS, Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*, Oregon State University

McIntyre, N.E. (1995): *Effects of forest patch size on avian diversity*, *Landscape Ecology*, 2, pp. 85-99

McLaughlin, P.P. y Van Den Bold, W.A. (1991): *Geology of the Azua and Enriquillo basins, Dominican Republic; 1, Neogene lithofacies, biostratigraphy, biofacies, and paleogeography*. En: *Geologic and Tectonic Development of the North America Caribbean Plate Boundary in Hispaniola*. Special Paper 262 The Geological Society of America. Pp.337-366.

McPherson, M.; Schwartz, T. (2004): *Social Economic Analysis of the Biosphere Reserve Jaragua - Bahoruco - Enriquillo*". Formato Digital (soporte CD). IPEP-IRG-USAID.

Medina, E. (1977): *Introducción a la ecofisiología vegetal*. Programa Regional de Desarrollo Científico y tecnológico. Serie Biología. Monografía nº 16. Departamento de Asuntos Científicos. Secretaría de la O.E.A., Washington.

Miller, A. (1982): *Climatología*. Omega. Barcelona

Ministerio del Ambiente y la Energía (MINAE) de Costa Rica; Oficina Técnica de Cooperación de la Embajada de España en Costa Rica (OTC-CR); Proyecto Araucaria-Savegre (AECI); Universidad de Sevilla (2004): *Plan de Manejo del Plan de Ordenamiento Territorial de la Cuenca Hidrográfica del Río Savegre: Documento Técnico*. Inédito. Sevilla

Molina, J.; Álvarez García, G.; Cámara Artigas, R; Díaz del Olmo, F. (2000): "Parque Nacional los Haitises (República Dominicana). Ruta Litoral. Programa de Uso Público y Educación Ambiental". En XXXV Aniversario de la Sociedad Espeleológica Geos (1962-1997). Grupo Espeleológico Geos. Sevilla. pp. 277-292

Mongelli, G. (2002): " Growth of hematite and boehmite in concretions from ancient karst bauxite: clue for past climate". *Catena*, 50, pp. 43-51.

Monroe, W. H. (1980): "Some tropical landforms of Puerto Rico". Geological Survey Professional. Paper 899. USGS. Washington,

Montero de Burgos, J.L.; García Salmerón, J. (1981): *Atmósfera: el clima*, en: Universidad Politécnica de Madrid; CEOTMA; INIA; ICONA: Tratado del medio natural, Tomo II, Madrid

Montero de Burgos, J.L., González Rebollar, J.L. (1973): *Diagramas bioclimáticos*. ICONA, Madrid

Moscoso, R. M. (1974): *Las exploraciones botánicas en Santo Domingo*. Revista EME. Estudios dominicanos III (13)

Moya, C.N. de (1979): *Atlas de la Isla y de la Ciudad de Santo Domingo de 1904*. Editado por E. Rodríguez Demorizi. Sociedad Dominicana de Geografía. Vol XIII, Ed. Taller. Santo Domingo

Müller, P. (1979): *Introducción a la Zoogeografía*, Blume Ecología, Barcelona

Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C.G.; B. Da Fonseca, G. A.; Kent, J. (2000): "Biodiversity hotspots for conservation priorities". *Nature*, 403

National Aeronautics and Space Administration (NASA); Jet Propulsion Laboratory (JPL); (2004): "Imagen MODIS del Huracán Catarina". URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Hurricane\\_Catarina.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Hurricane_Catarina.jpg). En Wikipedia (2009): "Ciclón Catarina". URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cicl%C3%B3n\\_Catarina](http://es.wikipedia.org/wiki/Cicl%C3%B3n_Catarina). Última consulta: diciembre de 2009

National Aeronautics and Space Administration (NASA); National Imagery and Mapping Agency (NIMA); Jet Propulsion Laboratory (JPL); German Aerospace Center (DLR); Italian Space Agency (ASI) (2000): "Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Elevation Dataset". En PROSISA-Weiland Kunzel (2004): "DEM Hispaniola". Soporte CD. Santo Domingo

National Hurricane Center (NHC). "Atlantic, Caribbean and Gulf of Mexico hurricane track chart. URL: <http://www.nhc.noaa.gov/tracks/1998atl.gif>. Última consulta: diciembre de 2009.

Nicod, J. (1972): Pays et paysages du calcaire. Le Géographe, 7. PUF, Paris

Nicod, J. (1984): "Les massifs karstiques des Alpes occidentales: trama structurale et bioclimatique", Karstologia, 3, 3-11 + carte 1:750.000

Nicod, J; Salomon, J.-N. (1990): Les mogotes: des reliefs karstiques résiduels litho-structuraux et/ou hérités. Comparaison des karsts tempérés et tropicaux. Revue de Géomorphologie dynamique, XXXIX, n°1,

Oficina de Censos de Estados Unidos: International Data Base, URL: <http://www.census.gov/ipc/www/idbnew.html> (consulta en 2002)

Oficina Nacional de Estadísticas (ONE): Mapas de división territorial hasta el nivel de parajes. Soporte papel. Última actualización: s/f

Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) (1999): División territorial de la República Dominicana. ONE. Santo Domingo

Oficina Nacional de Estadísticas (ONE), Secretariado Técnico de la Presidencia (STP) (1996): "VII Censo Nacional de Población y Vivienda, 1993". Santo Domingo

\_\_\_\_\_ (2003): "VIII Censo Nacional de Población y Vivienda, 2002". Santo Domingo

Oficina Nacional de Planificación (ONAPLAN), Secretariado Técnico de la Presidencia (STP); Banco Mundial (BM); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2005): "Sistema de información geográfica de pobreza en la República Dominicana (FPobreSIG2005)". Formato digital, soporte CD.

Oficina Nacional de Planificación de República Dominicana (ONAPLAN); Oficina Técnica de Cooperación de la Embajada de España en República Dominicana (OTC-AECI-RD); Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología (GICG) de la Universidad de Sevilla (2004): "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia Pedernales (PORN-Pedernales)". Inédito. Santo Domingo

Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) (2001): "Datos climáticos de 9 estaciones del Suroeste de República Dominicana". Formato digital (soporte diskette).

Ollier, C. (1975): *Weathering*. Longman.

Organización de los Estados Americanos (1967): "Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales de la República Dominicana". 3 tomos. Washington

Orvis, K.H.; Clark, M.; Horn, S.; Kennedy, L. (1997): Geomorphic traces of quaternary climates in the Cordillera Central, Dominican Republic, *Mountain Research and Development*, vol. 17, pp. 323-331

Ozenda, P. (1982). *Les vegetaux dans la Biosphère*, Paris.

Ozenda, P. (1985). *La végétation de la chame alpine*. Masson& Cié. Paris.

Pagney, P. (1982): *Les climats de la Terre*, Barcelona

Panizza, M. (2009): "The Geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): A Key of Geoheritage Assessment". *Geoheritage*, 1. pp. 33-42.

Peláez F., S. (1985): "Parque Nacional Sierra de Bahoruco". Informe inédito de la Dirección Nacional de Parques

Penck W. (1953): *Morphological Analysis of Landforms*. London. MacMillan, p. 439

Pérez, D.; Hierro, B.; Otte, D. (1998): New Genera and species of Greater Antillean Grouse-Locusts (Orthoptera: Tetrigidae: Cladonotinae). *Journal of Orthoptera Research* 7, pp. 189-204

Petit, M. (1990): *Geographie physique tropicale. Approche aux études du milieu: morphogenèse-paysages*. Karthala-ACCT. Paris

Pettijohn, F.J. (1976): *Rocas sedimentarias*. Eudeba, Buenos Aires

Phillips, J.D. (2002): "Erosion, isostatic response, and the missing peneplains", *Geomorphology*, 45, pp. 225-241.

Phillips, J.D. (2009): "Landscape evolution space and the relative importance of geomorphic processes and controls", *Geomorphology*, 109, pp. 79-85.

Prentice, C.; Mann, P.; Taylor, F.W.; Burr, G.; Valastro, S. (1993): Paleoseismicity of the North American-Caribbean plate boundary (Septentrional fault), Dominican Republic, *Geology*, vol. 21, pp. 49-52

Presidencia de la República (2002): "Proyecto de Ley Sectorial de Áreas Protegidas". Editora Amigo del Hogar. Santo Domingo.

Proyecto Marena (1983-1984): Fotos aéreas de la República Dominicana, Instituto Cartográfico Militar, Santo Domingo

Puhe, J. (1997): Ecología y sistemas naturales. Énfasis en Sudamérica, Centro de Estudios Rurales Interdisciplinarios y Universidad Nacional del Pilar, 1997

Puig, H. (2005) La biogeografía de las plantas del bosque mesófilo. (Ed. G. Sánchez) Historia Natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo. Tamaulipas, México. Pp. 67-87

Quinif, Y. (2010): "Fantômes de roche et fantômisation. Karstologia Mémoires, 18. 196pp

Raffaele, H.; Wiley, J.; Garrido, O.; Keith, A.; Raffaele, J. (1998): "A guide to the birds of the West Indies". Princeton University Press. New Jersey

Reineck, H.-E., Singh, I.B. (1980): Depositional sedimentary environments. Springer-Verlag. Nueva York

Rimmer C. C.; Mcfarland, K. P.; Ellison, W. G.; Goetz, J.E. (2001): "Bicknell's Thrush (*Catharus bicknelli*)". En Poole, A; Gill, A. (ed.): "The birds of North America". No. 592. The Birds of North America, Inc. Philadelphia

Riou, G.(1995): "L'herbe, l'arbre et l'homme en terres tropicales", Masson-Armand Collin

Rivas Martínez, S. (1987). Memoria del mapa de series de vegetación de España y mapas a Escala 1:400.000. ICONA. Serie Técnica. Madrid.

Rougerie, G. (1967). Biogeographie des montagnes, Centre de Documentation Universitaire, Paris.

Rougerie, G. (1990). Les montagnes dans la Biosphère, París, A. Colín

Santana, B. (1993): Zonación de la vegetación en un transecto altitudinal (La Descubierta-Hondo Valle) en Sierra de Neiba (República Dominicana). Moscosoa, V. 7, pp. 83-126.

Rollet, B. (1979): Organisation (des forets), en Écosystèmes forestiers tropicaux, ¿?

- Rübel, E. (1933): Geographie del Pflanzen (Soziologie), Handwörterbuch Naturwiss
- Rzedowsky, J. (1986): Vegetación de México, Editorial Limusa, México
- Salomon, J.-N. (1995): "Relation entre karsts, aquifères et niveaux de la mer à Cuba". Hommes et terres du Nord. Villeneuve d'Ascq, France
- Salomon, J.-N. (2000): Précis de Karstologie. PUB. Bordeaux.
- Sarmiento, G. (1983): The savannas of Tropical America, en Tropical savannas. (Bourlière ed.) Elsevier, Ecosystems of the World 13, Paris
- Saunders, D.A.; Hobbs, R.J.; Margules, C.R. (1991): Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review, Conservation Biology, 5, pp. 18-32
- Schieck, J.; Lertzman, K.; Nyberg, B.; Page, R. (1995): Effects of patch size on birds in old-growth montane forests, Conservation Biology, 9, pp. 1072-1084
- Schimper, A.F.W. (1898): "Pflanzengeographie auf physiologischer". Grundlage. Jena
- Schnell, R. (1979) Flore et végétation de L'Afrique Tropicale. Gautiers-Villars.
- Schnell, R. (1987): La Flore et la végétation de l'Amérique tropicale. Tome I et II. Ed. Masson. Paris.
- Schubert, C.; Medina, E. (1982): Evidence of quaternary glaciation in the Dominican Republic: some implications for Caribbean Palaeo-climatology, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, vol 39, pp. 281-294
- Secretaría de Estado de Agricultura (SEA)/Departamento de Vida Silvestre (DVS); Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica (DED) (1990a); Fondo Mundial para la Naturaleza. (WWF-US): La diversidad biológica de la República Dominicana. Informe inédito. Santo Domingo.
- Secretaría de Estado de Agricultura/Departamento de Vida Silvestre (1992): "Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales en el Bahoruco Oriental". Informe inédito. Santo Domingo
- \_\_\_\_\_ (1994): "Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales de la Sierra de Bahoruco". Informe inédito. Santo Domingo



Secretaría de Estado de Agricultura (SEA)/Departamento de Vida Silvestre (DVS); Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica (DED); Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF-US); Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID); Fundación San José (1990b): Informe sobre investigaciones botánicas, zoológicas y socio-económicas en la Sierra de Neiba. Informe inédito. Santo Domingo.

Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMA-RENA) (2001): "Guía ornitológica del Centro de Visitantes Hoyo de Pelempito". Editora Amigo del Hogar. Santo Domingo

\_\_\_\_\_ (2001): "Guía Botánica del Centro de Visitantes Hoyo de Pelempito". Editora Amigo del Hogar. Santo Domingo

\_\_\_\_\_ (2004a): "Programa nacional de valorización de áreas protegidas". Editora Búho. Santo Domingo

\_\_\_\_\_ (2004b): "Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo". Editora Búho. Santo Domingo

\_\_\_\_\_ (2004c): "Atlas de los Recursos Naturales de la República Dominicana" Amigo del Hogar. Santo Domingo

Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMA-RENA); Consorcio Ambiental Dominicano (CAD); Asociación Suiza para la Cooperación Internacional (HELVETAS); Fundación Moscoso Puello (FMP); American Bird Conservancy (ABC) (2005): Plan de Manejo del Parque Nacional Sierra de Bahoruco. Inédito

Stanley, M. (2003): "Geodiversity: our foundation". *Geology Today*, v. 19, No. 3. pp. 104-107

Stockton, A. (1981): Guía de Campo para las aves de República Dominicana Santo Domingo.

Stott, P. (1991): Recent trends in the ecology and management of the World's savannas formations, *Progress in Physical Geography*, 15, 1

Strahler, A.N. (1982): *Geografía Física*. Omega. Barcelona

Strahler, A. N., Strahler, A.H. (1997): *Geografía física*. (3ra ed.). Omega. Barcelona

Subsecretaría de Áreas Protegidas y Biodiversidad (2004): "Guía metodológica para la elaboración y/o actualización de los planes de manejo de áreas protegidas de República Dominicana". Inédito

Taylor, F.W.; Mann, P.; Valastro, S.; Burke, K. (1985): Stratigraphy and radiocarbon chronology of a subaerially exposed holocen coral reef, Dominican Republic, *Journal of Geology*, vol. 93, pp. 311-332

Tejada Álamo, G. (1994): "Vocabulario geomorfológico". Akal Diccionarios. Madrid.

Thomas, M.F. (1979): *Tropical Geomorphology: a study of weathering and landform development in warm climates*. The Macmillan Press Ltd. Londres y Basingstroke

Thomas, M.F. & Thorp M.B. (1992): Landscape dynamics and surface deposits arising from Late Quaternary fluctuations in the forest-savanna boundary, en: Furley, P.A. (ed.): *Nature and Dynamics of Forest Savanna Boundaries*, Chapman & Hall, Londres

Thornbury, W.D. (1960): *Principios de geomorfología*. Kapelusz, Buenos Aires

Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R.(1955): The water balance, *Publications in Climatology*, 8,1, New Jersey.

Tolentino, L., Peña, M. (1998): Inventario de la vegetación y uso de la tierra en la República Dominicana. *Moscosa*, v.10, pp.179-203

Tricart, J. (1972a): *Memoires et documents: cartographie géomorphologique*. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris

\_\_\_\_\_ (1972b): *Landforms of the humid tropics, forests and savannas*. Longman. Londres

Tricart, J.; Cailleux, A. (1969): Le modelé des régions chaudes (forêts et savanes), en *SEDES: Traite de Géomorphologie*, V

Turner, I.M. (1996): Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence, *Journal of Applied Ecology*, 33, pp. 200-209

Turner, M.G.; Gardner, R.H. (1991): *Quantitative methods in landscape ecology*, Springer, New York

Twidale, C. R. (1982): *Granite Landforms*. Elsevier. Amsterdam

Twidale, C.R. (2009): "Differentiating etch, epigene, and subaerial landforms", *Z. Geomorph. N. F.*, pp. 1-21.

Twidales, C.R. (2002): "Relative and 'absolute' dating of land surfaces", *Earth Science Reviews*, pp. 1-49.

Udvardy, M.D.F. (1975): *A classification of the Biogeographical Provinces of the World*. IUCN, Morges, Suiza

ULG Consultants; Dirección Nacional de Parques (DNP); Dirección General de Minería (DGM) (1999): "Repoblación Forestal de Bahoruco", Inédito (soporte CD)

United States Geological Survey (USGS) (1996): *GTOPO30*. USGS

Valdez S., Gabriel; Mateo F., José (1993): "Sistema de Áreas Protegidas de la República Dominicana". Dirección Nacional de Parques. Santo Domingo.

Van Den Berghe, B. (1983): "Evolution sédimentaire et structurale depuis le Paleocene du secteur "Massif de la Selle" (Haïti)-"Bahoruco" (Republique Dominicaine)-Nord de la ride de Beata" dans l'orogene Nord Caraïbe (Hispaniola-Grandes Antilles).

Vaughan, T. W.; Wythe Cooke, D. D.; Condit, C. P.; Ross, W. P.; Woodring y Calkins, F. C. (1922): *Un reconocimiento geológico de la República Dominicana*. 302 p. Washington.

Velázquez, A.; Medina, C.; Reygadas, D. (2010) *Síntesis geobotánica de las sierras Ajusco-Chichinautzin*. *Investigación ambiental* 2 (1): 5-24

Veloz Maggiolo, M.: *Arqueología Prehistórica de Santo Domingo*, Fundación de Crédito Educativo, República Dominicana (impresión: MacGraw-Hill Far Eastern Publishers, Singapur), 1972

Veloz Maggiolo, M.; Luna Calderón, F.; Rímoli, R.O. (1979): "Investigaciones arqueológicas en la provincia de Pedernales, Rep. Dominicana". Universidad Central del Este. San Pedro de Macorís

Walker, B.H. (1987): *Determinants of tropical savannas*, IUBS Monograph Series 3, 156 págs

Walter, H. (1977): *Zonas de vegetación y clima*, Omega, Barcelona

Warming, E. (1909): "Oecology of plants". Oxford

Wendt, T. (1998) Composición, afinidades florísticas, y orígenes de la flora arbórea del dosel de los bosques tropicales húmedos de la vertiente mexicana del atlántico. (T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa) *Diversidad biológica de México, orígenes y distribución*. INBIO, UNAM pp. 581-664

Whittaker, R.H. (1975): *Communities and ecosystems*, Macmillan, New York, 385 págs

Young, A.; Solbrig, O.T. (1993): *The World's Savannas. Economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use*, Man and the Biosphere Series, UNESCO, New York

Zanoni, T.A. (1986): "Regiones geográficas de la Isla Española" En *Moscosa* (4), pp. 1-5. Santo Domingo

Zanoni, T.A. (1990a): "Mejía, M.; Pimentel, J.D.; García, R.: La flora y la vegetación de las islas La Matica y La Piedra, Distrito Nacional, República Dominicana" En *Moscosa* 6, págs. 1-18. Santo Domingo

Zanoni, T.A. (1990b): "La flora y la vegetación de Loma Diego de Ocampo, Cordillera Septentrional, República Dominicana" En *Moscosa* 6, pp. 19-45. Santo Domingo

Zanoni, T.A. (1993): "La flora y la vegetación del Pico Duarte y la Loma La Pelona" En *Moscosa* 7, pp. 1-14. Santo Domingo

Zanoni, T.A.; Jiménez, F. (2002): "Notas para la flora de La Española IX" En *Moscosa* 13, pp. 174-197. Santo Domingo

Zanoni, T.A.; Mejía, M. M.; Pimentel, J.D.; García, R.G. (1990): "La flora y la vegetación de Los Haitises, República Dominicana" En *Moscosa* 6, pp. 46-98. Santo Domingo

Zazo, C.; Goy, J. L.; Somoza, L.; Dabrio, C. J.; Belluomini, G.; Improta, S.; Lario, J.; Bardaji, T.; Silva, P. A. (1994): Holocene sequence of sea-level fluctuations in relation to climatic trends in the Atlantic-Mediterranean linkage coast, *Journal of Coastal Research*, 10(4): 933-945





**ANEXO I. TOPONIMIA  
Y NOMBRES  
VERNÁCULOS**





### Claves de formato asignados a las entradas:

- Sin cursiva, ni negrita ni subrayado, vernáculos de la Sierra o de ámbito nacional
- En *cursiva*, vernáculos de la Sierra cuya procedencia se atribuye al *creole* por la población local
- En **negrita**, topónimos referidos a lugares actualmente poblados (asentamiento rural disperso o concentrado, con casas y habitantes) o no poblados (sin casas y sin habitantes). Se han recogido especialmente aquellos que no figuran en la cartografía oficial, así como aquellos que, por su relevancia, deben destacarse en la presente recopilación. Se escribe en mayúsculas la primera letra del nombre propio, si lo hubiere, así como cualquier artículo y/o sustantivo que tenga tal tratamiento en el topónimo (que no sea genérico)
- En **negrita y subrayado**, los topónimos referidos a elementos fisiográficos, geomorfológicos y fluviales (depresiones, lomas, picos, valles, cauces, etc.)

**Agua de Juancho** — localidad no poblada, en la vertiente N de la Sierra, al cual se accede desde Pueblo Viejo en dirección Este, con sabanas que experimentan encharcamiento periódico

**Aguas Negras** — localidad poblada, en la vertiente S de la Sierra, a unos 800 m de altura, situada al SE de La Altagracia

**Aguas Negras, río** — situado en la comunidad homónima, vertiente Sur de la Sierra y justo al NE de la ciudad Pedernales

*alcajé* — cementerio.

**Alto de las Dos Palmas, loma** — situada al N de los Hoyos El Mijal y El Tunal

**Arriba, río** — nace en la localidad homónima, situada al NE del Hoyo de Pelempito. Desemboca en el Fondo de Los Saladillos

**Bella Vista** — localidad, poblada únicamente por campamentos agrícolas, situada en la vertiente S de la Sierra, al NE de La Altagracia, a unos 1200 m de altura

**Bella Vista, cañada de** — situada al NE de la localidad homónima, con nacientes a unos 2000 m de altura en los sectores cimeros de la Sierra

**Bermesí** — localidad poblada en el piedemonte N de la Sierra, enclavada en el borde NO del Fondo de los Saladillos

*bucán* — sitio donde hay una quema, lugar de fuego, hoguera, cultivo quemado. El significado original de esta palabra taína es saladar, pero en *creole* ha sufrido una deformación quizá por la conexión que ha existido entre el saladar y las hogueras (sitios preferidos de los “bucaneros” para salar y curar la carne)

**Bucán Brosse** — localidad no poblada, en la vertiente norte de la Sierra, próximo a la frontera haitiana

**Bucán Tanjón, Boca de Tanjón** — lugar deprimido en el tramo alto de la cuenca del río Pedernales, donde, según los informantes locales, abundan los mosquitos.

**Bucán Tusina, cañada** — localizada al Sudeste del Bahoruco Occidental, en las proximidades de Mapioró-Macandela

**Bucán Yamé, loma de** — se trata de un mont-derivado del borde septentrional del Hoyo de Pelempito. Está cubierto, en su vertiente meridional, por una sabana. La toponimia local lo destaca más como una cobertura que como un elemento morfológico destacado

**Cabeza de agua** — localidad del Puesto Militar homónimo, situada en la margen izquierda (Este) del río Pedernales, a unos 300 m de altura

**Cabo Duarte** — localidad con escasa población, situada en la margen izquierda (Este) del río Pedernales, a unos 300 m de altura

**Cabria de Robinsón, la** — localidad no poblada del piedemonte meridional de la Sierra-karst de plataforma de Los Olivares, a 20 m de altura, en la carretera que comunica a Las Mercedes con Pedernales

*camote, canote* — batata (*Ipomoea batatas*)

**Camote, Sabana de** — . Situada a 1600 Es probable que hiciera referencia a un antiguo cultivo de batatas, hoy convertido en un herbazal con herbáceas compuestas predominantes y helechos

**Catil, cañada de** — situada en la vertiente N de la Sierra, fácilmente observable desde la carretera que comunica a Puerto Escondido con el Puesto Militar El Aguacate

cañada — equivalente a un talweg cuyo caudal es intermitente o no existe a lo largo del año

**Charca de la Mina** — dolina en embudo, en la vertiente S de la Sierra, a unos 1100 m de altura, situada a pocos kilómetros al O de El Aceitillar.

Fue utilizada por la empresa Alcoa durante las operaciones de extracción de bauxita

**Charco de la Paloma** — depresión con encharcamiento permanente situada en la localidad homónima

**Charco de la Paloma** — localidad no poblada, en la vertiente N de la Sierra a 1900 m de altura, situada al S de la comunidad Puerto Escondido, en el camino que comunica Villa Aida con Pueblo Viejo. En este punto se localiza la “Caseta 3” de vigilancia del Parque Nacional Sierra de Bahoruco

*cochón* — puerco, cerdo

**Colorado, arroyo** — situado en la vertiente norte de la Sierra, de caudal intermitente

**Cuché, arroyo** — situado entre El Higüero y la Sabana de los Candelones

**Dimé, cueva de** — situada en el camino que comunica El Higüero con el Hoyo de Pelempito, a unos 500 m de altura.

**Don Juan** — sector de cafetal con sombra de guama en la carretera que comunica a Pedernales con Puerto Escondido, concretamente entre las localidades Los Arroyos y Cabo Duarte

**El 2** — localidad no poblada, en la vertiente N de la Sierra, al SE de Puerto Escondido

**El 25** — lugar en el PNSB, con cultivos de ciclo corto recientes, situado en el kilómetro número 25 de la carretera Cabo Rojo- El Aceitillar

**El Aceitillar** — localidad no poblada, de topografía plana a 1300 m de altura en la vertiente S de la Sierra, al NE de la comunidad Las Mercedes, donde fue extraída la bauxita por la Alcoa hasta 1983. Esta situada en el extremo más septentrional de la carretera construida por la empresa durante la época de extracción del mineral. Debe su nombre a la gramínea *Schizachyrium gracile*, cuyo nombre común es “aceitillo”. En este punto se localiza la “Caseta 4” de vigilancia del Parque Nacional Sierra de Bahoruco

**El Aguacate** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra, a 1000 m de altura, justo en la frontera dominico-haitiana. En este punto se localiza un Puesto Militar

**El Alcajé, Sabana de** — situada a unos 1800 en la carretera que comunica El Aceitillar con Pueblo Viejo. El origen de su topónimo hace referencia a un cementerio, quizá de la cuando estuvo ocupado por haitianos

**El Banano** — localidad sin población, en la vertiente S de la Sierra, a unos 300 m de altura, justo en la frontera dominico-haitiana. En este punto se localiza un Puesto Militar

**El Bejucal** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra a unos 750 m de altura, situada al E de Catil, en la carretera que comunica a ésta y Puerto Escondido

**El Cafecito** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra a

**El Cielo** — localidad sin población, en la vertiente S de la Sierra a unos 1700 m de altura, situada al NE de Los Arroyos y al N de La Altagracia

**El Codo** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra a 2000 m de altura, situada al SE de la Charco de la Paloma y al O de Pueblo Viejo. En este punto se localiza una torre de vigilancia para la prevención de incendios

**El Derrico (Colorado), loma de** — situada al SE de la ciudad de Duvergé y al O de la Fondo de Los Saladillos, en la vertiente N de la Sierra. Constituye uno de los escarpes más prominentes que limita por el O al referido Fondo

**El Guanito, loma de** — situada en la vertiente S de la Sierra, a 1600 m de altura, en el camino que comunica a El Aceitillar y Pueblo Viejo

**El Guano, loma de** — situada en la vertiente N de la Sierra y al SO del Fondo de Los Saladillos. Constituye uno de los escarpes más prominentes que limita por SO al referido Fondo

**El Higüero** — comunidad poblada situada en el corredor que separa a los Bahorucos Occidental y Oriental, en un entorno cultivado y con ganadería

**El Jobito, Fondo de** — situado a 1 km al E del Hoyo de Pelempito a 400 m de altura

**El Limonal, Fondo de** — situado en la vertiente N de la Sierra a unos 700 m de altura, justo al E del Hoyo de Pelempito

**El Mambú** — localidad no poblada, en la vertiente N de la Sierra a unos 900 m de altura, situada entre las localidades de Catil y El Aguacate, justo sobre la carretera que comunica a dichas comunidades

**El Manguito** — localidad no poblada, en la vertiente S de la Sierra a 300 m de altura, situada en un polje cultivado al N de la ciudad de Pederuales, en la carretera que comunica a ésta con Los Arroyos

**El Mijal, Fondo de** — depresión en el camino de acceso entre El Higüero y el Hoyo de Pelempito. Es la última, en ese mismo sentido, antes de llegar a Pelempito

**El Mogote** — localidad poblada situada a unos 5 km al N de la comunidad Las Mercedes

**El Platón** — localidad no poblada, en la vertiente N de la Sierra a unos 450 m de altura, situada al S del Fondo de Los Saladillos. Es probable que se trate de un valle colgado del río Arriba

**El Rejanal, Fondo de** — polje en la vertiente N de la Sierra, al O del polje de Puerto Escondido (separado de éste por un pequeño interfluvio), a unos 440 m de altura, situado en la carretera que comunica a este último con El Aguacate. Está sembrado por una extensa plantación de aguacates para exportación

**El Toro, loma de** — punto más alto de la Sierra de Bahoruco, con 2367 m de altura, situado en el borde occidental del macizo, justo en la frontera dominico-haitiana

**El Tunal, Fondo de** — depresión en el camino de acceso entre El Higüero y el Hoyo de Pelempito. Es la penúltima, en ese mismo sentido, antes de llegar a Pelempito

**Flores Estrella, Sabana de** — uvala de pequeñas dimensiones, coalescente con la Sabana de Pueblo Viejo, en la vertiente N de la Sierra, a 1800 m de altura. El topónimo destaca su formación vegetal y no su componente geomorfológica

fondo — depresión, generalmente de dimensiones medianas a grandes, equivalente a dolina en plato, uvala y, en ocasiones, a polje. En la toponimia local, se ha aplicado, por ejemplo, a las depresiones de El Jobito, El Tunal y El Mijal, aunque no a Pelempito, al que se le considera como “Hoyo”

**Guadome, loma de** — vertiente meridional de la loma que limita al N a los Hoyos de El Tunal y El Mijal

**Guamalito, (Los) Derricos de** — edificios travertínicos situados a 2.5 km de la comunidad Puerto Escondido, en las márgenes del cauce, actualmente seco, del río Las Damas. Estos depósitos estaban activos hasta que el embalse del río Las Damas desvió sus aguas para la producción hidroeléctrica a finales de la década del 1960. Hoy, debido a la torrencialidad del cauce, el edificio está parcialmente cubierto por gravas de caliza

**Higo Grande** — localidad escasamente poblada, en la vertiente S de la Sierra, situada a 1000 m de altura al N de la comunidad Mencía

**Higo Grande, cañada de** — situada en la comunidad homónima, con nacientes a 1300 m de altura

hoyo — depresión, generalmente de desnivel muy grande, equivalente a “mega-polje”. Sólo aplica al Hoyo de Pelempito

*jumpa* — vivienda de condiciones precarias construidas por haitianos, donde viven generalmente una o varias familias próximas o en el terreno donde cultivan sus productos

**La 77** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra, a 600 m de altura, situada al E de El Aguacate, justo en la frontera. Su nombre se debe a que en dicho lugar se encuentra colocada el hito (pirámide, en la terminología local) número 77 de la frontera dominico-haitiana

**La Agüita** — localidad no poblada, en la vertiente S de la Sierra, a 260 m de altura, donde la carretera que comunica a Pedernales y Los Arroyos cruza el río Mulito

**La Altagracia** — localidad con población, en la vertiente S de la Sierra, a unos 800 m de altura, situada al N de Mencía

**La Canoa** — localidad sin población, en la vertiente S de la Sierra, a 1200 m de altura, situada al NE de La Altagracia

**La Esperanza** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra, a 2000 m de altura, situada en la carretera que comunica a Villa Aida y Charco de la Paloma

**La Lona** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra, sobre la carretera que comunica a Puerto Escondido y Pedernales, situado a pocos metros de Zapotén y al N de Loma del Toro, donde se celebraba un mercado binacional informal de productos de agrícolas y manufacturados

**La Malagueta** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra, a 1400 m de altura, sobre la carretera que comunica a Puerto Escondido con Pueblo Viejo, situado a pocos kilómetros al NE de este último

**La Muda** — comunidad de muy escasa población, y muy dispersa, en la carretera que comunica a Polo y El Higüero

**La Sabana, Fondo** — depresión escasamente poblada, con mucha ganadería extensiva, en la vertiente N de la Sierra, a 780 m de altura, situada al E del Fondo El Limonal y al O de La Muda

**La Sequía, loma** — situada en la vertiente N de la Sierra, al SO del Fondo de Los Saladillos

**La Vaca, cañada** — situada en la vertiente N de la Sierra, en el camino que comunica Villa Aida con Charco de la Paloma, con nacientes a 1900 m de altura

**Larga, Sabana** — dolina de dimensiones medias de los sectores cimeros de la Sierra, a 2060 m de altura. El topónimo destaca su formación vegetal y no su componente geomorfológica

**Las Abejas** — localidad no poblada situada en la vertiente S de la Sierra, al N de la comunidad El Mogote

**Las Cuabas, arroyo** — situado en el Fondo de Puerto Escondido, entra a este por el S y desemboca en el río Las Damas

**Las Damas, río** — situado en la vertiente N de la Sierra, aflora como surgencia en el Fondo de Puerto Escondido, donde inmediatamente es aprovechado para la producción hidroeléctrica y el riego. Se trata de uno de los pocos cauces con caudal permanente en la Sierra

**Las Marías de Puerto Escondido** — localidad poblada, en la vertiente N de la Sierra, en el entorno de la comunidad de Puerto Escondido, donde circula superficialmente el río Las Damas antes de entrar en el embalse de la hidroeléctrica homónima. Se reportan ejemplares centenarios de árboles de ceiba (*Ceiba pentandra*)

**Loma del Toro** — localidad no poblada de los sectores cimeros de la Sierra a 2367 m de altura, situada en la carretera que comunica a Pedernales y Puerto Escondido. En este punto se localiza la "Caseta 5" de vigilancia del Parque Nacional Sierra de Bahoruco

**Los Arroyos Arriba, loma de** — situada en el borde E del Bahoruco Occidental, a unos 5 km al NO de la ciudad de Polo. Acoge las cabeceras del río Arriba

**Los Arroyos** — localidad poblada, en la vertiente S de la Sierra, a unos 1300 m de altura, en la carretera que comunica a Pedernales y Puerto Escondido

**Los Candelones, Sabana de** — polje en el sector SE del Bahoruco Occidental y al O de El Higüero, con una cota promedio de 450 m de altura. La toponimia destaca más su tipo de formación vegetal que su naturaleza geomorfológica como “fondo”

**Los Corrales** — localidad no poblada, en la vertiente S de la Sierra, a 450 m de altura, en el camino que comunica a El Manguito con Aguas Negras

**Los Guanos, cañada** — situada en la carretera que comunica a Oviedo y Pedernales, a unos 15 km al Este de esta última

**Los Güiritos** — localidad no poblada, en la vertiente S de la Sierra, a 1400 m de altura, situada al NO de El Aceitillar y al E de Las Abejas. Aquí se reportan unos pliegues de dirección no concordante con los lineamientos generales de la Sierra

**Los Mandines** — localidad no poblada, en la vertiente S de la Sierra, al E de Las Mercedes

**Los Naranjos** — localidad no poblada, en la vertiente N de la Sierra a unos 700 m de altura, situada entre las localidades de Catil y Puerto Escondido, justo sobre la carretera que comunica a dichas comunidades

**Los Ovejos, loma de** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra, a 1500 m de altura, situada en la carretera que comunica a Puerto Escondido y Pueblo Viejo, a unos 4 km al NE de este último

**Los Pinos, loma de** — elevación prominente y aplanada, superando generalmente los 2000 m de altura, que acoge a la superficie de corrosión homónima, situada en la vertiente N de la Sierra, que abarca desde Agua de Juancho hasta Loma del Toro

**Los Saladillos** — localidad poblada en el piedemonte N de la Sierra, en el Fondo homónimo, situada al SO de La Salina

**Los Saladillos, Fondo de** — polje de grandes dimensiones, a una cota promedio de 100 m de altura, situado en el piedemonte N de la Sierra,



cultivado escasamente en su borde N y con un amplio sistema de abanicos aluviales coalescentes.

**Los Tutuses, cañada de** — situada en el camino que comunica a El Higüero y la Sabana de Los Candelones (drena a esta última), vertiente E del Bahoruco Occidental

*ma* — charca, charco. Marramié significaría “charco de la paloma”

**Macochón** — situado en los sectores cimeros de la Sierra. Su significado literal sería charco del puerco”

**Macutucá** — localidad no poblada situada en la vertiente N de la Sierra

**Manacle** — localidad no poblada situada entre El Aguacate y La Loma del Toro

**Maniel Viejo** — localidad, con poca población, a 850 m de altura, situada en el corredor que separa a los Bahorucos Occidental y Oriental

**Maniel Viejo, cañada** — atraviesa el camino que comunica a la comunidad homónima con el Fondo La Sabana

*maniel* — localidad que por su dificultad de acceso se convertía en refugio de negros cimarrones dirigidos por un mambí, evitando así ser esclavizados

**Marramié** — nombre *creole* alternativo que se utiliza para referirse al **Charco de la Paloma**

**Masó, Fondo de** — depresión no poblada, en la vertiente N de la Sierra, a 740 m de altura, situada al N del Fondo El Limonal

**Mateo, loma de** — localizada al Sudeste del Bahoruco Occidental, situada al S de los Fondos de El Mijal y El Tunal

**Mencía** — localidad con población, en la vertiente S de la Sierra, a unos 400 m de altura, situada a unos 15 km al N de la ciudad de Pedernales

*mogote* — colina kárstica generalmente de perfil disimétrico

**Monte Grande, loma** — situada en el borde SE de la Sierra, está modelada en karst de plataformas con dolinas de colapso salpicadas

*múcara* — lapiaz

**Mulito, río** — situado en la vertiente S de la Sierra, pasa próximo a la comunidad de Mencía. Es el principal afluente del río Pedernales en República Dominicana

*ñam, yam, yame* — ñame. “Bucán Yame” significaría “sitio del cultivo de ñame quemado”

**Palmar Dulce** — localidad poblada en el piedemonte N de la Sierra, a 0 m, situada al SE de la ciudad de Duvergé

**Palmar Dulce, cañada** — situada en el piedemonte N de la Sierra, atraviesa la comunidad homónima

**Palo de Agua** — localidad no poblada de la vertiente N de la Sierra, a 1500 m de altura, en el camino que comunica Pueblo Viejo con Puerto Escondido

**Pedernales, río** — situado en la vertiente S de la Sierra. Este y Las Damas son los principales ríos del Bahoruco Occidental. Se trata de una cuenca binacional y es utilizado en distintos tramos como frontera dominico-haitiana. En RD tiene nacientes en Qué Busca, La Canoa, Bella Vista y al N de Los Arroyos

**Pedro Bello, cañada** — situada en las proximidades de Puerto Escondido, vertiente N de la Sierra

*pelem* — trampa

**Pelempito o Mata de Anón, cueva de** — situada en el borde E del Hoyo de Pelempito, a 360 m de altura

**Pelempito, Hoyo de** — mega-polje localizado hacia el E del Bahoruco Occidental, siendo su rasgo más singular el amplio desnivel de 1700 m que separa el fondo de la cota circundante más alta. En su evolución ha predominado la actividad tectónica, sin comprometer los procesos propios de los poljes. Tiene un área de 10.27 km<sup>2</sup> y un perímetro 23.71 km. La altura media de la depresión es 399 metros sobre el nivel del mar, siendo el sector NO más alto que el SE.

*pite* — pita, cabuya

**pocimán Diablo** — dolina de colapso de la vertiente SE de la Sierra, situada en las proximidades de Macandela

pocimán — dolina de colapso

**Postrer Paso** — localidad no poblada, en la vertiente N de la Sierra, a 180 m de altura, enclavada en el Fondo de Los Saladillos

**Pueblo Viejo** — localidad no poblada a 1800 m de altura, en la vertiente N de la Sierra, al SE de la comunidad Puerto Escondido, en el camino que comunica a ésta con El Aceitillar. En este punto se localiza la “Casetta 2” de vigilancia del Parque Nacional Sierra de Bahoruco

**Pueblo Viejo, Sabana de** — uvala de pequeñas dimensiones, coalescente con la Sabana de Flores Estrella, en la vertiente N de la Sierra, a 1800 m de altura. El topónimo destaca su formación vegetal y no su componente geomorfológica

**Puerto Escondido** — polje en la vertiente N de la Sierra, al E del polje El Rejanal (separado de éste por un pequeño interfluvio), a unos 400 m de altura, situado al SO de la ciudad de Duvergé. Está sembrado por cultivos diversos de ciclo corto

**Puerto Escondido** — localidad con población, en la vertiente N de la Sierra, a unos 400 m de altura, situada al SO de la ciudad de Duvergé

**Qué busca** — localidad no poblada, en la vertiente S de la Sierra, entre 1600 y 1700 m de altura, situada al N de Bella Vista. El topónimo destaca por su rareza, cuyo origen podría ser una raíz *creole* deformada

**Rabo de Gato** — localidad no poblada, en la vertiente S de la Sierra, en el borde S del Fondo de Puerto Escondido

*ramié* — paloma

**Rancho Viejo** — localidad no poblada a 1200 m de altura, en la vertiente N de la Sierra, al SE de la comunidad Puerto Escondido, en el camino que comunica a ésta con Pueblo Viejo. En este punto se localiza la “Casetta 1” de vigilancia del Parque Nacional Sierra de Bahoruco

**Savanne Pebligue** — sistema de dolinas escalonadas de los sectores cimeros de la Sierra a 1900 m de altura, donde un incendio en la década 1970 arrasó el pinar sin que aun se haya regenerado. La traducción más probable de este topónimo de origen *creole* sería “sabana pública”

**Seco, arroyo** — situado entre los Bahorucos Occidental y Oriental, al SO de la comunidad Polo y al O de “La Muda”

**Sitio Nuevo** — localidad con escasa población, en la vertiente S de la Sierra, a 600 m de altura, situada a unos 5 km al NO de la comunidad Las Mercedes

**Solito, cueva de** — situada en el borde S del Fondo El Mijal, a unos 500 m de altura

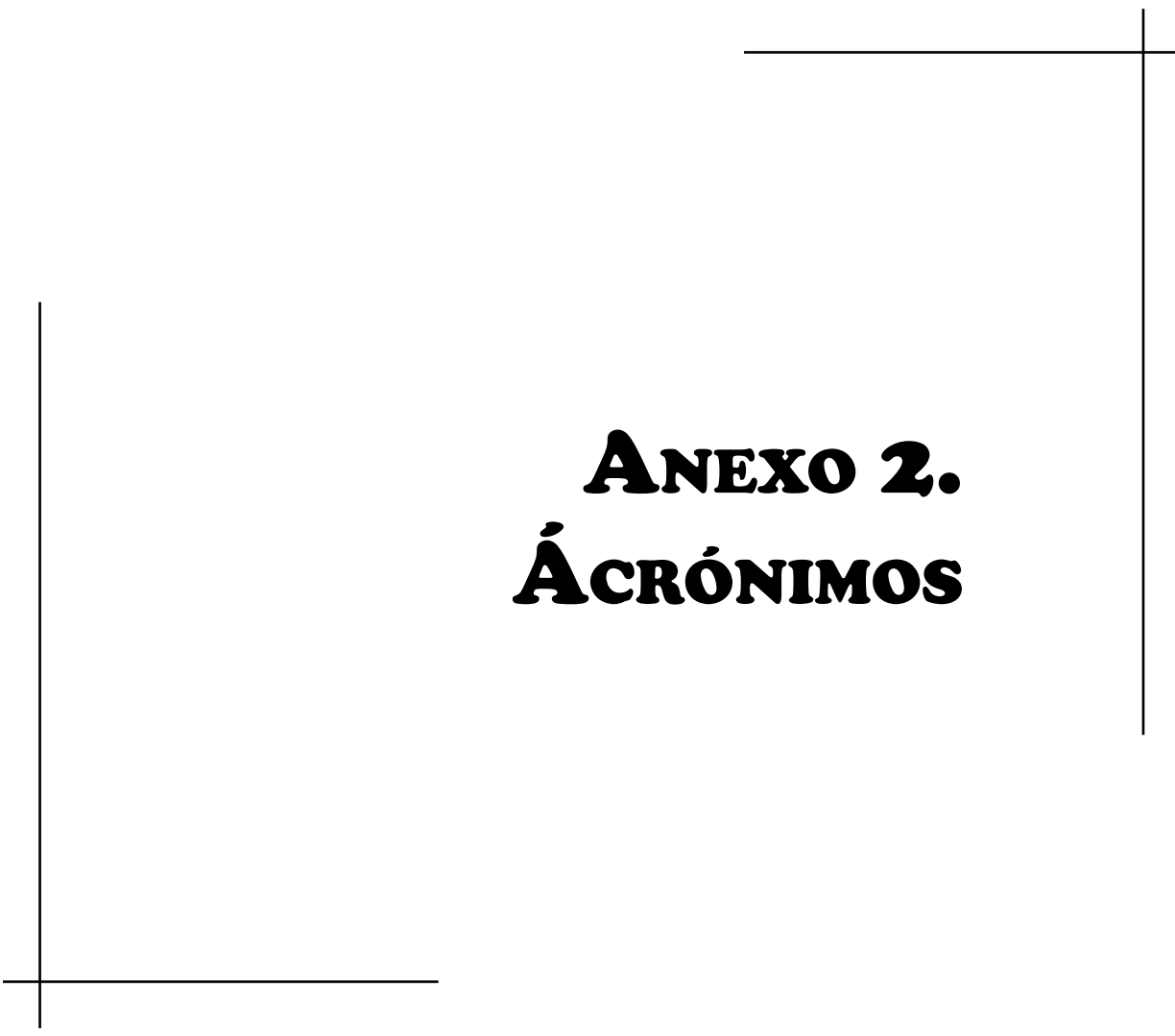
*tanjón* — mosquito. “Bucán Tanjón”, también conocido por “Boca de Tanjón” significaría “sitio quemado de los mosquitos”

**Tierra Colorada** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra, a 700 m de altura, situada al S del Fondo de Puerto Escondido, en el camino que comunica a este con Rancho Viejo

**Villa Aida, Fondo de** — polje semi-cerrado en la vertiente N de la Sierra, a 2100 m de altura, situado al pie del escarpe de Loma del Toro

**Vuelta del Guano** — situada en la carretera que comunica a Oviedo con Pedernales, a unos 15 km al Este de esta última

**Zapotén** — localidad sin población, en la vertiente N de la Sierra, a 1500 m de altura, situada justo en la frontera dominico-haitiana, en el camino que comunica a Loma del Toro y Puerto Escondido



# **ANEXO 2.**

# **ÁCRÓNIMOS**



<b>AECID</b>	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
<b>AP</b>	Área Protegida
<b>CAD</b>	Consortio Ambiental Dominicano
<b>E</b>	Este, como orientación cardinal
<b>FEPROBOSUR</b>	Federación de Productores de Bosque Seco del Sur
<b>HELVETAS</b>	Asociación Suiza para la Cooperación Internacional
<b>IED</b>	Índice del Estado de Degradación
<b>IGU</b>	Instituto Geográfico Universitario
<b>INDRHI</b>	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
<b>m</b>	metros. En el contexto de descripción altitudinal, equivale a "metros sobre el nivel del mar"
<b>MTN</b>	Mapa Topográfico Nacional
<b>N</b>	Norte, como orientación cardinal
<b>NE</b>	Noreste, como orientación cardinal
<b>NFWF</b>	National Fish and Wildlife Foundation
<b>NO</b>	Noroeste, como orientación cardinal
<b>O</b>	Oeste, como orientación cardinal
<b>ONAMET</b>	Oficina Nacional de Meteorología
<b>ONAPLAN</b>	Oficina Nacional de Planificación (hoy Viceministerio de Economía y Planificación)
<b>ONE</b>	Oficina Nacional de Estadísticas
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>OTC</b>	Oficina Técnica de Cooperación de la Embajada de España

<b>PDS</b>	Plan de Desarrollo Sostenible
<b>PM</b>	Plan de Manejo
<b>PN</b>	Parque Nacional
<b>PNSB</b>	Parque Nacional Sierra de Bahoruco
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PORN</b>	Plan de Ordenación de los Recursos Naturales
<b>PPNN</b>	Parques Nacionales
<b>PRBO</b>	Point Reyes Bird Observatory
<b>PyV</b>	Protección y Vigilancia
<b>RD</b>	República Dominicana
<b>RN</b>	Recurso Natural
<b>RRNN</b>	Recursos Naturales
<b>S</b>	Sur, como orientación cardinal
<b>SE</b>	Sudeste, como orientación cardinal
<b>SEA</b>	Secretaría de Estado de Agricultura
<b>SEMARENA</b>	Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SO</b>	Sudoeste, como orientación cardinal
<b>SOH</b>	Sociedad Ornitológica de la Hispaniola
<b>STP</b>	Secretariado Técnico de la Presidencia (hoy Secretaría de Estado de Economía, Planificación y Desarrollo)
<b>UA</b>	Unidad Ambiental
<b>UUAA</b>	Unidades Ambientales
<b>USAID</b>	Agencia Interamericana de Desarrollo (Estados Unidos de América)



<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
<b>UP</b>	Uso Público
<b>VINS</b>	Vermont Institute of Natural Science
<b>ZA</b>	Zona de Amortiguamiento



**ANEXO 3. LISTA  
DE ESPECIES DE  
FLORA**



**Nota: esta lista de especies es el resultado de la consolidación de los siguientes informes:**

Secretaría de Estado de Agricultura (SEA)/Departamento de Vida Silvestre (DVS); Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica (DED) (1994): "Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales de la Sierra de Bahoruco". Informe inédito. Santo Domingo

Oficina Técnica de Cooperación de la Embajada de España en República Dominicana (OTC-AECI); Oficina Nacional de Planificación de República Dominicana (ONAPLAN); Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología de la Universidad de Sevilla (2004): "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia Pedernales (PORN-Pedernales)". Inédito. Santo Domingo

### **ACANTHACEAE**

1. *Apassalus diffusa* (Nees) Urb.
2. *Barleriola solanifolia* Oerst.
3. *Oplania microphylla* (Lam.) Stearn
4. *Ruellia tuberosa* L.

### **AGAVACEAE**

5. *Agave antillarum* Desc.
6. *Agave cf. brevispina* Trel
7. *Agave intermixta* Trel.

### **AMARANTHACEAE**

8. *Chamissoa altissima* (Jacq.) H. B. K.
9. *Iresine angustifolia* Euphrasen
10. *Iresine diffusa* H. & B.

### **ANACARDIACEAE**

11. *Comocladia ekmaniana* Helwg.
12. *Comocladia mollifolia* Ekm. & Hellwig

### **ANNONACEAE**

13. *Oxandra lanceolata* (Sw.) Britt.

### **APIACEAE**

14. *Ciclospermum leptophyllum* (Pers.) Sprag.

15. *Daucus carota* L.
16. *Hydrocotyle hirsuta* Sw.
17. *Pastinaca sativa* L.

### **APOCYNACEAE**

18. *Angadenia lindeniana* (Müell-Arg.) Miers
19. *Asketanthera ekmaniana* Woodson
20. *Echites unibellata* Jacq.
21. *Mesechites angustifolia* (Poir.) Miers.
22. *Pentalinon luteum* (L.) Hansen
23. *Plumeria obtusa* L.
24. *Plumeria subsessilis* A.DC.
25. *Rauvolfia nitida* Jacq.
26. *Tabernaemontana citrifolia* L.
27. *Vallesia antillana* Woodson

### **AQUIFOLIACEAE**

28. *Ilex* ?
29. *Ilex berteroi* Loes.
30. *Ilex macfadyenii* (Walp.) Rehder
31. *Ilex microwrightioides* Loes.
32. *Ilex* sp.
33. *Ilex tuerckheimii* Loes
34. *Ilex tuerckheimii* Loes.

### **ARALIACEAE**

35. *Dendropanax arboreus* (L.) Dcne. & Pl.
36. *Didymopanax tremulus* Krug & Urb.
37. *Oreopanax capitatus* (Jacq.) Dcne & Pl.
38. *Schefflera tremulus* (Krug & Urb.) Alain

### **ARECACEAE**

39. *Coccothrinax scoparia* Becc.
40. *Prestoea montana* Grah.
41. *Pseudophoenix vinifera* (Mart.) Becc.
42. *Roystonea hispaniolana* L. H. Bailey
43. *Sabal domingensis*

### **ARISTOLOCHIACEAE**

44. *Aristolochia bilabiata* L.
45. *Aristolochia bilobata* L.

46. *Aristolochia chasmema* Pfeifer  
47. *Aristolochia* sp.

### **ASCLEPIADACEAE**

48. *Asclepia nivea* L.  
49. *Cynanchum* cf. *domingensis* (Schtr.) Jimenez  
50. *Cynanchum gonavense* Jim.  
51. *Cynanchum leptocladum* (Dcne) Jimenez  
52. *Marsdenia clausa* R. Brown  
53. *Marsdenia linearis* Dcne.

### **ASTERACEAE**

54. *Ambrosia peruviana* Willd.  
55. *Baccharis haitiensis* Heering  
56. *Baccharis myrsinites* (Lam.) Pers  
57. *Chaptalia angustata* Urb.  
58. *Conyza canadensis* (L.) Cronq.  
59. *Emilia fosbergii* Nicholson  
60. *Erechtites valerianaefolia* (Wolf.) DC.  
61. *Eupatorium dictyoneurum* Urb.  
62. *Eupatorium gabbii* Urb.  
63. *Eupatorium gabbii* Urb.  
64. *Eupatorium havanensis* H.B.K.  
65. *Eupatorium illitum* Urb.  
66. *Eupatorium macrophyllum* L.  
67. *Eupatorium microstemon* Cass.  
68. *Eupatorium odoratum* L.  
69. *Eupatorium sinuatum* Lam.  
70. *Eupatorium sinuatum* var. *visigerum* Urb. & Ekm.  
71. *Eupatorium sophiaefolium* L.  
72. *Galinsoga parviflora* Cav.  
73. *Gnaphalium domingensis* Lam.  
74. *Gnaphalium eggersii* Urb.  
75. *Gnaphalium purpureum* L.  
76. *Gochnatia* sp.  
77. *Herodotia mikanioides* Urb. & Ekm.  
78. *Hieracium gronovii* L.  
79. *Lantanopsis hispidula* C. Wright  
80. *Lapsana communis* L.  
81. *Latuca canadensis* L.  
82. *Liabum selleanum* Urb.  
83. *Mikania papillosa* Klatt  
84. *Mikania tripartita* Urb.  
85. *Narvalina domingensis* Cass.

86. *Parthenium hysterophorus* L.
87. *Pinillosia berterii* (Sprengel) Urb.
88. *Pluchea carolinensis* (Jacq.) G. Don
89. *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass.
90. *Proustia crassinervis* Urban
91. *Senecio barahonensis* Urb.
92. *Senecio buchii* Urb.
93. *Senecio domingensis* Urb.
94. *Senecio haitiensis* Krug & Urb.
95. *Senecio hotteanum* Urb. & Ekm.
96. *Senecio lucens* (Poir.) Urb.
97. *Senecio trinervus* Griseb.
98. *Senecio picardae* Krug & Urb.
99. *Siegesbeckia orientalis* L.
100. *Sonchus asper* (L.) Hill.
101. *Sonchus oleraceus* L.
102. *Taraxacum officinale* Weber
103. *Vernonia fruticosa* (L.) Sw.
104. *Vernonia stenophylla* Less.
105. *Wedelia* cf. *Barahucana* Alain
106. *Wedelia ehrenbergii* Schlecht.
107. *Wedelia serrata* L. C. Rich.
108. *Wulffia baccata* (L.f.) Kuntze

### **BALANOPHORACEAE**

109. *Scybalium jamaicense* (SW.) Schott et Endl. S

### **BEGONIACEAE**

110. *Begonia domingensis* A. DC.

### **BIGNONIACEAE**

111. *Catalpa brevipes* Urb.
112. *Catalpa longissima* (Jacq.) Dum-Cours.
113. *Dictitis lactiflora* (Vahl) P. DC.
114. *Ekmanianthe longiflora* (Griseb.) Urban
115. *Tabebuia berterii* (DC.) Britt.
116. *Tabebuia densifolia* Urb.
117. *Tabebuia domingensis* Urb.
118. *Tabebuia microphylla* (Lam.) Urb.
119. *Tecoma stans* (L.) H.B.K.



### **BORAGINACEAE**

- 120. *Bourreria brachypoda* O.E. Schulz
- 121. *Bourreria divaricata* (DC.) G. Don.
- 122. *Cordia curassavica* R. & S.
- 123. *Cordia dependens* Urb. & Ekm.
- 124. *Cordia globosa* var. *humilis* (Jacq.) Johnston
- 125. *Cordia selleana* Urb.
- 126. *Cynoglossum amabile* Stapf & Drummond
- 127. *Heliotropium curassavicum* L.
- 128. *Tournefortia glabra* L.
- 129. *Tournefortia selleana* Urb. & Ekm.

### **BRASSICACEAE**

- 130. *Capselia bursa-pastoris* (L.) Medic.
- 131. *Cardamine africana* L.
- 132. *Lepidium virginicum* L.

### **BROMELIACEAE**

- 133. *Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb.
- 134. Bromeliaceae (varias especies)
- 135. *Pitcairnia elizabethae* L.B. Smith
- 136. *Tillandsia ariza-juliae* Smith & Jimenez
- 137. *Tillandsia balbisiana* Schultes
- 138. *Tillandsia baliophylla* Harms
- 139. *Tillandsia caribaea* Smith
- 140. *Tillandsia compacta* Griseb.
- 141. *Tillandsia fasciculata* Sw.
- 142. *Tillandsia pruinosa* Sw.
- 143. *Tillandsia schiedeana* Steud.
- 144. *Tillandsia tenuifolia* L.
- 145. *Tillandsia usneoides* (L.) L.
- 146. *Tillandsia variabilis* Schlecht.
- 147. *Vriesea incurva* (Griseb.) R.W. Read
- 148. *Vriesea sintenisii* (Baker) Smith & Pitt

### **BRUNELLIACEAE**

- 149. *Brunellia comocladifolia* H. & B.

### **BURSERACEAE**

- 150. *Bursera brunea* (Urb.) Urb
- 151. *Bursera spinicens* Urb. & Ekm.

**BUXACEAE**

152. *Buxus glomerata* (Griseb.) Muell-Arg.

**CACTACEAE**

153. *Pereskia portulacifolia* (L.) Haw.

154. *Rhipsalis baccifera* (J. Mill.) Steam

**CAESALPINIACEAE**

155. *Arcoa gonavensis* Urb.

156. *Bauhinia divaricata* L.

157. *Caesalpinia domingensis* Urb.

158. *Caesalpinia glandulosa* Bert.

159. *Caesalpinia sphaerosperma* Urb. & Ekm.

160. *Chamaecrista* cf. *nictitans* L.

161. *Chamaecrista glandulosa* var. *picardae* (Urb.) Irw. & Barn

162. *Senna angustisiliqua* (Lam.) Irw. & Barn.

163. *Senna domingensis* (Spreng.) Irw. & Barn.

164. *Senna mexicana* (Jacq.) Irw. & Barn.

**CAMPANULACEAE**

165. *Lobelia assurgens* L.

166. *Lobelia robusta* Graham

167. *Lobelia rotundifolia* Juss. ex A.DC.

**CANELLACEAE**

168. *Canella winterana* (L.) Gaertn.

**CAPPARACEAE**

169. *Capparis cynophallophora* L.

170. *Capparis flexuosa* (L.) L.

171. *Morisonia americana* L.

**CECREPIACEAE**

172. *Cecropia schreberiana* Miq.

**CELASTRACEAE**

173. *Crossopetalum rhacoma* Crantz

174. *Gyminda latifolia* (SW.) Urb.

175. *Maytenus buxifolia* (A. Rich.) Griseb.

176. *Maytenus domingensis* Krug & Urb.  
177. *Schaefferia ephedroides* Urb.  
178. *Schaefferia frutescens* Jacq.  
179. *Torralsbasia cuneifolia* (Wr.) Krug. & Urb.

### **CHENOPODIACEAE**

180. *Chenopodium murale* L.

### **CLUSIACEAE**

181. *Calophyllum calaba* L.  
182. *Clusia clusioides* (Griseb.) D'Arcy  
183. *Clusia minor* L.  
184. *Clusia rosea* Jacq.  
185. *Hypericum hypericoides* (L.) Crantz  
186. *Rheedia aristata* Griseb.

### **COMMELINACEAE**

187. *Aploleja monandra* (SW.) H.E. Moore  
188. *Campelia zanonii* (L.) H.B.K.

### **CONNARACEAE**

189. *Rourea surinamensis* Mig.

### **CONVOLVULACEAE**

190. *Convolvulus nodiflorus* Desr.  
191. *Dichondra sericea* SW.  
192. *Evolvulus arbuscula* Poir.  
193. *Ipomoea furcyensis* Urban  
194. *Ipomoea viridiflora* Urb.  
195. *Jacquemontia* sp.  
196. *Jacquemontia verticillata* (L.) Urb.  
197. *Turbina racemosa* (Poir.) D. Austin  
198. *Turbina rudolphii* (R. & S.) O'Donell

### **CUCURBITACEAE**

199. *Cayaponia americana* (Lam.) Cogn.  
200. *Cayaponia racemosa* Lam.  
201. *Melothria pendula* L.

**CUNONIACEAE**

202. *Weinmannia pinnata* L.

**CUPRESSACEAE**

203. *Juniperus ekmanii* Florin

**CYPERACEAE**

204. *Bulbostylis cf. juncoides* (Vahl) Kuk

205. *Bulbostylis subaphylla* Clarke

206. *Carex scabrella* Vahl

207. *Rhynchospora domingensis* Urban

208. *Schoenus nigricans* L.

209. *Scleria ciliata* var. *elliotti* (Chapm.) Fern.

210. *Scleria cubensis* Boeckl.

211. *Uncinia hamata* (Sw.) Urban

**DIOSCOREACEAE**

212. *Rajania cordata* L.

213. *Rajania ovata* Sw.

**EBENACEAE**

214. *Diospyros* sp.

**ELAEOCARPACEAE**

215. *Muntingia calabura* L.

**ERICACEAE**

216. *Lyonia microcarpa* Urb. & Ekm.

217. *Lyonia truncata* Urb. var. *truncata*

218. *Vaccinium racemosum* (Vahl) Wilbur & Luteyn

**ERYTHROXYLACEAE**

219. *Erythroxylum areolatum* L.

220. *Erythroxylum brevipes* DC.

221. *Erythroxylum minutifolium* Griseb.

222. *Erythroxylum rotundifolia* Lunan

223. *Erythroxylum rufum* Cav.

## **EUPHORBIACEAE**

224. *Acalypha chamaedrifolia* (Lam.) Muell.-Arg.
225. *Acalypha pendula* Wr.ex Griseb.
226. *Acidocroton horridus* Urb. & Ekm.
227. *Acidocroton litoralis* Urb.& Ekm.
228. *Acidoton varifolius* Urb. & Ekm.
229. *Alchornea latifolia* Sw.
230. *Ateramnus lucidus* (SW) Rothem
231. *Bernardia dichotoma* (Will.) Muell.-Arg.
232. *Bernardia tenuifolia* Urb.
233. *Chamaesyce adenoptera* (Bert.) Small
234. *Chamaesyce hypericifolia* (L.) Millsp.
235. *Croton azuensis* Urb.
236. *Croton betulinus* Vahl
237. *Croton ciliato-glanduliferus* Ortega
238. *Croton coronatus* Urb.
239. *Croton corylifolius* Lam.
240. *Croton discolor* Willd.
241. *Croton poitaei* Urb.
242. *Drypetes ilicifolia* Krug & Urb.
243. *Drypetes lateriflora* (SW.) Krug. & Urb.
244. *Drypetes sapium* sp.
245. *Euphorbia cyathophora* Murr
246. *Euphorbia heterophylla* L.
247. *Euphorbia tuerckheimii* Urban
248. *Euphorbia umbrosa* Bertero ex Spreng.
249. *Gymnanthes pallens* (Griseb.) Muell.-Arg.
250. *Jatropha gossipifolia* L.
251. *Jatropha hernandifolia* Vent.
252. *Phyllanthus buchii* Urb.
253. *Phyllanthus lindenianus* Baillon
254. *Phyllanthus maleolens* Urb. & Ekm.
255. *Sapium daphnoides* (Urb.) Urb.
256. *Sapium* sp.
257. *Savia erythroxyloides* Griseb.
258. *Savia sessiliflora* (Sw.) Willd.
259. *Sebastiania picardae* Urban
260. *Tragia volubilis* L.

## **FABACEAE**

261. *Ateleia gummifera* (Bert.) D. Dieter.
262. *Canavalia nitida* (Cav.) Piper
263. *Centrosema virginianum* (L.) Benth.
264. *Dalea carthagenensis* (Jacq.) Macbr.
265. *Desmodium axillare* (SW.) DC.

266. *Erythrina buchii* Urb.  
267. *Galactia* cf. *excisa* Urb. & Ekm.  
268. *Galactia dictyophylla* Urb.  
269. *Galactia rudolphioides* var. *haitiensis* Urb.  
270. *Galactia striata* (Jacq.) Urb.  
271. *Lonchocarpus pycnophyllus* Urb.  
272. *Medicago lupulina* L.  
273. *Piscidia ekmanii* Rudd  
274. *Poitea galegoides* Vent.  
275. *Poitea paucifolia* (DC.) Lavin  
276. *Rhynchosia phaseoloides* Sw.  
277. *Rhynchosia reticulata* (Sw.) DC.  
278. *Sophora albopetiolulata* Leonard.  
279. *Sophora oligosperma* Urb. & Ekm.

### **FLACOURTIACEAE**

280. *Banara* sp.  
281. *Casearia ilicifolia* Vent.  
282. *Priamosia domingensis* Urb.  
283. *Samyda dodecandra* Jacq.  
284. *Zuelania guidonia* (Sw.) Britt. & Millsp.

### **FUMARIACEAE**

285. *Fumaria muralis* Sonder.

### **GARRYACEAE**

286. *Garrya fadyenii* Hook

### **GESNERIACEAE**

287. *Bellonia spinosa* Sw.  
288. *Columnnea domingensis* (Urb.) B. Morley  
289. *Gesneria reticulata* (Griseb.) Urban  
290. *Gesneria saxatilis* Alain  
291. *Rhytidophyllum asperum* Alain  
292. *Rhytidophyllum auriculatum* Hooker  
293. *Rhytidophyllum leucomallon* Hansti  
294. *Rhytidophyllum vernicosum* Urb & Ekm.

### **GOETZEACEAE**

295. *Coeloneurum ferrugineum*

## **HELECHOS**

- 296. *Adiantum pyramidatum* (L.) Willd
- 297. *Adiantum tenerum* Sw.
- 298. *Asplenium auritum* Sw.
- 299. *Asplenium radicans* (L. C. Rich.) Willd
- 300. *Cyathea arborea* (L.) J. E. Smith
- 301. *Danaea urbanii* Maxon
- 302. *Elaphoglossum* aff. *Tambilense* (Hook) T. Moore
- 303. *Odontosoria aculeata* (L.) Smith.
- 304. *Polystichum hottense* C. Chr
- 305. *Pteridium aquilinum* L.
- 306. *Pteridium aquilinum* var. *arachnoideum* (Kaulf.) Brade
- 307. *Tectaria trifoliata* (L.) Cav.
- 308. *Thelypteris balbisii* (Spreng.) Ching
- 309. *Thelypteris kunthii*

## **ICACINACEAE**

- 310. *Ottoschulzia domingensis* Urb.

## **LAMIACEAE**

- 311. *Hyptis pectinata* (L.) Poit.
- 312. *Leonorus sibiricus* L.
- 313. *Ocimum campechianum* P. Miller
- 314. *Ocimum gratissimum* L.
- 315. *Salvia bahorucana* Urb. & Ekm.
- 316. *Salvia occidentalis* Sw.
- 317. *Satureja brownei* (Swartz) Bentharn
- 318. *Satureja domingensis* Urb. & Ekm.

## **LAURACEAE**

- 319. *Beilschmiedia pendula* (Sw.) Benth & Hook
- 320. *Cinnamomum triplinervis* (R. & P.) Kostermans
- 321. *Ocotea acarina* C. K. Allen
- 322. *Ocotea floribunda* (Sw.) Mez
- 323. *Ocotea foeniculacea* Mez
- 324. *Ocotea leucoxylon* (Sw.) Mez
- 325. *Ocotea patens* (Sw.) Nees.
- 326. *Persea americana* L.
- 327. *Persea anomala* Britton & Wilson
- 328. *Persea krugii* Mez

**LIQUENES**

329. *Cladonia* sp.

**LORANTHACEAE**

330. *Arcethobium bicarinatum* Urb.

331. *Dendropemon alatus* Van Tiegh.

332. *Dendropemon pycnophyllus* Krug & Urb.

333. *Dentrophthora cupressoides* (Griseb.) Eichl.

**LYTHRACEAE**

334. *Cuphea* cf. *parsonnia* (L.) R. Br.

335. *Cuphea urens* Koehne

**MALPIGHIACEAE**

336. *Bunchosia glandulosa* (Cav.) L.C.Rich.

337. *Stigmaphyllon emarginatum* (Cav.) A.Juss.

338. *Tetrapteris buxifolia* Cav

339. *Triopteris jamaicensis* L.

**MALVACEAE**

340. *Hibiscus brasiliensis* L.

341. *Hibiscus clypeatus* L.

342. *Pavonia coccinea* Cav.

343. *Pavonia fruticosa* (Mill.) Fawx. & Rende

344. *Pavonia spinifex* (L.) Cav.

345. *Sida rhombifolia* L.

346. *Wisadula amplissima* (L.) R.G. Fries

**MELASTOMATACEAE**

347. *Calycogonium* cf. *brevifolium* Urb. & Ekm.

348. *Clidemia angustilamina* W.Judd & Skee

349. *Leandra inaequideus* (Urb. & Ekm.) W Judd & Skee

350. *Mecranium ovatum* Cogn.

351. *Meriania involucrata* (Desr.) Naut.

352. *Miconia* cf. *jimenenzii* W.S. Judd

353. *Miconia ferruginea* (Desr.) P.DC.

354. *Miconia lanceolata* (Desr.) DC.

355. *Miconia luteola* Cogn.

356. *Miconia rigidissima* Urb. & Ekm.

357. *Miconia selleana* Urb. & Ekm.

358. *Miconia* sp.



359. *Miconia tetrastoma* Naud.  
360. *Mouriri helleri* var. *samanensis* (Urb.) Morley  
361. *Tetrazygia elaeagnoides* (SW.) DC.  
362. *Tetrazygia tuerckheimii* (Cogn.) Ekm.

### **MELIACEAE**

363. *Azadirachta indica* A. Juss  
364. *Guarea guidonia* Sleumer  
365. *Guarea sphenophylla* Urb.  
366. *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.  
367. *Trichilia pallida* Sw.

### **MENISPERMACEAE**

368. *Cissampelos pareira* L.

### **MIMOSACEAE**

369. *Abarema oppositifolia* (Urb.) Barn. & Grimes  
370. *Acacia barahonensis* Urb.  
371. *Acacia cocuyo* Barneby & Zanoni  
372. *Acacia macracantha* H. & B.  
373. *Acacia scleroxyla* Tussac  
374. *Acacia vogeliana* Steud.  
375. *Calliandra haematomma* (Bert.) Benth.  
376. *Calliandra pedicellata* Benth.  
377. *Calliandra picardae* Alain  
378. *Chloroleucon guantanamoensis* (Britton) Barneby & Grimes  
379. *Inga vera* Willd  
380. *Leucaena leucocephala* (Lam.) Dewit  
381. *Mimosa diplacantha* Benth.  
382. *Mimosa diplotricha* C. Wright  
383. *Pithecellobium domingensis* Liogier  
384. *Zapoteca portorricensis* (Jacq. ) H. Hernandez

### **MORACEAE**

385. *Dorstenia* SP.  
386. *Ficus* cf. *laevigata* Vahl  
387. *Ficus citrifolia* P. Miller  
388. *Ficus laevigata* Vahl  
389. *Ficus sintenisii* Warb.  
390. *Trophis racemosa* (L. ) Urb.

**MYRICACEAE**

391. *Myrica picardae* Krug. & Urb.

**MYRSINACEAE**

392. *Ardisia angustata* Urban

393. *Ardisia fuertesii* Urb.

394. *Ardisia picardae* Urb.

395. *Myrsine coriacea* (SW.) R.Br.

396. *Myrsine nubicola* Alain

397. *Myrsine* sp.

398. *Wallenia hughsonii* Liogier

399. *Wallenia laurifolia* Sw.

**MYRTACEAE**

400. *Calypttranthes* sp.

401. *Eugenia abeggii* Urb. & Ekm.

402. *Eugenia chlorotricha* Urb. & Ekm.

403. *Eugenia crenulata* (SW.) Willd.

404. *Eugenia ligustrina* (SW.) Willd.

405. *Eugenia maleolens* Pers.

406. *Eugenia monticola* (SW.) DC.

407. *Eugenia pomifera* (Aubl.) Urb.

408. *Eugenia pseudopsidium* Jacq.

409. *Eugenia rhombea* (Berg.) Krug & Urb.

410. *Eugenia* sp.

411. *Gomidesia lindeniana* Berg.

412. *Myrcianthes fragrans* (SW.) McBaugh

413. *Myrcianthes montana* (Sw.) C. Nelson

414. *Pimenta racemosa* var. *hispaniolensis* Landrum

415. *Plinia icardiana* Urb.

416. *Psidium haitiensis* Landrum

**NYCTAGINACEAE**

417. *Guapira discolor* (Spreng.) Little

418. *Mirabilis jalapa* L.

419. *Pisonia aculeata* L.

**OLACACEAE**

420. *Ximenia americana* L.

## **OLEACEAE**

- 421. *Chionanthus domingensis* Lam.
- 422. *Chionanthus ligustrinus* (Sw.) Pers
- 423. *Forestiera segregata* (Jacq.) Krug. & Urb.
- 424. *Forestiera selleana* Urb. & Ekm.

## **ONAGRACEAE**

- 425. *Fuchsia pringsheimii* Urb.
- 426. *Fuchsia* sp.

## **ORCHIDACEAE**

- 427. *Anacheilium cochleatum* (L.) Hoffmg.
- 428. *Anacheilium vespum* (Vell.) Pabst. Moot. & Panto
- 429. *Bletia patula* Hook
- 430. *Calanthe calanthoides* (Rich. & Gal.) Hamer & Garay
- 431. *Campylocentrum macrocarpum* Dod
- 432. *Cochleanthes flabelliformis* (Sw.) Schultes & Garay
- 433. *Corallorrhiza ekmanii* Mansf.
- 434. *Cranichis amplectens* Dod
- 435. *Cyclopogon laxiflorus* Ekman & Mansf.
- 436. *Cyclopogon miradorensis* Schltr.
- 437. *Dendrophylax alcoa* Dod
- 438. *Dichaea glauca* (Sw.) Lindl.
- 439. *Dichaea graminoides* (Sw.) Lindl.
- 440. *Dichaea hystricina* Rchb. f.
- 441. *Dichaea trichocarpa* (Sw.) Lindl.
- 442. *Domingoa haematochila* (Rchb. f.) carabia
- 443. *Domingoa nodosa* (Cogn.) Schltr.
- 444. *Domingoa susiana* Dod
- 445. *Encyclia gravida* (Lindl.) Schlth.
- 446. *Epidendrum anceps* Jacq.
- 447. *Epidendrum soratae* Rchb. f.
- 448. *Erythrodes laticalcari* Dod
- 449. *Eurystyles alticola* Dod
- 450. *Goodyera hispaniolae* Dod
- 451. *Habenaria distans* Griseb.
- 452. *Isochilus linearis* (Jacq.) Schltr.
- 453. *Lepanthes erythrostanga* Hesp & Dod
- 454. *Lepanthes trullifera* Hesp. & Dod
- 455. *Lepanthes zapotensis* Dod
- 456. *Lepanthopsis anthothenium* (Rchb. f.) Ames
- 457. *Lepanthopsis barahonensis* (Cogn.) Garay
- 458. *Lepanthopsis constanzensis* (Cogn.) Garay
- 459. *Lepanthopsis moniliformis* Dod

460. *Liparis neuroglossa* Rchb. f.
461. *Liparis viridipurpurea* Griseb.
462. *Malaxis domingensis* Ames
463. *Malaxis unifolia* Michx.
464. *Maxillaria rufescens* Lindl.
465. *Oncidium ariza-julianum* Withner & Jimenez
466. *Oncidium compressicaule* Withner
467. *Oncidium guianense* (Aubl.) Garay
468. *Oncidium gundlachii* Wr. (Wright ex Griseb.)
469. *Oncidium tuerckheimii* Cogn.
470. Orchidaceae (varias especies)
471. *Pelexia adnata* (Sw.) Sprengel
472. *Pleurothallis bipapulare* Dod
473. *Pleurothallis claudii* Rchb. f. ex Dod
474. *Pleurothallis cordifolia* Dod
475. *Pleurothallis curtisi* Dod
476. *Pleurothallis dodii* Garay
477. *Pleurothallis obovata* Lindl.
478. *Pleurothallis parvula* Ames & Schweinf.
479. *Pleurothallis pendens* Dod
480. *Polyradicion lindenii* (Lindl.) Garay
481. *Ponthieva pauciflora* (Sw.) Fawc. & Rendle
482. *Ponthieva ventricosa* (Griseb.) Fawc. & Rendle
483. *Prescottia* sp.
484. *Prescottia stachyoides* (Sw.) Lindley
485. *Psychilis vernicosa* (Dod) Sauleda
486. *Quisqueya ekmanii* Dod
487. *Quisqueya holdridgei* Dod
488. *Schiedeella amesiana* Garay
489. *Schiedeella faucisanguinea* Dod
490. *Spiranthes torta* (Thunb.) Garay & Sweet
491. *Stenorrhyncos speciosus* L. C. Rich.
492. *Tetramicra bulbosa* Mansf.
493. *Tetramicra canaliculata* (Aubl.) Urb.
494. *Tetramicra ekmanii* Mansf.
495. *Tetramicra parviflora* Lindl. ex Rchb. f.
496. *Tolumnia* cf. *osmentii* Withner
497. *Trichopilia fragrans* (Lindl.) Rchb. f.
498. *Vanilla barbelata*

### **OXALIDACEAE**

499. *Oxalis eggertii* Urban

### **PAPAVERACEAE**

500. *Bocconia frutescens* L.

### **PASSIFLORACEAE**

501. *Passiflora marucuja* L.

502. *Passiflora rubra* L.

503. *Passiflora suberosa* L.

### **PHYTOLACCACEAE**

504. *Rivina humilis* L.

505. *Trichostigma octandrum* (L.) H. Walt

### **PINACEAE**

506. *Pinus occidentalis* Sw.

### **PIPERACEAE**

507. *Peperomia acuminata* Ruiz & Pavon

508. *Peperomia* cf. *magnolifolia* (Jacq.) A. Dietr.

509. *Peperomia leonardii* Trel.

510. *Peperomia maculosa* (L.) Hook

511. *Peperomia montazoana* Trel.

512. *Peperomia quadrifida* (L.) HBK

513. *Peperomia reflexa* (L.F.) Dieter

514. *Peperomia* sp

515. *Peperomia unguiculata* Trel.

516. *Piper aduncum* L.

517. *Piper amalago* L.

518. *Piper oviedoii* Urb.

519. *Piper pseudoconfusum* C.DC.

520. *Pothomorphe peltata* (L.) Miq

521. *Pothomorphe umbellata* (L.) Miq.

### **PLANTAGINACEAE**

522. *Plantago lanceolata* L.

### **POACEAE**

523. *Andropogon glomeratus* (Walt.) B.S.P.

524. *Andropogon gracilis* Sprengel

525. *Arthrostylidium capillifolium* Pilger

526. *Bromus catharticus* Vahl

527. *Ichnanthus axillaris* (Nees.) Hitch  
528. *Ichnanthus pallens* (Sw.) Munro  
529. *Isachne rigidifolia* (Poir.) Urb.  
530. *Lasiacis divaricata* (L.) Hitchc.  
531. *Melinis repens* (Willd. ) Zizka  
532. *Olyra latifolia* L.  
533. *Panicum aciculare* Desv.  
534. *Panicum acuminatum* Sw.  
535. *Panicum glutinosum* Jacq.  
536. *Pharus lappulaceus* Aubl.  
537. *Poa annua* L.  
538. *Schizachyrium gracile* Nash.  
539. *Setaria geniculata* Lam.  
540. *Setaria macrostachya* H.B.K.  
541. *Tripsacum dactyloides* (L.) L.  
542. *Tripsacum floridanum* Porter  
543. *Zeugites americana* var. *americana* Willd.

#### **PODOCARPACEAE**

544. *Podocarpus aristulatus* Pan.

#### **POLEMONIACEAE**

545. *Gilia incisa* Bentham

#### **POLYGALACEAE**

546. *Polygala crucianelloides* DC.  
547. *Polygala fuertesii* (Urb.) Blake  
548. *Polygala penaea* L.  
549. *Securidaca virgata* Sw.

#### **POLYGONACEAE**

550. *Coccoloba* cf. *picardae* Urb.  
551. *Coccoloba costata* Wr. & Sarv.  
552. *Coccoloba flavescens* Jacq.  
553. *Coccoloba incrassata* Urb.  
554. *Coccoloba leoganensis* Jacq.  
555. *Coccoloba picardae* Urb.  
556. *Coccoloba pubescens* L.  
557. *Coccoloba subcordata* (DC.) Lindau

### **PORTULACACEAE**

558. *Portulaca halimoides* L.

559. *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.

### **PRIMULACEAE**

560. *Anagallis arvensis* L.

### **PYROLACEAE**

561. *Chimaphila domingensis* Blake

### **RANUNCULACEAE**

562. *Clematis picardae* Urb.

### **RANUNCULACEAE**

563. *Cleimatis fuertesii* Urb.

564. *Ranunculus domingensis* Urb. & Ekm.

565. *Ranunculus recurvatus* Poir.

### **RHAMNACEAE**

566. *Colubrina berteriana* Urb.

567. *Colubrina elliptica* (SW.) Briz. & Stern

568. *Gouania lupuloides* (L.) Urb.

569. *Karwinskia caloneura* Urb.

570. *Krugiodendron ferreum* (Vahl.) Urb.

571. *Reynosia mucronata* Griseb.

572. *Rhamnus sphaerosperma* SW.

573. *Ziziphus reticulata* (Vahl) DC.

### **RHIZOPHORACEAE**

574. *Cassipourea guianensis* Aubl.

### **ROSACEAE**

575. *Fragaria vesca* L.

576. *Malus pumila* Miller

577. *Prunus myrtifolia* (L.) Urb.

578. *Prunus occidentalis* Sw.

579. *Rubus eggertii* (Focke) Rydberg

**RUBIACEAE**

580. *Antirhea heteroneura* Urb. & Ekm.  
581. *Antirhea involucrata* Urb.  
582. *Antirhea lucida* (SW.) Benth. & Hook.  
583. *Chione seminervis* Urb. & Ekm.  
584. *Diodia domingensis* DC.  
585. *Diodia ocymifolia* (Willd. ) Bremekamp  
586. *Exostema acuminatum* Urb.  
587. *Exostema elegans* Krug & Urb.  
588. *Exostema ellipticum* Griseb.  
589. *Exostema spinosum* (Vavass.) Krug & Urb.  
590. *Faramea occidentalis* (L. ) A.Rich.  
591. *Galium aparine* L.  
592. *Galium domingensis* Ilitis  
593. *Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb.  
594. *Guettarda barahonensis* Urb.  
595. *Guettarda* cf. *stenophylla* Urb.  
596. *Guettarda elliptica* Sw.  
597. *Guettarda lamprophylla* Urb.  
598. *Guettarda ocoana* Urb. & Ekm.  
599. *Guettarda pungens* Urb.  
600. *Guettarda spinifera* Urb.  
601. *Hamelia patens* Jacq.  
602. *Isidorea brachyantha* Urb.  
603. *Isidorea pungens* (Lam.) Robinson  
604. *Lasianthus bahorucanus* Zanoni  
605. *Lasianthus lanceolatus* (Griseb.) G. Maza  
606. *Neolaugeria apiculata* (B. & S.) Nicholson  
607. *Ottoschmidtia haitiensis* Urb.  
608. *Palicourea alpina* (Sw.) DC.  
609. *Palicourea crocea* (Sw.) Schult  
610. *Palicourea eriantha* DC.  
611. *Phialanthus* spec.  
612. *Psychotria baltenweckii* Urb.  
613. *Psychotria berteriana* DC.  
614. *Psychotria* cf. *plumieri* Urb.  
615. *Psychotria dolichocalyx* Urb.  
616. *Psychotria domingensis* (Jacq.) DC.  
617. *Psychotria liogieri* Steyerm.  
618. *Psychotria nervosa* Sw.  
619. *Psychotria nutans* Sw.  
620. *Psychotria pubescens* Sw.  
621. *Randia aculeata* L.  
622. *Rondeletia barahonensis* Urb.  
623. *Rondeletia conferta* Urb. & Ekm.  
624. *Rondeletia fuertesii* Urb.



- 625. *Rondeletia ochracea* Urb.
- 626. *Rondeletia* sp
- 627. *Scolosanthus acanthodes* (Sprengel) Urb.
- 628. *Scolosanthus densiflorus* Urb.
- 629. *Scolosanthus triacanthus* (Sprengel) DC.
- 630. *Spermacoce assurgens* Ruiz & Pavon
- 631. *Spermacoce verticillata* L.
- 632. *Stevensia minutifolia* Liogier

### **RUTACEAE**

- 633. *Amyris elemifera* L.
- 634. *Arnyris diatrypa* Sprengel
- 635. *Plethadenia granulata* (Krug & Urb.) Urb.
- 636. *Xanthoxylum fagara* (L.) Sargent.
- 637. *Xanthoxylum flavum* Vahl
- 638. *Xanthoxylum leonardii* (Urb.) Jimenez
- 639. *Xanthoxylum nashii* P. Wilson
- 640. *Xanthoxylum obtriangulare* (Urb.) Jimenez
- 641. *Xanthoxylum pimpinelloides* (Lam.) DC.
- 642. *Xanthoxylum spinifex* (Jacq.) DC.
- 643. *Xanthoxylum tragodes* (L.) DC.

### **SABIACEAE**

- 644. *Meliosma* cf. *herbertii* Rolfe
- 645. *Meliosma herbertii* Rolfe
- 646. *Meliosma impressa* Krug & Urb.

### **SAPINDACEAE**

- 647. *Allophylus cominia* (L.) Sw.
- 648. *Allophylus montanus* Liogier
- 649. *Allophylus occidentalis* (Sw.) Radlk.
- 650. *Cardiospermum corindum* L.
- 651. *Cupania americana* L.
- 652. *Dodonaea angustifolia* L. f.
- 653. *Exothea paniculata* (Juss.) Radlk
- 654. *Hypelate trifoliata* Sw.
- 655. *Serjania acupunctata* Radlk.
- 656. *Serjania polyphylla* (L.) Radlk.
- 657. *Thouinia domingensis* Urb. & Radlk.
- 658. *Thouinia tomentosa* var. *rigidissima* (Radlk. & Ekm.) Voltava ex Alain
- 659. *Thouinia trifoliata* Poit.

**SAPOTACEAE**

660. *Chrysophyllum argenteum* Jacq.  
661. *Chrysophyllum cainito* L.  
662. *Chrysophyllum oliviforme* L. Subsp. *Angustifolium* (Lam.) T.Penn.  
663. *Manilkara valenzuelana* A. Rich.  
664. *Pouteria dictyoneura* subsp. *Fuertesii* (Urb.) Cronq.  
665. *Pouteria domingensis* (C.F.Gaertner) Baehni  
666. *Sideroxylon cubense* (Griseb.) T. Pennington  
667. *Sideroxylon foetidissimum* Jacq.  
668. *Sideroxylon obovatum* Lam.  
669. *Sideroxylon repens* (Urb. & Ekm.) T. Penn.  
670. *Sideroxylon salicifolia* (L.) Lam.

**SCROPHULARIACEAE**

671. *Buchnera elongata* Sw.  
672. *Scrophularia bahorucana* T. Zanoni  
673. *Scrophularia densiflora* Urban & Ekman

**SIMAROUBACEAE**

674. *Alvaradoa haitiensis* Urb.  
675. *Picramnia pentandra* Sw.

**SMILACACEAE**

676. *Smilax domingensis* Willd  
677. *Smilax havanensis* Jacq.

**SOLANACEAE**

678. *Capsicum frutescens* L.  
679. *Cestrum brevisolium* Urb.  
680. *Cestrum coelophlebium* O.E. Schulz  
681. *Cestrum daphnoides* Griseb.  
682. *Cestrum fuertesii* O.E. Schulz  
683. *Cestrum humile* Urb. & Ekm.  
684. *Cestrum mononeurum* Urb. & Ekm.  
685. *Cestrum violaceum* Urban  
686. *Datura metel* L.  
687. *Physalis peruviana* L.  
688. *Solandra longiflora* Tuss.  
689. *Solanum aculeatum* (Jacq.) O.E. Schulz  
690. *Solanum americanum* L.  
691. *Solanum antillarum* O.E. Schulz  
692. *Solanum crotonoides* Lam.

693. *Solanum fugax* Jacq.  
694. *Solanum polyacanthum* Lam.  
695. *Solanum torvum* Sw.  
696. *Solanum umbellatum* Miller  
697. *Solanum microphyllum* (Lam.) G. Don.

### **STAPHYLEACEAE**

698. *Turpinia picardae* Urb.

### **STERCULIACEAE**

699. *Ayenia insulaecola* Cristobal  
700. *Ayenia violacea* Urb.  
701. *Helicteres jamaicensis* Jacq.  
702. *Melochia tomentosa* L.  
703. *Waltheria indica* L.

### **SYMPLOCACEAE**

704. *Symplocos berteroi* (DC.) Miers.  
705. *Symplocos domingensis* Urb.

### **THEACEAE**

706. *Cleyera albo-punctata* (Griseb.) Krug & Urb.  
707. *Laplacea* sp.  
708. *Ternstroemia peduncularis* DC.  
709. *Ternstroemia selleana* Ekm. & Schmidt

### **THEOPHRASTACEAE**

710. *Jacquinia berterii* Sprengel  
711. *Jacquinia stenophylla* Urb.  
712. *Theophrasta americana* L.  
713. *Theophrasta jussiaei* Lindl.

### **THYMELEACEAE**

714. *Daphnopsis crassifolia* (Poir.) Meissn.

### **TILIACEAE**

715. *Corchorus hirsutus* L.

**TURNERACEAE**

716. *Turnera diffusa* Willd.

**ULMACEAE**

717. *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg.

718. *Celtis trinervia* Lam.

719. *Trema cubense* Urb.

720. *Trema lamarckiana* (R. & S.) Blume

721. *Trema micrantha* (L.) Blume

**URTICACEAE**

722. *Gyrotaenia trujillona* Howard

723. *Pilea lanceolata* (Lam.) Wedd.

724. *Pilea mycrophylla* (L.)

725. *Pilea setigera* Urb.

726. *Urera baccifera* (L.) Wedd.

**VALERIANACEAE**

727. *Valeriana domingensis* Urb.

728. *Valeriana scandens* L.

**VERBENACEAE**

729. *Bouchea prismatica* (L.) Kuntze

730. *Citharexylum fruticosum* L.

731. *Citharexylum schulzii* Urb. & Ekm.

732. *Clerodendrum spinosum* (L.) Sprengel

733. *Duranta erecta* L.

734. *Lantana reticulata* Pers.

735. *Lantana urticifolia* Mill.

736. *Lippia micromera* Schaver

737. *Phylla nodiflora* (L.) Greene

738. *Priva domingensis* Urb.

739. *Priva lappulacea* (L.) Pers.

740. *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl

**VIOLACEAE**

741. *Hybanthus havanensis* Jacq.

**VISCACEAE**

742. *Phoradendron mucronatum* (DC.) Krug & Urb.

**VITACEAE**

- 743. *Ampelocissus robinsonii* Planch.
- 744. *Cissus* cf. *intermedia* A. Rich
- 745. *Cissus tuberculata* Jacq.
- 746. *Cissus verticillata* (L.) Nicholson & Jarvis



**ANEXO 4. LISTA  
DE ESPECIES  
DE FLORA  
AMENAZADAS**





Nota: esta lista de especies está tomada del documento: "Secretaría de Estado de Agricultura (SEA)/Departamento de Vida Silvestre (DVS); Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica (DED) (2004b): "Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo". Editora Búho. Santo Domingo

**AGAVACEAE**

1. *Agave intermixta* Trel., *suculenta, endémica*

**ARECACEAE**

2. *Pseudophoenix vinifera* (Mart.) Becc., *estípita, endémica*

**BIGNONIACEAE**

3. *Ekmanianthe longiflora* (Griseb.) Urban, *árbol, nativa?*

**BROMELIACEAE**

4. *Tillandsia usneoides* (L.) L., *epifítica, nativa?*

**CACTACEAE**

5. *Pereskia portulacifolia* (L.) Haw., *suculenta; arbusto, endémica*

**CAESALPINIACEAE**

6. *Arcoa gonavensis* Urb., *árbol, endémica*

7. *Caesalpinia domingensis* Urb., *arbusto, endémica*

8. *Senna angustisiliqua* (Lam.) Irw. & Barn., *arbusto, endémica*

**CUPRESSACEAE**

9. *Juniperus ekmanii* Florin, *árbol, endémica*

**EBENACEAE**

10. *Diospyros* sp., *árbol, se desconoce su status*

**FABACEAE**

11. *Sophora oligosperma* Urb. & Ekm., *arbusto, endémica*

**MELASTOMATACEAE**

12. *Mecranium ovatum* Cogn., *arbusto, endémica*

**MELIACEAE**

13. *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., *árbol, nativa?*

**MIMOSACEAE**

14. *Acacia barahonensis* Urb., *arbusto, endémica*

15. *Acacia cocuyo* Barneby & Zanoni, *árbol, endémica*

**MYRSINACEAE**

16. *Ardisia angustata* Urban, arbusto, endémica  
17. *Ardisia fuertesii* Urb., arbusto, endémica

**ORCHIDACEAE**

18. *Campylocentrum macrocarpum* Dod, hierba; epifítica, nativa?  
19. *Corallorrhiza ekmanii* Mansf., hierba, endémica  
20. *Domingoa nodosa* (Cogn.) Schltr., hierba; epifítica, endémica  
21. *Domingoa susiana* Dod, hierba; epifítica, endémica  
22. *Epidendrum soratae* Rchb. f., hierba; epifítica, nativa?  
23. *Eurystyles alticola* Dod, hierba; epifítica, endémica  
24. *Lepanthopsis anthothenium* (Rchb. f.) Ames, hierba; epifítica, endémica  
25. *Lepanthopsis barahonensis* (Cogn.) Garay, hierba; epifítica, endémica  
26. *Lepanthopsis constanzensis* (Cogn.) Garay, hierba; epifítica, endémica  
27. *Lepanthopsis moniliformis* Dod, hierba; epifítica, endémica  
28. *Liparis viridipurpurea* Griseb., hierba, nativa?  
29. *Malaxis domingensis* Ames, hierba, endémica  
30. *Malaxis unifolia* Michx., hierba, nativa?  
31. *Oncidium ariza-julianum* Withner & Jimenez, hierba; epifítica, endémica  
32. *Oncidium tuerckheimii* Cogn., hierba; epifítica, endémica  
33. *Pleurothallis claudii* Rchb. f. ex Dod, hierba; epifítica, endémica  
34. *Pleurothallis dodii* Garay, hierba; epifítica, endémica  
35. *Pleurothallis parvula* Ames & Schweinf., hierba; epifítica, endémica  
36. *Ponthieva pauciflora* (Sw.) Fawc. & Rendle, hierba, nativa?  
37. *Prescottia stachyodes* (Sw.) Lindl., hierba, nativa?  
38. *Quisqueya ekmanii* Dod, hierba, endémica  
39. *Quisqueya holdridgei* Dod, hierba; epifítica, endémica  
40. *Tetramicra bulbosa* Mansf., hierba, nativa?  
41. *Tetramicra canaliculata* (Aubl.) Urb., hierba, endémica  
42. *Tetramicra ekmanii* Mansf., hierba, endémica

**PHYTOLACCACEAE**

43. *Trichostigma octandrum* (L.) H. Wat., liana, nativa?

**PODOCARPACEAE**

44. *Podocarpus aristulatus* Pan., árbol, nativa?

**RUBIACEAE**

45. *Antirhea involucreta* Urb., arbusto, endémica  
46. *Guettarda barahonensis* Urb., arbusto, endémica  
47. *Ottoschmidtia haitiensis* Urb., arbusto, endémica

**RUTACEAE**

48. *Xanthoxylum flavum* Vahl, árbol, nativa?

**SAPOTACEAE**

49. *Pouteria domingensis* (C.F.Gaertner) Baehni, árbol, nativa?

**SMILACACEAE**

50. *Smilax domingensis* Willd., ¿?, nativa?

51. *Smilax havanensis* Jacq., liana, nativa?



**ANEXO 5.**  
**ESPECIES DE FLORA**  
**INVENTARIADAS**  
**POR PARCELAS**



**Notas explicativas de las listas:**

- Esta lista de especies de flora procede de los trabajos de campo realizados en el marco de la presente investigación, así como de los inventarios realizados para el documento "Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Provincia Pedernales (PORN-Pedernales)", de ONAPLAN y otros (2004)
- La sigla A-D de la segunda columna corresponde a la "abundancia-dominancia" del método fito-sociológico de Braun-Blanquet (1979)

Especies	A-D	Familia	tropófilo	mesófilo	ombrofilo	higrófilo	higrófilo	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar
			LM1	P21	P19	P20	P6	P24	P25	P26	SP1	SP2	P27	P4	P5	LT1	LT2
<i>Chamissoa altissima</i> (Jacq.) H. B. K.	+	Amaranthaceae	X	X													
<i>Agave cf. brevispina</i> Trel	1	Amaryllidaceae							X	X	X			X	X		
<i>Comocladia dentata</i> Jacq.	+	Anacardiaceae	X														
<i>Oxandra lanceolata</i> (Sw.) Britt.	+	Annonaceae	X														
<i>Daucus carota</i> L.	+	Apiaceae									X	X					
<i>Pastinaca sativa</i> L.	+	Apiaceae									X	X			X		
<i>Angadenia lindeniana</i> (Müell-Arg.) Miers	r	Apocynaceae					X	X	X	X					X		
<i>Plumeria subsessilis</i> A. DC.	r	Apocynaceae							X								
<i>Rauvolfia nitida</i> Jacq.	+	Apocynaceae	X														
<i>Ilex macfadyenii</i> (Walp.) Rehder	+	Aquifoliaceae							X								
<i>Ilex tuerckheimii</i> Loes	2	Aquifoliaceae											X	X			
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Dcne. & Pl.	1	Araliaceae	X	X													
<i>Didymopanax tremulus</i> Krug & Urb.	1	Araliaceae				X											
<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Dcne & Pl.	r	Araliaceae	X														
<i>Coccothrinax scoparia</i> Becc.	1	Arecaceae						X									
<i>Prestoea montana</i> Grah.	+	Arecaceae		X	X												
<i>Aristolochia</i> sp.	r	Aristolochiaceae				X			X	X							
<i>Cynanchum cf. domingensis</i> (Schtr.) Jimenez	r	Asclepiadaceae							X								
<i>Asplenium auritum</i> Sw.	1	Aspleniaceae				X										X	
<i>Asplenium radicans</i> (L. C. Rich.) Willd	1	Aspleniaceae				X											
<i>Baccharis myrsinites</i> (Lam.) Pers	+	Asteraceae									X	X					
<i>Conyza canadensis</i> Cron	r	Asteraceae									X						
<i>Eupatorium gabbii</i> Urb.	r	Asteraceae						X		X							
<i>Eupatorium illitum</i> Urb.	r	Asteraceae									X						
<i>Eupatorium macrophyllum</i> L.	1	Asteraceae												X	X		
<i>Eupatorium sinuatum</i> var. <i>visigerum</i> Urb. & Ekm.	1	Asteraceae						X	X	X							
<i>Gnaphalium domingense</i> Lam.	+	Asteraceae									X						
<i>Gnaphalium eggersii</i> Urb.	1	Asteraceae						X	X	X					X		
<i>Hieracium gronovii</i> L.	+	Asteraceae					X		X	X							
<i>Lapsana communis</i> L.	+	Asteraceae							X	X							
<i>Narvalina domingensis</i> Cass.	1	Asteraceae						X	X								
<i>Senecio barahonensis</i> Urb.	+	Asteraceae						X	X					X			
<i>Senecio buchii</i> Urb.	r	Asteraceae									X						
<i>Vernonia fruticosa</i> (L.) Sw.	+	Asteraceae					X		X	X					X		
<i>Wedelia cf. barahucana</i> Alain	+	Asteraceae						X	X	X							
<i>Macfadyena unguis-cati</i> (L.) A. Gentry	+	Bignoniaceae	X														
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	1	Boraginaceae	X														
<i>Guzmania ekmanii</i> (Harms) Harms.	+	Bromeliaceae												X	X		
<i>Brunellia comocladifolia</i> Bonpl.	1	Brunelliaceae				X											
<i>Cladina</i> sp.	r	Bryophyta							X			X		X			
<i>Cladonia angustata</i> Nyl.	3	Bryophyta							X	X				X	X		
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	r	Burseraceae	X														
<i>Opuntia cf. antillana</i> Britt & Rose	r	Cactaceae	X														
<i>Senna atomaria</i> (L.) Irw. & Barn.	2	Caesalpinaceae	X														
<i>Capparis ferruginea</i> L.	1	Capparaceae	X														

Especies	A-D	Familia	tropófilo	mesofilo	ombrofilo	higrófilo	higrófilo	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar
			LM1	P21	P19	P20	P6	P24	P25	P26	SP1	SP2	P27	P4	P5	LT1	LT2
<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	+	Capparaceae	X														
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	r	Caryophyllaceae										X					
<i>Cecropia schreberiana</i> Miq.	1	Cecropiaceae			X												
<i>Chamaecrista glandulosa</i> var. <i>picardae</i> (Urb.) Irw. & Barn	+	Cesalpiniaceae						X		X	X				X	X	
<i>Calophyllum calaba</i> L.	+	Clusiaceae	X														
<i>Hypericum hypericoides</i> (L.) Crantz	r	Clusiaceae					X					X					
<i>Callisia repens</i> (L.) Jacq.	2	Commelinaceae	X														
<i>Rourea surinamensis</i> Miq.	+	Connaraceae	X	X													
<i>Jacquemontia</i> cf. <i>pentantha</i> (Jacq.) D. Don	r	Convolvulaceae						X		X							X
<i>Cayaponia racemosa</i> Lam.	r	Cucurbitaceae	X														
<i>Metothria pendula</i> L.	+	Cucurbitaceae	X	X													
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	+	Cunoniaceae													X		
<i>Cyathea arborea</i> (L.) J. E. Smith	2	Cyatheaceae		X	X	X											
<i>Bulbostylis</i> cf. <i>juncooides</i> (Vahl) Kuk	+	Cyperaceae						X									
<i>Scleria ciliata</i> var. <i>elliotti</i> (Chapm.) Fern.	r	Cyperaceae						X									
<i>Odontosoria aculeata</i> (L.) Smith.	r	Dennstaedtiaceae				X											
<i>Pteridium aquilinum</i> L.	1	Dennstaedtiaceae					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Polystichum hottense</i> C. Chr	+	Dryopteridaceae				X											
<i>Tectaria trifoliata</i> (L.) Cav.	+	Dryopteridaceae	X														
<i>Lyonia microcarpa</i> Urb. & Ekm.	2	Ericaceae					X	X	X	X	X				X		
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	1	Euphorbiaceae		X	X												
<i>Drypetes alba</i> Poir	+	Euphorbiaceae	X														
<i>Euphorbia lactea</i> Haw.	r	Euphorbiaceae	X														
<i>Phyllanthus buchii</i> Urb.	r	Euphorbiaceae						X									
<i>Sapium daphnoides</i> (Urb.) Urb.	r	Euphorbiaceae				X											
<i>Tragia volubilis</i> L.	+	Euphorbiaceae	X														
<i>Abarema oppositifolia</i> (Urban) Barneby & Grimes	r	Fabaceae						X	X								
<i>Rhynchosia phaseoloides</i> Sw.	r	Fabaceae		X													
<i>Rhynchosia reticulata</i> (Sw.) DC.	+	Fabaceae						X	X	X							
<i>Garrya fadyenii</i> Hook	r	Garryaceae								X		X	X	X	X	X	X
<i>Gesneria saxatilis</i> Alain	r	Gsneriaceae									X						
<i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw.) Benth & Hook	+	Lauraceae		X	X												
<i>Cinnamomum triplinervis</i> (R. & P.) Kostermans	1	Lauraceae		X	X												
<i>Ocotea acarina</i> C. K. Allen	r	Lauraceae				X											
<i>Ocotea coriacea</i> (Sw.) Griseb.	+	Lauraceae	X														X
<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	r	Lauraceae	X														
<i>Ocotea leucoxyloides</i> (Sw.) Mez	2	Lauraceae			X												
<i>Persea americana</i> L.	1	Lauraceae		X													
<i>Elaphoglossum</i> aff. <i>tambilense</i> (Hook) T. Moore	1	Lomariopsidaceae				X											
<i>Cuphea urens</i> Koehne	r	Lythraceae						X		X	X						
<i>Abutilon umbellatum</i> (L.) Sw.	1	Malvaceae	X														
<i>Pavonia fruticosa</i> (Mill.) Fawx. & Rende	+	Malvaceae	X														
<i>Pavonia spinifex</i> (L.) Cav.	r	Malvaceae		X													
<i>Sida acuta</i> L.	+	Malvaceae	X														
<i>Danaea urbanii</i> Maxon	+	Marattiaceae			X												
<i>Miconia luteola</i> Cogn.	+	Melastomataceae				X								X			
<i>Miconia selleana</i> Urb. & Ekm.	1	Melastomataceae			X												
<i>Miconia</i> sp.	1	Melastomataceae				X									X	X	
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	+	Meliaceae	X														
<i>Guarea guidonia</i> Sleumer	+	Meliaceae	X	X	X												
<i>Trichilia hirta</i> L.	1	Meliaceae	X														
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	+	Meliaceae	X														
<i>Cissampelos pareira</i> L.	+	Menispermaceae		X	X												
<i>Acacia macracantha</i> H. & B.	3	Mimosaceae	X														
<i>Acacia skleroxyloides</i> Tuss.	+	Mimosaceae	X														
<i>Inga vera</i> Willd	1	Mimosaceae		X													



Especies	A-D	Familia	tropófilo	mesófilo	ombrofilo	higrófilo	higrófilo	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar
			LM1	P21	P19	P20	P6	P24	P25	P26	SP1	SP2	P27	P4	P5	LT1	LT2
<i>Lysiloma sabicu</i> Benth	+	Mimosaceae	X														
<i>Myrica picardae</i> Krug. & Urb.	+	Myricaceae							X	X	X		X	X			
<i>Myrsine nubicola</i> Alain.	r	Myrsenaceae		X				X									
<i>Ardisia picardae</i> Urb.	r	Myrsinaceae				X											
<i>Calyptronthes</i> sp.	+	Myrtaceae				X											
<i>Eugenia foetida</i> Pers	+	Myrtaceae	X														
<i>Gomidesia lindeniana</i> Berg.	2	Myrtaceae			X												
<i>Myrcianthes montana</i> (Sw.) C. Nelson	+	Myrtaceae				X			X								
<i>Pimenta racemosa</i> var. <i>hispaniolensis</i> Landrum	r	Myrtaceae				X											
<i>Pisonia aculeata</i> L.	r	Nyctaginaceae	X														
<i>Chionanthus domingensis</i> Lam.	1	Oleaceae		X													
<i>Chionanthus ligustrinus</i> (Sw.) Pers	+	Oleaceae	X														
<i>Forestiera selleana</i> Urb. & Ekm.	r	Oleaceae					X	X		X	X						
<i>Forestiera</i> sp.	r	Oleaceae	X														
<i>Fuchsia pringsheimii</i> Urb.	1	Onagraceae				X							X	X	X		
<i>Calanthe calanthoides</i> (Rich. & Gal.) Hamer & Garay	r	Orchidaceae				X											
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	+	Orchidaceae	X														
<i>Prescottia stachyoides</i> (Sw.) Lindley	+	Orchidaceae		X	X	X											
<i>Tolumnia</i> cf. <i>osmentii</i> Witner	r	Orchidaceae											X	X	X		
<i>Bocconia frutescens</i> L.	r	Papaveraceae							X	X		X					
<i>Passiflora suberosa</i> L.	r	Passifloraceae					X	X									
<i>Rivina humilis</i> L.	r	Phytolacaceae	X														
<i>Trichostigma octandrum</i> (L.) H. Walt	+	Phytolaccaceae	X	X													
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	2	Pinaceae					X	X	X	X		X	X	X	X		
<i>Peperomia maculosa</i> (L.) Hook	+	Piperaceae			X	X											
<i>Piper amalago</i> L.	r	Piperaceae	X														
<i>Pothomorphe umbellata</i> (L.) Miq.	+	Piperaceae		X													
<i>Ichnanthus pallens</i> (Sw.) Munro	1	Poaceae	X	X													
<i>Isachne rigidifolia</i> (Poir.) Urb.	+	Poaceae												X			
<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc.	+	Poaceae				X											
<i>Leptothrium</i> sp.	2	Poaceae								X	X						
<i>Olyra latifolia</i> L. & P.	1	Poaceae				X											
<i>Panicum aciculare</i> Desv.	+	Poaceae				X											
<i>Panicum acuminatum</i> Sw.	+	Poaceae				X	X										
<i>Panicum glutinosum</i> Jacq.	+	Poaceae		X	X												
<i>Poa</i> sp.	r	Poaceae														X	
<i>Schizachyrium gracile</i> Nash.	+	Poaceae					X	X	X								
<i>Tripsacum floridanum</i> Porter	r	Poaceae					X	X						X	X		
<i>Securidaca virgata</i> Sw.	+	Poligalaceae	X														
<i>Coccoloba</i> cf. <i>picardae</i> Urb.	2	Polygonaceae				X											
<i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.	+	Polygonaceae	X														
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	+	Portulacaceae	X														
<i>Adiantum pyramidatum</i> (L.) Willd	+	Pteridaceae	X														
<i>Adiantum tenerum</i> Sw.	+	Pteridaceae	X														
<i>Chimaphila umbellata</i> subsp. <i>domingensis</i> (S.E. Blake) L. Dorr.	+	Pyrolaceae									X						
<i>Chimaphila umbellata</i> (L.) Barton	+	Pyrolaceae														X	
<i>Clematis picardae</i> Urb.	r	Ranunculaceae						X									
<i>Fragaria vesca</i> L.	r	Rosaceae									X			X			
<i>Rubus</i> sp.	+	Rosaceae								X	X			X	X		
<i>Coffea arabica</i> L.	1	Rubiaceae		X													
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	+	Rubiaceae		X													
<i>Lasianthus bahorucanus</i> Zanoni	r	Rubiaceae				X											
<i>Lasianthus lanceolatus</i> (Griseb.) G. Maza	+	Rubiaceae			X												
<i>Palicourea alpina</i> (Sw.) DC.	+	Rubiaceae		X													
<i>Palicourea crocea</i> (Sw.) Schult	r	Rubiaceae	X														
<i>Psychotria baltenweckii</i> Urb.	+	Rubiaceae				X											
<i>Psychotria berteriana</i> DC.	+	Rubiaceae		X	X												
<i>Psychotria</i> cf. <i>plumieri</i> Urb.	r	Rubiaceae						X									

Especies	A-D	Familia	tropófilo	mesofilo	ombrofilo	higrófilo	higrófilo	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar	pinar
			LM1	P21	P19	P20	P6	P24	P25	P26	SP1	SP2	P27	P4	P5	LT1	LT2
<i>Psychotria pubescens</i> Sw.	r	Rubiaceae					X										
<i>Meliosma cf. herbertii</i> Rolfe	l	Sabiaceae					X										
<i>Cupania americana</i> L.	+	Sapindaceae			X												
<i>Dodonaea angustifolia</i> L. f.	+	Sapindaceae						X	X								X
<i>Exothea paniculata</i> (Juss.) Radlk	+	Sapindaceae		X													
<i>Serjania polyphylla</i> (L.) Radlk.	+	Sapindaceae		X													
<i>Thouinia domingensis</i> Urb. & Radlk	+	Sapindaceae															X
<i>Thouinia trifoliata</i> Poit	+	Sapindaceae		X													X
<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	r	Sapotaceae		X													
<i>Pouteria dictyoneura</i> Subsp. <i>Fuertesii</i> (Urb.) Cronq.	r	Sapotaceae		X													
<i>Sideroxylon cubense</i> (Griseb.) T. Pennington	+	Sapotaceae	X				X			X	X					X	
<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.	l	Sapotaceae	X	X													
<i>Sideroxylon repens</i> (Urb. & Ekm.) T. Penn.	l	Sapotaceae						X	X								
<i>Verbascum thapsus</i>	r	Scrophulariaceae								X		X					X
<i>Smilax domingensis</i> Willd	l	Smilacaceae				X											
<i>Smilax havanensis</i> Jacq.	r	Smilacaceae							X								
<i>Smilax populnea</i> O. E. Schult	r	Smilacaceae						X	X								
<i>Physalis pubescens</i> L.	+	Solanaceae															X
<i>Symplocos berteroi</i> (DC.) Miers.	l	Symplocaceae				X				X	X						X
<i>Thelypteris balbisii</i> (Spreng.) Ching	r	Thelypteridaceae			X												
<i>Daphnopsis crassifolia</i> (Poir.) Meissn.	l	Thymelaceae					X										
<i>Celtis trinervia</i> Lam.	r	Ulmaceae		X													
<i>Pilea lanceolata</i> (Lam.) Wedd.	l	Urticaceae						X	X					X			
<i>Pilea setigera</i> Urb.	r	Urticaceae			X					X	X						
<i>Urera baccifera</i> (L.) Wedd.	r	Urticaceae		X													
<i>Lantana</i> sp.	+	Verbenaceae	X														
<i>Lantana urticifolia</i> Mill.	l	Verbenaceae	X														
<i>Cissus cf. intermedia</i> A. Rich	+	Vitaceae					X										
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicols. & Jarvis	+	Vitaceae		X													
<i>Guaiacum officinale</i> L.	l	Zygophyllaceae	X														



UNIVERSIDAD DE SEVILLA