

**MANEJO Y USO DEL AGUA EN LAS CUENCAS
HIDROGRAFICAS DEL NORTE DE MEXICO**
Proyecto Cenid-Raspa, Orstom

**ESTUDIO DE LOS FACTORES
QUE INFLUENCIAN LOS
ESCURRIMIENTOS Y EL
USO DEL AGUA EN LA
REGION HIDROLOGICA 36**

J.Y. LOYER, J. ESTRADA A.,
R. JASSO I., L. MORENO D.

EDITORES

IFAP
CENID-RASPA

ORSTOM
DEC

1993

Agradecemos la contribución para la elaboración del presente documento a las siguientes Instituciones y Departamentos de los Gobiernos de México y Francia :

*El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias **INIFAP**
El Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera **CENID RASPA**
L'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération **ORSTOM**
et sa représentation au Mexique
Le Département des Eaux Continentales, **DEC** et l'unité de Recherche **DEC 4**
La Diffusion de l'Information Scientifique et Technique **DIST**
La Mission Technique des Equipements et Infrastructures Scientifiques **MTEIS***

*Diseño de Portada y Fotografía :
Josefina **MARTINEZ**, Alain **PLENECASSAGNE** y Jean Yves **LOYER***

ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE INFLUENCIAN LOS ESCURRIMIENTOS Y EL USO DEL AGUA EN LA REGION HIDROLOGICA 36

J.Y. LOYER, J. ESTRADA A., R. JASSO I., L. MORENO D.

EDITORES



El río Nazas a su salida de la presa Lázaro Cárdenas

AUTORES Y COLABORADORES

COORDINACION CIENTIFICA

Jean Yves LOYER y Juan ESTRADA AVALOS

AUTORES

Prologo	<i>Carlos HERNANDEZ YAÑEZ, (Director del Cenid-Raspa)</i>
Pluviometría e Hidrología	<i>Juan ESTRADA AVALOS, (Cenid-Raspa)</i> <i>Luc DESCROIX, (Orstom)</i> <i>Christophe BOUVIER, (Orstom)</i>
Climatología:	<i>Gabriel GARCIA HERRERA, (Cenid-Raspa)</i>
Geología y Calidad de Agua:	<i>Jean Yves LOYER, (Orstom)</i> <i>Alain PLENECASSAGNE, (Orstom)</i>
Edafología:	<i>Miguel RIVERA GONZALEZ, (Cenid-Raspa)</i> <i>David VIRAMONTES PEREIDA, (Tesis Ujed)</i>
Fitoecología:	<i>Rodolfo JASSO IBARRA, (Cenid-Raspa)</i> <i>Gerardo TARIN TORRES, (Tesis Ujed)</i> <i>Claudia RUIZ GONZALES, (Tesis Ujed)</i> <i>Ma.Guadalupe FERNANDEZ RODRIGUEZ, (Tesis Ujed)</i>
Socio-Economía:	<i>Ignacio ORONA CASTILLO, (Cenid-Raspa)</i>
Agricultura	<i>Ignacio ORONA CASTILLO, (Cenid-Raspa)</i> <i>Olivier VOISIN, (Istom)</i>
Ganadería	<i>Henri BARRAL, (Orstom)</i> <i>Ignacio ORONA CASTILLO, (Cenid-Raspa)</i> <i>Eva ANAYA, (Tesis Ujed)</i>
Ictiología:	<i>Guillermo VALADES MONTALVO, (Dpto. Piscicultura Sarh)</i> <i>Mario E. SOTO CALDERON, (Tesis Ujed)</i> <i>Carlos RAMIREZ MARTINEZ (Pair-Unam)</i>

COLABORADORES

Análisis de
Laboratorio

*Ernesto ROMERO FIERRO,
(Jefe de Laboratorio, Cenid-Raspa)*

Ayudante
técnico

Victor MARTINEZ VELAZCO

Tratamiento
de texto y
composición

*Irene PORTILLO ESPARZA
Laura V. MACIAS GARCIA
Silvia M. IBARRA BLANCO*

Taller gráfico
e impresión

*Raquel ANGUIANO GALLEGOS, (Responsable)
Gilberto RODRIGUEZ HERNANDEZ
Fernando RODRIGUEZ HERNANDEZ
Apolinar PADILLA RODRIGUEZ*

REVISION

Rodolfo JASSO IBARRA y Leopoldo MORENO DIAZ

EDICION

*Jean Yves LOYER Juan ESTRADA AVALOS
Rodolfo JASSO IBARRA Leopoldo MORENO DIAZ*

CONTENIDO

Página

PRESENTACION
PREAMBULO

GENERALIDADES

INTRODUCCION	11
OBJETIVO	12
SITUACION GEOGRAFICA DEL PROYECTO	13
DESCRIPCION GLOBAL DEL PROYECTO	15
METODOLOGIA DE LA FASE DE ANALISIS	18
DIVISION DE LA RH 36 Y SUPERFICIES	19

Primera parte HIDRO-PLUVIOMETRIA

REGIMEN PLUVIOMETRICO	25
HIDROMETRIA	63

Segunda parte FACTORES FISICOS Y BIOTICOS

VARIABILIDAD DE LOS ELEMENTOS DEL CLIMA	121
ROCAS Y MATERIALES GEOLOGICOS	143
CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	161
SISTEMAS DE TOPOFORMAS Y UNIDADES DE SUELO	175
1. Distribución espacial de los Sistemas de Topoformas	175
2. Distribución espacial de las Unidades de Suelo	182

CARACTERISTICAS HIDROCLIMATICAS DEL SUELO	191
FASES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS	207
1. Las Fases Físicas	207
2. Las Fases Químicas	215
LA VEGETACION NATURAL	223

Tercera parte

LAS ACTIVIDADES HUMANAS Y EL USO DEL AGUA

CARACTERIZACION SOCIO - ECONOMICA	247
AGRICULTURA DE TEMPORAL	273
MANEJO GANADERO EN RELACION CON EL RECURSO AGUA	287
PLANTAS UTILES Y POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO.....	305
PISCICULTURA	317
1. Análisis de la Explotación Piscícola en las Presas del río Nazas	317
2. La Piscicultura: Una opción productiva para los presones de las zonas áridas	329

SINTESIS

1. SINTESIS TEMATICA	245
Factores Físicos y Bióticos	245
Las Actividades Humanas y Uso del Agua	247
2. SINTESIS POR SUBCUENCA	350
Cuenca del Río Nazas	353
Cuenca del Río Aguanaval	359
Parte Baja de la RH 36	363
CONCLUSION GENERAL	365

PRESENTACION

Carlos HERNANDEZ YAÑEZ (1)

La escasez de agua en las partes áridas y semiáridas del Norte de México hace que los centros de investigación dedicados a crear tecnologías de conservación y uso de este recurso establezcan proyectos de gran escala bajo este fin. Tomando como partida este objetivo, el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación-Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, CENID-RASPA, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, INIFAP, y el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo por Cooperación, ORSTOM, a partir de 1991 han iniciado a desarrollar el proyecto "MANEJO Y USO DEL AGUA EN LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL NORTE DE MEXICO", tomando como prototipo a la Región Hidrológica 36.

En su concepción general el proyecto esta conformado en dos partes: un inventario y diagnóstico regional y una fase experimental. La primer parte esta constituida por la recopilación y análisis crítico de la información concerniente a factores físicos, bióticos y socioeconómicos que rigen el uso del agua a nivel regional (motivo de esta publicación), mientras que la segunda parte serán las acciones a futuro, derivadas de la primera.

La presente publicación constituye los resultados de la primer fase del proyecto, la cual se ha dividido en cinco capítulos: Generalidades, Hidropluviometría, Factores físicos y bióticos, Actividades humanas y Uso del agua, y Síntesis. Por ser la primer publicación producto del proyecto, se hace especial énfasis a la información mínima necesaria para un trabajo de esta envergadura; mientras que en una posterior publicación se dará mayor importancia a la metodología de análisis para establecer estrategias de acción, ya sea de investigación o transferencia de tecnología, la cual será el sustento de la segunda fase del proyecto.

En el capítulo de *Generalidades*, como su nombre lo indica, se aborda una exposición general de las características del proyecto y de su situación geográfica.

En *Hidropluviometría* se exponen los resultados del análisis de información proveniente de 60 estaciones con 20 a 50 años de datos diarios de la RH 36; de acuerdo con esta información, se detectaron tres bandas de comportamiento hidropluviométrico: la parte más alta de la Sierra Madre Occidental con más de 500 mm de precipitación anual, una banda intermedia con una pluviometría de 300 a 500 mm y que comprende la cuenca del Nazas; y una banda o parte baja con precipitación promedio anual de 200 a 300 mm, correspondiente a la parte central de la Región Lagunera. Esta variación de lluvia se debe básicamente al gradiente alti-

(1) Director del CENID-RASPA.

tudinal y longitudinal respecto al Océano Pacífico. Al analizar los coeficientes de escurrimiento se encontró una tendencia semejante, debido principalmente a la interacción de los parámetros de: pendiente del terreno, pluviometría, permeabilidad del suelo, y vegetación natural.

En la parte correspondiente a *Factores físicos y bióticos*, se muestran resultados de clima, suelos, aguas y vegetación; de estos se detectaron 24 tipos de clima en la RH 36, de los cuales BS (secos) y BW (muy secos) son los más frecuentes; respecto a orígenes de los suelos se encontró un gradiente de predominancia de rocas eruptivas de río arriba a río abajo, mientras que para las rocas sedimentarias se encontró un gradiente inverso. Para calidad de las aguas superficiales se encontró una predominancia de bicarbonatos de calcio y sodio en la parte alta de la Región, mientras que en la parte baja se encontró una predominancia de sulfatos de los mismos elementos, lo que indudablemente obedece a la interacción con el material madre en el suelo predominante. Como una respuesta a las condiciones tanto de clima como de suelo, se encontraron 18 tipos vegetativos en la RH 36, los cuales fueron reagrupados en cuatro formaciones; de estas, el matorral xerófilo es el más predominante, con un 56 por ciento de superficie cubierta.

En relación a las *Actividades humanas y el Uso del agua* se encontró que el crecimiento económico y poblacional es mayor en la cuenca del Aguanaval respecto a la del Nazas, por lo que la presión por el recurso agua debe ser también mayor en esta cuenca. Las actividades silvoagropecuarias detectadas en la RH 36, básicamente son de dos tipos: agrícolas y ganaderas; dentro de las primeras están las de riego, ubicadas en la parte media y baja de la Región (Distrito de riego No. 17, Región Lagunera) y las de temporal, ubicadas principalmente en las partes altas de las cuencas del Aguanaval y Nazas, respectivamente, con un 80 por ciento de la superficie total cultivable. Por las actividades ganaderas detectadas se encontró que conforme la pluviometría aumenta, también lo hace la carga animal manejada (85 hectáreas/unidad animal, (ha/ua), para la banda de 200 a 300 mm de precipitación anual; 15 ha/ua para la de 300 a 500 mm, y de 4 ha/ua para la de 500 a 700 mm).

En el capítulo de *Síntesis*, se expone la información temática cruzada, concerniente a los escurrimientos y a los factores físicos, bióticos y humanos en forma tal que se explica el comportamiento hidrológico de cada subcuenca y a escala regional.

Aunque el presente informe sólo representa la primer fase del proyecto, el avance logrado en términos de conocimiento e interacción entre los integrantes del proyecto ha sido enorme; se han desarrollado dos estancias de intercambio científico, por parte del personal del CENID-RASPA, una en Ecuador y otra en Francia, mientras que por parte de ORSTOM, se han tenido cinco visitas a México; de la misma manera, se han generado cinco tesis; dos de maestría y tres de licenciatura y otros dos de doctorado en preparación.

PREAMBULO

Este proyecto fue implementado en el marco de un convenio de cooperación científica y técnica firmado el 4 de mayo de 1991, entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos por medio de su Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, (SARH), y el Gobierno Francés, representado por el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación, (ORSTOM). Este convenio tiene como finalidad, llevar conjuntamente proyectos científicos en los dominios de la investigación y de la formación sobre los temas de la hidrología de superficie y de la ciencia del suelo.

Estas actividades de investigación en Hidrología y en Edafología tienen un campo de aplicación muy amplio en México tomando en cuenta las variadas situaciones orográficas donde se encuentran las tierras agrícolas, los pastizales y los bosques del territorio. Por consiguiente, las investigaciones pueden aplicarse al establecimiento de técnicas que permiten una utilización más racional de los recursos agua y suelo, y su difusión en las regiones que presentan condiciones agro-climáticas similares.

Como resultado de las condiciones arriba mencionadas, se elaboró un proyecto para ser realizado en el seno del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, (INIFAP), organismo administrativo descentralizado de la SARH y el Departamento de Aguas Continentales del ORSTOM, (DEC). El Proyecto fue montado en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA), de Gómez Palacio, Durango, en cooperación con la Unidad de Investigación del DEC "Dinámica y Uso del Agua en los Ecosistemas Tropicales".

El proyecto intitulado "Uso y Manejo del Agua en las Cuencas Hidrográficas del Norte de México", se inició en septiembre de 1991, y se fue implementando progresivamente con la participación de un equipo pluridisciplinario de investigadores del CENID RASPA y de ORSTOM México.

Dentro de las actividades propuestas incide el desarrollo de dos tesis para la obtención del grado de Maestría en Ciencias en el área de Recursos Naturales y otras tres para el título de Biólogo en la Universidad Juárez del Estado de Durango, (UJED).

Las áreas comprendidas y los investigadores responsables de cada una de ellas son : Hidrología y Topografía (Juan Estrada Avalos, Luc Descroix y Christophe Bouvier); Climatología (Gabriel García Herrera); Geología y Calidad del agua (Jean Yves Loyer); Edafología (Miguel Rivera González y David Viramontes Pereida); Vegetación (Rodolfo Jasso Ibarra, Gerardo Tarín Torres, Claudia Ruiz González y Ma. Guadalupe Fernández Rodríguez); Ictiología (Guillermo Valadez Montalvo, Mario Enrique Soto Calderón y Carlos Ramírez Martínez); Agricultura y Ganadería (Ignacio Orona Castillo, Olivier Voisin, Henri Barral y Eva Anaya); Socioeconomía (Ignacio Orona Castillo); Físico-Química (Ernesto Romero Fierro y Alain Plenecassagne).

La coordinación del proyecto está asegurada por Jean-Yves Loyer, investigador del ORSTOM-México y Juan Estrada Avalos, investigador del CENID-RASPA.

Hasta la fecha de emisión del presente documento se encuentra concluída la primera fase del proyecto donde se presenta un análisis del estado actual de la Región Hidrológica 36, como punto de partida para la integración de los componentes de la investigación en sus fases finales.

GENERALIDADES

Introducción.

En todo el mundo, las regiones áridas suscitan temas de interés y de investigaciones enfocadas sobre los diversos aspectos que las caracterizan. Entre éstos, la escasez del agua es sin duda uno de los más preocupantes, ya que de este recurso depende la intensidad de acumulación de fitomasa en el ecosistema, la cual es la base del funcionamiento del resto de los componentes bióticos, incluyendo el hombre.

En el contexto de aridez del Norte de México, este problema de disponibilidad del agua se da de manera permanente y sigue siendo una prioridad cotidiana para usos agrícola y doméstico de las poblaciones de estas regiones. Las zonas afectadas por esta coacción climática abarcan más o menos el 50 por ciento de la superficie del país y se localizan en la mitad norte del territorio nacional con precipitaciones pluviales del orden en promedio de 400 a 500 mm.

Estas escasas precipitaciones pluviales que pueden disminuir por debajo de 200 mm, plantean cuantitativamente un problema e imponen estrategias adaptadas para ser redituables y útiles para el hombre. Su distribución anual se caracteriza por una mayor incidencia en los meses de julio a septiembre, en los que ocurren las mayores temperaturas del aire; tanto el agua almacenada en las capas superficiales del suelo como en cuerpos de agua libre superficiales, están sujetos a altas tasas evaporativas.

Sin duda, el factor más apremiante sigue siendo la variabilidad tan grande de estas lluvias, tanto en el espacio geográfico como a lo largo de los años sucesivos. Por otra parte, la presencia de cimas elevadas en donde su altitud puede sobrepasar los 3,000 m contribuye sensiblemente en aumentar las precipitaciones que pueden alcanzar localmente los 800 mm. anuales. Esto permite afortunadamente ciertos escurrimientos superficiales y una alimentación esporádica, en ocasiones en forma continua, de algunas de las zonas bajas de riego en estas regiones, a partir de las sierras.

En otras áreas, principalmente planicies y llanuras, la precipitación anual no alcanza los 300 ó 350 mm, las cuales son insuficientes para manejar con éxito y en forma regular, un cultivo que llegue anualmente a su término. Diversas estrategias locales de aprovechamiento deben entonces ayudar a compensar el déficit; estas están poco desarrolladas y sobre todo orientadas a la ganadería y al abrevamiento del ganado.

Como resultado de lo anterior, una gran parte del espacio está ocupado por vegetación natural de tipo "matorral", cuya utilización es el pastoreo o el pasto; por consiguiente, la ganadería es una actividad económica esencial de estas regiones, aunque su práctica tradicional sigue por debajo del potencial de los recursos hídricos y vegetales del medio. Una adecuación merecería estar mejor definida tanto sobre los principales aspectos pecuarios y agrícolas, como sobre otras alternativas, como la actividad piscícola.

Evidentemente estas propuestas deben apoyarse sobre estudios que tienen qué tomar en cuenta el conjunto de factores físicos o bióticos susceptibles de influenciar el recurso de aguas superficiales; pero también y sobre todo necesitan aprovechar al máximo la percepción de las poblaciones con relación a sus prácticas para la utilización de este recurso.

La otra estrategia desarrollada en estas regiones para asegurar la producción, consiste en recurrir a la irrigación de las tierras para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos. Esto se puede llevar a cabo aprovechando las aguas de ciertos ríos bien alimentados por las sierras y que son regulados por presas y cuyos volúmenes son distribuidos hasta las tierras de cultivos de las zonas bajas. De este modo se fueron desarrollando progresivamente grandes perímetros irrigados como los de la Región Lagunera, o de Delicias y Camargo, Chihuahua.

Pero para adaptarse a especulaciones agrícolas se fomentaron especies muy consumidoras (forrajes), y no suficientemente satisfechas por las aguas superficiales, estos sistemas de riego tuvieron progresivamente que recurrir a los recursos hídricos subterráneos; a tal grado que en la actualidad, estos sistemas de cultivos, alimentados en parte por las aguas de superficie y en parte por las aguas subterráneas, desequilibraron totalmente el recurso, tanto a nivel de los escurrimientos superficiales casi exclusivamente dirigidas hacia estas zonas, como a nivel de las aguas profundas, peligrosamente sobreexplotadas y también algunas veces alteradas en el plano de su calidad química desde el punto de vista de salinidad.

La situación que presentan estas regiones del norte del país, con respecto al recurso hídrico y a su utilización, tiene dos aspectos algunas veces independientes, pero con frecuencia complementarios:

Por una parte los escurrimientos superficiales muy irregulares, casi siempre insuficientes, pero también algunas veces subexplotados, y en el cual la eficiencia podría ser mejorada, y por otra, aguas subterráneas, frágiles, sobreexplotadas, y de las cuales no se conocen bien las posibilidades de recarga.

El estudio de estas fuentes de suministro de agua, recurre a temáticas diferentes aun cuando la problemática de las diferentes disciplinas puede concordar sobre algunos puntos. El cuadro espacial de las altas cuencas de escurrimiento pareció el más adaptado a una colaboración pluridisciplinaria entre los investigadores del CENID RASPA y los del ORSTOM, así como también para un planteamiento de estudio del sistema en conjunto; igualmente es a partir del cual, dada una relativa subexplotación del recurso agua superficial, que pueden esperarse alternativas y propuestas a la sobreexplotación hecha en las zonas bajas.

Objetivo.

El objetivo del proyecto es **definir el potencial hídrico superficial de una gran Región Hidrológica del Norte de México, con el fin de optimizar el uso de esta agua en las diferentes unidades espaciales de escurrimiento por las que está compuesta** (cuencas y subcuencas hidrográficas).

Las propuestas que serán enunciadas al final del proyecto para un mejor dominio de las aguas superficiales deberán tomar en cuenta la fuerte variabilidad temporal de su disponibilidad en estas regiones áridas y semi-áridas, y poder adaptarse a diversas situaciones deficitarias, normales, o algunas veces con excedentes.

Debido a la fragilidad de estos ecosistemas, estas propuestas también considerarán la conservación del medio natural, el cual todavía se encuentra, con algunas excepciones, relativamente bien conservado: protección de la vegetación natural, y de los suelos, o de la calidad de las aguas.

En consecuencia, **los acondicionamientos que serán planteados estarán dirigidos a fomentar técnicas de aprovechamiento del agua que sean durables y no destructivas, más que buscar prioritariamente una alta rentabilidad financiera.**

Situación Geográfica del Proyecto.

El área geográfica elegida para llevar a buen término este proyecto es el de una de las 37 grandes Regiones Hidrológicas (RH) del territorio nacional, de las cuales tres se localizan en el Norte de México, tienen características climáticas similares y poseen un régimen de escurrimiento endoréico: RH 35, RH 36, RH 37.

De las anteriores, la **Región Hidrológica 36**, tiene una situación por latitud intermedia, dividida por una zona alta de escurrimiento y una zona baja de acumulación del agua. Esta Región Hidrológica fué elegida como área del proyecto; está formada por una extensa zona cerrada de 91,700 km² que se ubica en la parte árida y semi-árida del país entre 22° 40' y 26° 35' de latitud norte y entre 101° 30' y 106° 20' de longitud oeste. La localización de la RH 36 dentro de la República Mexicana se muestra en la Figura 1.

La mayor parte de esta región se ubica en el Estado de Durango, otra parte en el de Zacatecas y una tercera porción sobre el suroeste de Coahuila.

La RH 36 tiene un límite orográfico bien definido hacia la parte occidental que está constituido por la Sierra Madre Occidental, con elevaciones de 2,900 a 3,000 msnm, que a su vez es el parteaguas de la RH 10. Está limitada al Norte por la RH 24 Poniente, correspondiente al río Conchos por medio de un parteaguas formado por la Sierra del Oso cuya altitud es de 2,250 msnm, y por la RH 35, correspondiente al Bolsón de Mapimí por medio de un conjunto orográfico formado por las cuchillas de la Zarca, a 2,127 msnm y la Campana a 1,705 msnm, y por las Sierras Tlahuallilo (1,863 msnm), las Delicias (1,652 msnm), la Candelaria (1,673 msnm), y los Alamitos (1,748 msnm), en el Estado de Coahuila.

Al oriente colinda con la RH 24 correspondiente a la cuenca del río San Juan por medio de las sierras de la Paila (2,360 msnm), las Palmas (2,505 msnm), y la Guitarra (2,662 msnm), localizadas también en el Estado de Coahuila; con la RH 37, en la sierras de Zuloaga (2,250 msnm), el Mimbres (2,140 msnm) y el Zapato (2,500 msnm), situadas en el Estado de Zacatecas; Además de la Sierra de la Punta (1,650 msnm), Santa Cristina (2,038 msnm), y Guadalupe (2,553 msnm), en el Estado de Durango.



Figura 1

Situación geográfica de la RH 36 en la República Mexicana.

Sistema Orográfico e Hidrográfico.

La Región Hidrológica 36 se encuentra estructurada por el sistema de escurrimiento ordenado de los dos importantes ríos, **Nazas** y **Aguanaval**, que fluyen de Oeste a Este y de Sur a Norte, con un gradiente altitudinal de 3,310 y de 2,900 msnm a 1100 msnm respectivamente.

En cambio, hacia el Oriente las líneas divisorias están mucho menos definidas. La desembocadura natural de ambos ríos, en las lagunas de Mayrán, y de Viesca, respectivamente, han sido sometidas a las obras de aprovechamiento de las aguas. Actualmente las aportaciones que reciben las lagunas de esta sección oriente, son realmente poco significativas. La parte sur del Bolsón de Mapimí, las subcuencas Mayrán y Viesca constituyen la parte más baja de la RH 36 (1,100 msnm).

Descripción Global del Proyecto.

Para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, que se apoya en un enfoque multidisciplinario evidente, se propone la puesta en marcha de un programa en varias etapas; desde una fase regional de análisis de los diferentes factores de influencia y de su traducción en términos funcionales en lo relativo al balance del agua, hasta una fase experimental piloto destinada a probar las diversas propuestas de adecuación que serán expresadas. La secuencia planteada para llevar a cabo el proyecto se ilustra en la Figura 2; en ella se identifican las fases que se describen a continuación.

1- Inventario y análisis regional.

La comprensión de los diferentes sistemas hídricos de la Región Hidrológica 36 pasa por una primera fase de inventario y de análisis espacial de todos los factores que influyen los escurrimientos superficiales: los factores físicos y bióticos, pero también los factores humanos y socioeconómicos que rigen la utilización del recurso agua.

Dentro de la RH 36 existe una gran cantidad de información generada por diferentes centros de investigación. En esta primera fase del proyecto se efectuará el estudio crítico de la información existente sobre todo el espacio referido. Este planteamiento concierne a los factores del medio natural o antropogenico que condicionan los escurrimientos:

Factores hidroclimáticos, (lluvia, temperatura y evaporación); físicos (topografía, geología, suelos); biológicos (vegetación natural y cultivos). Estos se complementarán mediante un análisis del componente humano y social de la región, de su situación y de su evolución.

2 - Elaboración del banco de datos funcionales y de un sistema de información geográfica e hidrológica regional.

Los dos objetivos de esta segunda etapa a escala regional, son los de realizar una tipología de las principales unidades funcionales del paisaje y de traducir las más representativas en términos de comportamiento hídrico, en relación a los principales elementos del balance. Esto es con el fin de elaborar al nivel de las principales unidades de espacio de la Región Hidrológica 36 (cuencas y subcuencas vertientes), un sistema de información hidrológica. El modelo deberá igualmente integrar la variable tiempo tomando en cuenta las variaciones inducidas por diversas condiciones extremas o medias, en particular al plan pluviométrico y limnimétrico.

Este sistema funcional global será elaborado utilizando tres principales tipos de información:

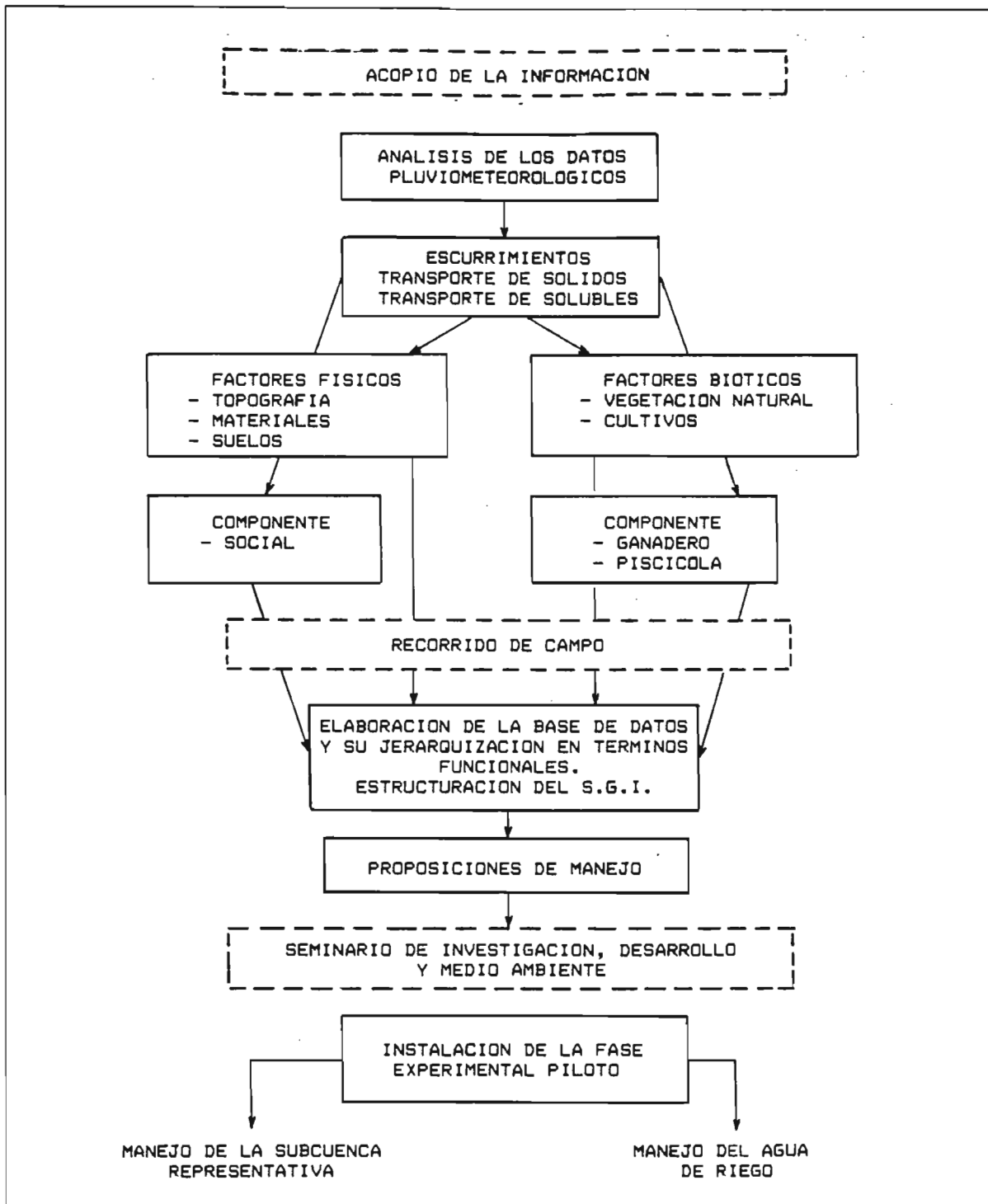


Figura 2

Diagrama de flujo del proyecto.

- Datos hidroluviométricos,
- Informaciones espaciales físicas y bióticas de los mapas temáticos regionales e imágenes satélite Landsat y Spot.
- Datos socioeconómicos (censos y encuestas).

La segunda etapa regional requiere un enfoque metodológico importante en la traducción de esta información en términos hidrológicos, utilizando el sistema UNIX-SUN, y los paquetes MIGALE, SAVANE y PLANETES. Es importante que la metodología establecida esté bien definida con el fin de que ésta pueda ser extrapolada a otras regiones similares. Esta segunda etapa seguirá la fase de inventario regional y ha sido iniciada desde finales de 1993.

3 - Propuestas de acondicionamiento.

La finalidad del proyecto en relación al manejo de cuenca constituye la tercera fase y se apoya sobre los datos precedentes, proponiendo diferentes formas de manejo del agua compatibles con las necesidades agrícolas y domésticas de las poblaciones (abrevamiento del ganado, producción forrajera, piscícola, cultivos de temporal adecuados, cultivos irrigados), con respecto a las diversas situaciones espaciales estudiadas.

A este nivel es necesario que los aspectos sociales estén bien definidos; por lo tanto, estas propuestas deben apoyarse en un adecuado conocimiento de los problemas y estrategias desarrolladas por las poblaciones y de los diferentes sistemas de consumo de agua bajo las diferentes áreas de disponibilidad del recurso (bandas pluviométricas).

Finalmente, es indispensable que estas propuestas sean prudentes y racionales de manera que se asegure la conservación del manto vegetal y de los suelos río arriba, así como también la protección de las tierras irrigadas río abajo con respecto a su degradación química.

4 - Fase experimental piloto.

Las diversas propuestas de manejo de cuenca enunciadas al final de la fase regional, serán probadas en cuanto a su eficiencia en diferentes usos, y también con relación al impacto que puedan tener sobre el medio natural y humano.

Para este propósito, se seleccionarán y acondicionarán pequeñas cuencas vertientes representativas, de situaciones limitadas en cuanto a su disponibilidad en agua en la RH 36. Serán estudiadas y supervisadas en cuanto a su funcionamiento durante varios años, por medidas regulares de todos los parámetros del balance hídrico: en relación con los diferentes sistemas de captación y de uso de las aguas superficiales.

Metodología de la Fase de Inventario y Análisis.

Esta primera parte del proyecto regional se realizó a partir de una explotación de la información existente sobre la Región 36. Esta destinada a asegurar un conocimiento del “estado del lugar”, en lo que se apoyarían todas las interpretaciones posteriores. Esta etapa se efectuó entonces sin muchas nuevas medidas, y sólo con la explotación de la abundante documentación disponible (mapas de inventario, datos de análisis, información censal).

Sin embargo, con el fin de asegurar una buena adecuación entre los documentos y su interpretación, fué complementada por reconocimientos de terreno de cada una de las subcuencas vertientes, realizados por el grupo de participantes.

La información de base utilizada será detallada en la primera, segunda y tercera parte del informe, respecto a cada tema estudiado; se basa esencialmente sobre:

- a). Los datos climatológicos de la Comisión Nacional del agua (CONAGUA).
 - Promedio de 30 años de observaciones por 50 estaciones pluviométricas.
 - Promedio de 30 años de muestras para 10 estaciones hidrométricas.
 - Observaciones climatológicas: temperatura y evaporación de 20 años para 30 estaciones.

- b). Mapas y guías del Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI) a la escala de 1:1'000,000. De estos mapas se extrajeron los 21 temas siguientes que sirvieron de base al análisis regional:
 - Precipitación total anual
 - Clima, (clasificación)
 - Temperaturas medias anuales
 - Evapotranspiración real
 - Hidrología superficial
 - Hidrología subterránea
 - Calidad de las aguas superficiales
 - Geología
 - Fisiografía
 - Unidades de suelos, (clasificación)
 - Fases químicas de los suelos
 - Fases físicas de los suelos
 - Humedad del suelo
 - Capacidad de campo del suelo
 - Déficit de agua en el suelo
 - Uso del suelo
 - Vegetación natural

- Cultivos de temporal
 - Uso potencial forestal
 - Uso potencial ganadero
 - Uso potencial de agricultura
- c). Otras fuentes. Diversas fuentes documentales fueron consultadas para complementar la información en temas y áreas que no fueron cubiertos por la información básica de INEGI, CONAGUA; tal es el caso de algunas publicaciones ("Los tipos Vegetativos de Durango", así como la "Síntesis Geográfica" de los estados de Zacatecas y Durango por ejemplo).
- d) En lo que concierne a los aspectos socioeconómicos, la información utilizada proviene de los Censos de población y vivienda (1970, 1980, 1990) y del Censo agrícola, ganadero y ejidal (1970), publicados por el INEGI con relación a los municipios. Con el fin de hacer compatible dicha información con los límites geográficos naturales de cada subcuenca, se estima la proporción que cada municipio tiene en determinada subcuenca y en esa misma proporción se aporta la información de cada municipio.

Los diferentes temas en los cuales una actividad humana interviene para diferentes usos, (cultivos temporales o irrigados, ganadería, aspectos piscícolas, colecta de plantas con usos múltiples), fueron estudiados por recorridos de verificación de campo y análisis cartográfico. Están destinados a delimitar mejor las prácticas puestas en marcha por las comunidades rurales en estos diferentes aspectos y en las diversas situaciones geográficas de la RH 36.

Después de un levantamiento de los límites temáticos y del planimetrado de las superficies, los diferentes datos fueron capturados en computadora por unidad hidrológica según la división de la RH 36, de acuerdo a subcuencas definidas en su mayoría por la presencia de estaciones de aforo.

El tratamiento y la interpretación de la información fueron realizados por los paquetes informáticos Quattro Pro y Harvard Graphics en relación a las unidades geográficas siguientes:

- Partes alta y baja de la RH 36
- Cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval
- Subcuencas de las cuencas Nazas y Aguanaval

División de la RH 36.

La Región está caracterizada por un sistema hidrográfico endorréico cuyos escurrimientos de las altas cuencas se pierden en una vasta zona baja constituida por antiguas lagunas. Estas son más o menos funcionales hoy en día, en relación con los acondicionamientos hidráulicos realizados a lo largo de los ríos y según los volúmenes que fluyen anualmente. Apenas los 1,500 millones de m³ de aguas superficiales provienen esencialmente de los dos sistemas

hidrológicos constituídos por los ríos Nazas, (el más importante con 1,300 millones de m³) y el río Aguanaval (143 millones de m³).

Para su estudio, esta organización condujo a diferenciar dos zonas muy contrastadas desde el punto de vista de su funcionamiento:

La parte alta de la RH 36 formada por las dos cuencas de los ríos del Nazas y del Aguanaval que fluyen sobre todo en temporada de lluvias (de junio a septiembre). Ahí los ríos son puestos en orden, encauzados y jerarquizados por varios tributarios que tienen su origen desde la parte alta de la Sierra Madre Occidental, hasta su entrada en la "Región Lagunera":

- La cuenca del río Nazas hasta su entrada en la altiplanicie en Gómez Palacio, fué dividida en 6 subcuencas que corresponden a 6 estaciones hidrométricas existentes.
- Para la del río Aguanaval, se definieron, en relación con las estaciones de medición existentes, 4 subcuencas. Viesca, la subcuenca que más río abajo se encuentra situada y que no posee estación hidrométrica, será tratada en la parte baja de la RH 36.

La parte baja está formada por sistemas de escurrimientos difusos y desordenados. Fueron la escasez de las precipitaciones, las débiles pendientes y también la utilización para la irrigación de las aguas río arriba, las que limitaron en gran medida la captación en las lagunas. Fue dividida en tres unidades hidrográficas:

- La parte sur del Bolsón de Mapimí perteneciente a la RH 36 y constituída por altiplanicies con escurrimientos difusos.
- La subcuenca Mayrán que se une a la cuenca del río Nazas en el cual constituye la unidad situada más río abajo y la zona de recepción; poco funcional por causa de los acondicionamientos hidroagrícolas, recibe en su parte más baja, a la Laguna de Mayrán, al mismo tiempo, aguas naturales y aguas de drenaje.
- La subcuenca Viesca que pertenece al río Aguanaval. Su parte más baja, la Laguna de Viesca, recibe algunos escurrimientos provenientes de los relieves del extremo Este de la RH 36 (Sierra Madre Oriental), y de la Sierra Parras al norte de la subcuenca. Estos son menos difusos que los de la parte Bolsón, sin embargo poco organizados.

Se analizó esta parte baja de la RH 36 de manera distinta en relación a la parte alta de escurrimientos organizados, ya que no posee ninguna estación de medición hidrológica.

La división utilizada para el estudio será entonces de 13 subconjuntos organizados como sigue en la RH 36 (Se muestran en la Figura 3):

Parte alta:

Cuenca Nazas:

Subcuencas: Salomé Acosta
Sardinas
Palmito
Agustín Melgar
Cañón de Fernández
Los Angeles

Cuenca Aguanaval:

Subcuencas: El Sauz
Cazadero
San Francisco
La Flor

Parte baja:

Subcuencas: Bolsón de Mapimí (Sur)
Mayrán
Viesca

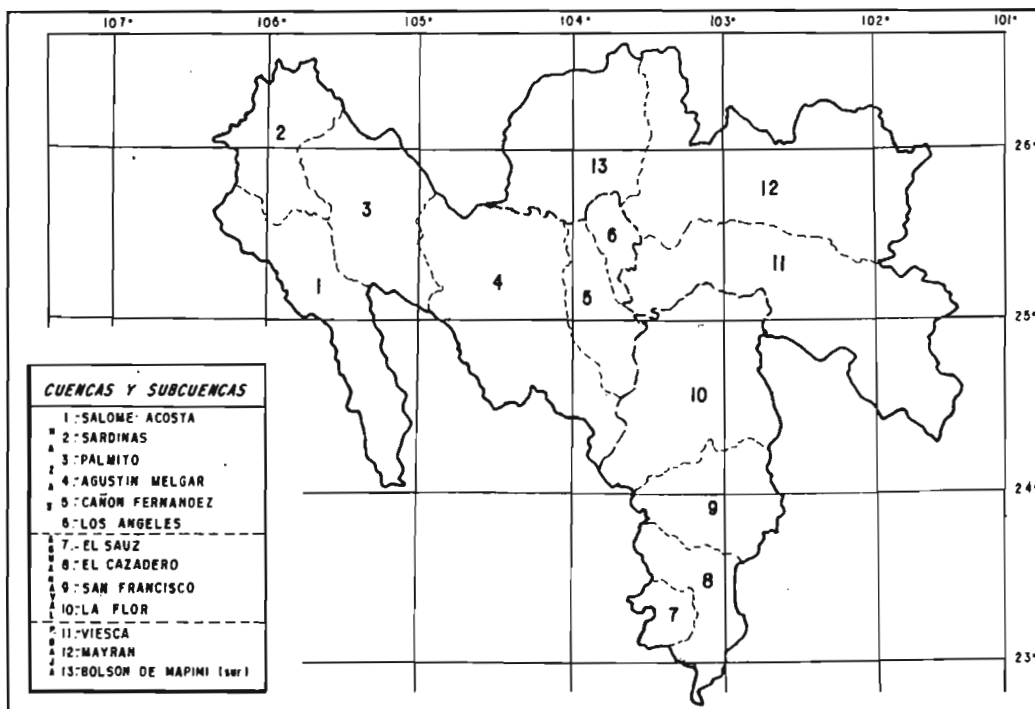


Figura 3

Divisiones de la RH 36 en cuencas y subcuencas.

Cuadro 1
 Superficie de las cuencas y
 subcuencas de la Región
 Hidrológica 36.

Cuencas y Subcuencas	km ²
Subcuenca Salomé Acosta	7,128
Subcuenca Sardinias	4,660
Subcuenca Palmito	7,288
Subcuenca Agustín Melgar	11,777
Subcuenca Cañón de Fernández	3,335
Subcuenca Los Angeles	1,389
Total Cuenca Nazas	35,577
Subcuenca El Sauz	1,328
Subcuenca Cazadero	3,756
Subcuenca San Francisco	5,109
Subcuenca La Flor	9,607
Total Cuenca Aguanaval	19,800
Total Parte Alta	55,377
Subcuenca Bolsón Sur	7,552
Subcuenca Mayrán	15,172
Subcuenca Viesca	13,605
Total Parte Baja	36,329
TOTAL RH 36	91,71

Superficies.

Los 21 planos temáticos hechos a escala de 1:1'000,000 y planimetrados por unidad para cada una de las 13 subcuencas muestran, según los temas, algunas diferencias de superficies: El grado de detalle de cada uno de los mapas (dimensión de las unidades), y también la influencia del factor humano en el planimetrado, las explican. Los promedios de estas superficies se muestran en el Cuadro 1.

Primera Parte

HIDRO-PLUVIOMETRIA

REGIMEN PLUVIOMETRICO

Juan ESTRADA AVALOS (1)

Christophe BOUVIER (2)

Luc DESCROIX (3)

Introducción.

Ubicada en las mesetas continentales del Norte de México, la Región Hidrológica 36 (RH 36) tiene clima semiárido en la mayoría de su superficie, pero en su parte occidental, se apoya en la Sierra Madre, que se caracteriza por un clima subhúmedo de montaña (ver capítulo de Variabilidad de los Elementos del Clima).

De hecho, la pluviometría tiene gran variabilidad espacial, y disminuye de 900 mm en la parte alta de la cuenca Nazas en el parteaguas con el Pacífico, a menos de 200 mm en las lagunas endorréicas de Viesca y de Mayrán; las isoyetas de 500 mm y 300 mm son bastante representativas para dividir la RH en tres subregiones geoclimáticas (Figura 1):

- Una parte alta con más de 500 mm en la Sierra Madre Occidental, que es zona montañosa y forestal;
- Una zona intermedia con una pluviometría de 300 a 500 mm que abarca la cuenca del Aguanaval y la parte media de la cuenca del Nazas;
- Una parte baja semiárida y árida con pluviometría inferior a los 300 mm, y a veces de menos de 200 mm, como en el centro de las Lagunas de Viesca y Mayrán; es una zona árida con abastecimiento generado río arriba.

La variación espacial de la lluvia se debe esencialmente al gradiente pluviométrico altitudinal y a su distancia con el Océano Pacífico. Esta se pudo caracterizar con los datos de sesenta estaciones climatológicas repartidas en toda la RH; muchas de éstas tienen datos desde más de 20, 30 y aún 50 años (Figura 2).

La variación interanual también es importante, y como se sabe, se incrementa en las regiones áridas; se entiende como un parámetro exagerado de la aridez. La red pluviométrica actual permitió conocer las lluvias, máximas diarias, y se nota que éstas aumentan de la Sierra Madre hacia las lagunas, cuando disminuye la pluviometría media anual. Al contrario, la precipitación anual centenal disminuye, como el promedio anual, con la altitud.

(1) Investigador CENID-RASPA INIFAP-SARH. Gómez Palacio, Dgo.

(2) Investigador ORSTOM. Cd. de México.

(3) Investigador ORSTOM. Gómez Palacio, Dgo.

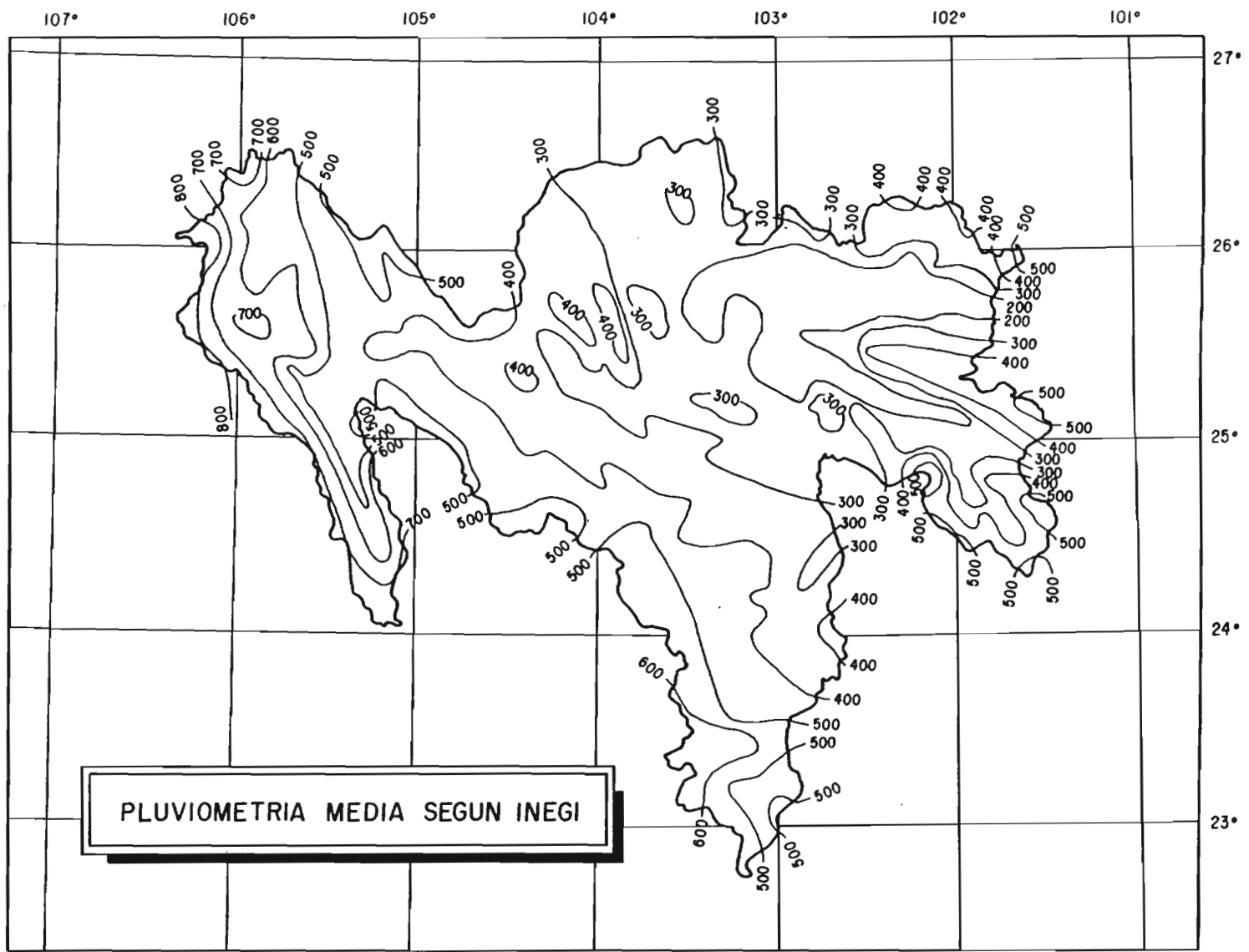


Figura 1

Precipitación media anual en la RH 36 (INEGI 1980).

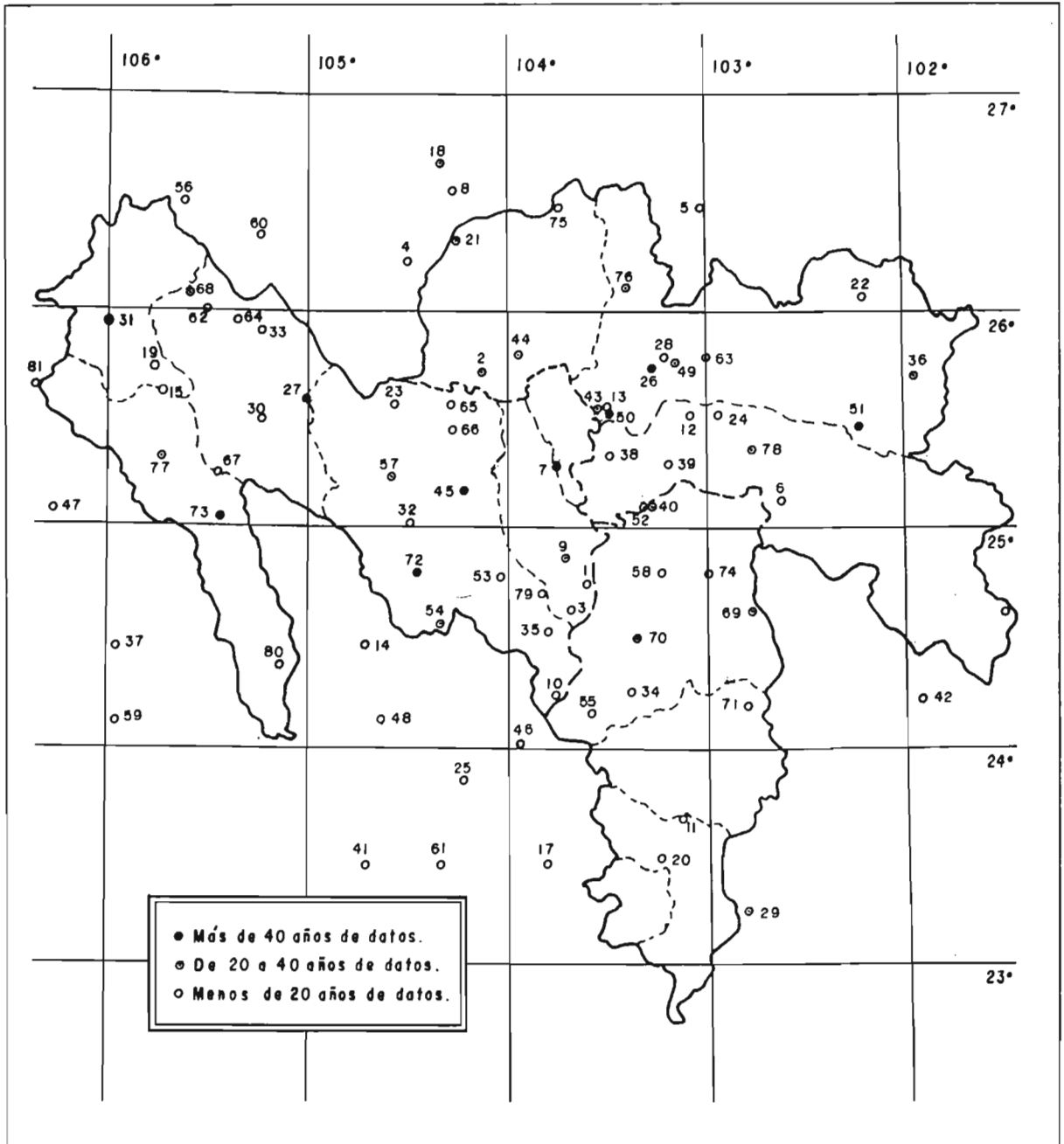


Figura 2

Ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas en la RH 36, (ver Anexos 1 y 2).

En este reporte se realizó, sobre todo, un estudio estadístico completo de las lluvias anuales relacionadas a su repartición geográfica y sobre todo las cantidades de agua con que se pueda contar en un tiempo dado; de esta forma se conoce mejor el mayor parámetro del escurrimiento pudiéndose proveer una modelación de los volúmenes precipitados. La densidad de pluviómetros es mayor en las zonas pobladas y menor en la sierra, a pesar de su mayor pluviometría, sin embargo, permite conocer los rasgos esenciales de su distribución espacial.

Inventario de las Estaciones Climatológicas.

Dentro de la RH 36, se ubican un poco más de 70 estaciones climatológicas, las cuales son controladas en su mayoría por las Gerencias Regionales de CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) en la Comarca Lagunera y Estado de Zacatecas, mientras que una pequeña proporción es controlada por organismos educativos o de investigación.

En esta primera fase de inventario se han acopiado y capturado en archivos de computadora los registros mensuales de 70 estaciones, de las cuales 67 se ubican dentro de la RH 36. Las variables que se consideraron fueron: Precipitación pluvial (total mensual, la máxima y mínima diaria del mes). Las principales características de las estaciones inventariadas se presentan en el Anexo 1, mientras que en el Anexo 2 se muestran los períodos con años completos de información. A cada estación se le asigna un número que corresponde al presentado dentro de la Figura 2.

Durante una fase posterior del proyecto se analizarán los datos diarios de precipitación, para lo cual serán consideradas un grupo de 30 estaciones que se ubican en los alrededores de la RH 36, además de las existentes dentro de la misma.

En el presente estudio, el análisis crítico de la precipitación se realizó únicamente con los datos existentes sin llegar a la estimación de los datos faltantes, dado que para este punto se requiere, en algunos, casos la información de las estaciones adyacentes a la RH 36.

Otro aspecto que fue cubierto en esta fase de inventario fue el recorrido de campo en la Región, en el cual se visitaron algunas de las estaciones climatológicas con la finalidad de conocer el estado y ubicación de las mismas. Asimismo, se determinaron las coordenadas geográficas y UTM (Universal Transversa de Mercator) a partir de la información cartográfica de INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) a la escala de 1:250,000. Las coordenadas serán utilizadas para elaborar posteriormente planos de isovalores considerando los registros de las variables.

Análisis de Doble Masa.

En este análisis se verifica la consistencia de los datos pluviométricos para cada una de las estaciones con el objeto de detectar las posibles anomalías así como los cambios de lugar u observador que afectan las mediciones. Este procedimiento se basa en la comparación de la

precipitación acumulada de una estación, con los datos concurrentes y acumulados de otra estación cercana con buena calidad de observación, o bien con el promedio de un grupo de estaciones que se ubican a su alrededor.

Para llevar a efecto este análisis se procedió a realizar una clasificación *priori* de toda la RH 36, formando grupos de estaciones y seleccionando a la vez una estación principal para cada grupo que sirviera de referencia en la comparación. Las estaciones principales se escogieron por su confiabilidad, periodo de observación y ubicación. Esta información resulta indispensable dentro de la estructuración del modelo de escurrimientos superficiales. El grupo de estaciones se utilizó, como se verá posteriormente, para determinar las funciones de distribución de las lluvias totales anuales y de las máximas diarias anuales, así como para observar el comportamiento cronológico de la lluvia y su distribución mensual durante el año.

Para cada grupo de estaciones se realizó el análisis de doble masa graficándose simultáneamente todas las estaciones y determinándose la pendiente para cada estación con respecto a la estación principal. A continuación se enlistan cada una de las estaciones que encabezan los grupos, así como sus números correspondientes para su ubicación en la Figura 2.

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| - Santiago Papasquiario (73) | - Parras (51) |
| - Guanacevi (31) | - El Cuije (26) |
| - El Palmito (27) | - Presa la Flor (52) |
| - Nazas (45) | - Santa Clara (70) |
| - San Juan del Río (71) | - Fresnillo (29) |
| - Ceballos (8) | - Cuencame (9) |

Comparación de Grupos.

El procedimiento para cada uno de los grupos consistió en comparar los valores acumulados de la precipitación anual con los valores acumulados correspondientes al de la estación principal. Posteriormente, los valores de todas las estaciones se graficaron simultáneamente con la finalidad de identificar variaciones en las observaciones. En el caso de que alguna estación mostrara variabilidad en sus datos, el siguiente paso será graficarla, con respecto del promedio de las demás estaciones consistentes. Aunado a lo anterior fueron determinados los coeficientes de las ecuaciones lineales para los datos acumulados, conociéndose la pendiente y origen de los mismos.

A continuación se describen 4 de los grupos más representativos para la RH: Guanacevi, para la parte alta de la cuenca Nazas; Cuencame y Fresnillo para la parte media del Nazas y Aguanaval, respectivamente y El Cuije para la parte baja de toda la RH.

- Guanacevi.

En este grupo se compararon las estaciones de Cienega de Escobar (15), El Zape (19), Tarahumar (81), Sardinias (68) y San Bernardo (62) con respecto a la estación Guanacevi. Los datos acumulados comparativos se muestran en la Figura 3, en la cual se puede apreciar que no existen cambios significativos en la pendiente de los datos de las estaciones, la estación Tarahumar que se muestra diferente al resto de las estaciones debido a que se trata de una

estación más húmeda que Guanacevi. En el Cuadro 1 se resumen las características de las ecuaciones para cada una de las estaciones. Los valores más bajos de pendiente (estaciones más secas con respecto a Guanacevi), los obtuvieron las estaciones de Sardinias y San Bernardo con 17 y 11 años de comparación, respectivamente.

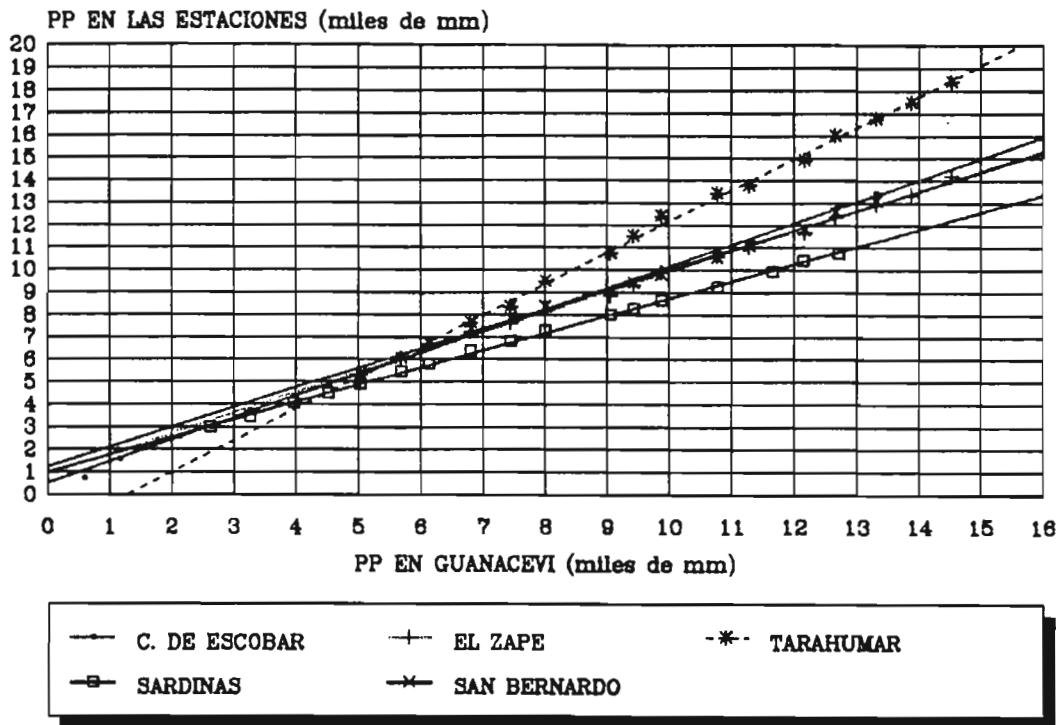


Figura 3

Comparación de los datos anuales de precipitación pluvial acumulada de 5 estaciones contra Guanacevi.

Cuadro 1

Características obtenidas para las ecuaciones lineales en las estaciones de C. de Escobar, El Zape, Tarahumar, Sardinias y San Bernardo.

	Escobar	El Zape	Tarahumar	Sardinias	San Bernardo
No. de observaciones	22	13	16	17	11
Constante	528.69	884.78	-1,774.64	1,017.33	1,232.58
Coefficiente de X	0.964	0.903	1.392	0.770	0.877

-Cuencamé.

El grupo se encuentra formado por las estaciones de Atotonilco (3), Yerbanis (79), 12 de Diciembre (1), Peñón Blanco (53), Luis Moya (35) y Cuauhtémoc (10). En este caso todas las estaciones mostraron consistencia en sus datos con excepción de la estación de Atotonilco (Figura 4), presentando además la menor pendiente al tener un coeficiente de X de 0.764, Cuadro 2.

Esta estación se encuentra localizada al centro de las de su grupo, por lo que se promediaron los años concurrentes de todas las estaciones para compararlos con los acumulados correspondientes, sin embargo, la irregularidad en sus observaciones se mantuvieron. Se tiene conocimiento de que esta estación no ha cambiado su ubicación y equipo, por lo que su inconsistencia pueda deberse a otro tipo de factores los cuales debran de ser corroborados.

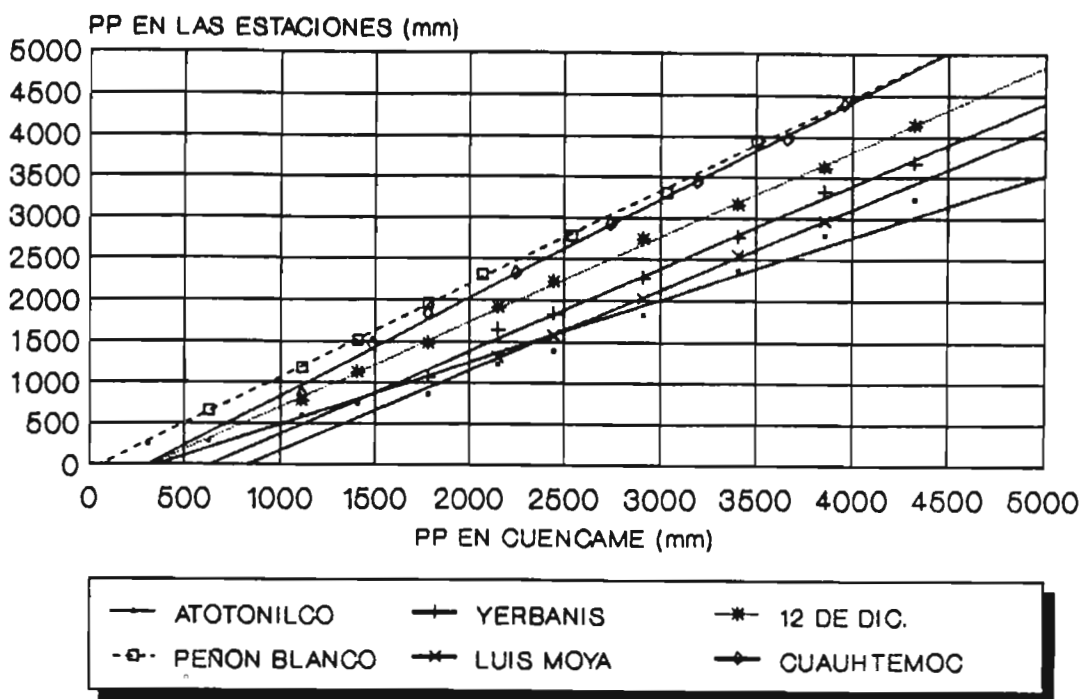


Figura 4

Precipitación anual acumulada de la estación Cuencamé contra Atotonilco, Yerbanis, 12 de Diciembre, Peñón Blanco, Luis Moya y Cuauhtémoc.

Cuadro 2

Características obtenidas lineales las estaciones contra Cuencamé.

	Atotonilco	Yerbanis	12 de Dic	P. Blanco	L. Moya	Cuahutemoc
No. de observaciones	11	7	9	8	5	8
Constante	-278.82	-732.83	-334.74	-73.48	-815.48	-373.20
Coefficiente de X	0.764	1.048	1.039	1.134	0.982	1.199

- Fresno.

En este caso el grupo esta formado por las estaciones de Cazadero (11) y El Sauz (20), mostrándose en la Figura 5 la buena consistencia que existe entre ellas. En el cuadro 3 se observan las características obtenidas de las ecuaciones lineales, observándose ligeramente más húmeda la estación del Sauz (pendiente = 1.02) que la estación Cazadero (pendiente = 0.947).

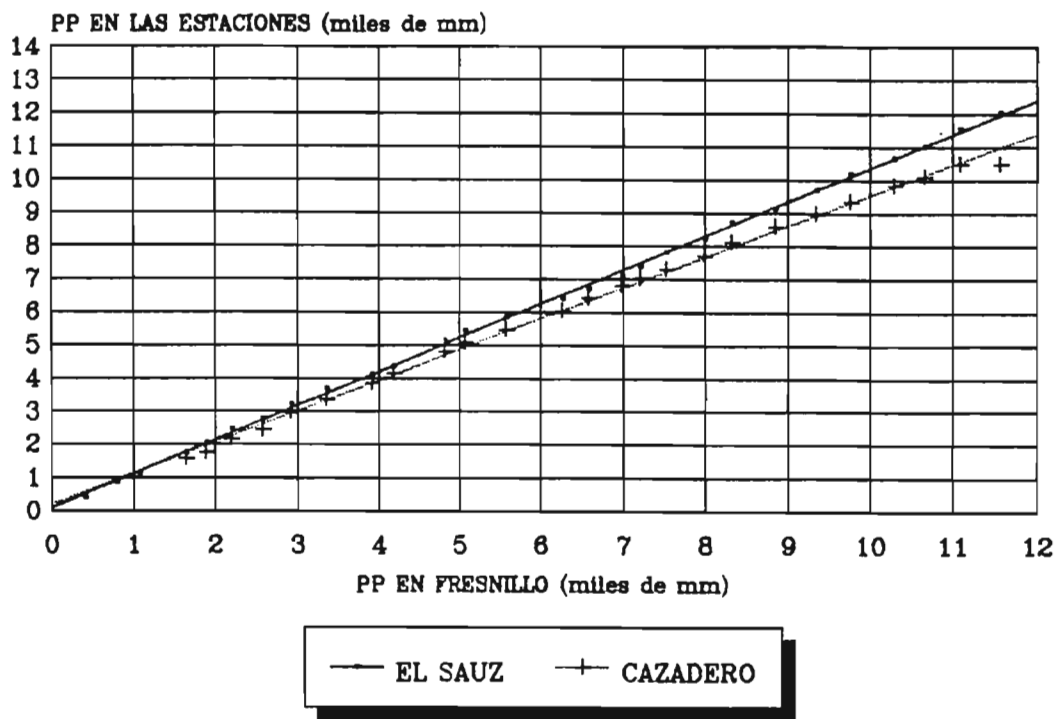


Figura 5

Comparación de las precipitaciones acumuladas de las estaciones El Sauz y Cazadero contra Fresno.

Cuadro 3

Características obtenidas para las estaciones del Sauz y Cazadero contra Fresno.

	El Sauz	Cazadero
No. de observaciones	28	24
Constante	94.75	93.19
Coefficiente de X	1.027	0.947

- El Cuije.

En este análisis, los datos de la estación El Cuije se compararon con las estaciones de San Pedro, Coahuila (63) y Tlahualilo (76), encontrándose buena consistencia en sus datos (Figura 6). En el Cuadro 4 se puede observar que ambas estaciones son más húmedas que las del Cuije, con pendientes mayores a la unidad.

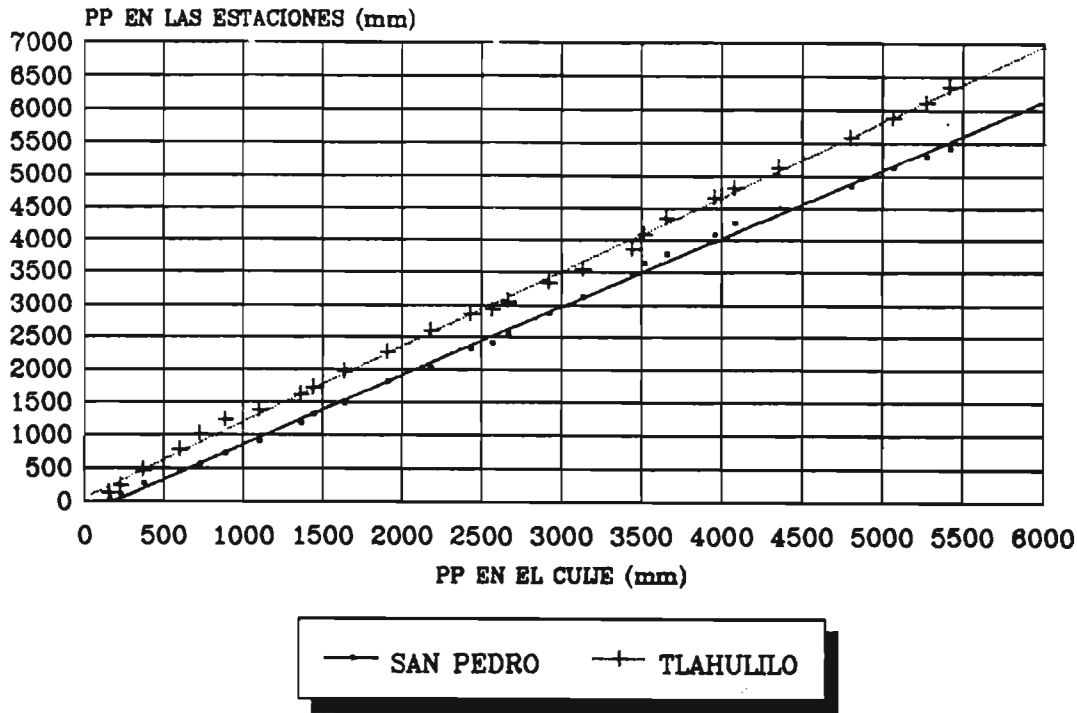


Figura 6

Datos anuales acumulados de las estaciones San Pedro y Tlahualilo contra El Cuije.

Cuadro 4

Características de las estaciones de San Pedro y Tlahualilo.

	Tlahualilo	San Pedro
No. de observaciones	26	26
Constante	123.2	-82.6
Coefficiente de X	1.146	1.057

De esta forma se realizaron los análisis para cada una de las estaciones pluviométricas de la RH 36. Posteriormente fueron calculados sus promedios anuales hasta 1992, que sirvieron en la elaboración de las isoyetas que se muestran en la Figura 7. Sin embargo, su utilización se encuentra limitada ya que no se consideran los promedios de las estaciones ubicadas fuera de la RH 36.

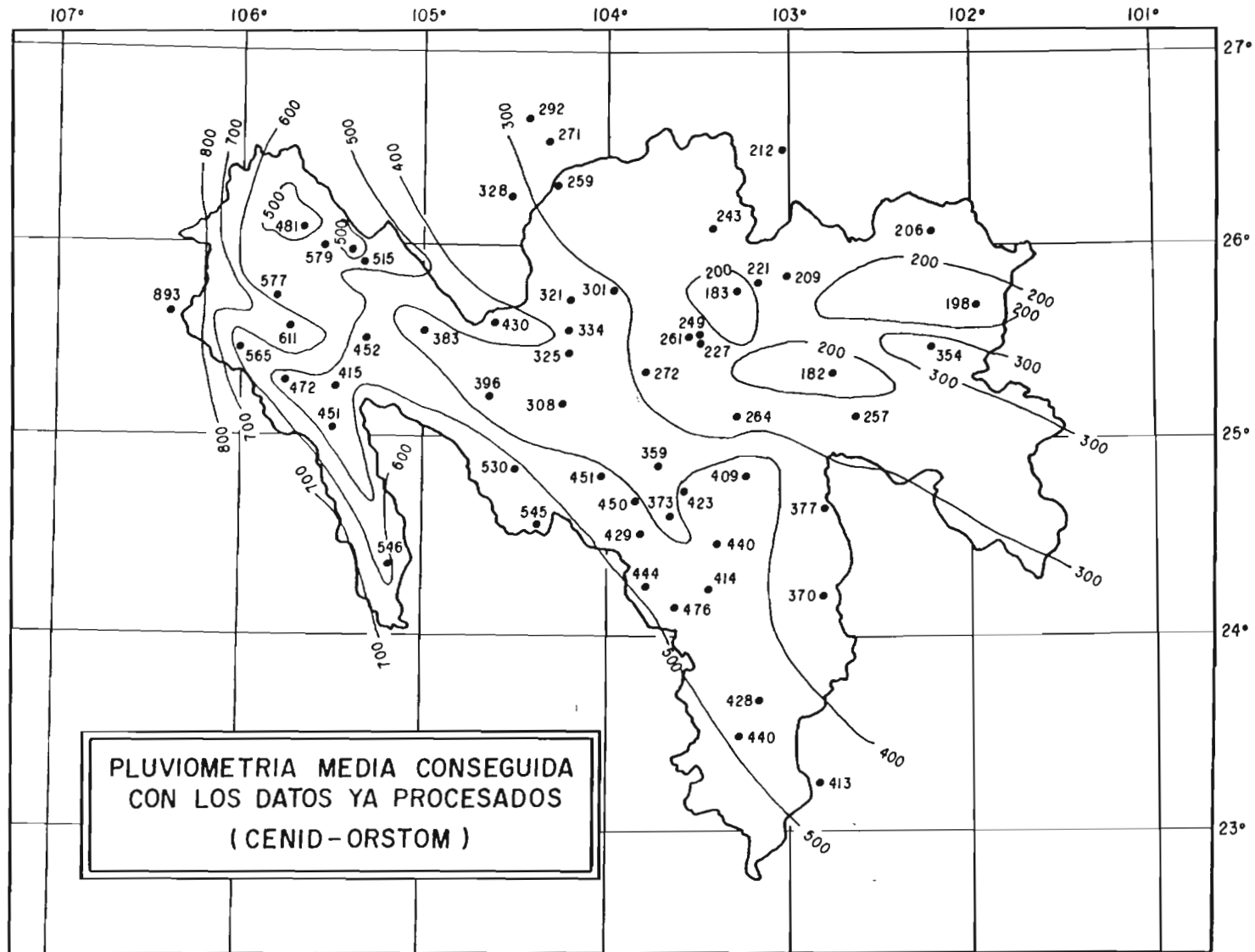


Figura 7

Isoyetas medias anuales en la RH 36 (CENID RASPA - ORSTOM, 1993).

Distribución Cronológica de la Lluvia.

- *Distribución anual.*

Con el objeto de observar el comportamiento de la lluvia interanual dentro de la RH 36, se seleccionaron las principales estaciones del análisis de doble masa, comparándose los porcentajes de variación de la lluvia con respecto a la media de cada estación.

Para las estaciones de Santiago Papasquiario (73), Guanacevi (31) y Palmito (27) (parte alta de la cuenca Nazas), se puede apreciar **un periodo seco bien definido que comienza en el año de 1950 y termina en el 1957**, con excepción del año de 1955, donde la lluvia fue ligeramente superior al promedio para las estaciones de Palmito y Santiago Papasquiario, (Figura 8). Posteriormente el comportamiento se presenta en forma aleatoria hasta el año de 1966, a partir del cual presentan 3 años con precipitaciones superiores a la media con excepción de la estación Santiago Papasquiario en el año de 1966. Durante la década de los 70's se puede apreciar un comportamiento aleatorio de la precipitación, en las tres estaciones, sin embargo, no se muestran grandes variaciones en el porcentaje con respecto al valor medio. En los datos presentados se observa **una tendencia donde predominan los años húmedos a partir del año de 1984 a 1990.**

De la parte media del Nazas se seleccionaron estaciones Nazas (45) y Cuencame (9) con registros de 1939 a 1989. En estas dos estaciones se observa que el **período seco de 1950 a 1957** que se presenta en la parte alta de la cuenca, en este caso **comienza desde al año de 1946**, teniendo como excepción el año de 1951 donde la precipitación ocurrida fue ligeramente superior a la media, (Figura 9). Posteriormente se observa un comportamiento aleatorio de los años secos y húmedos hasta el año de 1984, a partir del cual se presentan a lo menos **4 años húmedos** en forma consecutiva. Asimismo, se aprecia una mayor amplitud en el porcentaje de variación con respecto a las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca.

Hacia la parte baja de la cuenca Nazas se localiza la estación Cañón de Fernández (7) y dentro de la Laguna de Mayran las estaciones de Parras (51), El Cuije (26) y Presa Coyote (50), (Figura 10). En términos generales se puede decir que el comportamiento de la lluvia es similar en estas estaciones, en las cuales se observa un periodo que va de **1944 a 1965 en los que predominan los años secos**, solo con excepción de algunos años húmedos tales como 1958, y un segundo **a partir de 1966 a la fecha en el cual los años húmedos** se han presentado más frecuentemente. En el caso de la estación Parras, el comportamiento en este segundo período se presenta en forma más aleatoria.

Para las partes alta y media de la cuenca Aguanaval no se identifican variaciones significativas en el comportamiento de la lluvia, con la excepción del **período de 1979 a 1983, donde los años secos predominan.** Esto se puede observar en las estaciones de Santa Clara (70) y San Juan de Guadalupe (69) en la parte media y para El Cazadero (11) y El Sauz (20) en la parte alta, Figura 11.

- *Distribución mensual.*

La distribución de la precipitación a través del año representa también un aspecto importante dentro del estudio de los escurrimientos superficiales. De esta forma y con el objeto de establecer el patrón de ocurrencia a nivel mensual, se seleccionaron 17 estaciones pluviométricas distribuidas en la RH 36 de la siguiente forma: 10 estaciones en la cuenca alta (7

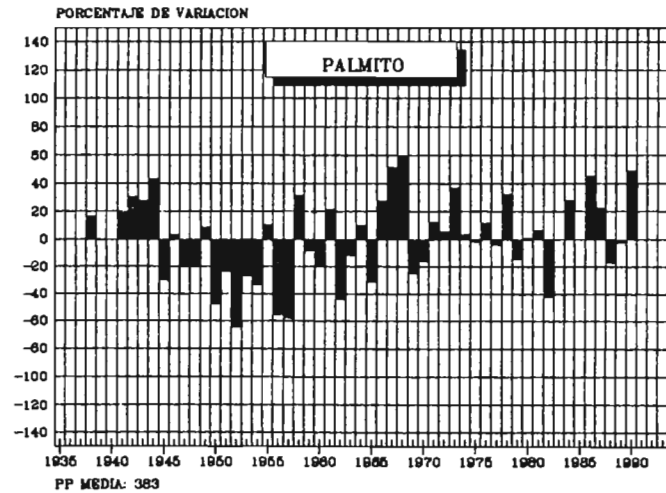
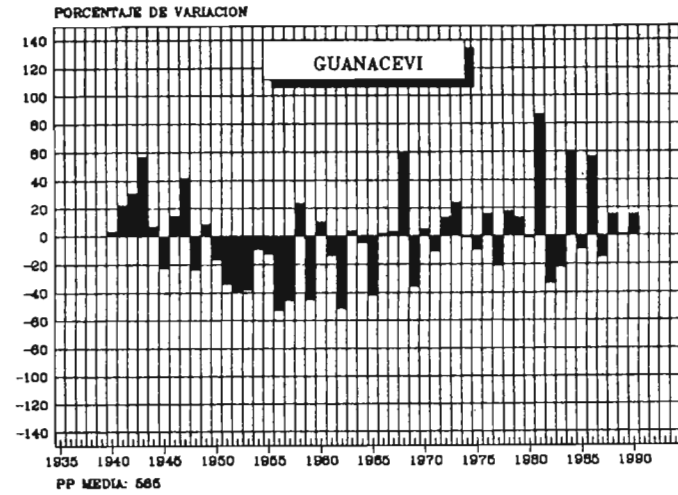
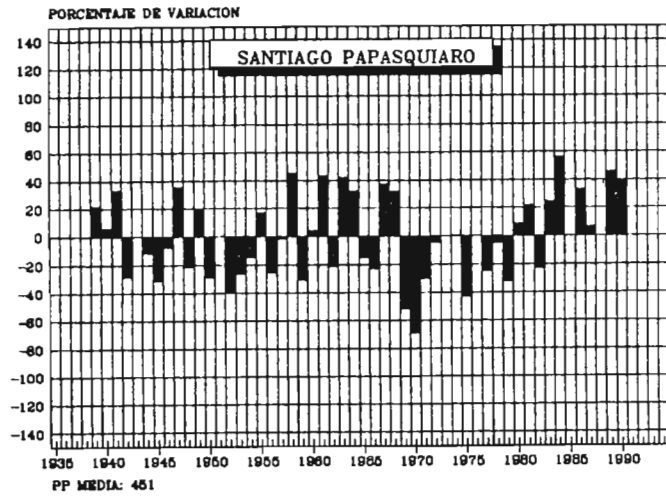


Figura 8

Comportamiento cronológico del porcentaje de variación de la lluvia con respecto a su media. Estaciones de Santiago Papasquiario, Guanacevi y El palmito.

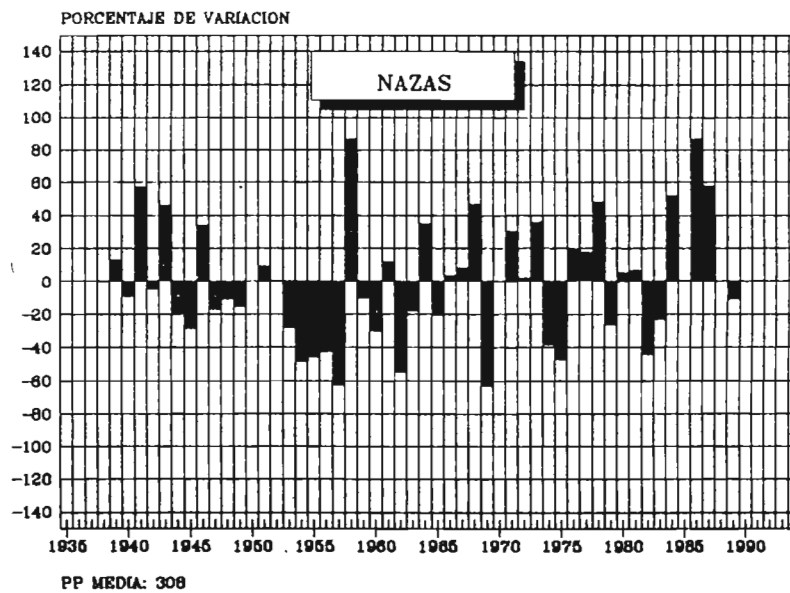
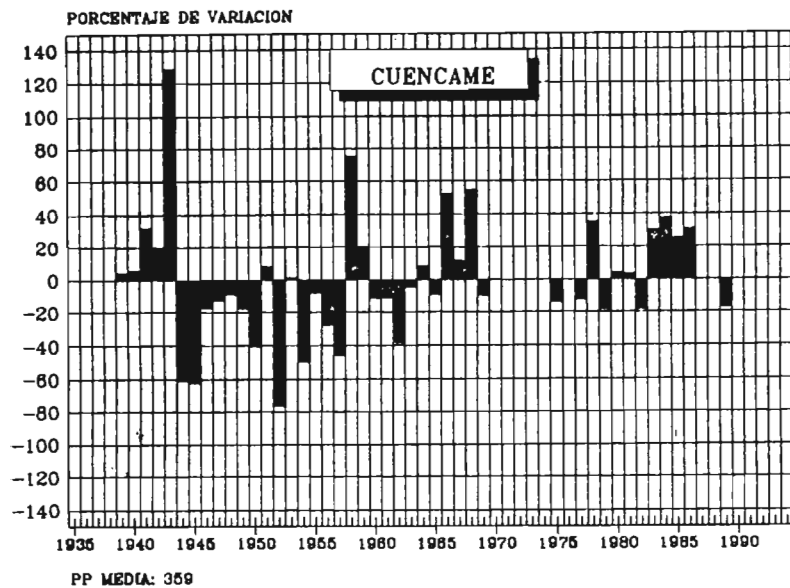


Figura 9

Comportamiento del porcentaje de variación de la lluvia con respecto a su media para las estaciones Cuencamé y Nazas.

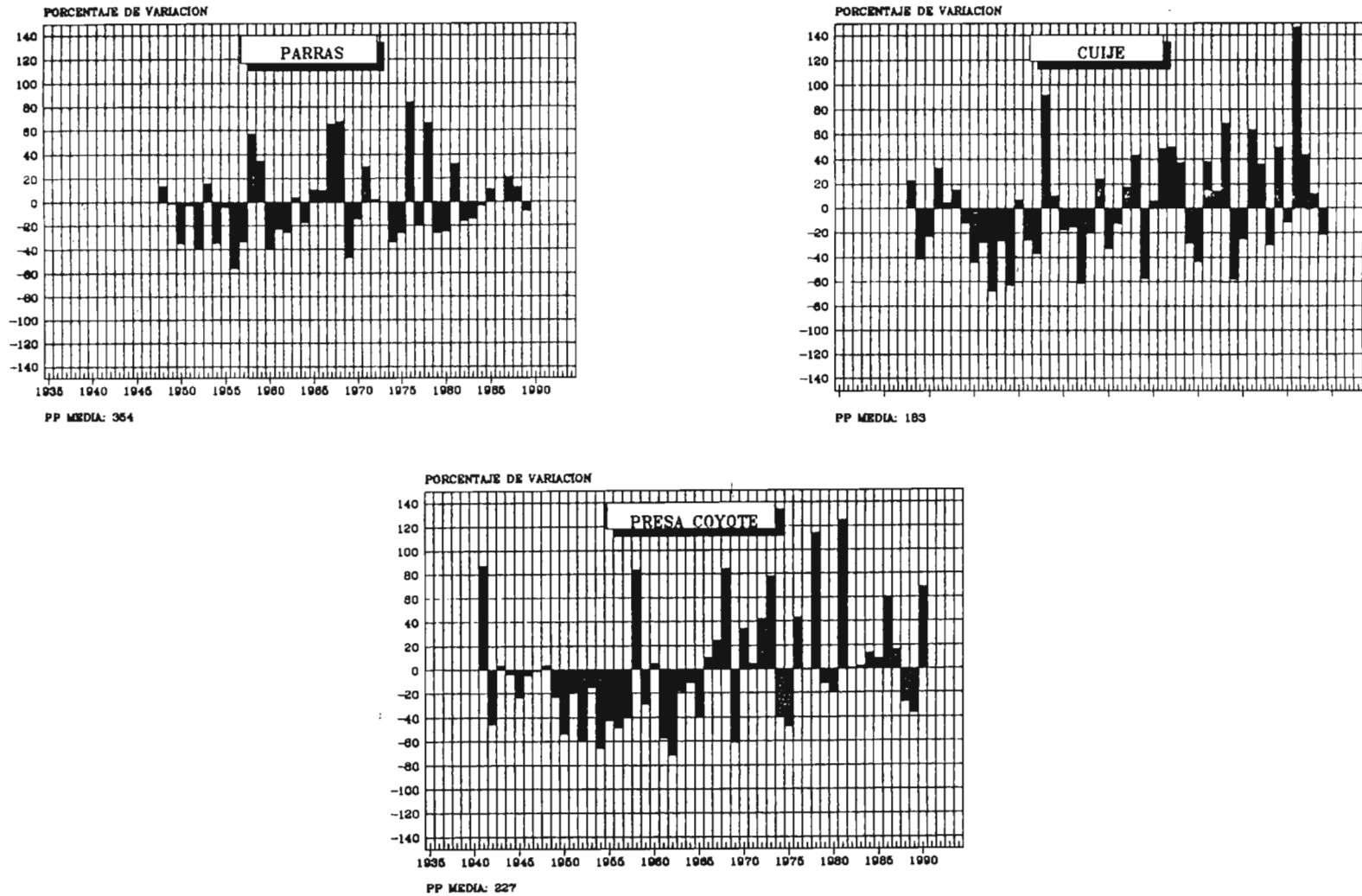


Figura 10

Comportamiento del porcentaje de variación de la precipitación para las estaciones Parras, El Cuije y Presa Coyote.

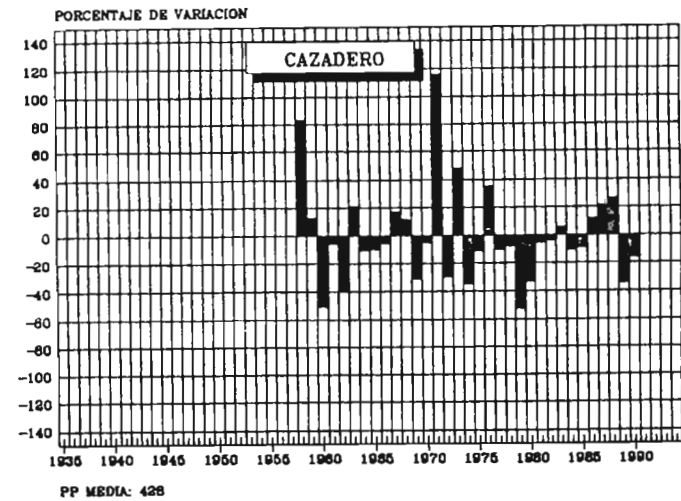
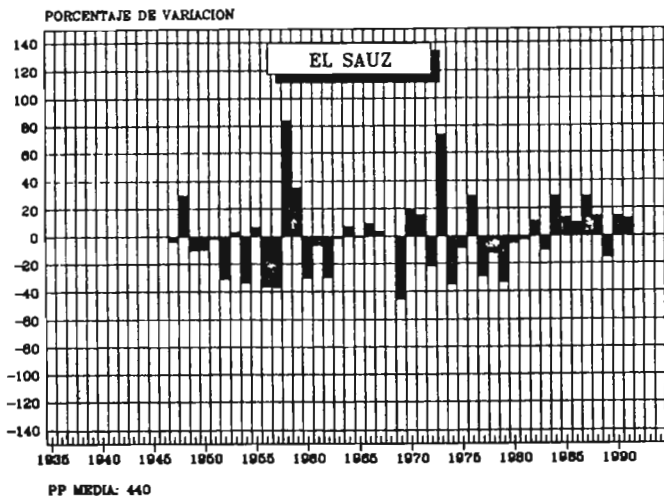
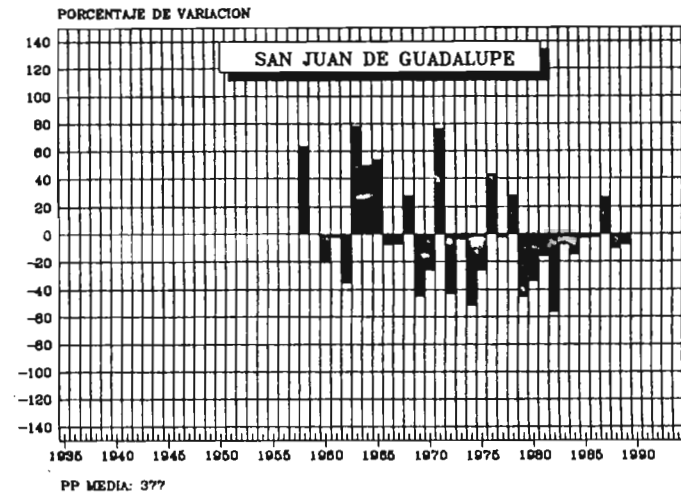
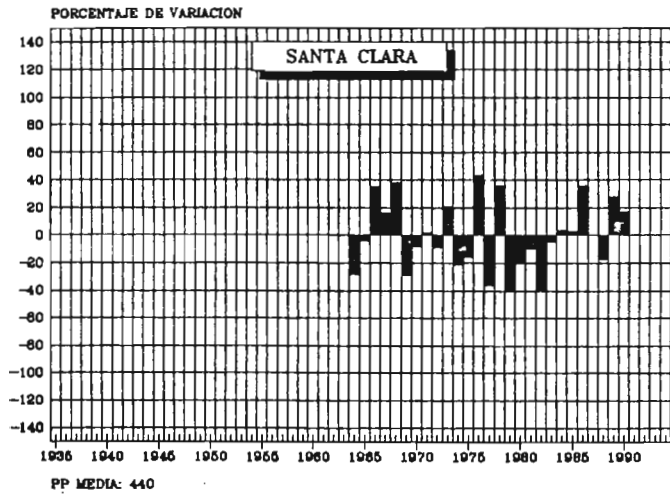


Figura 11

Distribución cronológica de la precipitación para las estaciones de Santa Clara, San Juan de Guadalupe, El Sauz y Cazadero.

para Nazas y 3 para Aguanaval), y las 7 restantes ubicadas en la cuenca baja (3 de ellas en el Bolson Sur).

En general la ocurrencia de la lluvia a través del año tiene un comportamiento similar dentro de la RH 36, con las mayores precipitaciones durante el verano y período seco en los meses de febrero a abril. Las lluvias del verano son las más importantes para los escurrimientos, porque además de ser las más abundantes, presentan una alta intensidad de precipitación debido a que la mayoría de ellas son consecuencia de tormentas originadas en el Océano Pacífico.

En el Cuadro 5 se presentan los promedios de las distribuciones mensuales para las estaciones seleccionadas en las partes alta y baja de la RH 36. En este cuadro se observa que mas del 80 por ciento de la precipitación pluvial se distribuye en los meses de mayo a octubre, mientras que en los meses de invierno (noviembre, diciembre y enero) solo ocurre el 10 por ciento.

Cuadro 5

Promedio de la distribución porcentual de la lluvia a través del año para las estaciones seleccionadas que se ubican en las partes alta y baja de la RH 36.

	Cuenca Alta		Cuenca Baja
	Nazas	Aguanaval	
Nov-Ene	8.2	10.8	10.2
Feb-Abr	3.4	5.2	5.9
May-Sep	88.4	84.1	83.9
Total	100	100	100

Para cada una de las estaciones ubicadas en la RH 36 se tienen promedios mensuales de precipitación con datos existentes hasta la fecha. En el Cuadros 6 se muestran otros promedios para 9 estaciones seleccionadas, así como los porcentajes de ocurrencia con respecto al total para la parte alta. En el de la parte baja se escogieron 8 estaciones (Cuadro 7)

En la parte alta se puede observar que los meses más húmedos son julio y agosto a diferencia del mes de marzo que resulta el mas seco en esta Región. En este caso la precipitación total de las estaciones varia desde los 567.6 mm (Guanacevi) hasta los 261.1 mm (La Flor) en su parte más baja.

Para la porcion media de la cuenca Nazas y cuencas alta y media de Aguanaval, se pueden encontrar similitudes entre estaciones en cuanto a la cantidad y distribución de la lluvia en el año. Tal es el caso de las estaciones Nazas (45) y Cuencame (9) (cuenca Nazas) y las estaciones San Juan de Guadalupe (69) y Santa Clara (70) (cuenca Aguanaval), Figura 12.

Para la parte baja se seleccionaron 7 estaciones pluviométricas, de las cuales 3 se ubican en el Bolson Sur. La distribución mensual en estas estaciones mostró que los meses mas húmedos son agosto y septiembre a diferencia de los meses de julio y agosto de la cuenca alta. La cantidad de precipitación varía desde los 368 mm en la estación Parras (51) (que presenta un clima particular dentro de Mayrán) hasta los 191 mm para El Cuije (26).

En la Figura 13 se aprecian las distribuciones de 4 estaciones ubicadas en el Bolson Sur (5 de mayo (2) y Mapimi (44)) y dos más en Mayrán (presa Coyote y Tlahualilo). En este caso la precipitación en el Bolson Sur resulta mayor en 20 mm para los meses de julio a septiembre comparadas con las estaciones de Mayrán.

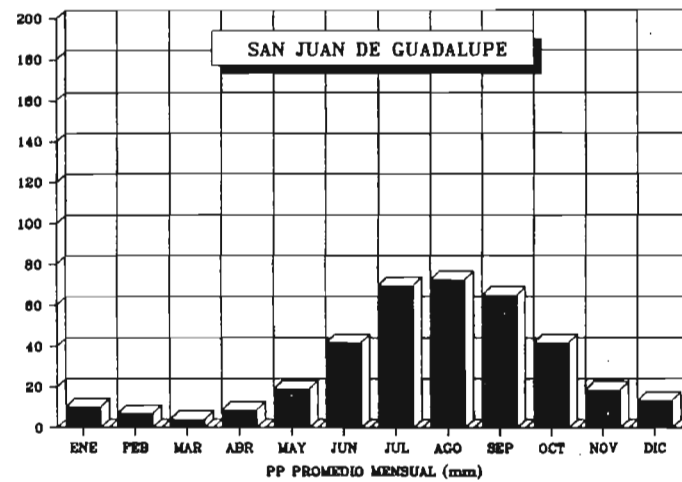
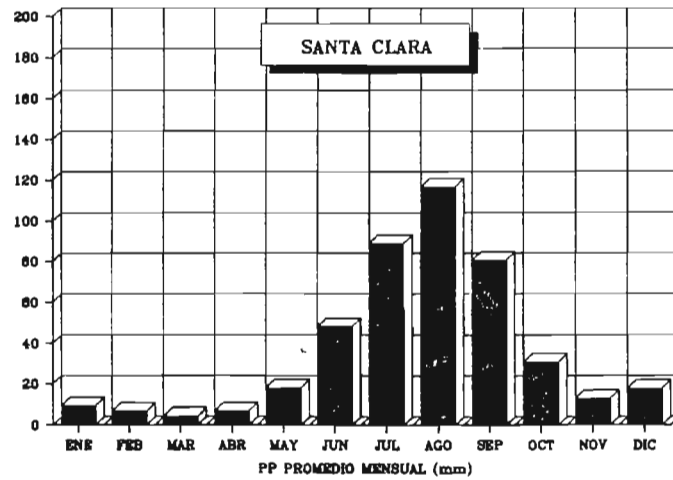
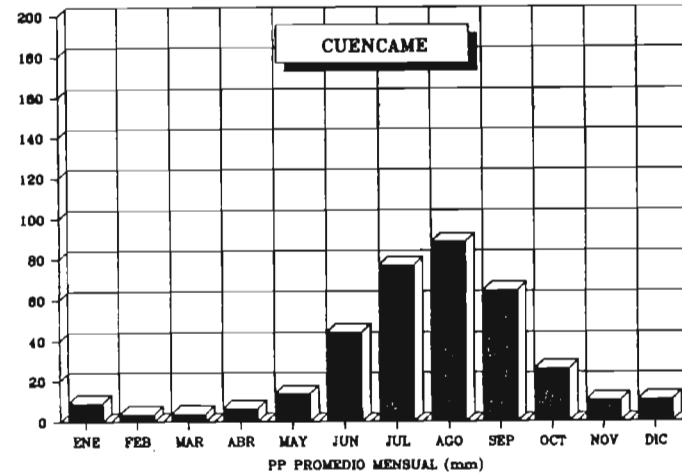
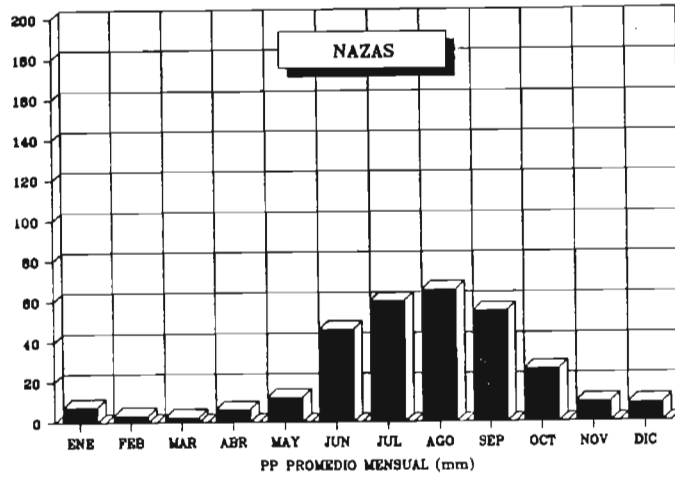


Figura 12

Similitudes de estaciones entre la parte media del Nazas y parte alta y media del Aguanaval.

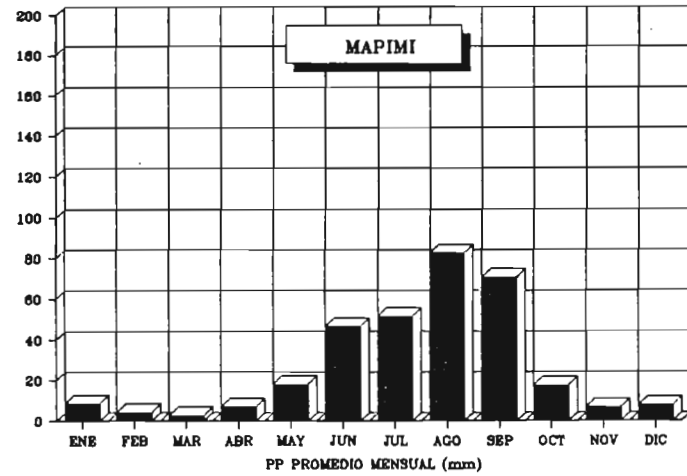
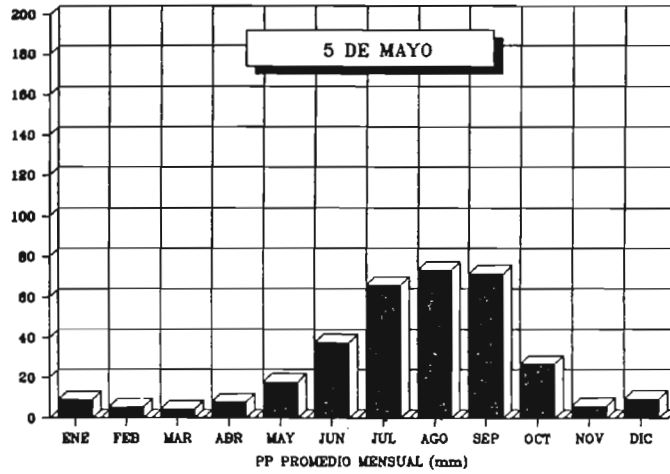
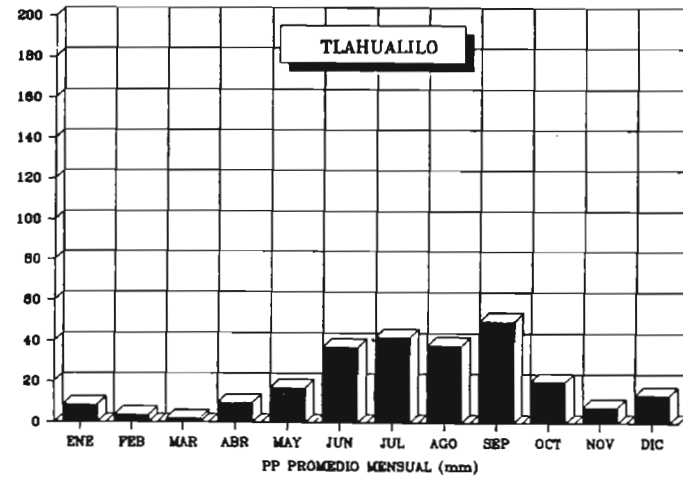
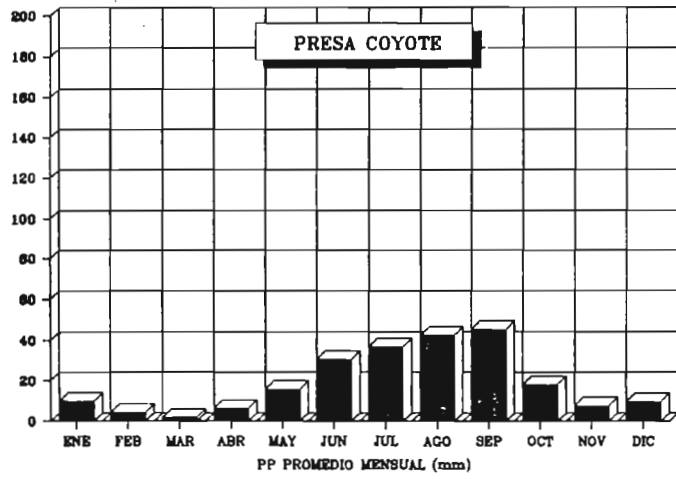


Figura 13

Distribución mensual de cuatro estaciones ubicadas en la parte baja de la RH 36.

Una distribución más particular del comportamiento de la lluvia a lo largo del cauce del río Nazas es el que se presenta en la Figura 14, donde se muestra la ocurrencia mensual de la precipitación para cuatro estaciones que se ubican en las cercanías del cauce de los ríos Santiago (Santiago Papasquiario) y Nazas (Palmito, Cañón de Fernández y El Cuije). Asimismo, agrupando estos datos en un solo gráfico se puede apreciar que no existen grandes diferencias durante los meses de enero a mayo y de noviembre a diciembre, mientras que para el período húmedo se observan diferencias que van desde los 30 mm a los 120 mm, en los meses de julio y agosto para las estaciones de El Cuije y Santiago Papasquiario, respectivamente.

Cuadro 6

Distribución mensual y porcentual de las precipitaciones para las estaciones de la parte alta de la RH 36.

Mes	Stgo. Papasquiario		Guanaceví		Palmito		Sn. Juan del Río		Nazas	
	PP Mes	%	PP Mes	%	PP Mes	%	PP Mes	%	PP Mes	%
Ene	10.4	2.2	20.5	3.6	6.7	1.7	15.3	3.0	7.6	2.5
Feb	3.8	0.7	10.3	1.8	2.8	0.7	10.0	1.9	3.4	1.1
Mar	3.5	0.8	6.7	1.2	1.4	0.4	3.6	0.7	2.5	0.8
Abr	2.5	0.5	5.6	1.0	3.4	0.9	6.1	1.2	6.6	2.2
May	7.4	1.6	9.1	1.6	10.0	2.6	16.5	3.2	12.3	4.0
Jun	56.9	12.2	59.4	10.5	52.9	13.8	67.0	13.1	45.7	15.1
Jul	121.2	26.0	130.5	23.0	88.7	23.3	118.7	23.1	59.8	19.7
Ago	120.2	25.8	133.2	23.5	98.4	25.7	122.4	23.9	65.3	21.6
Sep	84.8	18.2	114.4	20.2	77.7	20.3	90.1	17.6	54.9	18.1
Oct	28.5	6.1	38.6	6.7	25.8	6.7	38.0	7.4	26.1	8.6
Nov	10.8	2.3	13.0	2.3	7.6	2.0	11.4	2.2	9.9	3.3
Dic	16.8	3.6	26.3	4.6	7.2	1.9	13.9	2.7	9.0	3.0
Total	466.8	100	567.6	100	382.8	100	513.0	100	303.1	100

Mes	Cuencamé		Cañón de Fdz.		Sn. Juan de Gpe.		Sta. Clara	
	PP Mes	%	PP Mes	%	PP Mes	%	PP Mes	%
Ene	9.3	2.6	7.3	2.6	10.4	2.8	9.5	2.2
Feb	3.8	1.1	3.5	1.2	6.9	1.9	6.7	1.5
Mar	4.0	1.1	1.7	0.6	4.1	1.1	4.4	1.0
Abr	6.4	1.8	5.0	1.7	8.6	2.3	7.1	1.6
May	13.7	3.8	11.7	4.2	18.8	5.1	18.0	4.1
Jun	44.1	12.3	35.1	12.5	41.7	11.2	48.2	10.9
Jul	76.7	21.5	62.9	22.3	69.5	18.7	88.9	20.1
Ago	88.3	24.7	64.5	22.9	72.2	19.5	116.9	26.5
Sep	64.5	18.0	56.5	20.1	64.8	17.5	80.6	18.2
Oct	25.8	7.2	17.1	6.1	41.7	11.3	30.7	6.9
Nov	10.4	2.9	6.4	2.3	18.5	5.0	13.1	3.0
Dic	10.6	3.0	9.7	3.5	13.4	3.6	17.8	4.0
Total	357.4	100	281.4	100	370.7	100	441.7	100

Cuadro 7
 Distribución mensual
 y porcentual de las
 lluvias para las
 estaciones ubi-
 cadas en la parte
 baja de la RH 36.

Mes	Lerdo		5 de Mayo		Mapimi		Ceballos	
	PP	Mes %	PP	Mes %	PP	Mes %	PP	Mes %
Ene	8.5	3.3	9.2	2.7	8.7	2.7	11.0	3.9
Feb	4.6	1.8	5.5	1.6	4.4	1.3	6.1	2.1
Mar	2.3	0.9	4.5	1.3	2.7	0.8	2.5	0.9
Abr	9.0	3.5	8.1	2.4	7.1	2.2	10.5	3.7
May	17.7	6.9	17.8	5.3	18.0	5.5	17.5	6.2
Jun	31.9	12.4	37.3	11.1	46.5	14.4	35.5	12.5
Jul	41.7	16.2	65.8	19.6	51.6	15.9	44.1	15.5
Ago	51.3	19.9	73.4	21.9	82.5	25.5	58.3	20.5
Sep	53.0	20.6	71.4	21.3	70.5	21.8	56.0	19.7
Oct	18.9	7.4	26.8	.0	17.4	5.4	26.9	9.5
Nov	6.4	2.5	6.2	1.8	6.8	2.1	6.7	2.4
Dic	11.8	4.6	9.6	2.9	7.8	2.4	8.9	3.1
Total	257.0	100	335.7	100	323.9	100	283.9	100

Mes	El Cuije		La Flor		Presa Coyote		Parras	
	PP	Mes %	PP	Mes %	PP	Mes %	PP	Mes %
Ene	7.5	3.9	10.0	3.8	10.0	4.4	12.6	3.4
Feb	3.5	1.9	5.9	2.2	4.5	2.0	9.1	2.5
Mar	2.4	1.3	4.1	1.6	1.9	0.8	6.4	1.7
Abr	5.5	2.9	6.0	2.3	6.4	2.8	10.7	2.9
May	12.3	6.4	15.4	5.9	15.7	6.9	27.8	7.5
Jun	25.6	13.4	35.7	13.7	30.5	13.3	44.6	12.1
Jul	30.9	16.2	50.8	19.5	36.5	16.0	69.6	18.9
Ago	30.7	16.1	54.3	20.8	42.4	18.5	68.2	18.5
Sep	37.1	19.4	42.0	16.1	45.3	19.8	64.9	17.6
Oct	17.7	9.3	16.4	6.3	18.1	7.9	25.4	6.9
Nov	7.9	4.2	8.8	3.4	7.7	3.4	14.2	3.8
Dic	9.8	5.1	11.8	4.5	9.8	4.3	15.4	4.2
Total	191.0	100	261.1	100	228.8	100	368.8	100

Distribución Estadística de la Lluvia.

- Distribución Anual.

De las de estaciones ubicadas dentro de la RH 36, se eligieron 21 registros para el análisis de las distribuciones de las lluvias anuales por medio del paquete DIXLOI (Lebel y Boyer, 1989). Dicho paquete permite buscar un ajuste entre 10 leyes estadísticas y también proporciona intervalos de confianza, percentiles, pruebas de adecuación, etc. En este último caso, se utilizan dos tipos de prueba: la del CHI^2 , expresando la adecuación general de la distribución experimental a la distribución teórica y la de Brunet-Moret (1978), que da más peso a los valores extremos y así expresa la adecuación del ajuste en las partes extremas de la muestra de observaciones.

En el Cuadro 8 se muestran las características generales de las muestras constituidas para cada estación.

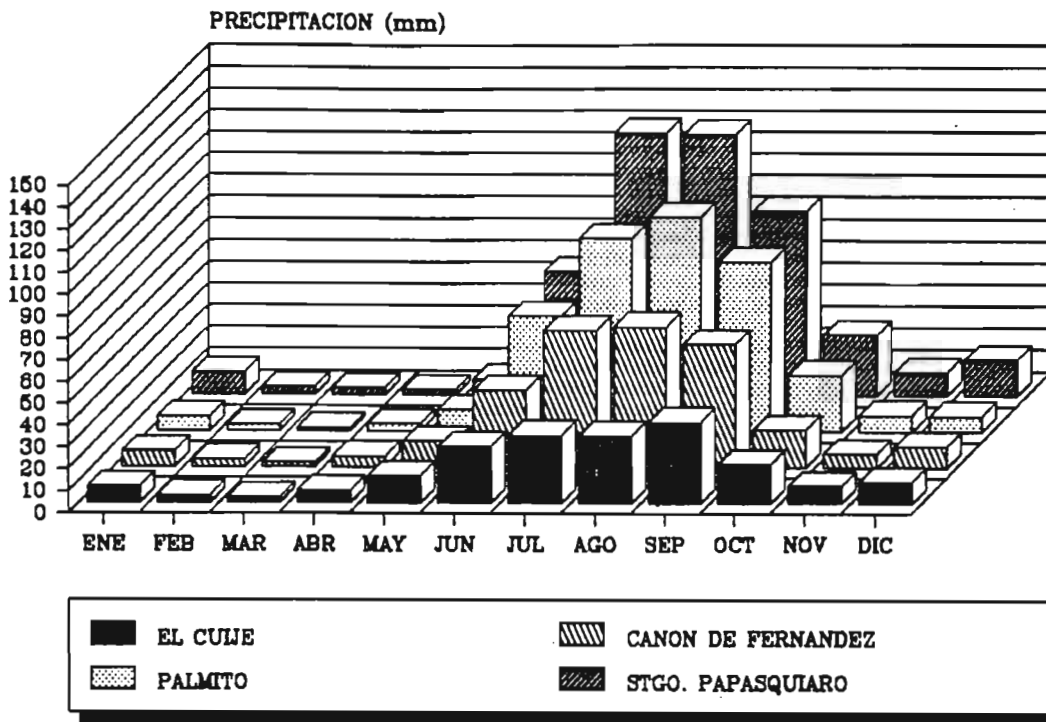


Figura 14

Ocurrencia mensual de cuatro estaciones ubicadas en las cercanías del cauce Santiago y Nazas.

Ante la multiplicidad de los ajustes estadísticos que ofrece DIXLOI, se definió los siguientes principios para seleccionar dichos ajustes:

- * Se limitó a dos el número de parámetros ajustados para cada ley. En caso de leyes con tres parámetros (Galton, Pearson 3 y 5, Goodrich.), se determinaron los ajustes con un parámetro de posición fijado en cero;
- * Se dará la preferencia a un tipo de ley que sea aceptable en la mayoría de los casos, en relación con una homogeneidad regional que se puede suponer en la zona de estudio;
- * Los criterios de aceptación de una ley se refieren a los valores de las pruebas (CHI^2 y prueba de Brunet-Moret), a los intervalos de confianza a 90 por ciento y sobre todo al examen de las gráficas.

De los tratamientos resultó finalmente que la ley de Gumbel es la más conveniente para describir las distribuciones de las lluvias anuales para el conjunto de datos. En la Figura 15 se observa el ajuste gráfico obtenido para esta distribución con las estaciones Guanacevi (31) y Rodeo (57). Las características de los ajustes para cada estación se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 8

Características generales para los datos de cada una de las estaciones analizadas, (Precipitación anual).

	P. Coyote Tepehua.	Escobar	Guanaceví S.	Papasq.	Rodeo	Nazas	
Tamaño	48	22	22	50	44	26	47
Período	41-90	63-84	66-90	40-89	40-90	63-90	39-89
Promedio	226.0	472.3	610.97	563.7	456.38	296.2	308.2
Mediana	217.3	466.5	599.2	164.9	438.5	387.6	294.2
Moda	191.6	457.5	590.2	520.8	444.6	370.1	285.6
D. estandar	105.5	85.99	132.6	175.4	132.9	105.0	114.7
A. asimétrica	0.951	0.372	0.331	0.568	0.181	0.581	0.431
C. de aplastamiento	0.456	-0.465	-1.011	0.264	-1.409	-0.024	-0.409
	Cazadero	Sauz	Fresnillo	S.J. Gpe.	S. Clara	Ceballos	Parras
Tamaño	33	44	28	45	26	28	40
Período	58-90	47-91	30-90	22-89	64-90	57-85	48-89
Promedio	430.5	439.6	412.9	377.1	440	291.3	351.6
Mediana	404.6	432.9	400.7	349.5	421.9	384.5	336.2
Moda	378.2	401.6	388.6	326.3	430.9	266.4	314.4
D. estandar	148.1	118	117.8	163.4	111.9	120.7	120.6
A. asimétrica	1.42	0.91	0.455	0.843	0.179	0.457	0.829
C. de aplastamiento	3.192	1.676	-0.404	0.523	-1.179	-0.973	0.0
	Cuencamé	S.J.R.	Palmito	C. de Fdz.	Lerdo	Cuije	La Flor
Tamaño	43	31	49	49	31	47	30
Período	39-89	39-89	38-90	41-90	60-90	43-89	62-91
Promedio	359.0	535.8	382.90	272.1	261.1	186.3	264.3
Mediana	330.1	507.9	395.8	243.5	250.7	162.3	258.5
Moda	316.8	499.1	392.3	232	252.1	161.5	235.8
D. estandar	133.8	142.6	116.1	118.8	101.4	80.7	92.62
A. asimétrica	0.866	0.611	-0.164	1.048	0.181	0.835	0.831
C. de aplastamiento	2.461	-0.834	-0.667	0.416	-1.116	1.113	1.223

- Distribución de las lluvias diarias máximas

También se constituyeron para las ocho estaciones las muestras de las lluvias máximas diarias (un valor por año). Figuran en el Cuadro 10 las características generales de las muestras

La búsqueda de los ajustes estadísticos siguieron otra vez los principios básicos mencionados anteriormente. Al igual que en el caso de las lluvias anuales, resultó que la ley de Gumbel da resultados aceptables para el conjunto de las muestras. En la Figura 16 se muestra la representación gráfica para las estaciones el Palmito (27) y San Juan del Río (72), y el Cuadro 11 las características de los ajustes para cada estación.

Cuadro 9

Características de los ajustes para la distribución Gumbel en cada estación para la precipitación anual.

	P. Coyote	Tepehua	Escobar	Guanaceví	S. Papasq.	Rodeo	Nazas	Cuencamé	S.J.R.	Palmito	C. de Fdz.
Posición	178.2	430.8	546.8	480.3	391.5	346.3	253.2	296.1	469.1	324.06	219
Escala	81	74.9	112.5	150.1	113.5	88.1	98.3	118.4	113.2	113.2	86.5
Chi 2	4.5	0	0	5.7	5.9	1.3	1.4	13.8	2.1	4.3	6.3
B. Moret	2.2	1.4	2.2	4.0	8.8	3.5	2.7	8.9	3.8	10.7	4.8
5 años	299.7	543.2	715.5	705.5	561.7	478.4	400.6	473.8	638.9	493.9	348.8
10 años	360.4	599.4	799.9	818.1	646.9	544.4	474.3	562.6	723.9	578.9	413.7
20 años	418.7	653.4	880.9	926.2	728.6	607.8	545.1	647.9	805.4	660.4	475.9
100 años	550.7	775.5	1,064.3	1,170.9	913.6	751.4	705.2	840.9	990	844.9	616.9
5 años	265.0	495.8	644.5	642.5	511	427.2	358.1	420.2	578.7	445.9	312.1
	334.3	590.5	786.6	768.4	612.4	529.5	443.1	527.3	699.2	541.9	385.4
10 años	316.0	538.7	708.8	737.4	581.8	478.8	419.8	493.9	646.6	517.4	366.7
	404.9	660.2	891.1	898.8	711.9	610.1	528.8	631.3	801.3	640.4	460.6
20 años	364.3	579	769.4	827.4	649.0	527.5	478.4	563.9	710.8	585.2	418.4
	473.1	727.7	992.5	1,024.9	808.2	688.2	611.7	731.9	900.1	735.7	533.4
100 años	473.0	669.3	904.8	1,029.7	799.2	636.5	609.9	720.8	854.8	735.4	534.7
	628.4	881.7	1,223.7	1312	1,027.3	866.2	800.5	961.0	1,125.3	952.6	698.9
	Cazadero	Sauz	Fresnillo	S.J. Gpe.	S. Clara	Ceballos	Parras	Lerdo	Cuije	La Flor	
Posición	365.3	384.9	356.4	301.9	385.2	233.8	296.2	211.44	149.0	221.1	
Escala	112.9	97.4	100	131.8	98.4	98.7	93.6	89	65.2	76.6	
Chi 2	8.7	5.1	0.6	1.5	0.5	4.5	2.0	1.7	1.6	0.7	
B. Moret	3.8	3.9	1.3	3.0	3.6	3.6	2.2	4.0	2.7	1.8	
5 años	534.9	530.9	506.4	499.5	532.8	381.8	436.9	344.9	246.9	336.1	
10 años	619.4	603.9	581.5	598.4	606.6	455.9	507.2	411.7	295.8	393.6	
20 años	700.7	674	653.5	693.3	677.4	526.9	574.7	475.8	342.8	448.7	
100 años	884.9	832.7	816.6	908.1	837.7	687.	727.5	620.9	449.1	573.6	
5 años	467.3	487.4	450.4	441.3	475.6	326.6	392.9	297.6	218.6	294.6	
	592.9	574.4	562.5	557.7	589.9	437.1	480.8	392.3	275.1	377.5	
10 años	544.6	548.1	509.6	523.7	533.2	384.9	450.8	350.9	259.6	340.4	
	694.2	659.7	653.4	673.1	679.9	526.8	563.6	472.5	331.9	446.8	
20 años	609.2	605.7	565.6	601.9	587.6	440.2	505.8	401.4	298.5	383.7	
	792.2	742.3	741.5	784.6	767.1	613.7	643.7	550.2	387	513.8	
100 años	754.1	735.1	690.9	777.5	709.4	563.8	628.9	514.6	385.8	480.6	
	1,015.6	930.3	942.2	1,038.7	965.9	811.8	826.1	727.1	512.3	666.7	

Cuadro 10

Características generales para cada una de las muestras, (precipitación máxima en 24 horas).

	P. Coyote	Tepehua.	Escobar	Guanaceví	S. Papasq.	Rodeo	Nazas	Cuencamé	S.J.R.	Palmito	C. de Fdz.
Tamaño	50	22	22	51	46	26	47	42	32	49	49
Período	41-90	63-84	66-90	40-90	40-90	63-90	39-89	40-89	39-90	38-90	41-90
Promedio	38.2	35.4	43.2	41.4	38.8	36.6	38.1	49.6	48.98	43.2	33.1
Mediana	35.0	35.0	40.5	39.0	38.8	35.0	38.2	43.5	46.5	40.0	28.1
Moda	31.5	31.7	39.0	38.5	34.7	35.0	33.7	42.3	44.0	37.5	28.6
D. estandar	19.1	12.9	11.8	11.1	11.8	10.3	13.2	21.0	14.8	16.1	13.1
A. asimétrica	1.51	0.721	1.366	0.644	1.173	0.33	1.079	1.705	1.019	1.424	1.088
de aplastamiento	2.668	-0.149	3.78	-0.584	2.431	-0.903	2.434	3.43	1.132	2.196	0.554
	Cazadero	Sauz	Fresnillo	S.J. Gpe.	S. Clara	Ceballos	Parras	Lerdo	Cuije	La Flor	
Tamaño	32	44	27	45	26	28	40	31	46	30	
Período	58-90	47-90	50-91	23-89	64-90	57-85	48-89	60-90	44-89	62-91	
Promedio	40.3	37.7	40.2	38.2	46.9	45.9	42.8	40.1	32.6	32.5	
Mediana	39.9	34.4	42	36	42.5	36.0	40.3	36.9	32.0	30.0	
Moda	34.6	34.4	41.6	34.1	40.1	38.5	40.6	34.4	28.07	28.2	
D. estandar	16.3	11.403	9.7	16.5	19.8	24.1	15.2	16.1	12.9	12.2	
A. asimétrica	1.448	0.74	-0.318	0.577	1.786	0.812	0.306	1.424	1.445	1.605	
de aplastamiento	2.457	-0.404	-1.201	0.218	3.464	-0.649	-0.627	2.988	4.571	4.114	

Cuadro 11

Características de los ajustes de la distribución Gumbel en cada estación para la precipitación máxima diaria anual.

	P. Coyote	Tepehua.	Escobar	Guanaceví	S. Papasq.	Rodeo	Nazas	Cuencamé	S.J.R.	Palmito	C. de Fdz.
Posición	30.1	29.4	37.9	36.2	33.4	31.7	32.11	40.7	42.3	36.3	27.3
Escala	13.1	10.3	9.8	8.8	9.4	8.9	10.7	14.3	11.5	11.4	9.4
Chi 2	3.2	-	-	7.1	14.5	1.3	1.4	0.6	1.4	8.0	6.3
B. Moret	6.3	3.6	5.9	5.1	6.9	2.6	2.7	5.8	2.0	4.1	8.5
5 años	49.7	44.7	52.6	49.4	47.6	44.9	48.2	62.2	59.4	53.3	41.3
10 años	59.5	52.4	59.9	55.9	54.6	51.6	56.2	72.9	68	61.8	48.3
20 años	68.9	59.8	67.0	62.3	61.4	57.9	63.9	83.3	76.2	70	55.1
100 años	90.3	76.5	83.0	76.6	76.8	72.5	81.3	106.6	94.9	88.5	70.3
5 años	44.2	38.3	46.4	45.8	43.5	39.8	43.5	55.7	53.4	48.5	37.3
	55.2	51.2	58.8	53.0	51.7	50.1	52.8	68.8	65.4	58.1	45.3
10 años	52.5	44.1	52.0	51.3	49.4	44.9	50.2	64.6	60.3	55.7	43.3
	66.6	60.8	67.9	60.7	59.9	58.2	62.1	81.4	75.7	67.9	53.4
20 años	60.4	49.7	57.3	56.6	54.9	49.9	56.6	72.9	66.8	62.5	48.8
	77.6	69.9	76.8	68.0	67.9	66.1	71.1	93.6	85.7	77.6	61.3
100 años	78	61.9	69.1	68.4	67.5	60.9	70.9	91.9	81.3	77.7	1.4
	102.7	91	96.9	84.9	85.9	83.9	91.7	121.3	108.4	99.3	79.2
	Cazadero	Sauz	Fresno	S.J. Gpe.	S. Clara	Ceballos	Parras	Lerdo	Cuije	La Flor	
Posición	33.3	32.4	35.2	30.4	38.6	34.9	35.5	33.1	26.9	27.2	
Escala	11.8	8.8	9.3	14	12.8	17.8	13.4	11.8	9.99	8.9	
Chi 2	1.7	3.1	7.6	0.5	3.6	2.7	1.4	0.5	3.8	2.7	
B. Moret	3.2	3.9	9.2	1.7	5.1	5.6	4.2	1.4	2.9	3.0	
5 años	51.0	45.6	49.2	51.4	57.8	61.5	55.5	50.8	41.7	40.6	
10 años	59.9	52.2	56.2	61.9	67.5	74.8	65.6	59.7	49.7	47.3	
20 años	68.4	58.5	62.9	72.0	76.7	87.6	75.2	68.2	56.6	53.8	
100 años	87.7	72.8	78	94.8	97.5	116.5	97.1	87.5	72.9	68.4	
5 años	44.8	41.7	43.9	45.2	50.4	51.54	49.3	44.5	37.5	35.8	
	57.2	49.5	54.5	57.6	65.3	71.4	61.8	57.1	46.2	45.5	
10 años	51.9	47.1	49.4	53.9	57.9	62.1	57.5	51.6	43.8	41.1	
	67.9	57.2	62.9	69.9	77.0	87.6	73.6	67.8	54.9	53.6	
20 años	58.7	52.3	54.5	62.3	64.9	71.9	65.4	58.3	49.7	46.2	
	78.2	64.6	71.2	81.7	88.4	103.2	85.1	78.1	63.4	61.4	
100 años	73.9	63.9	66.1	80.9	80.9	94.2	82.9	73.4	63.1	57.5	
	101.6	81.5	89.9	108.7	114.2	138.9	111.1	101.6	82.7	79.3	

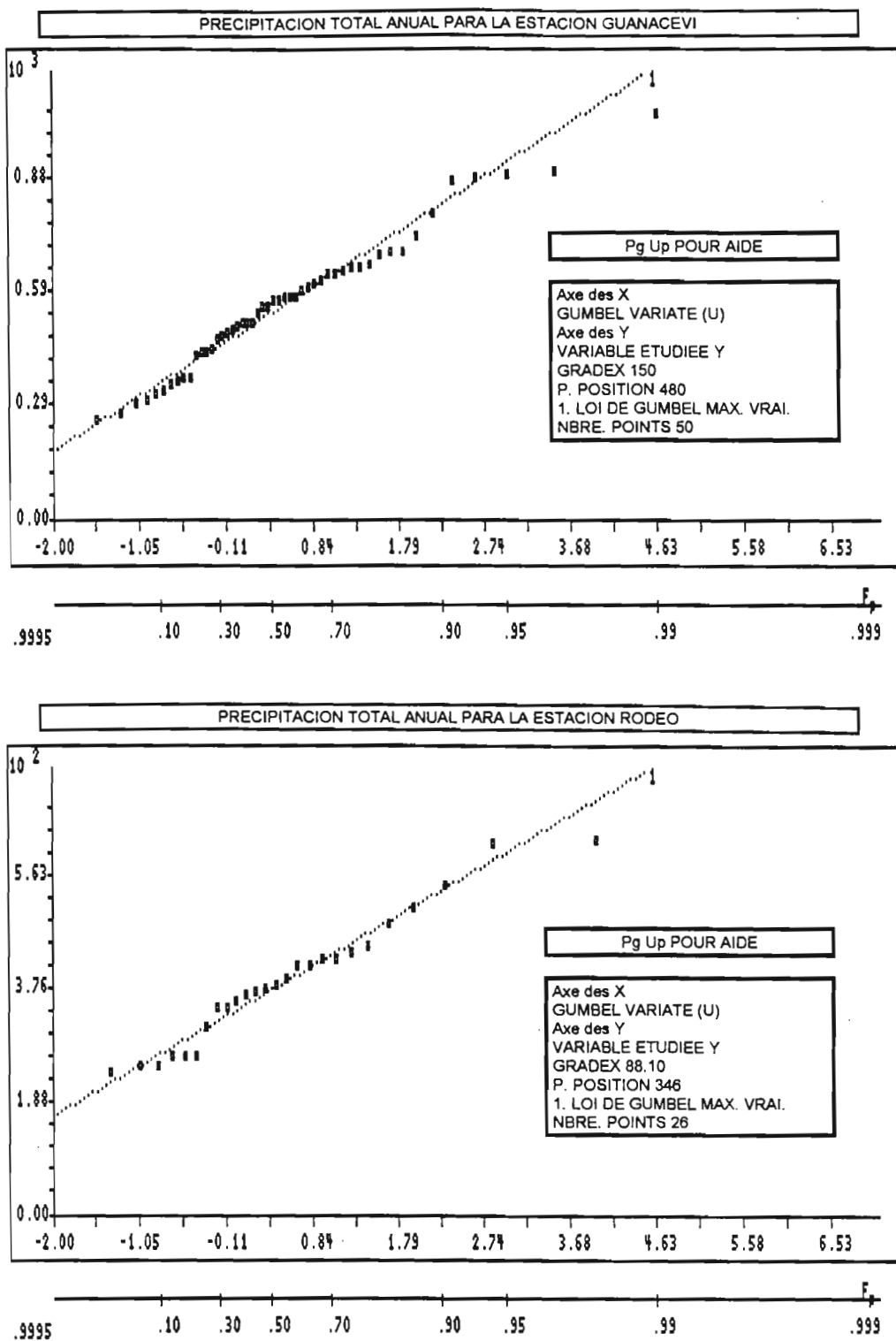


Figura 15

Representación gráfica del ajuste de la precipitación total anual con la distribución Gumbel para las estaciones de Guanacevi y Rodeo.

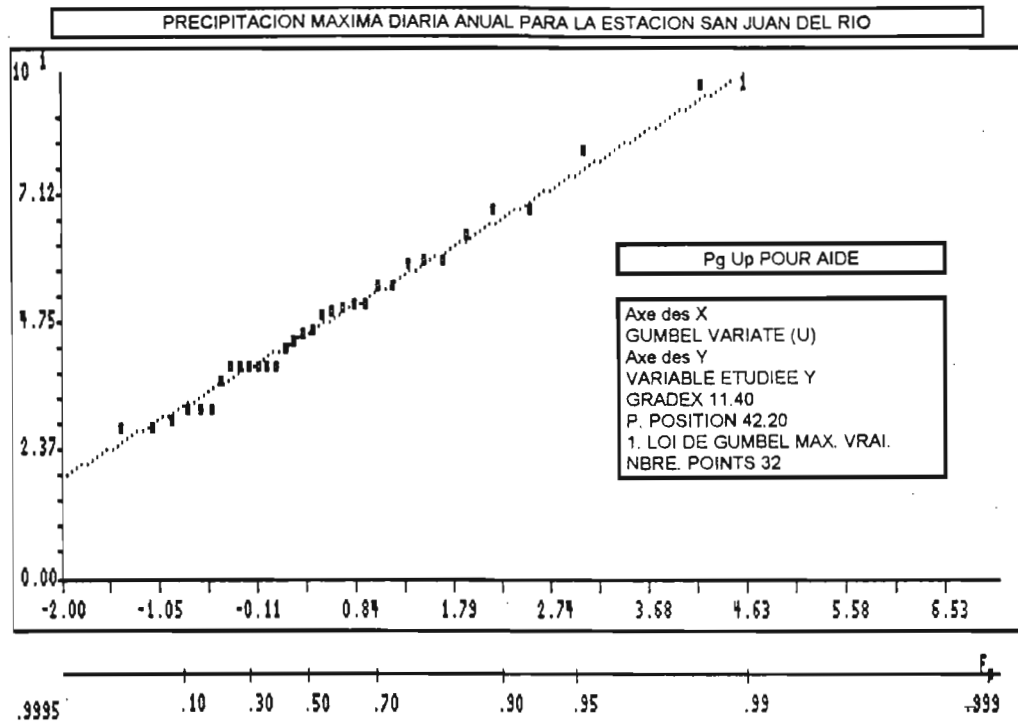
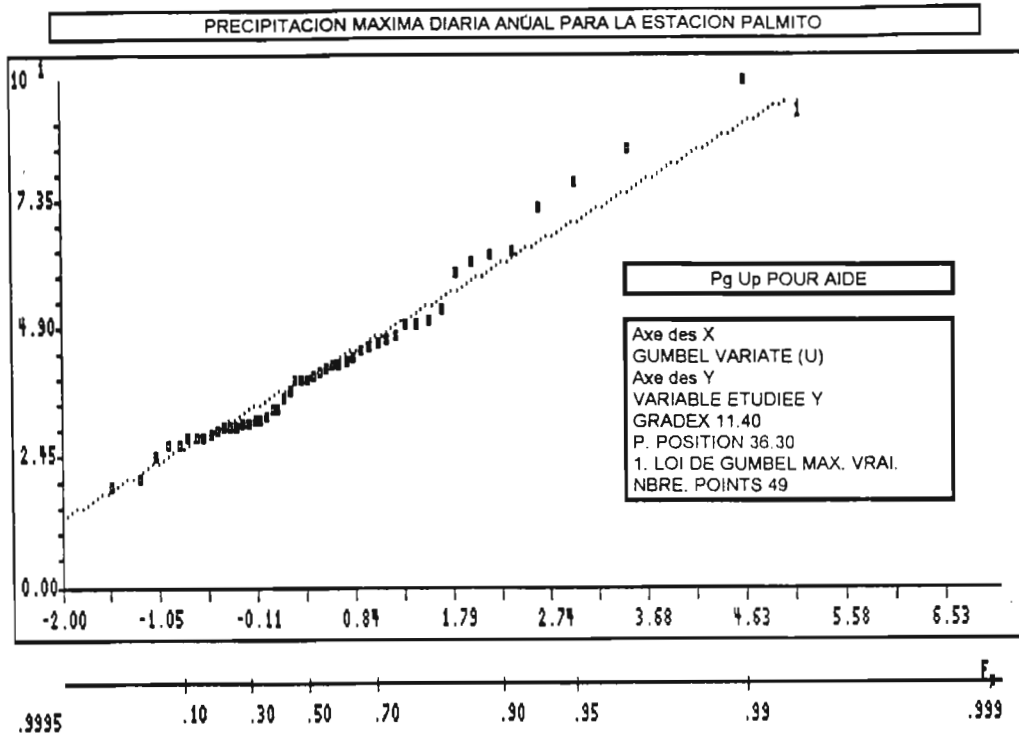


Figura 16

Representación del ajuste de la precipitación máxima diaria con la distribución Gumbel para las estaciones del Palmito y San Juan del Río.

Relación Pluviometría-Altitud.

La pluviometría de la RH disminuye, desde el parteaguas de la Sierra Madre Occidental, al Oeste, donde rebasa los 800 mm (y hasta 893 mm en El Tarahumar, estación ubicada a unos kilómetros fuera de la cuenca), hacia las lagunas, donde no pasa los 200 mm de promedio anual en varias estaciones como Viesca o El Cuije.

La distribución geográfica de la pluviometría esta expuesta en las Figuras 1 y 7 que son mapas de isoyetas de la RH 36. La primera (Figura 1) es una carta simplificada del INEGI: en las partes donde hay pocas estaciones, las isoyetas están estimadas principalmente con los datos existentes, los demás siendo interpolados con la ayuda de los gradientes de altitud; se sabe que en general la pluviometría aumenta con la altitud, siendo la condensación acelerada por el enfriamiento del aire. La Figura 7 es también un mapa de isoyetas, establecida con los datos procesados a esta fecha. Es una estimación provisional, ya que por el momento, estos datos no permiten asegurarse de la importancia de cada uno de los factores secundarios (además de la altitud) que influyen la distribución geográfica de las precipitaciones. Sin embargo, estas cartas permiten confirmar la regionalización como se vera posteriormente, y destacar los parámetros de la pluviometría.

El primero es, evidentemente, la altitud. De hecho, en la mayoría de los casos, la pluviometría muestra un gradiente altitudinal. Esta relación aparece bastante clara en el Figura 17, y con la ecuación de regresión que se pudo establecer entre pluviometría (Y) y altitud (X):

$$X = 2.48 Y + 662 \quad (1)$$

Con un R^2 de 0.74, no parece muy buena la correlación, pero sí existe. De hecho, la relación resultaría aún peor si se quitara el punto muy específico de la estación de El Tarahumar; ésta última muy lejana de las otras, tanto por su altitud (2,850 m) como por su pluviometría (893 m) mejora la calidad de la regresión. Su fuerte pluviometría la debe a su situación en el parteaguas, y por eso, bien expuesta a las precipitaciones venidas del Pacífico. De hecho, se puede observar que el gradiente debido a la altitud es muy fuerte en la vertiente protegida de este tipo de precipitaciones la pluviometría baja a solamente 451 mm en Santiago Papasquiaro (1,720 m), 472 mm en Tepehuanes (1,800 m) y 546 mm en Ignacio Zaragoza (2,300 m). Estas estaciones están en posición de "abrigo".

Este impacto del relieve también se nota en la parte baja: Parras, situado en medio de un macizo montañoso a 1,520 m, recibe 354 mm de lluvias, mientras las llanuras que le rodean solo reciben alrededor de 200 mm.

Además del papel de las altitud, hemos visto que el relieve también es un obstáculo: llueve más en las vertientes expuestas a los vientos húmedos. En la cuenca del Nazas, se nota que unas estaciones recibe 150 mm más de lo que la relación (1) les daría. San Bernardo y Santa María del Oro (así como de manera menos clara, El Zape y Cienega de Escobar) deben aprovechar de la presencia de un segundo obstáculo que retiene de nuevo una gran parte de las precipitaciones.

La Figura 17 permite distinguir otra clase de estaciones, ubicadas en la cuenca del Aguanaval y región de Peñón Blanco, en las que las lluvias medidas son, al contrario, muy inferiores a

las que corresponden a su altitud en la relación: El Sauz (20), Ramón Corona (55), Fresnillo (29), Cuauhtémoc (10), todas ubicadas cerca de los 2,200 m de altura, tienen una pluviometría inferior a los 475 mm. Están ya situadas en partes altas pero de poco relieve, en las cuales el efecto orográfico no tiene un gran papel. No tenemos datos a propósito de la vegetación pero se sabe que la rugosidad de ésta juega un papel muy importante en la condensación, frenado el viento y obligando las masas de aire húmedo a tomar altura: de hecho, se puede suponer que de la débil cubierta vegetal de estas cuencas (comparándolas con la cuenca alta del Nazas) está por algo en su pluviometría baja.

La Figura 17, permite distinguir unos conjuntos de siete zonas pluviométricas originales en cuanto a su comportamiento en frente a la relación pluviometría/altitud:

Las zonas I a VII son las siguientes:

- I - Alta cuenca de los ríos Aguanaval y arroyo Peñón Blanco;
- II - Valle del río Sextín y alrededores;
- III - Meseta de Ciénega-Guanaceví;
- IV - Centro de las lagunas de la parte baja;
- V - Orillas de las lagunas endorreicas y Sur del Bolsón de Mapimí, incluyendo bajas cuencas del Nazas y del Aguanaval
- VI - Parte media de las cuencas del Nazas y del Aguanaval;
- VII-Depresiones y valles profundos de la Sierra Madre;

- Las zonas I y II son las que más se oponen: están cada cual a un lado opuesto de la recta Pluviometría - Altitud (Figura 17): la zona I se caracteriza por una pluviometría débil en relación con la altitud: esto se puede explicar por el relieve inconspicuo y la posición de altiplano protegido de las masas de aire húmedo del Pacífico (Suroeste) por la Sierra Madre Occidental.

- La zona II, al contrario, tiene precipitaciones superiores a las que les atribuiría la relación Pluviometría - Altitud: siendo estas estaciones ubicadas en el valle del Sextín, debería, *a priori*, tener una pluviometría más débil; su pluviometría elevada, por supuesto, la debe a masas de aire húmedas provenientes de otras direcciones: Norte o Este.

Las demás zonas son más cercanas de la recta Pluviometría - Altitud, y se explica fácilmente su comportamiento pluviométrico:

- el área III es el conjunto de las estaciones más altas del Nazas, sobre la meseta de Ciénega-Guanaceví: se le podría incorporar la estación de El Tarahumar, que, sobre el parteaguas, es la más elevada (2,850 m.) y la más lluviosa (893 mm), pero está muy lejana de las demás.

- la zona IV es la más seca, centro de las lagunas, por exageración de los rasgos continentales áridos (posición de abrigo orográfico);

- la zona V es el complemento de esta con las estaciones de las orillas de las lagunas, y del Súr del Bolsón de Mapimí;

- en la zona VI viene la parte baja de la zona intermedia de la RH 36, con la cuenca media de los ríos Nazas y Aguanaval, con una pluviometría más débil que las estaciones ubicadas en la sierra, por conocer el fenómeno de foehn (posición de abrigo intramontañas): curiosamente, se oponen las estaciones de esta zona VI (río Ramos y depresión del Palmito) con las del Sextín, en que la pluviometría es superior, por lo que se expuso más arriba;

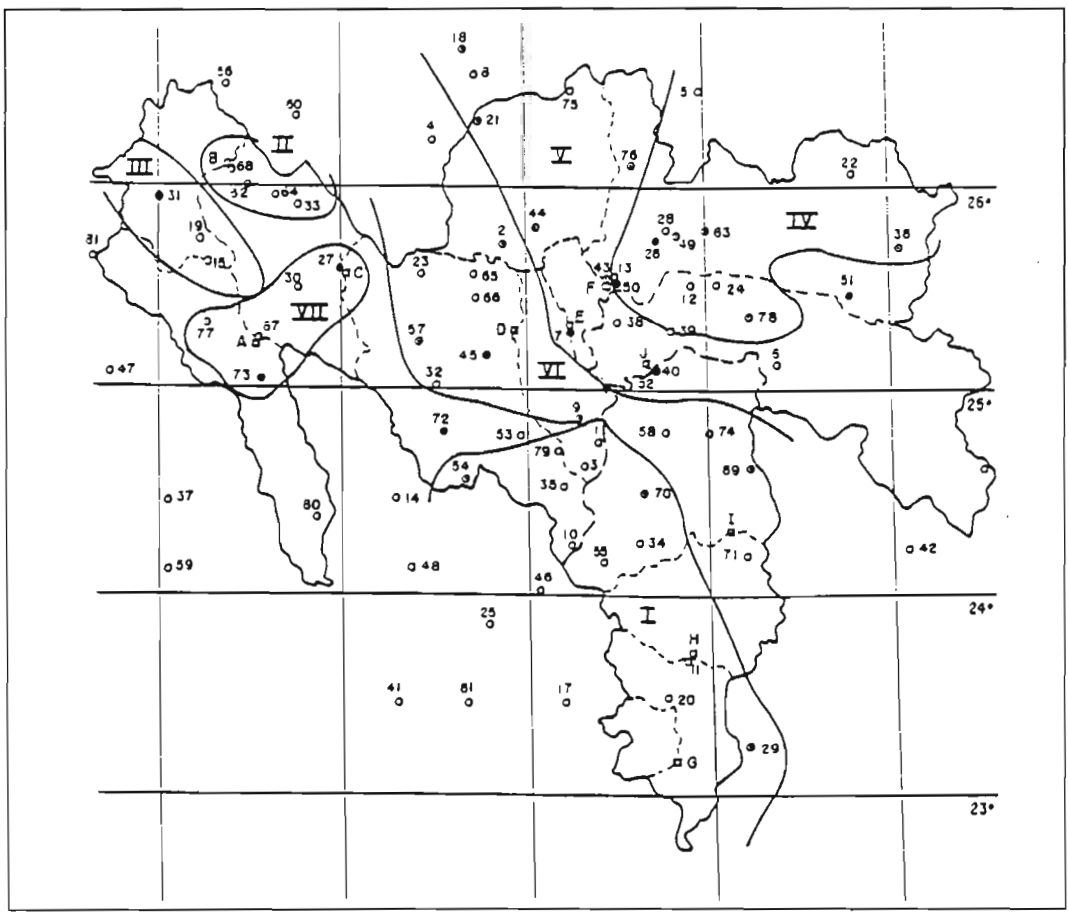
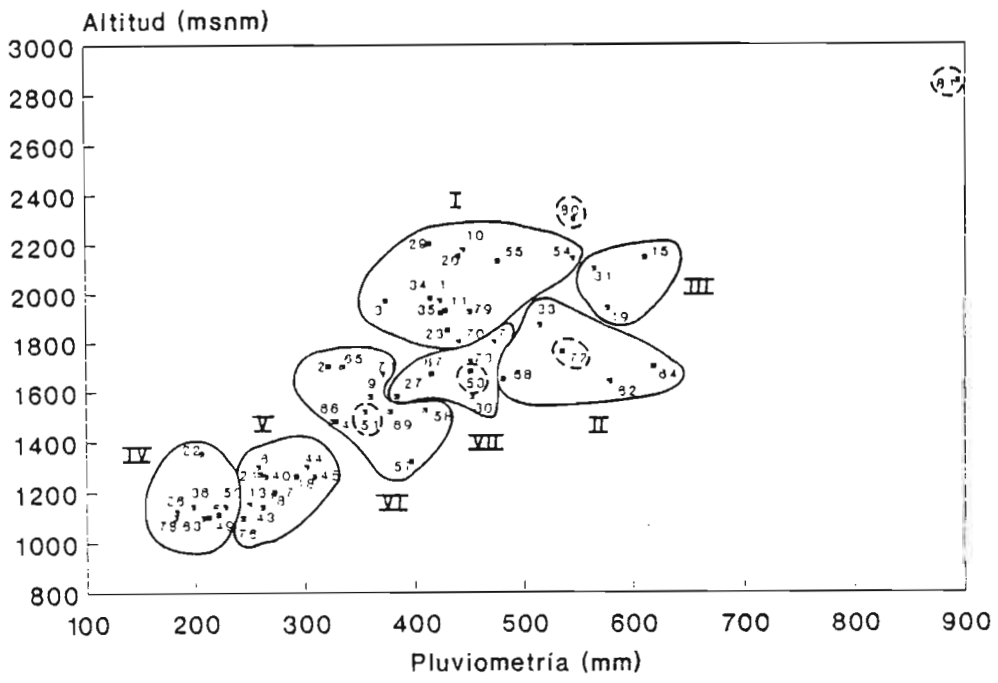


Figura 17

Determinación de zonas geoclimáticas a partir de la relación pluviometría-altitud.

Al igual que El Tarahumar, se distinguen:

- * la estación de Parras (51) que conoce un microclima montañoso (y, de hecho, más lluvioso), en las lagunas (sierra de Parras);
- * las de Peñón Blanco (53) y San Juan del Río (72) que son más húmedas que sus alrededores: su posición al piedemonte norte del parteaguas con la depresión de Durango lo puede explicar, siendo tal vez, al igual que la zona II, expuesta a otras masas de aire húmedo: la presencia del cerro Gamón (2,900 m), puede ser determinante; casi se podría imaginar una octava zona incluyendo estas dos estaciones;
- * por fin, la estación Ignacio Zaragoza (80) (alto río Santiago) se destaca, y se podría juntar con las del grupo III por ser una estación de alto valle en la Sierra Madre.

Regionalización.

Antes de analizar los parámetros geográficos, es útil notar que el comportamiento realizado con DIXLOI permitió escoger la distribución de Gumbel como la más consistente para todas las estaciones, por lo que respecta a precipitaciones.

Se pudo observar que, **para la pluviometría total anual**, se mostraron diferencias entre:

- * La cuenca alta del Nazas (Guanacevi (31), Cienega (15), Tepehuanes (77) y Santiago Papasquiario (3)) y la cuenca media del Aguanaval (Santa Clara, San Juan de Gpe. y la Flor), cuyos datos se ajustan bien con las leyes Gumbel, Galton y Pearson III;
- * La cuenca baja del Nazas (Cañón de Fernández (7) y Presa Coyote (50)) y la cuenca alta del Aguanaval (El Sauz y Cazadero), donde la ley Gumbel es satisfactoria, pero está superada en la calidad de los ajustes por la ley Log Gamma y por Goodrich.

Este tipo de regionalización también aparece con la **pluviometría máxima en 24 horas**: los mejores ajustes con la ley Gumbel se encuentran para las estaciones Nazas (45), San Juan del Río (72), El Sauz (20), El Cuije (26) y Ceballos (8); es decir, en toda la RH 36 salvo la cuenca alta del Nazas en la cual la ley Log Gamma muestra los mejores ajustes.

En el Cuadro 8 se puede observar que el coeficiente de variación, para las estaciones con más de 40 años de registro presentan valores aproximados a 0.3 en la cuenca alta del Nazas hasta el Palmito, de 0.30 a 40 para la porción media del Nazas, así como la parte alta y media de Aguanaval, llegando a ser superior a 0.4 en la cuenca baja de la RH 36. Por otra parte, las precipitaciones centenales esperadas varían desde los 1,357.6 mm en Santiago Papiquiario hasta los 449.1 mm en El Cuije. En este caso se puede apreciar que las precipitaciones centenales operadas siguen el mismo patrón de comportamiento que en el caso del coeficiente de variación, ya que los valores más elevados se ubican en la parte alta de la cuenca del Nazas (Guanacevi, Santiago Papiquiario, Cienega de Escobar) con valores de 1,170.9, 1,357.6 y 1,064.3 mm, respectivamente), mientras que para las estaciones que se ubican en la parte media del Nazas, alta y media del Aguanaval, los valores esperados varían de los 700 a 900 mm al año.

En el caso de la lluvia máxima en 24 horas: esta no permite distinguir una regionalización de las observaciones todas incluidas entre 32 y 50 mm/24 h (Cuadro 8). El caso de lluvia máxima diaria al nivel centenal no se rebasa los 83 mm en la alta cuenca del Nazas (Cuadro 11), ni los 88 mm en la alta cuenca del Aguanaval, es decir en las dos zonas en que más llueve. Sin embargo, los mayores valores se presentan en las cuencas medias (Cuencame 106 mm) y sobre todo en la zona más árida, con valores que (salvo en El Cuije), siempre superan los 94 mm / 24 h.

Con toda la información de precipitación analizada anteriormente se pueden establecer algunas diferencias desde la Sierra Madre Occidental hasta la parte baja de la RH 36. Estas diferencias se justifican además para las áreas de fisiografía como para las actividades socio-económicas, pudiéndose definir de la siguiente manera:

- 1) La alta cuenca del Nazas - aguas arriba de Palmito - es región de montaña, con los parteaguas que rebasan 3,000 m de altitud, y valles que se ubican más o menos a 2,000 m. El clima se presenta un poco más frío que en las lagunas (sobre todo en invierno), y la ubicación junto al parteaguas con el Pacífico la hace más húmeda; se puede decir que en esta parte se precipitan más de 500 mm, a pesar de que unas estaciones, en fondo de valles, reciban un poco menos; ya que en las alturas, es probable - aunque no existan pluviómetros para comprobarlo - que la pluviometría supera los 800 mm (esto es uno de los datos que es indispensable adquirir al hacer una modelación de los escurrimientos, pues es también esta región que más provee agua en toda la RH 36). Esta región posee una explotación forestal en sus partes más altas, y agropecuaria en los dos principales valles (ríos Ramos y Sextín).
- 2) La media cuenca del Nazas y la cuenca del Aguanaval, que son regiones de lomas y de mesetas, con unos macizos montañosos en las orillas, y que se caracterizan por una pluviometría que viene incluida entre 300 y 500 mm. Se practican cultivos de temporal y la ganadería también es dinámica en esta subregión en la que frecuentemente se aprovecha de las aguas de escurrimiento almacenándola en bordos de retención (presones).
- 3) Las lagunas, algunas veces llamadas desierto, aunque este nombre no esté apropiado por esta subregión de llanuras cerradas, rodeadas por sierras que alcanzan los 3,000 m de altitud pero que son de poca extensión: aquí dominan las planicies, pues es zona de acumulación de aluviones venidas de las cuencas. Se puede practicar la ganadería extensiva (con una vaca para 35 hectáreas).

Referencias.

INEGI, (1981). Mapas de precipitación total anual, (Monterrey, Chihuahua y Guadalajara) a escala 1:1'000,000, y Guía para la interpretación. (29 p.) INEGI, México.

LINSLEY K. R., M. A. KOHLER y J. L. H. PAULHUS, (1984). Hidrología para Ingenieros. Segunda Edición. McGraw Hill de México.

LEBEL T., J. F. BOYER, (1989). DIXLOI: Un ensemble de Programmes FORTRAN 77 pour l'ajustement de lois statistiques et leur representation graphique. Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM, France.

ROCHE A., (1963). Hydrologie de Surface. ORSTOM, Paris.

Anexo

Anexo 1

Estaciones pluviométricas.

	CASETA	CARTA	EDO.	COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS UTM (m)		ALTITUD MSNM	PLUVIO. ANUAL MEDIA (mm)	AÑOS CON DATOS	NUMERO AÑOS
				LAT. NORTE	LONG W.	NORTE	ESTE				
1	12 DE DIC.	G13-9	DGO.	24 44'30"	103 34'19"	2733250	642000	1975	423	79-91	15
2	5 DE MAYO	G13-8	DGO.	25 46'00"	104 19'00"	2850300	570800	1700	321	66-89	24
3	ATOTONILCO	G13-12	DGO.	24 38'00"	103 42'00"	2725800	631800	1970	373	71-90	20
4	AGUA PUERCA	G13-5	DGO.	26 14'12"	104 29'34"	2900000	550000	1480	328	80-91	9
5	ACATITA	G13-6	COAH.	26 28'00"	103 01'00"	2929000	697250	1100	212	83-85	3
6	BAJ.DE AHUICHILA	G13-9	COAH.	25 06'00"	102 37'00"	2779600	739000	1300	257	76-90	14
7	C. DE FERNANDEZ	G13-9	DGO.	25 17'00"	103 45'40"	2795100	623400	1200	272	41-90	49
8	CEBALLOS	G13-5	DGO.	26 36'00"	104 18'00"	2934100	586100	1188	271	57-85	28
9	CUENCAME	G13-12	DGO.	24 52'20"	103 42'00"	2750900	632000	1580	359	39-90	51
10	CJAUHTEMOC	G13-12	DGO.	24 15'30"	103 45'00"	2682500	620250	2175	444	78-90	11
11	CAZADERO	F13-3	DGO.	23 40'00"	103 07'00"	2611250	691500	1930	428	58-90	33
12	CONG. HIDALGO	G13-9	COAH.	25 30'00"	103 07'00"	2820750	686250	1120	*	*	2
13	CENID-RASPA	G13-9	DGO.	25 31'00"	103 30'00"	2827500	653700	1150	249	76-91	14
14	CANATLAN	G13-11	DGO.	24 30'00"	104 45'00"	2711500	522500	1980	**	**	
15	CIENEGA DE ESCOBAR	G13-8	DGO.	25 35'00"	105 44'00"	2832900	425500	2145	611	66-90	22
16	CONCEPCION DEL ORO	G14-10	ZAC.	24 37'00"	101 30'00"	2725000	253250	2050	**	**	
17	CHALCHIHUITES	F13-3	ZAC.	23 29'00"	103 52'00"	2596750	615000	2300	**	**	
18	ESCALON	G13-5	CHIH.	26 45'00"	104 17'00"	2958800	565100	1263	292	61-75	15
19	EL ZAPE	G13-8	DGO.	25 46'30"	105 47'30"	2850500	420500	1940	577	78-90	13
20	EL SAUZ	F13-3	ZAC.	23 30'00"	103 15'00"	2605000	682500	2150	440	47-91	45
21	EL DERRAME	G13-5	DGO.	26 21'20"	104 16'30"	2913250	565500	1270	259	69-89	19
22	ESTANQUE DEL LEON	G13-6	COAH.	26 06'00"	102 12'00"	2890000	780000	1350	206	85-91	4
23	EL CASCO	G13-8	DGO.	25 34'30"	104 35'00"	2825500	541250	1850	430	80-90	10
24	EMILIANO ZAPATA	G13-9	COAH.	25 30'00"	102 56'00"	2820750	706750	1090	**	**	
25	EL PUEBLITO	F13-2	DGO.	23 50'00"	104 15'00"	2643500	576000	1850	**	**	
26	EL CUIJE	G13-9	COAH.	25 42'30"	103 18'09"	2843000	666600	1120	183	43-90	48
27	PALMITO	G13-8	DGO.	25 34'30"	105 02'00"	2832100	495600	1580	383	38-90	53
28	FCO. I. MADERO	G13-9	DGO.	25 45'00"	103 15'00"	2851500	674250	1100	*	*	2
29	FRESNILLO	F13-3	ZAC.	23 13'00"	102 48'00"	2563000	718500	2200	413	50-91	28
30	GRAL. ESCOBEDO	G13-8	DGO.	25 30'00"	105 15'00"	2821750	485000	1580	452	79-89	11
31	GUANACEVI	G13-8	DGO.	25 26'00"	106 00'00"	2869000	404400	2100	565	40-90	51
32	HIGUERAS	G13-8	DGO.	25 02'00"	104 31'00"	2774250	542500	1420	*	*	4
33	INDE	G13-8	DGO.	25 54'00"	105 13'40"	2866250	482500	1870	515	80-88	9
34	JUAN ALDAMA	G13-12	ZAC.	24 15'00"	103 25'00"	2682500	662500	1980	414	63-74	12
35	LUIS MOYA	G13-12	DGO.	24 32'00"	103 48'00"	2715000	605000	1920	424	81-85	5
36	LAS NIEVES	G13-9	ZAC.	25 45'00"	102 00'00"	2848250	800000	1140	198	67-86	20
37	LAS TRUCHAS	G13-11	DGO.	24 28'00"	105 59'00"	2705000	402500	2400	**	**	
38	LA VENTANA	G13-9	COAH.	25 17'00"	103 29'00"	2802500	653750	1190	*	*	4

* Estaciones con pocos años de observaciones; no se calculó el promedio.

** Estaciones en proceso de captura.

Continuación de Anexo 1 ...

CASETA	CARTA	EDO.	COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS UTM (m)		ALTITUD MSNM	PLUVIO. ANUAL MEDIA (mm)	AÑOS CON DATOS	NUMERO AÑOS
			LAT. NORTE	LONG W.	NORTE	ESTE				
39 LA ROSITA	G13-9	COAH.	25 15'00"	103 14'00"	2796250	680750	1190	*	*	2
40 LA FLOR	G13-9	COAH.	25 07'00"	103 15'00"	2777500	667500	1260	**	**	
41 LAS BAYAS	F13-2	DGO.	23 30'00"	104 46'00"	2599000	518250	2650	**	**	
42 LA GRUÑIDORA	G14-10	ZAC.	24 13'00"	101 56'00"	2681000	203000	1880	**	**	
43 LERDO	G13-9	DGO.	25 30'00"	103 32'00"	2824500	648000	1140	261	60-90	31
44 MAPIMI	G13-9	DGO.	25 49'00"	103 57'00"	2857500	615500	1300	301	64-88	23
45 NAZAS	G13-8	DGO.	25 08'00"	104 14'20"	2792100	534500	1260	308	39-90	52
46 NARCIZO MENDOZA	G13-12	DGO.	24 01'00"	103 58'00"	2656250	605000	2000	**	**	
47 OJITOS DE CAM.	G13-7	DGO.	25 03'00"	106 13'00"	2771500	377500	2350	**	**	
48 PEÑA DEL AGUILA	G13-11	DGO.	24 14'00"	104 40'00"	2673000	535500	1900	**	**	
49 PRESA DE GPE.	G13-9	COAH.	25 45'32"	103 13'13"	2850000	678500	1110	221	66-90	25
50 PRESA COYOTE	G13-9	COAH.	25 31'00"	103 29'58"	2842300	672100	1140	227	41-90	50
51 PARRAS	G13-9	COAH.	25 28'00"	102 14'00"	2816100	783400	1520	354	48-90	43
52 PRESA LA FLOR	G13-9	COAH.	25 05'00"	103 16'00"	2774300	667500	1260	264	62-91	30
53 PEÑON BLANCO	G13-11	DGO.	24 47'00"	104 02'00"	2741250	597500	1680	451	77-90	11
54 PANUCO DE CORONADO	G13-11	DGO.	24 32'21"	104 19'31"	2713800	568300	2140	545	68-90	22
55 RAMON CORONA	G13-12	DGO.	24 12'00"	103 37'00"	2675000	639500	2130	476	68-84	17
56 ROSARIO	G13-5	DGO.	26 30'00"	105 37'00"	2931750	435750	1780	**	**	
57 RODEO	G13-8	DGO.	25 12'45"	104 34'35"	2785100	544600	1320	396	63-90	26
58 SIMON BOLIVAR	G13-12	DGO.	24 43'00"	103 14'00"	2731250	679250	1525	409	68-90	22
59 SAN DIMAS	G13-11	DGO.	24 10'00"	105 57'00"	2671000	403250	970	**	**	
60 SAN ANTONIO	G13-5	DGO.	26 25'00"	105 16'00"	2921750	467000	1700	**	**	
61 SN. FCO. DEL MEZQUITAL	F13-2	DGO.	23 29'00"	104 25'00"	2596250	562250	1450	**	**	
62 SAN BERNARDO	G13-5	DGO.	26 00'00"	105 31'00"	2894250	447500	1640	579	78-90	11
63 SAN PEDRO COAH.	G13-9	COAH.	25 45'00"	103 00'30"	2851000	702000	1095	207	61-91	29
64 STA. MA. DEL ORO	G13-8	DGO.	25 57'00"	105 21'00"	2870000	462300	1700	619	68-87	18
65 SN. PEDRO DEL GALLO	G13-8	DGO.	25 34'00"	104 17'00"	2827300	571400	1700	334	77-85	9
66 SN. LUIS DEL CORDERO	G13-8	DGO.	25 25'00"	104 16'00"	2811300	572500	1480	325	77-89	10
67 SALOME ACOSTA	G13-8	DGO.	25 17'00"	105 26'00"	2789500	454600	1670	415	75-90	13
68 SARDINAS	G13-5	DGO.	26 06'00"	105 34'00"	2885500	443500	1650	481	71-89	18
69 SN. JUAN DE GPE.	G13-12	DGO.	24 39'00"	104 47'00"	2725800	724900	1520	377	58-90	33
70 STA. CLARA	G13-12	DGO.	24 30'00"	103 22'00"	2708000	666300	1800	440	64-90	27
71 SN. FRANCISCO	G13-12	ZAC.	24 16'00"	102 52'00"	2691400	715000	1670	370	79-90	12
72 SN. JUAN DEL RIO	G13-11	ZAC.	24 48'00"	104 28'00"	2740400	554600	1760	536	59-89	31
73 SANTIAGO PAPASQ.	G13-8	ZAC.	25 03'00"	105 26'00"	2770000	457500	1720	451	39-90	52
74 TANQUE AGUILERENO	G13-12	COAH.	24 46'00"	102 58'00"	2745000	707000	1460	*	*	1
75 TORTUGAS	G13-6	DGO.	26 28'00"	103 44'00"	2929000	626000	1155	*	*	2
76 TLAHUALILO	G13-6	DGO.	26 08'00"	103 28'00"	2889100	655500	1095	243	61-90	29
77 TEPEHUANES	G13-8	DGO.	25 18'30"	105 45'00"	2802900	427400	1800	472	63-84	22
78 VIESCA	G13-9	COAH.	25 21'00"	102 46'00"	2803900	720500	1100	182	66-90	23
79 YERBANIS	G13-12	DGO.	24 43'00"	103 49'00"	2736250	617500	1925	450	80-90	10
80 IGNACIO ZARAGOZA	G13-11	DGO.	24 21'00"	105 09'00"	2696250	483000	2300	546	75-86	11
81 TARAUMAR	G13-7	DGO.	25 40'00"	106 26'00"	2836600	363400	2850	893	75-90	14
82 CONETO DE COMONFORT	G13-11	DGO.	24 58'40"	104 46'15"	2762500	523000	2900	597	76-91	15

ANEXO 2

Años con observaciones de pluviometría.

NUM.	ESTACION PLUVIOMETRICA	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1	SALOME ACOSTA												*****	*****	**	
2	SANTIAGO PAPASQUIARO					* *****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	**** *
3	IGNACIO ZARAGOZA												*****	*****	****	
4	EL TARAHUMAR												*****	*****	**** *	
5	CIENEGA DE ESCOBAR										****	*****	*****	*****	***	
6	TEPEHUANES									**	*****	*****	*****	*****		
7	GUANACEVI					* *****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	**** *
8	EL ZAPE												**	*****	*****	*
9	SARDINAS											****	*****	*****	*****	
10	INDE													*****	****	
11	SAN BERNARDO												**	*****	*****	
12	STA. MA. DEL ORO										**	*****	**	*****	**** *	
13	EL PALMITO				* ****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	**** *	
14	GRAL. ESCOBEDO												*	*****	*****	*
15	5 DE MAYO										*****	*****	*****	*****	*****	
16	PANUCO DE CORONADO										**	*****	*****	*****	**** *	
17	CONETO DE COMONFORT												***	*****	*****	*
18	CUAUHTEMOC												**	*****	*****	*
19	EL CASCO													*****	*****	*
20	EL CUARTO														**	
21	EL DERRAME											***	*****	*****	**	** *
22	HIGUERAS														*	
23	LUIS MOYA													****	***	*
24	NAZAS					* *****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	**** *
25	PEÑON BLANCO												***	*****	**** *	
26	RODEO									**	*****	*****	*	***	*****	**
27	SAN LUIS DEL CORDERO												***	*****	*****	*
28	SAN JUAN DEL RIO					* *****	*****	*****	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	**** *
29	SAN PEDRO DEL GALLO												***	*****	*	
30	PEÑOLES										*****	*****	*****	*****	*	
31	ATOTONILCO										*	*****	*****	*****	*****	
32	CAÑON DE FERNANDEZ				* *	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	**** *
33	CUENCAME					* *****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*

Continuación de Anexo 2 ...

NUM.	ESTACION PLUVIOMETRICA	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
34	12 DE DICIEMBRE												**	*****	*****		
35	YERBANIZ													*****	****	*	
36	LERDO									*****	*****	*****	*****	*****	*****	*	
37	AGUA PUERCA													*****	*****	*	
38	CEBALLOS								***	*****	*****	*****	****	*****	*		
39	LA CADENA													*****	*****		
40	MAPIMI									*	*****	*****	*****	*****	*	*	
41	TLAHUALILO									****	*****	*****	*****	*****	****	*	
42	TORTUGAS																
43	YERMO													***	**	* *	
44	ACATITA													**	*		
45	ESTANQUE DE LEON														*	*** *	
46	EL CUIJE					**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
47	FCO. I. MADERO																
48	LAS NIEVES										***	*****	*****	*****	*		
49	PARRAS						**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*	** *
50	PRESA COYOTE					****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*
51	PRESA GUADALUPE									****	*****	*	***	*****	*****	*	
52	SAN PEDRO									****	*****	*****	*****	*****	****	*	
53	VIESCA									****	*****	*****	*****	*****			
54	EMILIANO ZAPATA												*	*****	*		
55	SAN JUAN DE GPE.							**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*		
56	LA FLOR COAH.								***	*****	*****	*****	*****	*****	*		
57	SANTA CLARA								*	*****	*****	*****	*****	*****	*		
58	JUAN ALDAMA								**	*****	*****						
59	SIMON BOLIVAR									**	*****	*****	*****	*****	**		
60	RAMON CORONA									**	*****	*****	*****	*****			
61	CENID-RASPA												****	*****	****	**	
62	ESCALON CHIH.									****	*****	*****	*				
63	BAJIO DE AHUICHILA												****	*****	**	** *	
64	SAN FRANCISCO ZAC.												**	***	**		
65	CONGREGACION HIDALGO														*		
66	TANQUE AGUILEREÑO COAH.																



HIDROMETRIA

Luc DESCROIX (1)
Juan ESTRADA AVALOS (2)
Christophe BOUVIER (3)

Introducción.

Las características hidrológicas de la Región Hidrológica 36 están en relación directa con los parámetros climáticos: el agua es poco abundante sobre todo en la parte baja que depende para su abastecimiento de la parte alta; ésta, ubicada en la Sierra Madre Occidental, tiene una pluviometría mucho más importante que la Región Lagunera.

De hecho, los coeficientes de escurrimiento disminuyen de la sierra Madre hacia la Laguna, y así los ríos mayores conservan más o menos su gasto entre la sierra y su entrada en el desierto; los ríos menores tienen un gasto que decrece al pasar por zonas más secas. En las regiones con precipitaciones inferiores a los 350 mm, no existe escurrimiento organizado; las condiciones climáticas son características de las regiones áridas, con escurrimientos esporádicos, irregulares y pudiendo ser intensos pero que solo son de nivel local. En general, estos escurrimientos se pierden rápidamente en las playas y lagunas de evaporación; en esto las lagunas endorréicas de la RH 36 son típicas del clima continental árido. Aún en las zonas favorecidas de la Sierra Madre (Río Santiago, Tepehuanes y Sextín), la duración de la estación seca hace muy irregular el regimen anual, con gastos que disminuyen de octubre a mayo. En este período los escurrimientos se mantienen, aunque con volúmenes bajos, debido a la gran superficie forestal que permite conservar una reserva natural largo tiempo después de las lluvias.

Para este análisis los datos hidrométricos se obtuvieron de 10 estaciones de aforo que permitieron delimitar 10 subcuencas en la zona de escurrimiento organizado (Figura 1); otras tres subdivisiones están determinadas entre sí por parteaguas en la parte árida de la RH 36.

Una de estas 10 estaciones funciona desde 1929, la cual sirvió de base para la construcción de la presa Lázaro Cárdenas que comenzó su funcionamiento en 1946. Esta tiene un volumen de almacenamiento equivalente al volumen medio de 4 años de escurrimiento en su cuenca vertiente. El agua sirve totalmente para el abastecimiento de perímetros de riego localizados en la cuenca media del Nazas (Rodeo-Nazas), pero sobre todo en la parte baja de la Laguna.

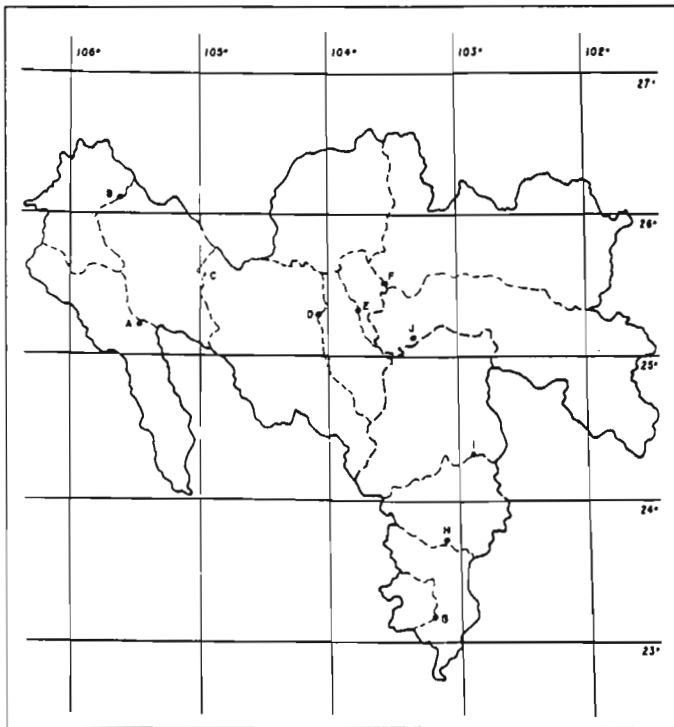
Las estaciones de aforo permiten conocer las características de cada subcuenca en materia de escurrimiento y aportación de agua; el tratamiento estadístico permite posteriormente hacer una previsión de lo que se puede razonablemente esperar del volumen escurrido.

Para llevar a cabo el estudio general de la RH 36, se dividió esta en 13 unidades hidrográficas basándose principalmente en la existencia de los registros históricos de los escurrimientos al mismo tiempo que su continuación hasta la fecha en las observaciones (Figura 1).

(1) Investigador ORSTOM, Gómez Palacio, Dgo.

(2) Investigador CENID-RASPA INIFAP-SARH, Gómez Palacio, Dgo.

(3) Investigador ORSTOM, Cd de México.

**Figura 1**

Ubicación geográfica de las estaciones hidrométricas y sus delimitaciones hidrográficas.

En el Cuadro 1 se presenta el inicio de las observaciones para cada estación hidrométrica.

Cuadro 1

Lista de las estaciones hidrométricas.

	E. Hidrométrica	Cauce	Inicio
A	Salomé Acosta	río Ramos	12-08-69
B	Sardinas	río Sextín	01-06-70
C	El Palmito	río Nazas	01-01-29
D	Agustín Melgar	río Nazas	01-02-70
E	Cañón de Fdz.	río Nazas	13-08-36
F	Los Angeles	río Nazas	23-03-64
G	El Sauz	río Aguanaval	01-09-28
H	Cazadero	río Aguanaval	19-12-56
I	San Francisco	río Aguanaval	12-08-76
J	La Flor	río Aguanaval	24-06-41

En seguida se hace una descripción general de cada una de ellas, además de presentar algunos parámetros físicos que se determinaron con la finalidad de tener una mejor caracterización de la RH 36.

Descripción de las Unidades Hidrográficas.

Las diferentes subcuencas de la RH 36 se pueden comparar, al nivel físico, por una serie de parámetros que pueden influenciar la concentración de las avenidas y el coeficiente de escurrimiento:

- * **la longitud de drenaje** (L, en km), es la suma de la longitud de cada río y arroyo de una cuenca vertiente;
- * **la densidad de drenaje** es esta misma longitud de drenaje (L), dividida por el área de la cuenca S (en km²);
- * **el coeficiente de compacidad** (CC) es un índice de la forma de la cuenca, que influye en la concentración de las aguas; se calcula de la manera siguiente:

$$CC = 0.28 \times P / S^{1/2}$$

con P = perímetro de la cuenca en kilómetros;

S = área de la cuenca en km²;

- * **el rectángulo equivalente** es el rectángulo teórico en el cual la concentración y el escurrimiento del agua serían los mismos que en la verdadera cuenca; se estima de la siguiente forma:

$$L = (CC \times S^{1/2}) / 1,12 \times (1 + (1 - (1,12 / CC)^2)^{1/2})$$

$$A = (CC \times S^{1/2}) / 1,12 \times (1 - (1 - (1,12 / CC)^2)^{1/2})$$

con L = longitud del rectángulo;

A = anchura del rectángulo;

CC = coeficiente de compacidad;

S = área de la cuenca en km²;

- * **la curva hipsométrica** es la distribución del área de la cuenca en función de su elevación.

Al igual que la curva hipsométrica, el coeficiente de compacidad es un parámetro numérico que se puede incorporar directamente en modelos hidrológicos, caracterizando la pendiente y la forma de la cuenca.

El cálculo de todos los anteriores parámetros se realizó a partir de las cartas Topográficas y de Hidrología Superficial editadas por el INEGI, en la escala de 1:250,000. A continuación se describe cada una de las 13 unidades hidrográficas de la RH 36, así como sus resultados obtenidos.

Subcuenca Salomé Acosta

Esta subcuenca se forma por las vertientes de los ríos Santiago y Tepehuanes, los cuales drenan en dirección Noroeste y Sureste, respectivamente. Estos ríos unen sus cauces 15 km aguas abajo de la ciudad de Santiago Papasquiaro, Dgo., dando origen al río Ramos. La estación hidrométrica Salomé Acosta se ubica a 8 km después de esta confluencia, siguiendo posteriormente el cauce en la dirección Noroeste hacia el embalse de la presa Lázaro Cardenas. La subcuenca se ubica entre los 24°00' y los 25°45' de latitud norte y los 105°00' y los 106°30' de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich, con una superficie de 7,128 km². La forma que presenta esta unidad se puede considerar alargada con orientación noroeste.

Parámetros físicos.

Esta subcuenca tiene la mayor capacidad de respuesta al influjo de la precipitación de la RH 36, dado que su densidad de drenaje de 0.33 es la más alta de todas las unidades hidrográficas, (Cuadro 2). Asimismo, es una de las que presentan forma más alargada con un ancho y largo de rectángulo equivalente de 24.04 km y 281.48 km, respectivamente. En cuanto a la hipsometría (Figura 2), ésta presenta la forma característica de las cuencas maduras, al igual que la subcuenca Sardinias (Figura 3). Esta similitud se explica dado que ambas están ubicadas en la Sierra Madre Occidental.

Cuadro 2

Parámetros físicos obtenidos para la subcuenca Salomé Acosta.

Perímetro de la subcuenca	519.2 km
Longitud de drenaje	2,219.0 km
Superficie de la subcuenca	7,128.0 km ²
Densidad de drenaje	0.33
Coefficiente de compacidad	2.08
Rectángulo equivalente :	
Largo	281.48 km
Ancho	24.04 km

Hidrometría

La estación hidrométrica se instaló con el objeto de conocer los volúmenes escurridos en este sitio además de observar las crecientes que drenan a la presa Lázaro Cárdenas. La estación cuenta con observaciones a partir del 12 de agosto de 1969 hasta la fecha, sin embargo, se cuenta únicamente con los registros procesados hasta diciembre de 1977 (boletines hidrológicos de la RH 36). A partir del 11 de julio de 1970 se cuenta con registro gráfico de los niveles del agua.

El gasto máximo reportado para este período fue de 712 m³.s⁻¹ registrado el 7 de agosto de 1973, mientras que el valor mínimo fue de 0.202 m³.s⁻¹, ocurrido el 28 de junio de 1976.

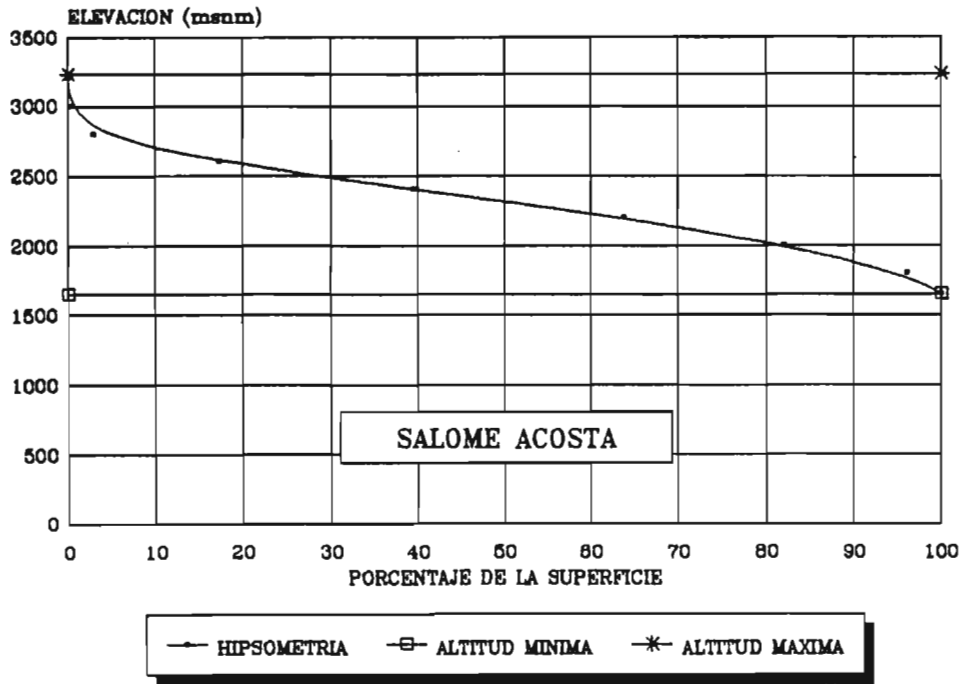


Figura 2

Distribución hipsométrica en la subcuenca Salomé Acosta.

Dentro de la subcuenca se ubican las siguientes estaciones pluviométricas: Santiago Papasquiario (73), Colonia Ignacio Zaragoza (80), Tepehuanes (77), y El Tarahumar (81). Esta última estación se localiza fuera de la subcuenca pero cercana a su parteaguas (Figura 1 de Pluviometría).

Subcuenca Sardinias

El cauce principal de esta subcuenca es el río Sextín o del Oro, el cual se origina en la Sierra Madre Occidental dentro del municipio de Guanacevi, Dgo. El cauce recibe importantes aportaciones de los arroyos Escobar, Lobos, Matalotes y Guanacevi. La estación hidrométrica que afora estos escurrimientos se ubica 400 m aguas arriba de la confluencia del río Sextin con el arroyo Sardinias. El cauce del río sigue posteriormente con dirección suroeste hasta llegar al embalse de la presa Lázaro Cárdenas. Esta subcuenca se ubica entre los 25°00' y 26°15' de latitud Norte y los 104° 45' y 105° 45' de longitud oeste al meridiano de Greenwich, teniendo una superficie de 4,659.7 km².

Parámetros físicos.

En el Cuadro 3 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca, presentando al igual que la subcuenca Salomé Acosta, alta capacidad de drenaje debido a sus carac-

terísticas orográficas. De hecho esta unidad genera el más alto gasto específico de la RH 36 (2.45 lt/s/m^2).

La hipsometría que presenta esta subcuenca se ilustra en la Figura 3, con altitudes que varían entre los 3,310 msnm y los 1,640 msnm.

Cuadro 3

Parámetros físicos obtenidos
para la subcuenca Sardinias.

Perímetro de la subcuenca	378.2 km
Longitud de drenaje	1,457.5 km
Superficie de la subcuenca	4,659.7 km ²
Densidad de drenaje	0.29
Coefficiente de compacidad	1.55
Rectángulo equivalente :	
Largo	166.74 km
Ancho	30.44 km

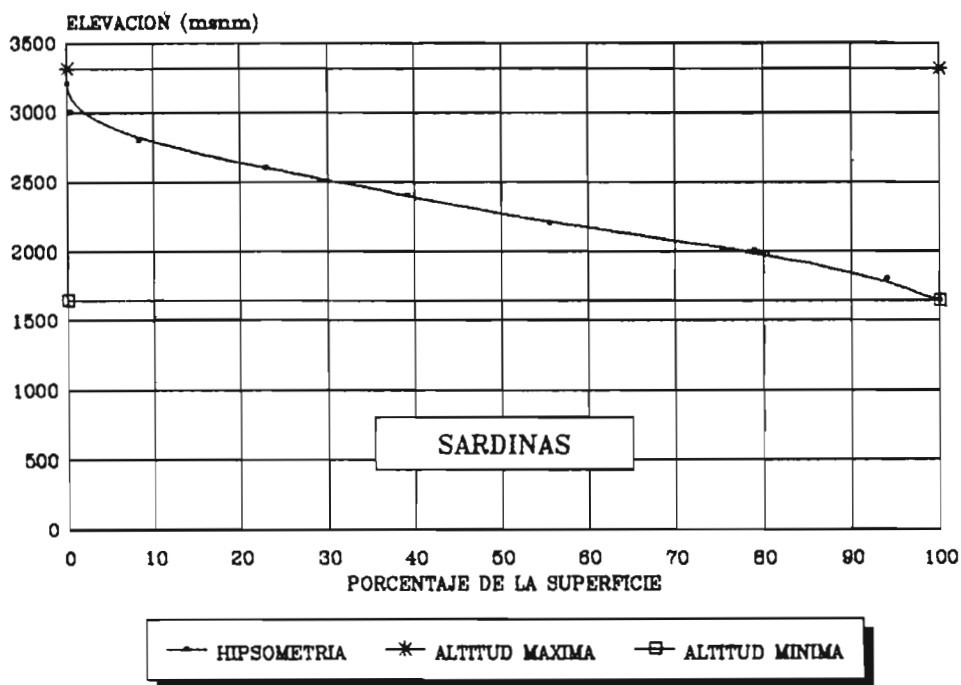


Figura 3

Curva hipsométrica de la subcuenca Sardinias.

Hidrometría

El objeto de la instalación de la estación hidrométrica Sardinas, al igual que en el caso de la estación Salomé Acosta, fue el de conocer los caudales que se aportan a la presa Lázaro Cárdenas desde estas vertientes. La estación funciona desde el 1 de junio de 1970 hasta la fecha. Se cuenta con sus registros procesados hasta diciembre de 1977, período en el cual se reporto un gasto máximo de $1,830 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ el 4 de agosto de 1973, el mínimo reportado fue de $0.82 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para el 3 de junio de 1976.

Dentro de la cuenca se tienen las estaciones pluviométricas de Guanacevi (31), El Zape (19) y Cienega de Escobar (15).

Subcuenca Palmito

El río Nazas se origina en esta subcuenca al unirse los cauces de los ríos Ramos y Sextín o del Oro, dentro del municipio de Indé, Dgo. Cuatro kilómetros abajo de esta confluencia se instaló la estación hidrométrica Palmito, con el objeto de realizar observaciones que posteriormente sirvieron de base en el diseño y construcción de la presa Lázaro Cárdenas. Esta subcuenca se ubica entre los $25^\circ 00'$ y $26^\circ 15'$ de latitud norte y los $104^\circ 45'$ y $105^\circ 45'$ de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich, con una superficie de $7,287.9 \text{ km}^2$. La cuenca presenta una forma que se puede asemejar a un rectángulo, teniendo orientación hacia el Norte en su parte mas alargada.

Parámetros físicos

En este caso, las características físicas se calcularon de dos formas :

- 1) Considerando únicamente el área comprendida por esta subcuenca,
- 2) Abarcando el área total drenada hasta la estación hidrométrica Palmito, incluyéndose las subcuencas Salomé Acosta y Sardinas (Cuadro 4).

En esta unidad hidrográfica se observa que la densidad de drenaje (0.24) disminuye en comparación de los dos anteriores (Salomé Acosta y Sardinas), disminuyendo a su vez, aunque debido tambien al decremento de la precipitación, la capacidad de aportación de los escurrimientos en esta zona. Asimismo, en la curva hipsométrica (Figura 4), se observa una mayor pendiente debido a la fase de trancisión de la Sierra Madre Occidental a la planicie en la RH 36.

Hidrometría

La estación hidrométrica Palmito se instaló el 1 de enero de 1929 con el objeto de registrar el comportamiento de los escurrimientos superficiales que sirvieran de base en el diseño de la presa Lázaro Cárdenas. Debido a las obras de construcción de esta y a partir de 15 de julio de 1936, la estación fue reubicada 1,300 m aguas abajo de su sitio original. Una vez en operación la presa, los patrones naturales de escurrimiento se alteraron por lo que el objetivo de la estación cambió por el de medir los volúmenes vertidos del vaso de almacenamiento, funcionando de igual manera hasta la fecha.

Cuadro 4

Parámetros físicos obtenidos para la subcuenca Palmito y el área total acumulada.

Parámetros físicos de la subcuenca Palmito	
Perímetro de la subcuenca	410.2 km
Longitud de drenaje	1,729.5 km
Superficie de la subcuenca	7,287.9 km ²
Densidad de drenaje	0.24
Coefficiente de compacidad	1.35
Parámetros físicos del área total acumulada de la cuenca Nazas hasta la estación Palmito	
Densidad de drenaje	0.29
Coefficiente de compacidad	1.90
Superficie acumulada	19,075.6 km ²
Rectángulo equivalente :	
Largo	417.3 km
Ancho	44.4 km

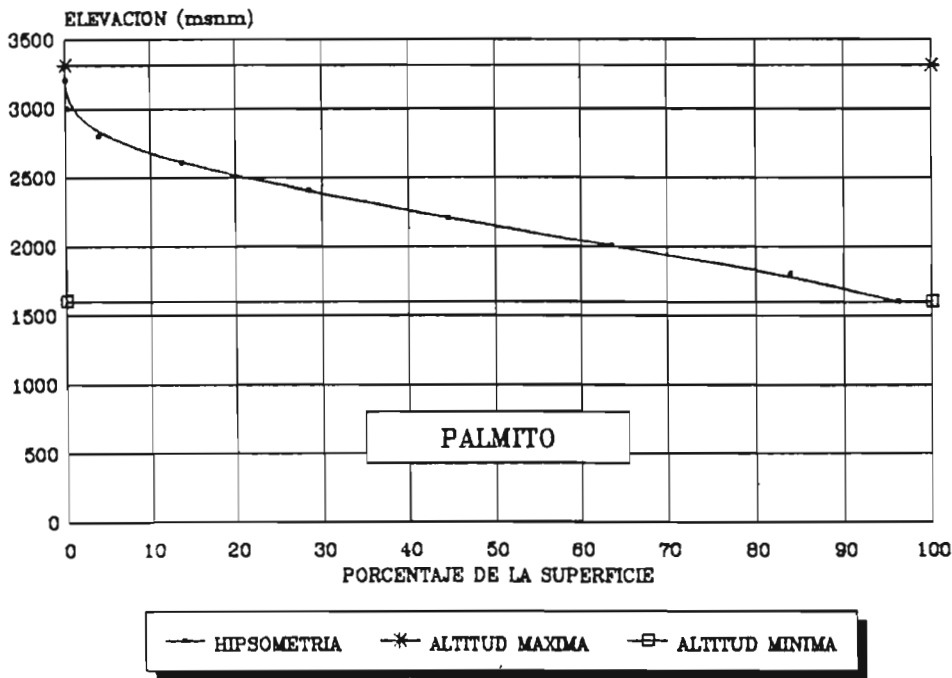


Figura 4

Hipsometría de la subcuenca Palmito.

La construcción de la presa se inició en el año de 1936 por la entonces Comisión Nacional de Irrigación, empezando su funcionamiento en julio de 1946. El objetivo de su construcción fue el de almacenar los escurrimientos superficiales para ser aprovechados en forma planificada por el riego agrícola, principalmente en la Comarca Lagunera. El almacenamiento original de la presa fue de 3,000 millones de metros cúbicos con una área de embalse de 11,122 ha. En el año de 1975, la estructura de la presa fue modificada, con lo que se amplió la capacidad total de la presa a 4,438 millones de metros cúbicos (2,873 millones para riego y azolves, y 1,565 millones de control y superalmacenamiento).

Los registros de la estación hidrométrica se dividen en los períodos establecidos antes y después del funcionamiento de la presa. Para el primer caso se tienen observaciones procesadas del 1 de enero de 1929 al 20 de junio de 1946, y del 21 de junio de 1946 al 31 de diciembre de 1977 para el segundo caso.

El máximo volumen registrado durante el primer período (régimen natural), fue de 2,635 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ el 27 de septiembre de 1936, mientras que el gasto mínimo se presentó el 10 de junio de 1941 con un valor de 0.180 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Dentro de la subcuenca se localizan las siguientes estaciones pluviométricas: Salome Acosta, Gral. Escobedo (30), Sardinas (68), San Bernardo (62), Santa María del Oro (64), Indé (33) y Palmito (27) (Figura 1 de Pluviometría).

Subcuenca Agustín Melgar

Después de la presa Lázaro Cárdenas, el cauce del río Nazas continúa con dirección sureste por espacio de 80 km aproximadamente, hasta llegar a la población de Rodeo, Dgo., cambiando posteriormente su dirección hacia el Oeste por una longitud de 30 km y después hacia el Noreste otros 50 km, llegando así al embalse de la presa Francisco Zarco.

Durante este trayecto, y dentro del área comprendida por esta subcuenca, los afluentes más importantes que recibe el río Nazas por su margen derecha son el río San Juan y el río Peñón, mientras que por su margen izquierda recibe al arroyo de San Luis del Cordero.

Aguas abajo de ésta última confluencia se ubica la estación hidrométrica Agustín Melgar que afora los escurrimientos superficiales antes de entrar al embalse de la presa Francisco Zarco.

La subcuenca se desarrolla entre los 24°10' y 25°45' de latitud norte y los 103°30' y 105°00' de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich. La superficie de la subcuenca hasta el sitio de la estación es de 11,776.6 km^2 , teniendo una forma alargada con orientación noroeste, con su menor amplitud hacia su extremo Sur y su máxima hacia el extremo Norte.

Parámetros físicos

Los parámetros físicos para esta subcuenca y para el área total acumulada hasta la estación de aforo Agustín Melgar se muestran en el Cuadro 5. En este caso, la longitud de drenaje se estima principalmente hacia el Sur de la unidad hidrográfica, a partir de los ríos San Juan y Peñón. También, en esta porción de la subcuenca se encuentran las mayores altitudes originadas por la sierra de Gamón. Esto se puede observar en la curva hipsométrica (Figura 5), donde el 30 por ciento de la superficie total tiene elevaciones superiores a los 2,200 msnm.

Cuadro 5

Parámetros físicos obtenidos para la subcuenca Agustín Melgar y el área total acumulada.

Parámetros físicos de la subcuenca Agustín Melgar	
Perímetro de la subcuenca	537.2 km
Longitud de drenaje	3,484.0 km
Superficie de la subcuenca	11,776.6 km ²
Densidad de drenaje	0.30
Coefficiente de compacidad	1.39
Parámetros físicos del área total acumulada de la cuenca Nazas hasta la estación Agustín Melgar	
Densidad de drenaje	0.29
Coefficiente de compacidad	2.15
Superficie acumulada	30,852.2 km ²
Rectángulo equivalente :	
Largo	618.9 km
Ancho	48.9 km

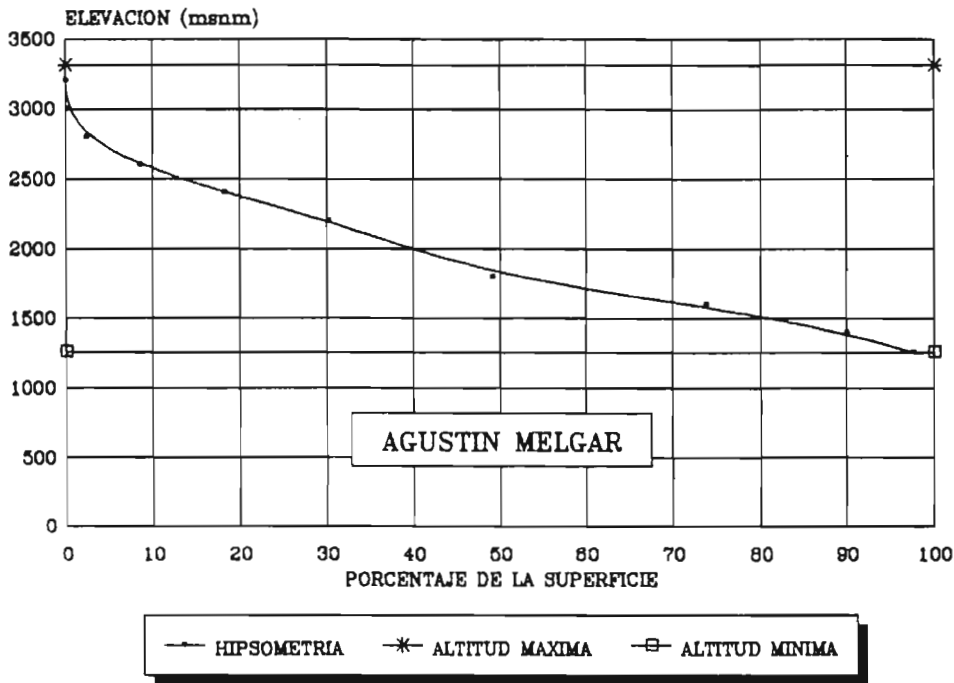


Figura 5

Curva hipsométrica de la subcuenca Agustín Melgar.

Hidrometría

La estación hidrométrica Agustín Melgar se instaló con el objeto de cuantificar las aportaciones de esta subcuenca antes de entrar a la presa Francisco Zarco, después de haber sido controlados los escurrimientos aguas arriba en la presa Lázaro Cárdenas. La estación empezó a funcionar desde el 2 de febrero de 1970 hasta la fecha, contándose con los aforos procesados hasta diciembre de 1977.

Durante este período se registró un máximo gasto máximo de $581 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ el 27 de septiembre de 1970, mientras que el mínimo se reportó el 7 de mayo de 1975 con $0.111 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

En esta parte media de la RH 36 se encuentra la mayor densidad de estaciones pluviométricas, ubicándose dentro de esta subcuenca, El Casco (23), San Luis del Cordero (66), Nazas (45), Rodeo (57), Higueras(32), Coneto de Comonfort (82), San Juan del Río (72), Panuco de Coronado(54), Peñón Blanco (53), Luis Moya (35) y Cuauhtemoc (10).

Subcuenca Cañón de Fernández

Después de la estación Agustín Melgar, el cauce del río Nazas sigue en dirección oeste por espacio de unos 25 km hasta recibir por su margen derecha el arroyo Cuencamé, siendo éste el más importante afluente de esta subcuenca. Tres kilómetros aguas abajo de esta confluencia se ubica la estación hidrométrica Cañón de Fernández, cuyos registros observados sirvieron de base en el diseño y construcción de la presa Francisco Zarco que inició su funcionamiento en 1968.

La subcuenca se desarrolla entre los $24^\circ 30'$ y $25^\circ 40'$ de latitud norte y $103^\circ 30'$ y $104^\circ 05'$ de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich, con una superficie de $3,335 \text{ km}^2$.

Al igual que la subcuenca Agustín Melgar, se puede decir que esta subcuenca presenta forma alargada con orientación noroeste, encontrándose su menor amplitud hacia el Norte de la misma.

Parámetros físicos

En el Cuadro 6 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la subcuenca se presenta en la Figura 6.

Hidrometría

La estación hidrométrica Cañón de Fernández empezó su funcionamiento el 13 de agosto de 1936, con el objetivo de conocer los regimenes del río Nazas en este sitio para su aprovechamiento futuro. De esta forma, los registros fueron utilizados en el diseño y construcción de la presa Francisco Zarco ("las Tortolas") que empezó su operación el 12 de marzo de 1968. A partir de esta fecha, el objetivo de la estación cambió por el de medir las extracciones y desfuegos de la presa Francisco Zarco. La estación hidrométrica no ha cambiado de sitio desde su instalación. El gasto máximo reportado antes del funcionamiento de la presa fue de $2,280 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ el día 28 de septiembre de 1936, en tanto que el mínimo fue $0.0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ presentándose entre el 21 de mayo y el 2 de junio de 1954. Para los escurrimientos controlados por la presa, el gasto máximo fue de $1,738 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ el 15 de septiembre de 1968.

Cuadro 6

Parámetros físicos obtenidos para la subcuenca Cañón de Fernández y el área total acumulada.

Parámetros físicos de la subcuenca C. de Fernández	
Perímetro de la subcuenca	253.8 km
Longitud de drenaje	1,180.3 km
Superficie de la subcuenca	3,335.0 km ²
Densidad de drenaje	0.31
Coefficiente de compacidad	1.23
Parámetros físicos del área total acumulada de la cuenca Nazas hasta la estación C. de Fernández	
Densidad de drenaje	0.30
Coefficiente de compacidad	2.09
Superficie acumulada	34,187.2 km ²
Rectángulo equivalente :	
Largo	364.58 km
Ancho	52.64 km

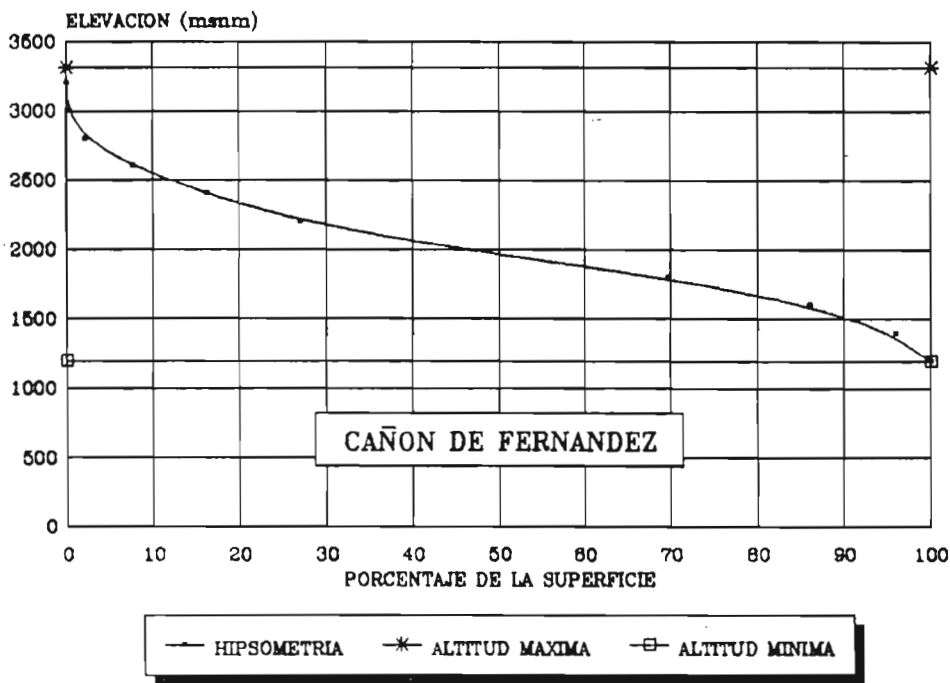


Figura 6

Distribución de la hipsometría en la subcuenca Cañón de Fernández.

La construcción de la presa Francisco Zarco se estableció dentro del Plan de Rehabilitación de la Comarca Lagunera en el año de 1966, con el objetivo de aprovechar en forma mas eficiente las extracciones y derrames de la presa Lázaro Cárdenas, así como los escurrimientos generados en la parte media de la cuenca, controlando de esta forma avenidas extraordinarias. La presa tuvo un almacenamiento inicial de 300 millones de metros cúbicos de los cuales 235 millones estaban disponibles. Posteriormente y con el objeto de aumentar la seguridad de la presa, se elevó su cortina aumentando su almacenamiento total a 430 millones de metros cúbicos.

Hacia el Suroeste de la presa Francisco Zarco, dentro de esta subcuenca, se localiza la presa Las Mercedes que almacena los escurrimientos del arroyo La Fe con propósitos de riego. La presa tiene una capacidad de almacenamiento de dos millones de metros cúbicos.

Dentro de esta subcuenca se ubican las estaciones pluviométricas de Cuencamé (9), Yerbanis (79), 12 de diciembre (1), Atotonilco (3) y Cañón de Fernández (7).

Subcuenca Los Angeles

Aguas abajo de la presa Francisco Zarco, el cauce del río Nazas fluye por espacio de 20 km en dirección norte, a través del Cañón de Fernández, para posteriormente cambiar con rumbo sureste dirigiéndose hacia las ciudades de Lerdo, Gómez Palacio y Torreón. La estación hidrométrica Los Angeles se localiza a 4 km aguas arriba de Ciudad de Lerdo, Dgo., en la población riverense del mismo nombre. Esta subcuenca se ubica entre los 25° 05' y 25° 45' de latitud norte, y los 103° 30' y 103° 55' de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich, con una superficie de 1,389 km². La forma que presenta es alargada con orientación hacia el Norte.

Parámetros Físicos

En el Cuadro 7 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la subcuenca se presenta en la Figura 7.

Hidrometría

Después de la estación hidrométrica Los Angeles, el río Nazas sigue su cauce por espacio de 2 km hasta llegar a la presa derivadora San Fernando, a partir de la cual el agua se conduce por una serie de canales revestidos para ser utilizados en el riego agrícola. La estación hidrométrica se instaló con el propósito de conocer los volúmenes de agua antes de ser distribuidos, empezando su funcionamiento el 23 de marzo de 1964. Se cuenta con los años completos de observación a partir de 1970 a la fecha, teniéndose procesados los registros hasta Diciembre de 1977.

Para este período el gasto máximo fue de 153.5 m³.s⁻¹ el 19 de agosto de 1973, mientras que el gasto mínimo fue de 0.0 m³.s⁻¹ para diferentes fechas del registro, (en 1991 fue estimado un volumen máximo aproximado 600 m³ s⁻¹).

En esta subcuenca no se localiza ninguna estación pluviométrica.

Cuadro 7

Parámetros físicos obtenidos para la subcuenca Los Angeles y área total acumulada.

Parámetros físicos de la subcuenca Los Angeles	
Perímetro de la subcuenca	186.8 km
Longitud de drenaje	253.8 km
Superficie de la subcuenca	1,389.0 km ²
Densidad de drenaje	0.18
Coefficiente de compacidad	1.40
Parámetros físicos del área total acumulada de la cuenca Nazas hasta la estación Los Angeles	
Densidad de drenaje	0.29
Coefficiente de compacidad	2.16
Superficie acumulada	35.576.2 km ²
Rectángulo equivalente :	
Largo	673.03 km
Ancho	52.58 km

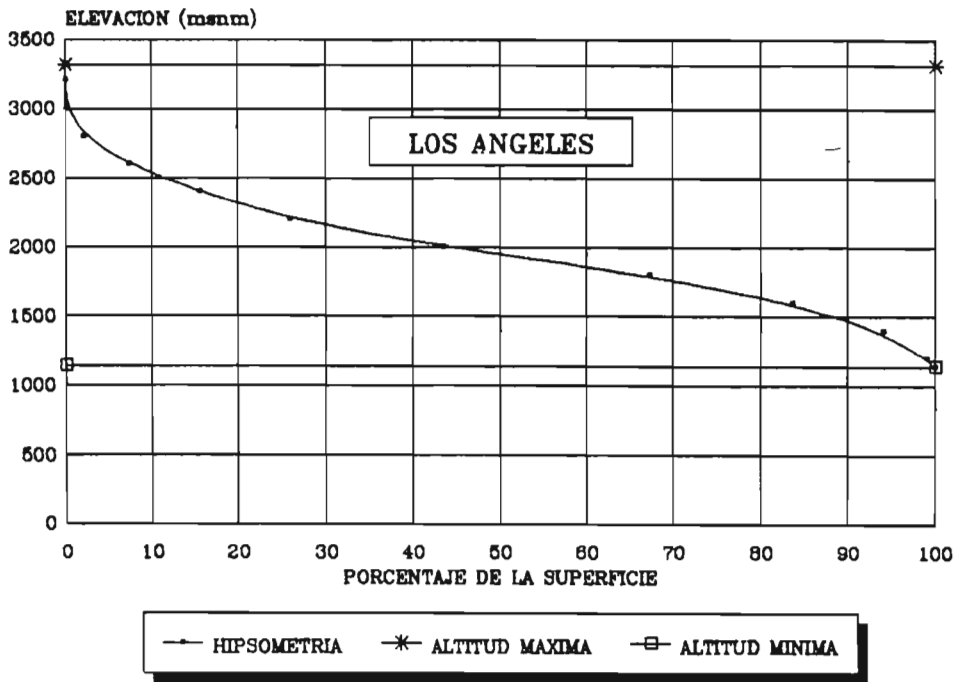


Figura 7

Curva hipsométrica de la subcuenca Los Angeles.

Subcuenca El Sauz

Esta unidad hidrográfica es drenada por el cauce del río San Francisco o de los Lazos, formado por varios arroyos que escurren desde la cordillera “Moneda de cinco pesos”, al Oeste de la subcuenca, y de los cerros Grande y Colorado al Sur de la misma. Esta se desarrolla entre los 23° 00' y 23° 30' de latitud norte y los 103° 10' y 103° 40' de longitud oeste al meridiano de Greenwich, con una superficie de 1,327.6 km². La forma que presenta se asemeja a un círculo con bordes irregulares. La dirección general del drenaje es hacia el Sureste. La estación hidrométrica que afora los escurrimientos se instaló 1,000 m aguas abajo de la cortina de la presa Leobardo Reynoso dentro del municipio de Fresnillo Zacatecas.

Parámetros físicos.

En el Cuadro 8 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la subcuenca se presenta en la Figura 8.

Cuadro 8

Parámetros físicos obtenidos
para la subcuenca El Sauz

Perímetro de la cuenca	85.8 km
Longitud de drenaje	373.75 km
Superficie de la cuenca	1,327.6 km ²
Densidad de drenaje	0.29
Coeficiente de compacidad	1.44
Rectángulo equivalente :	
Largo	74.98 km
Ancho	17.10 km

Hidrometría

La estación hidrométrica El Sauz se instaló el 1 de septiembre de 1928 con el objetivo de realizar observaciones de los escurrimientos que sirvieron de base en el diseño y construcción de la presa Leobardo Reynoso, la cual empezó su funcionamiento el 1 de junio de 1949. A partir de esta fecha el patron natural de los escurrimientos se vió alterado, cambiando el objetivo de la estacion de aforo por el de medir las extracciones y derrames de la presa operando de la misma forma hasta la fecha.

La presa Leobardo Reynoso tiene una capacidad total de 76.1 millones de m³, de los cuales, cinco millones fueron destinados para el depósito de azolves. El agua almacenada es utilizada principalmente en el riego de superficies agrícolas que se distribuye a través de una red de canales. El área de embalse de la presa a la cota de su vertedor de demasias (2,123.75 msnm) es de 996 ha.

El volumen máximo reportado durante el primer período de observaciones (antes de la construcción de la presa), fue de 274 m³.s⁻¹ el día 25 de septiembre de 1928, mientras que el gasto mínimo fue de 0.0 m³.s⁻¹ presentándose en diferentes fechas del funcionamiento de la estación. Dentro de la cuenca se ubica únicamente la estación pluviométrica El Sauz (20).

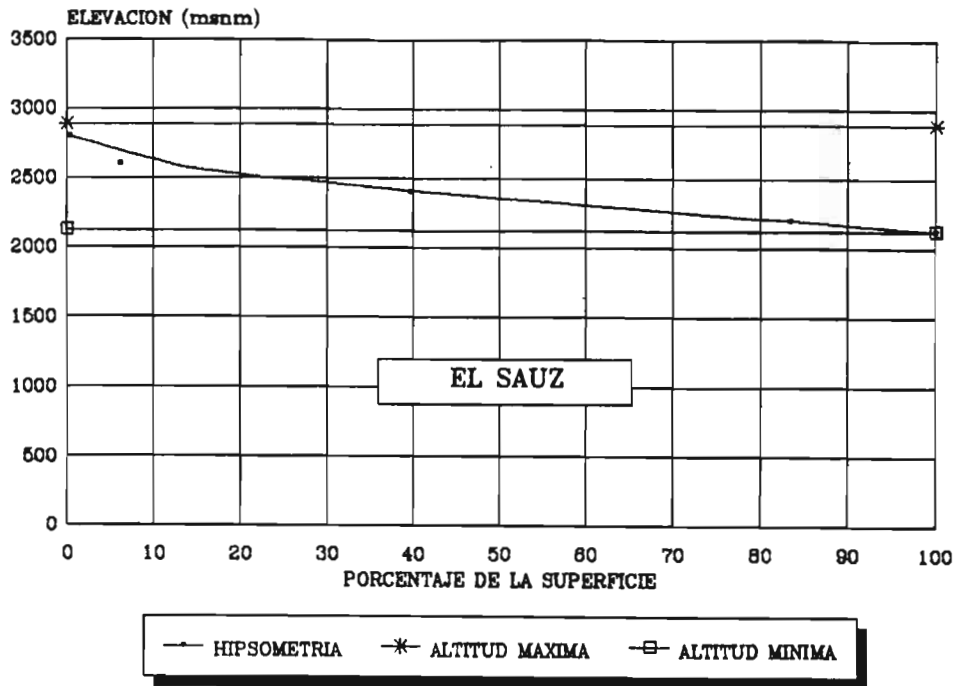


Figura 8

Hipsometría de la subcuenca El Sauz.

Subcuenca Cazadero

Esta subcuenca se drena en su parte alta mediante el cauce del río Chico, desde una altura de 2,770 msnm, siendo este el origen de la red hidrográfica que forma el río Aguanaval. El río Chico recibe dos afluentes de consideración en su trayecto; el arroyo El Arenal que desemboca por su margen derecha y el río de los Lazos que converge por su margen izquierda. En el primero de ellos se localiza la presa Santa Rosa a 2.5 km aguas arriba de su convergencia, en tanto que en el segundo afluente se construyó la presa Leobardo Reynoso, a 10 km aguas arriba de su unión con el río Chico. Después de esta última confluencia al cauce se le conoce como río Trujillo, el cual presenta un tramo de composición arenosa que ocasiona la infiltración de los escurrimientos que sólo en grandes avenidas pueden fluir aguas abajo. Después de un recorrido de 70 km el río Trujillo desemboca sus aguas a la presa Cazadero, 5 km aguas abajo del afluente izquierdo río Sain Alto.

La subcuenca se define entre los 22° 45' y 23° 45' de latitud norte y los 102° 50' y 103° 45' de longitud oeste al meridiano de Greenwich, con un área de 3,756.2 km². La estación hidrométrica que afora esta unidad hidrográfica se localiza 1,500 m aguas abajo de la presa Cazadero.

Parámetros físicos.

En el Cuadro 9 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la subcuenca se presenta en la Figura 9.

Cuadro 9

Parámetros físicos para la subcuenca Cazadero y el área total acumulada.

Parámetros físicos de la subcuenca Cazadero	
Perímetro de la subcuenca	322.4 km
Longitud de drenaje	1,021.3 km
Superficie de la subcuenca	3,756.2 km ²
Densidad de drenaje	0.27
Coefficiente de compacidad	1.47
Parámetros físicos del área total acumulada de la cuenca Aguanaval hasta la estación Cazadero	
Densidad de drenaje	0.275
Coefficiente de compacidad	1.56
Superficie acumulada	5,083.8 km ²
Rectángulo equivalente :	
Largo	168.05 km
Ancho	30.11 km

Hidrometría

En esta subcuenca se pueden precisar dos períodos de observación para los escurrimientos considerando la fecha del inicio de operación de la presa Cazadero, es decir, antes y después de su funcionamiento.

- Para el primer caso se tienen los registros de las estaciones hidrométricas Cazadero I, desde el 19 diciembre de 1956 hasta el 31 de octubre de 1961, y Cazadero II, a partir del 1 de octubre de 1961 al 18 de junio de 1964, fecha en la cual la presa Cazadero empezó su almacenamiento. La estación Cazadero I fue suspendida al quedar ubicada sobre el vertedor de demasias de la presa.

- Para el segundo período de observación la estación Cazadero II registra las descargas y desfuegos del embalse desde su inicio de operación a la fecha. Se cuenta con los datos procesados hasta diciembre de 1977.

El gasto máximo registrado antes del funcionamiento de la presa fue de 424 m³.s⁻¹ el día 25 de agosto de 1959, mientras que el mínimo se registro el día 20 de abril de 1957 con 0.012 m³.s⁻¹.

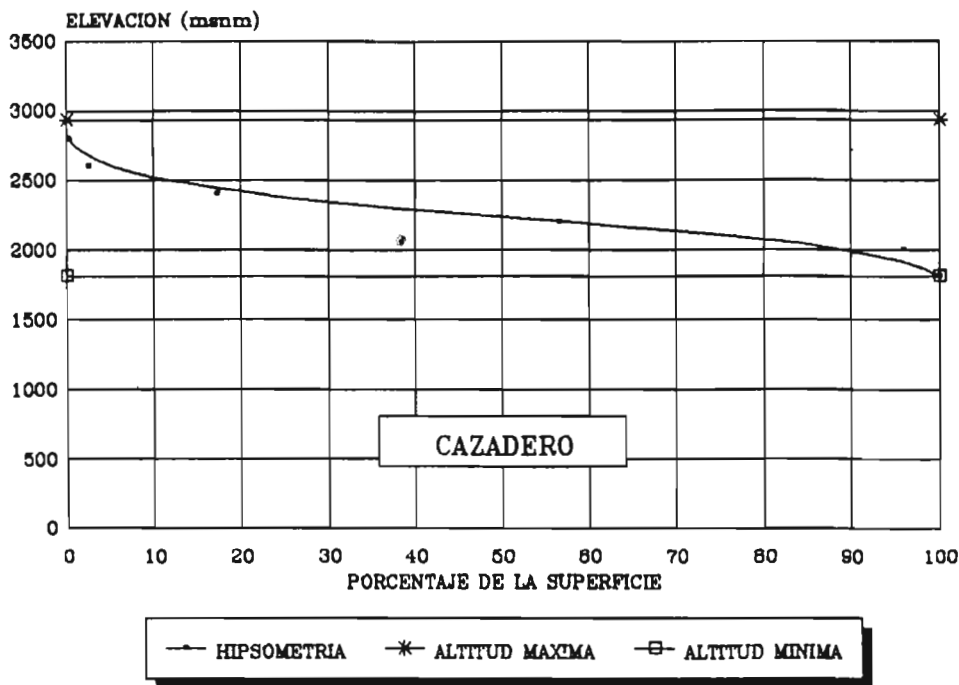


Figura 9

Distribución hipsométrica de la subcuenca Cazadero.

Una vez en funcionamiento la presa, el gasto máximo fue de $713.3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ el 15 de agosto de 1973, en tanto que el mínimo fue de $0.0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para varias fechas de observación.

La capacidad total de la presa Cazadero es de 30.9 millones de metros cúbicos de los cuales 8 están destinados para azolves. El área de embalse a la cota del vertedor de demasias es de 688 ha. Los almacenamientos son aprovechados para un riego planeado de 3,400 ha.

En la parte alta de esta subcuenca los escurrimientos son aprovechados mediante la presa Santa Rosa que se localiza sobre el arroyo El Arenal. Esta inició su funcionamiento en el año de 1939 estando a cargo de su construcción la entonces Comisión Nacional de Irrigación. Cuenta con una capacidad de almacenamiento de 14.5 millones de metros cúbicos que permiten irrigar 500 hectáreas de cultivos. La presa es alimentada por los escurrimientos del arroyo que cuenta con una área de captación de 37.5 km^2 , además de los escurrimientos derivados del río Chico a través de un canal de 2.5 km de longitud, con áreas de cuenca hasta la obra derivadora de 195 km^2 .

En esta subcuenca se ubican las estaciones pluviométricas de Cazadero (11) y Fresnillo (29).

Subcuenca San Francisco

Aguas abajo de la presa Cazadero el río, a partir de aquí mejor conocido por el nombre de río Aguanaval, sigue su cauce con dirección noreste por espacio de 30 km, pasando por la población de Río Grande para llegar posteriormente a Paso Blanco. A partir de este poblado cambia su orientación hacia el Norte para dirigirse a la localidad de San Francisco, lugar donde se sitúa la estación hidrométrica del mismo nombre.

Esta subcuenca se desarrolla entre los 23° 40' y los 24° 25' de latitud norte y los 102° 40' y los 103° 40' de longitud oeste al meridiano de Greenwich. Cuenta con un área de 5,109.1 km² de forma irregular.

Parámetros físicos.

En el Cuadro 10 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la subcuenca se presenta en la Figura 10.

Cuadro 10

Parámetros físicos
obtenidos para la
subcuenca San
Francisco y el
área total
acumulada.

Parámetros físicos de la subcuenca San Francisco	
Perímetro de la subcuenca	287.8 km
Longitud de drenaje	1,199.25 km
Superficie de la subcuenca	5,109.1 km ²
Densidad de drenaje	0.24
Coefficiente de compacidad	1.13
Parámetros físicos del área total acumulada de la cuenca Aguanaval hasta la estación San Francisco	
Densidad de drenaje	0.255
Coefficiente de compacidad	1.63
Superficie acumulada	10,192.9 km ²
Rectángulo equivalente :	
Largo	253.28 km
Ancho	40.11 km

Hidrometría

El cauce del río Aguanaval recibe diferentes arroyos a lo largo de su trayecto en esta subcuenca, sobresaliendo los afluentes derechos El Aguila, Mazapil y La Cantera, que tienen su origen en la sierra Guadalupe a una altura aproximada a los 2,500 msnm. La estación hidrométrica empezó su funcionamiento el 12 de agosto de 1976 con el objeto de conocer el régimen hidráulico del río Aguanaval para su posterior utilización en estudios regionales. La estación funciona normalmente hasta la fecha. Se cuenta con la información procesada de 1976 y 1977.

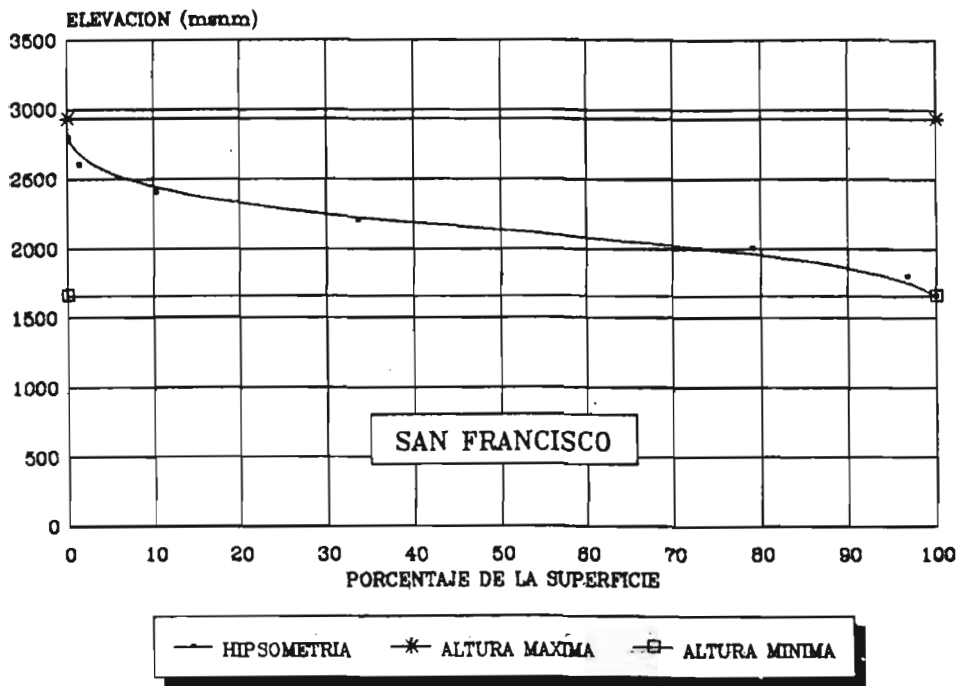


Figura 10

Hipsometría de la subcuenca San Francisco.

Subcuenca La Flor

Después de la estación hidrométrica San Francisco, el río Aguanaval sigue en dirección Norte hasta el poblado Nueva Reforma, para posteriormente dirigirse hacia la población San Juan de Guadalupe con orientación noreste. A continuación el cauce cambia de rumbo hacia el Noroeste para llegar a donde se localiza la estación hidrométrica La Flor.

La subcuenca se ubica entre los $24^{\circ} 00'$ y $25^{\circ} 15'$ de latitud norte y los $102^{\circ} 40'$ y $103^{\circ} 40'$ de longitudinal oeste del meridiano de Greenwich.

El área de la subcuenca es de $9,607.4 \text{ km}^2$, asemejando su forma a un rectángulo teniendo su parte más alargada una orientación Sur - Norte.

Parámetros físicos.

En el Cuadro 11 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la cuenca se presenta en la Figura 11.

Cuadro 11
 Parámetros físicos
 obtenidos para la
 subcuenca La Flor y el
 área total acumulada.

Parámetros físicos de la subcuenca La Flor	
Perímetro de la subcuenca	421.0 km
Longitud de drenaje	2,559.5 km
Superficie de la subcuenca	9,607.4 km ²
Densidad de drenaje	0.27
Coefficiente de compacidad	1.20
Parámetros físicos del área total acumulada de la cuenca Aguanaval hasta la estación La Flor	
Densidad de drenaje	0.26
Coefficiente de compacidad	1.63
Superficie acumulada	19,800.3 km ²
Rectángulo equivalente :	
Largo	351.96 km
Ancho	55.74 km

Hidrometría

La estación hidrométrica se ubica sobre el lecho del río Aguanaval, entre la presa derivadora Sombretillo que drena hacia el canal del mismo nombre, y antes de la presa derivadora La Flor. La estación empezó su funcionamiento el 24 de junio de 1941, con el objeto de conocer los volúmenes vertidos por el Aguanaval antes de la presa derivadora La Flor. A partir del 11 de junio de 1941 se iniciaron las lecturas gráficas del limnógrafo.

Las aportaciones más importantes que recibe el Aguanaval en este trayecto son: arroyo de Reyes con una cuenca de 718 km²; arroyo de Santa Clara o Río Santiago con un área de cuenca de 2,844 km²; y el arroyo Mezamitote con un área aportadora de 718 km².

Sobre al arroyo Santa Clara se localiza la presa Los Naranjos con una capacidad de almacenamiento de 26 millones de metros cúbicos. Se contruyó con fines agrícolas para irrigar un área de 2,300 ha.

Las estaciones pluviométricas que se ubican dentro de esta subcuenca, son: Ramón Corona, Juan Aldama (34), Santa Clara (70), Simon Bolivar (58) y San Juan de Guadalupe (69).

Subcuenca Viesca

Esta subcuenca es el colector general del cauce del río Aguanaval, el cual aporta en este punto un promedio de 300 millones de metros cúbicos cada año. La utilización de los escurrimientos es principalmente agrícola, siendo empleados principalmente por los canales de riego Sombretillo y La Flor.

La subcuenca se ubica entre los 24°20' y 25°40' de latitud norte y los 101°30' y 103°40' de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich. El área es de 13,604.5 km². La forma, aunque irregular, se presenta alargada con orientación que predomina hacia el Noroeste.

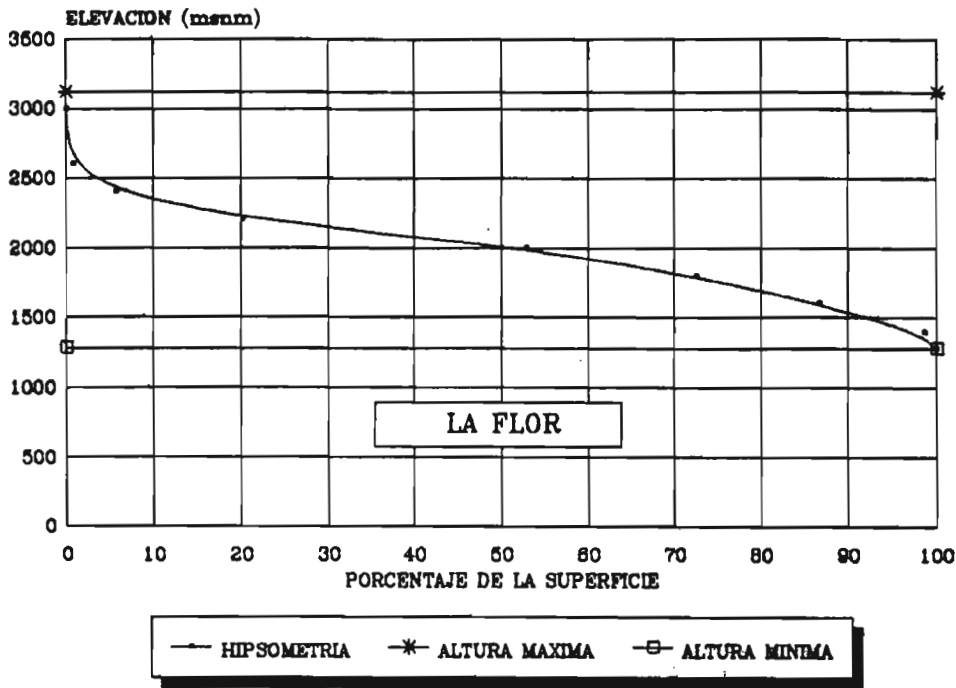


Figura 11

Curva hipsométrica de la subcuenca La Flor.

Parámetros físicos

En el Cuadro 12 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la subcuenca se presenta en la Figura 12.

Cuadro 12
Parámetros físicos obtenidos para la subcuenca Viesca

Perímetro de la cuenca	713.8 km
Longitud de drenaje	1,751.3 km
Superficie de la cuenca	13,604.5 km ²
Densidad de drenaje	0.13
Coefficiente de compacidad	1.93

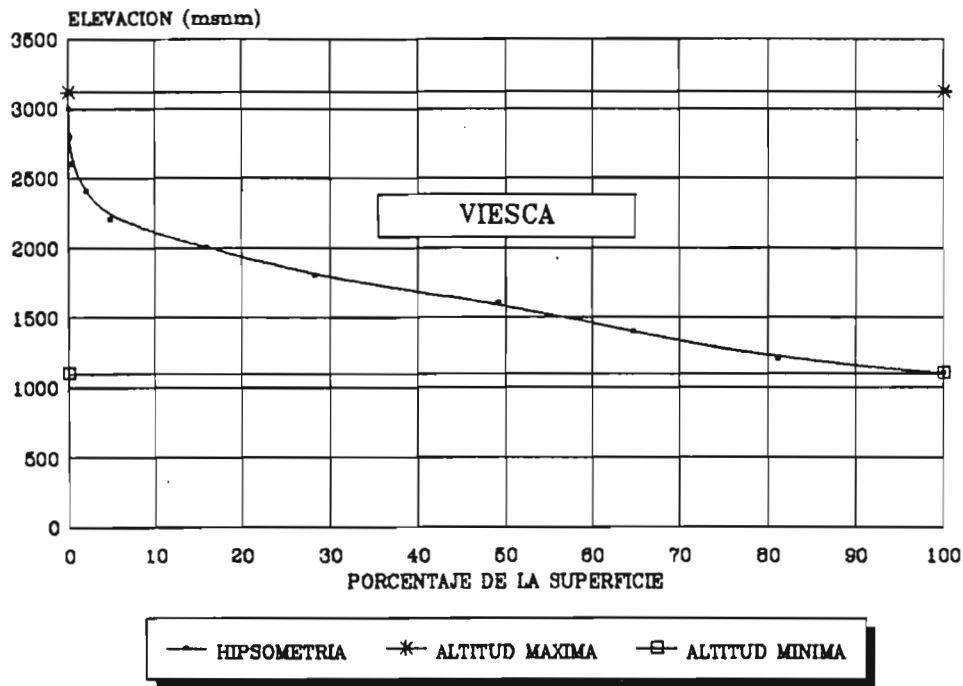


Figura 12

Curva hipsométrica de la subcuenca Viesca.

Hidrometría

Los escurrimientos provenientes del río Aguanaval son aprovechados mediante una serie de canales revestidos, principalmente el de Sombreretillo y el de La Flor, los cuales irrigan un área de 3,196 ha y 1,395 ha, respectivamente.

Las obras más comunes de aprovechamiento en la región son del tipo de abrevadero y captación de lluvia *in situ* para la producción de cultivos básicos. Estas obras se realizan generalmente en programas gubernamentales o por la iniciativa privada en pequeñas propiedades principalmente ganaderas.

Las estaciones pluviométricas que se ubican en la subcuenca son: La Ventana (38), Viesca (78), Bajío de Ahuichila (6) y La Rosita (39).

Subcuenca Mayrán

Esta subcuenca es el colector general del río Nazas y la región con mayor desarrollo, en un principio agrícola, y actualmente también industrial y comercial. Los escurrimientos son aprovechados por una red de canales revestidos que conducen el agua a diferentes puntos de la Comarca Lagunera para irrigar las superficies de diversos cultivos. Los volúmenes que se reciben son de alrededor de 1,200 millones de metros cúbicos por año para el riego, complementándose este con la extracción de agua subterránea.

La subcuenca se desarrolla entre los 25° 20' y los 26° 40' de latitud norte y los 101° 40' y 103° 40' de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich. El área es de 15,172.2 km², presentado una forma alargada con sus extremos orientados en dirección Este - Oeste.

Parámetros físicos

En el Cuadro 13 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la subcuenca se presenta en la Figura 13.

Cuadro 13
Parámetros físicos obtenidos
para la subcuenca Mayrán.

Perímetro de la cuenca	709 km
Longitud de drenaje	1,089 km
Superficie de la cuenca	15,172.2 km ²
Densidad de drenaje	0.105
Coefficiente de compacidad	1.57

Hidrometría

Esta subcuenca no es aportadora de escurrimientos hacia el cauce del río Nazas, sin embargo, se pueden encontrar aprovechamientos de los escurrimientos provenientes de cerros para abrevaderos, o bien para la captación *in situ* de la lluvia con fines agrícolas. Estas obras se realizan principalmente en programas de desarrollo implementados por el Gobierno Estatal y/o Federal. En esta subcuenca se ubica la localidad de Parras de la Fuente, la cual cuenta con un manantial importante proveniente de la sierra de Parras. Sus escurrimientos tienen diferentes usos.

Esta subcuenca cuenta con las siguientes estaciones pluviométricas: Lerdo, Presa Coyote, CENID-RASPA (13), El Cuije (26), Fco. I. Madero (28), San Perdo (63), Tlahualilo (76), Las Nieves (36), Estanque del León (22) y Parras (51).

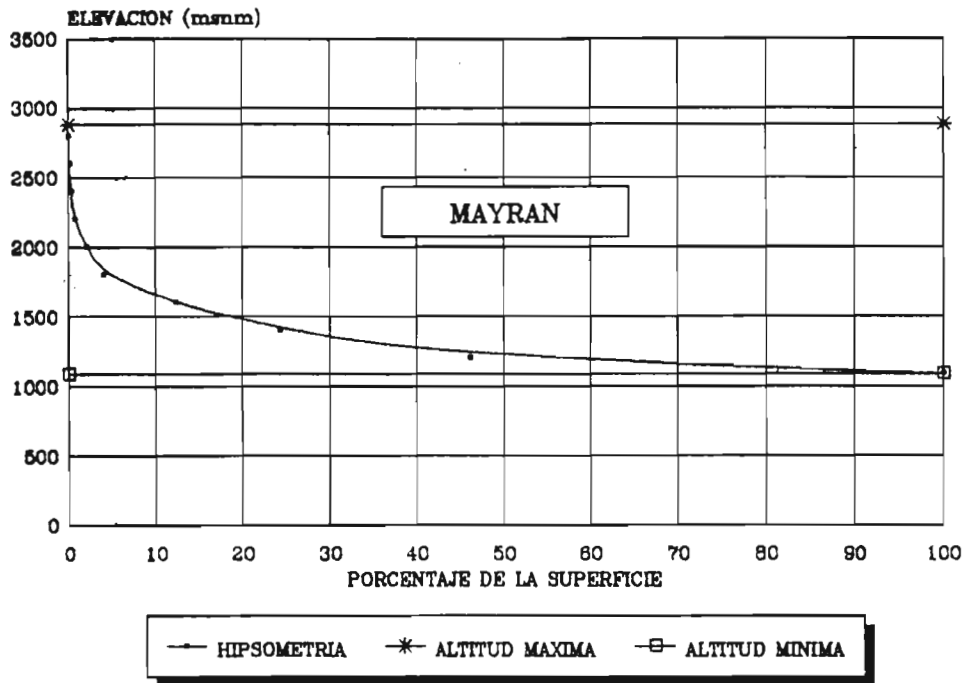


Figura 13

Distribución hipsométrica de la subcuenca Mayrán.

Subcuenca Bolsón Sur

Al Norte del río Nazas se localiza la fracción Sur del Bolsón de Mapimí considerada dentro de la RH 36. Esta región está formada por una cuenca endorréica que se desarrolla entre los 25° 35' y los 26° 40' de latitud norte y los 103° 30' y 104° 30' de longitud oeste al meridiano de Greenwich. El límite de esta zona con respecto a la laguna de Mayrán es de muy difícil definición debido a la falta de sistemas orográficos en este sentido, por lo que se consideró el aspecto fisiográfico para su división, encontrándose un área de 7,552.4 km². La forma que presenta se asemeja a un cuadrado con longitud por lado de 90 km, aproximadamente.

Parámetros físicos.

En el Cuadro 14 se muestran los parámetros físicos determinados para esta subcuenca.

La hipsometría de la subcuenca se presenta en la Figura 14.

Cuadro 14
Parámetros físicos obtenidos
para la subcuenca Bolsón Sur.

Perímetro de la cuenca	346.2 km
Longitud de drenaje	1,639.75 km
Superficie de la cuenca	7,552.4 km ²
Densidad de drenaje	0.13
Coefficiente de compacidad	1.41

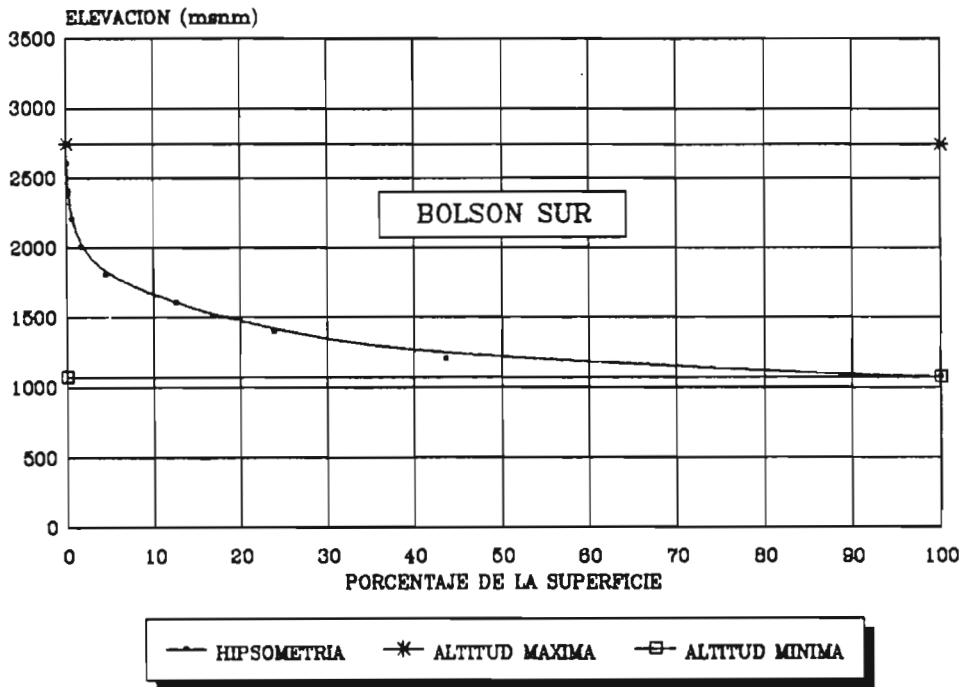


Figura 14

Curva hipsométrica de la subcuenca Bolsón Sur.

Hidrometría

En esta región se encuentra la presa 5 de Mayo que se localiza al Suroeste de la ciudad de Mapimí. Almacena los escurrimientos superficiales del arroyo La Cadena que drena de Sur a Norte. La capacidad del vaso es de $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ que irrigan un total de 240 ha.

Al Noroeste de Tlahualilo se encuentran la laguna de los Patos, laguna de las Liebres y laguna de Puerto Rico.

Las estaciones pluviométricas que se ubican dentro de la región son: 5 de Mayo (2), Mapimí (44) y Tortugas (75). Además de las estaciones de Agua Puerca (4), El Derrame (21), Escalón Chihuahua (18) y Ceballos (8), que se localizan en la parte cercana del parteaguas Norte del Bolsón Sur.

Escurrimientos Superficiales.

En el caso de los registros diarios de los escurrimientos superficiales, se cuenta con la información presentada en los boletines hidrológicos editados para la RH 36. En estos se encuentran los gastos medios diarios para cada una de las estaciones hidrométricas hasta el año de 1977. Durante la segunda fase de este proyecto se procesarán los datos hasta 1992, utilizando para ello un sistema computacional llamado HYDROM (1989), el cual fue desarrollado por el ORSTOM.

En los boletines hidrológicos se presentan en forma acumulada los volúmenes de los escurrimientos aforados para el caso de estaciones secuenciales. De este modo, se realizó un balance hidrológico con la finalidad de conocer el volumen aportado anualmente para cada una de las subcuencas. En el caso de la existencia de presas se consideraron: los almacenamientos, las pérdidas por evaporación y las aportaciones por precipitación dentro de las mismas. Estas pérdidas y aportaciones, son calculadas a partir de las observaciones en la variación del nivel del agua en el embalse, así como de las variables climáticas registradas en las estaciones más cercanas a la presa.

Otra dificultad que se presenta en el balance hidrológico, son los diferentes períodos de observación en cada una de las estaciones hidrométricas, coincidiendo todas a partir de 1976 (Cuadro 1). Para el caso de la cuenca del río Nazas, las estaciones de aforo coinciden en su funcionamiento a partir de 1971, por lo que el balance hidrológico se presenta en dos períodos: uno desde el inicio de la operación de la estación Palmito y hasta 1970, y un segundo balance de 1971 a 1977, en el cual están incluidas todas las estaciones de esta cuenca. El primer período comprende los escurrimientos naturales o los no alterados por la influencia de los embalses hasta 1946, fecha del inicio en la operación de la presa Lázaro Cárdenas (Palmito).

En los cuadros presentados en éste apartado las unidades se expresan en millones de metros cúbicos para todas las variables observadas, (volumen aforado, almacenamiento, evaporación y precipitación en el embalse, y el volumen escurrido).

Cuenca del río Nazas.

Como se mencionó anteriormente, el balance hidrológico realizado en esta cuenca se divide en dos períodos: uno a partir de 1929 a 1970 y en el cual se consideran únicamente dos grandes subcuencas, una formada por las unidades hidrográficas de Salomé Acosta, Sardinas y Palmito, y la otra conformada por las subcuencas Agustín Melgar y Cañón de Fernández, (Figura 1). El segundo período abarca desde 1971 a 1977. En este último se encuentran en funcionamiento todas las estaciones de aforo para esta cuenca.

La estación hidrométrica Palmito cuenta con información de los escurrimientos naturales desde 1929 hasta 1945, ya que la presa Lázaro Cárdenas empezó su funcionamiento en el año de 1946. A partir de esta fecha fue necesario realizar un balance de las entradas y salidas de su embalse para cuantificar los volúmenes anuales aportados. En el Cuadro 15, se muestran los balances realizados así como el volumen escurrido dentro de la subcuenca formada por las unidades hidrográficas de Salomé Acosta, Sardinas y Palmito.

Cuadro 15

Balance de agua realizado para el área comprendida por las subcuencas Sardinias, Salomé Acosta y Palmito (en millones de m³).

Año	Volumen aforado	Almacenamiento inicial	Almacenamiento final	Evaporación en el embalse	Precipitación en el embalse	Vol. escurrido dentro de la subcuenca (Sardinias, Salomé A. y Palmito)
1929	280.5					280.5
1930	706.1					706.1
1931	1,306.2					1,306.2
1932	2,052.5					2,052.5
1933	1,284.5					1,284.5
1934	431.3					431.3
1935	1,716.8					1,716.8
1936	2,029.3					2,029.3
1937	771.8					771.8
1938	2,452.7					2,452.7
1939	789.6					789.6
1940	769.0					769.0
1941	2,147.4					2,147.4
1942	1,477.8					1,477.8
1943	1,747.4					1,747.4
1944	1,668.3					1,668.3
1945	614.4					614.4
Observaciones después de la construcción de la Presa Lázaro Cárdenas						
1947	1,079.4	543.5	1,528.0	83.1	11.0	2,136.0
1948	1,137.4	1,528.0	899.3	113.2	13.4	608.5
1949	1,061.3	899.3	961.6	81.9	12.8	1,192.8
1950	950.8	961.6	541.1	72.8	4.9	598.2
1951	499.1	541.1	269.8	59.8	5.4	282.1
1952	212.5	269.8	279.1	53.2	2.6	272.4
1953	223.2	279.1	465.6	53.7	5.9	457.5
1954	487.0	465.6	549.0	53.8	6.6	617.6
1955	888.8	549.0	1,198.0	63.6	14.8	1,586.7
1956	1,259.7	1,198.0	281.7	66.2	3.2	406.5
1957	228.4	281.7	287.1	45.0	3.3	275.5
1958	326.9	287.1	2,117.0	54.8	20.3	2,191.3
1959	1,451.6	2,117.0	1,215.0	111.4	18.0	643.1
1960	1,226.1	1,215.0	854.6	90.7	9.7	946.7
1961	999.5	854.6	855.1	76.7	15.0	1,061.7
1962	824.0	855.1	199.8	67.3	3.5	232.5
1963	26.1	199.8	1,307.0	56.9	10.4	1,179.9
1964	785.4	1,307.0	1,508.0	115.0	19.8	1,081.6
1965	953.5	1,508.0	928.4	122.3	12.5	483.7
1966	734.5	928.4	1,893.0	714.7	20.8	2,393.0
1967	1,063.1	1,893.0	2,383.0	146.1	42.1	1,657.1
1968	2,550.2	2,383.0	3,034.0	170.4	56.9	3,314.7
1969	1,473.0	3,034.0	1,902.0	200.4	24.0	517.4
1970	1,404.8	1,902.0	1,746.0	142.9	19.8	1,371.8

Para el caso de **la estación Cañón de Fernández**, se cuenta con información desde el año de 1937, procediéndose de la misma forma que en la estación Palmito. La presa Francisco Zarco (Las Tortolas) empezó su funcionamiento el año de 1968. El balance realizado y los volúmenes aportados en la subcuenca se presentan en el Cuadro 16. Las aportaciones se derivaron del área comprendida por las subcuencas Agustín Melgar y Cañón de Fernández.

Cuadro 16

Balance de agua para el área comprendida por las subcuencas Agustín Melgar y Cañón de Fernández (en millones de m³).

Año	Volumen (1) aforado	Almacenamiento		Evaporación	Precipitación	Vol. escurrido (2)
		inicial	final	en el embalse	en el embalse	dentro de la subcuenca (Agustín Melgar y C. de Fdz.)
1937	811.5					39.7
1938	2881.0					428.4
1939	845.9					56.3
1940	779.6					10.6
1941	2542.2					394.8
1942	1654.7					176.9
1943	1953.0					205.6
1944	1633.8					- 34.5
1945	575.3					- 39.1
Observaciones después de la construcción de la presa Lázaro Cárdenas						
1947	1269.4					190.0
1948	1298.8					161.5
1949	1194.5					133.2
1950	1011.3					60.4
1951	527.7					28.6
1952	160.1					- 52.5
1953	342.0					118.9
1954	466.1					- 20.9
1955	791.7					- 97.1
1956	1114.3					- 145.4
1957	174.2					- 54.2
1958	1052.6					725.7
1959	1504.8					53.1
1960	1323.1					97.0
1961	1066.0					66.6
1962	794.9					- 29.1
1963	113.0					86.8
1964	921.4					136.0
1965	901.2					- 52.3
1966	1150.4					415.9
Observaciones después de la construcción de la presa Francisco Zarco						
1969	1628.022	350.2	107.9	47.08	2.595	- 42.8
1970	1159.557	107.9	200.6	35.5	4.008	- 121.0

(1) Volumen aforado = volumen a la salida de la subcuenca.

(2) Volumen escurrido en la cuenca = volumen de escurrimiento generado dentro de la subcuenca.

A partir del año 1971 a 1977 se cuenta con la información procesada para **todas las estaciones hidrométricas seleccionadas en la cuenca Nazas**, teniendo dos las características de registros de patrones naturales (Salomé Acosta y Sardinas) y las demás de escurrimiento alterado. En los Cuadros 17 y 18 se presentan los balances realizados para cada una de las estaciones con régimen alterado y natural, respectivamente.

Cuadro 17

Volúmenes aportados en millones de m³, por cada subcuenca para el período de 1971 a 1977 (escurrimiento alterado).

Año	Volumen aforado	Almacenamiento inicial	Almacenamiento final	Evaporación en el embalse	Precipitación en el embalse	Vol. escurrido dentro de la subcuenca
Subcuenca Palmito						
1971	1,132.408	1,146	1,650	138.0	25.85	447.996
1972	1,122.101	1,650	1,446	129.7	24.27	386.310
1973	1,143.233	1,446	3,010	149.3	36.82	861.746
1974	1,272.436	3,010	2,744	192.4	36.70	215.859
1975	1,032.296	2,744	2,295	188.5	22.69	135.004
1976	1,067.362	2,295	2,715	151.9	37.10	117.874
1977	1,239.756	2,715	1,903	174.0	32.98	52.957
Subcuenca Agustín Melgar						
1971	1,032.473					- 99.935
1972	889.092					- 233.009
1973	1,230.583					87.350
1974	1,164.785					- 107.651
1975	960.992					- 71.304
1976	1,190.398					123.036
1977	1,242.047					2.291
Subcuenca Cañón de Fernández						
1971	1,044.074	200.6	272.5	48.21	8.402	123.309
1972	1,078.708	272.5	120.6	38.94	4.052	72.604
1973	1,038.135	120.6	363.8	50.44	8.938	92.254
1974	1,173.804	363.8	310.1	61.72	5.259	11.780
1975	1,107.419	310.1	142.6	51.28	2.959	27.248
1976	1,135.816	142.6	162.9	36.04	4.924	- 3.166
1977	1,251.207	162.9	144.2	31.65	3.796	18.314
Subcuenca Los Angeles						
1971	912.458					- 131.616
1972	984.372					- 94.336
1973	961.926					- 76.209
1974	1,088.504					- 85.300
1975	1,034.003					- 73.416
1976	1,083.900					- 51.916
1977	1,158.236					- 92.971

Cuadro 18

Volúmenes de los escurrimientos
aportados en las subcuencas
Agustín Melgar y Sardinas,
(escurrimiento natural en
millones de m³).

Año	Vol. escurrido dentro de la subcuenca
Subcuenca Solomé Acosta	
1971	337.127
1972	343.432
1973	1,023.673
1974	516.216
1975	338.645
1976	790.161
1977	310.114
Subcuenca Sardinas	
1971	363.535
1972	293.789
1973	934.294
1974	430.061
1975	275.457
1976	694.127
1977	205.705

Cuenca del río Aguanaval.

En la subcuenca El Sauz, los escurrimientos empezaron a ser aforados desde el año de 1931 mediante la estación hidrométrica El Sauz I. Con el inicio de la operación de la presa Leobardo Reynoso en junio 1949, la estación el Sauz I fue suspendida, y a partir de esta fecha los escurrimientos han sido observados por la estación El Sauz II.

El balance hidrológico para este período (1931 a 1977), se muestra en el Cuadro 19. Los escurrimientos generados en esta subcuenca son aprovechados aguas abajo en un perímetro de riego agrícola, por lo que sólo en avenidas extraordinarias estos volúmenes pueden llegar a la estación hidrométrica Cazadero; sin embargo, no es posible determinar estas aportaciones dado que no existe una estación que los cuantifique.

La estación Cazadero I empezó su funcionamiento en el año de 1957 hasta el año de 1961, fecha en que entró en funcionamiento Cazadero II. La presa Cazadero empezó su almacenamiento en el mes de junio de 1964. Existen dos aprovechamientos de los escurrimientos que deben ser considerados en el balance general; uno de ellos es el canal Colonial que se utiliza en la conducción del agua para riego a la colonia Ignacio Zaragoza y el canal general izquierdo que conduce también el agua con fines agrícolas. El primero empezó su funcionamiento en el mismo año que la estación Cazadero I, mientras que el segundo inició su operación en el año de 1966. El canal Colonial conduce los escurrimientos antes de ser aforados por la estación Cazadero, mientras que el canal general izquierdo es alimentado por una presa derivadora aguas abajo de la estación Cazadero II.

Tomando estas consideraciones se realizó el balance obteniéndose los volúmenes generados en esta subcuenca (entradas), así como los escurrimientos vertidos sobre el río Aguanaval (salidas), (Cuadro 20).

Cuadro 19

Balance hídrico realizado de 1931 a 1977 para la subcuenca El Sauz (en millones de m³).

Año	Volumen aforado		Almacenamiento		Evaporac. en el embalse	Precipitac. en el embalse	Vol. escurrido dentro de la subcuenca
	Sauz I	Sauz II	inicial	final			
1931	46.239						46.239
1932	32.261						32.261
1933	34.798						34.798
1934	-						-
1935	-						-
1936	-						-
1937	15.093						15.093
1938	37.787						37.787
1939	7.508						7.508
1940	22.318						22.318
1941	59.938						59.938
1942	23.469						23.469
1943	79.676						79.676
1944	37.781						37.781
1945	6.212						6.212
1946	7.650						7.650
1947	23.158						23.158
1948	84.347						84.347
1949	0.257	0.403	13.799	13.001	0.323	0.007	0.178
1950		3.884	6.190	6.492	2.447	0.572	6.061
1951		7.985	6.492	30.890	4.204	1.120	35.467
1952		21.105	30.890	6.244	5.215	0.507	1.167
1953		2.605	6.244	48.250	4.439	1.739	47.311
1954		28.400	48.250	15.610	1.146	1.146	0.000
1955		10.569	15.610	47.960	1.855	1.855	42.919
1956		29.388	47.960	9.929	0.876	0.876	0.000
1957		6.443	9.929	6.740	2.717	0.314	5.657
1958		36.028	6.740	55.890	4.413	3.779	85.812
1959		40.446	55.890	54.480	12.090	4.820	46.306
1960		39.171	54.480	25.290	10.880	1.427	19.434
1961		20.315	25.290	19.480	5.947	1.257	19.195
1962		17.737	19.480	1.076	3.435	0.443	2.325
1963		5.604	1.076	42.950	4.903	1.877	50.504
1964		35.788	42.950	30.420	8.053	1.973	29.338
1965		34.261	30.420	18.360	5.322	1.084	26.439
1966		18.729	18.360	46.300	6.108	1.787	50.990
1967		61.204	46.300	56.330	8.931	2.957	77.208
1968		32.702	56.330	52.950	10.530	2.984	36.868
1969		45.949	52.950	11.710	8.230	0.797	12.142
1970		26.381	11.710	56.580	5.719	2.374	70.596
1971		97.687	56.580	55.920	10.820	3.472	104.375
1972		39.263	55.920	22.610	10.010	1.827	14.136
1973		152.434	22.610	56.000	9.040	5.060	189.804
1974		27.218	56.000	22.610	9.913	1.349	2.392
1975		21.085	22.610	43.290	7.079	1.252	47.592
1976		48.131	43.290	59.740	8.955	3.560	69.976
1977		38.247	59.740	31.665	9.831	1.745	18.258

Cuadro 20

Balance de agua en el período de 1957 a 1977 en la subcuenca Cazadero (en millones de m³).

Año	Cazadero					Almacenamiento inicial	Almacenamiento final	Evapo. en el vaso	Precip. en el vaso	Volum. escurrido en la subcuenca:	
	Caza. I	Caza. II	Canal Colonia	Canal Izquierdo	Volumen aforado					entrada	salida
1957	38.362		2.493							40.855	38.362
1958	243.870		1.070							244.940	243.870
1959	112.083		1.278							113.361	112.083
1960	27.343		2.147							29.490	27.343
1961	27.485	2.749	1.050							31.284	30.234
1962		20.849	1.420							22.269	20.849
1963		56.625	1.021							57.646	56.625
1964		8.929	0.640		4.728	94.511	121.401	1.657	0.766	37.350	8.929
1965		53.950	0.891		54.841	26.890	31.790	6.104	1.713	64.132	53.950
1966		65.583	0.650	1.338	66.233	31.790	31.690	5.973	1.723	70.380	64.245
1967		138.555	1.042	13.448	139.597	31.690	31.880	5.779	2.097	143.469	125.107
1968		58.217	0.658	17.644	58.875	31.880	30.950	6.209	2.067	62.087	40.573
1969		33.856	1.075	28.408	34.931	30.950	20.110	5.645	0.899	28.837	5.448
1970		80.527	0.672	16.765	81.199	20.110	31.660	5.577	1.521	96.805	63.762
1971		187.507	1.091	27.415	188.598	31.660	30.950	6.285	2.239	191.934	160.092
1972		31.151	1.393	28.018	32.544	30.950	29.120	6.469	1.230	35.953	3.133
1973		442.096	0.934	19.224	443.030	29.120	30.950	6.367	2.748	448.479	422.872
1974		37.756	1.121	33.995	38.877	30.950	15.310	5.541	0.818	27.960	3.761
1975		76.093	0.666	13.298	76.759	15.310	30.660	5.535	1.163	96.481	62.795
1976		234.334	1.236	22.051	235.570	30.660	31.370	5.817	2.612	239.485	212.283
1977		41.893	0.692	30.949	42.585	31.370	31.526	5.183	1.125	46.799	10.944

Para la subcuenca San Francisco, se cuenta únicamente con los datos procesados para 1977. En este año, se aforaron un total de $35.452 \times 10^6 \text{ m}^3$, de los cuales $24.508 \times 10^6 \text{ m}^3$ fueron generados en esta unidad hidrográfica.

En el caso de **la subcuenca La Flor**, se consideran los volúmenes conducidos por los canales Sombreretillo y La Flor, los cuales son alimentados por presas derivadoras que se ubican aguas arriba y abajo de la estación hidrométrica La Flor, respectivamente. Los balances realizados se observan en el Cuadro 21.

Cuadro 21Balance del agua para la estación La Flor (en millones de m³).

Año	Canal Sombreretillo	Estación La Flor	Canal La Flor	Volumen escurrido en la subcuenca:	
				entrada	salida
1942	19.402	68.645	8.12	88.047	60.525
1943	21.570	113.565	10.418	135.135	103.147
1944	16.276	107.203	11.698	123.479	95.505
1945	9.820	15.851	4.791	25.671	11.06
1946	13.225	42.066	9.119	55.291	32.947
1947	18.075	168.887	5.902	186.962	162.985
1948	27.306	240.954	9.384	268.26	231.57
1949	13.513	30.825	3.463	44.338	27.362
1950	13.349	36.410	4.336	49.759	32.074
1951	17.629	121.709	8.21	139.338	113.499
1952	8.849	18.487	4.314	27.336	14.173
1953	22.548	338.249	10.418	360.797	327.831
1954	8.846	9.294	5.406	18.14	3.888
1955	23.547	183.546	13.174	207.093	170.372
1956	11.636	11.279	5.267	22.915	6.012
1957	14.118	93.531	5.311	107.649	88.22
1958	33.159	540.271	13.908	573.43	526.363
1959	21.470	139.073	15.083	160.543	123.99
1960	14.148	44.485	6.539	58.633	37.946
1961	13.371	30.324	7.716	43.695	22.608
1962	9.765	25.383	5.002	35.148	20.381
1963	22.568	103.677	10.363	126.245	93.314
1964	16.843	6.984	6.982	23.827	0.002
1965	16.472	91.928	6.45	108.4	85.478
1966	21.700	150.354	9.443	172.054	140.911
1967	21.580	258.057	6.712	279.637	251.345
1968	15.586	190.805	7.619	206.391	183.186
1969	12.140	9.231	3.767	21.371	5.464
1970	15.523	113.105	7.473	128.628	105.632
1971	23.818	240.012	11.335	263.83	228.677
1972	14.732	42.00	6.808	56.734	35.194
1973	18.956	581.209	8.182	600.165	573.027
1974	11.232	10.126	3.063	21.358	7.063
1975	11.935	120.563	4.644	132.498	115.919
1976	16.515	419.002	13.859	435.517	405.143
1977	11.161	7.001	5.747	18.162	1.254

Coeficientes de Escurrimiento.

Debido a que la información disponible de pluviometría e hidrometría varía en el tiempo, se procedió a calcular los coeficientes de escurrimiento en base a los registros existentes en cada caso. De esta forma, para estimar los volúmenes aportados por la lluvia se utilizaron las superficies calculadas para las isoyetas reportadas por el INEGI, y los valores anuales de precipitación utilizando polígonos de Thiessen para períodos con disponibilidad de información.

En los cuadros aquí presentados, cada estación pluviométrica está referida a un número romano para mayor claridad.

Cuenca Nazas

En esta cuenca y debido a la disponibilidad de información pluviométrica e hidrométrica, los coeficientes de escurrimiento se calcularon para dos períodos de observación: el primero que comprende de 1929 a 1970 y un segundo de 1971 a 1977. En el primer caso se determinaron considerando los volúmenes aportados por la lluvia a partir de los polígonos de Thiessen con siete estaciones pluviométricas y mediante las isoyetas medias anuales reportadas por el INEGI.

En este caso, las estaciones pluviométricas utilizadas en la elaboración de los polígonos de Thiessen así como sus valores totales anuales, aparecen en el Cuadro 22. Asimismo en el Cuadro 23 se muestran las superficies correspondientes a los rangos medios anuales de precipitación reportadas por el INEGI.

A partir de la información anterior, se calcularon los volúmenes aportados por la lluvia que se utilizaron en la estimación de los coeficientes de escurrimiento. En el Cuadro 24 se encuentran los resultados obtenidos para la superficie comprendida por las subcuencas Salomé Acosta, Sardinas y Palmito.

De igual manera se determinaron los coeficientes de escurrimiento para la agrupación de las subcuencas de Agustín Melgar y Cañón de Fernández. Los resultados se muestran en el Cuadro 25. En este último caso, cabe hacer mención que los coeficientes con valores negativos son debidos a que los escurrimientos disminuyeron entre las estaciones de Palmito y Cañón de Fernández, provocando un déficit en los escurrimientos; sin embargo esto se explica debido a que en esta zona comienzan los aprovechamientos a lo largo de la rivera del río principalmente en el riego complementario de cultivos forrajeros, así como de hortalizas.

Para el período comprendido entre 1971 y 1977 se seleccionaron las estaciones pluviométricas mostradas en el Cuadro 26 para establecer los polígonos de Thiessen. Los valores de área, porcentaje y volúmenes aportados en la subcuenca, se señalan en el Cuadro 28.

Los coeficientes obtenidos durante este período se muestran en el Cuadro 27, en el cual se aprecia que los coeficientes negativos prevalecen para las subcuencas de Agustín Melgar y Los Angeles.

Cuadro 22

Precipitación pluvial en mm para cada estación (cuenca Nazas).

Estaciones pluviométricas	ESTACIONES PLUVIOMETRICAS							
	Año	I	II	III	IV	V	VI	VII
I Santiago Papasquiario	1938	-	-	447.7	-	-	-	-
II Guanacevi	1939	551.0	-	*	348.0	-	374.5	-
III Palmito	1940	479.0	584.6	*	280.5	-	380.5	-
IV Nazas	1941	602.5	692.8	455.8	484.5	576.6	474.0	424.3
V Cañón de Fernández	1942	323.2	740.4	498.7	294.2	419.0	430.5	123.7
VI Cuencamé	1943	*	887.3	490.9	450.0	455.9	822.0	234.7
VII Presa Coyote	1944	400.5	606.2	548.8	249.5	235.2	140.4	218.2
	1945	310.6	438.8	267.9	220.5	216.7	136.2	174.2
	1946	417.0	649.2	395.8	412.5	342.2	298.1	216.3
	1947	612.1	800.1	305.6	256.5	372.7	313.2	223.8
	1948	355.0	431.2	312.1	275.5	252.8	327.0	234.8
	1949	537.0	616.2	417.2	262.0	259.9	295.9	175.4
	1950	320.0	471.0	200.5	*	175.9	214.9	105.7
	1951	*	372.1	292.7	335.0	131.0	388.5	184.1
	1952	271.3	341.5	135.1	*	108.0	85.4	93.0
	1953	331.2	351.2	278.7	222.0	224.0	362.7	192.9
	1954	384.0	512.1	256.0	158.5	155.0	181.2	78.7
	1955	528.9	494.3	422.6	168.7	149.5	330.1	130.2
	1956	335.0	265.9	170.2	177.4	125.5	259.5	117.0
	1957	444.5	308.3	160.3	116.0	130.5	196.0	135.9
	1958	657.0	698.5	501.8	574.0	325.0	628.2	415.9
	1959	311.0	309.6	349.8	277.3	208.5	431.5	160.8
	1960	469.0	622.7	309.2	215.0	162.5	317.9	237.7
	1961	648.0	487.4	466.4	344.5	189.0	318.9	95.9
	1962	354.0	276.9	212.3	140.5	163.5	221.9	65.0
	1963	643.0	584.6	338.3	254.0	187.0	343.5	185.5
	1964	597.5	539.7	421.0	415.1	299.0	387.6	201.0
	1965	383.3	328.4	263.8	245.0	231.0	324.7	139.2
	1966	348.0	576.1	488.6	319.5	286.5	547.7	248.5
	1967	620.1	581.8	578.0	333.5	206.5	401.4	281.5
	1968	595.8	899.5	610.7	415.5	405.0	555.3	417.8
	1969	217.4	364.0	285.3	114.3	158.5	323.3	89.3
	1970	141.7	593.6	318.7	308.0	308.0	*	303.9

(*) años incompletos.

(-) sin datos.

Cuadro 23

Determinación de los volúmenes aportados en las subcuencas del Nazas a partir de la precipitación media de INEGI.

Estaciones	RANGO DE PRECIPITACION							
	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-1000	
	Porcentajes							
Salome Acosta	0.0	0.0	19.4	20.2	34.4	23.8	2.2	100
Sardinas	0.0	0.0	7.2	29.6	37.9	16.6	8.7	100
Palmito	0.0	4.8	61.3	31.3	2.6	0.0	0.0	100
	Superficies en km ²							
Salome Acosta	0.0	0.0	1,386.0	1,438.0	2,449.0	1,698.7	156.3	7,128.0
Sardinas	0.0	0.0	335.0	1,380.7	1,766.6	771.6	406.1	4,660.0
Palmito	0.0	348.5	4,467.9	2,281.5	190.1	0.0	0.0	7,288.0
	Volúmenes Aportados en Mm ³							
Salome Acosta	0.0	0.0	623.7	790.9	1,591.9	1,274.1	140.7	4,421.4
Sardinas	0.0	0.0	150.8	759.4	1,148.2	578.7	365.5	3,002.4
Palmito	0.0	122.0	2,010.5	1,254.8	123.6	0.0	0.0	3,510.8
							Total	10,934.7
	Porcentajes							
Agustín Melgar	7.3	39.9	36.7	15.9	0.2	0.0	0.0	100
Cañón de Fdz.	25.9	54.7	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100
	Superficies en km ²							
Agustín Melgar	864.9	4,696.7	4,324.6	1,870.6	20.1	0.0	0.0	11,777.0
Cañón de Fdz.	863.0	1,824.7	647.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3,335.0
	Volúmenes Aportados en Mm ³							
Agustín Melgar	216.2	1,643.8	1,946.0	1,028.8	13.1	0.0	0.0	4,847.9
Cañón de Fdz.	215.8	638.7	291.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1,145.7
							Total	5,993.6

Cuadro 24

Coefficientes de escurrimiento (K) calculados a partir de la precipitación total anual de tres estaciones pluviométricas y de las isoyetas de INEGI para el área de las subcuencas de Salomé Acosta, Sardinias y Palmito. Estaciones Pluviométricas : I Santiago Papasquiario
II Guanacevi
III Palmito

Est.	Pluvio.	subcuenca		s/c	subcuenca			Vol. PP	Vol. esc.	K (1)	K (2)
		Salomé I	Acosta II	Sardinias II	Palmito I	II	III				
% de la s/c		75.2	24.8	100.0	17.2	23.5	59.3				
km ²		5,360.6	1,767.8	4,659.7	1,253.5	1,712.7	4,321.7				
1929								280.5		2.57	
1930								706.1		6.46	
1931								1,306.2		11.95	
1932								2,052.5		18.77	
1933								1,284.5		11.75	
1934								431.3		3.94	
1935								1,716.8		15.70	
1936								2,029.3		18.56	
1937								771.8		7.06	
1938							1,934.8	2,452.7		22.43	
1939		2,953.7			690.7		-	789.6		7.22	
1940		2,567.7	1,033.5	2,724.1	600.4	1,001.2	-	769.0		7.03	
1941		3,229.7	1,224.7	3,228.2	755.2	1,186.5	1,969.8	11,594.4	2,147.4	18.5	19.64
1942		1,732.5	1,308.9	3,450.0	405.1	1,268.1	2,155.2	10,319.9	1,477.8	14.3	13.51
1943		-	1,568.6	4,134.6	-	1,519.6	2,121.5	-	1,747.4	-	15.98
1944		2,146.9	1,071.7	2,824.7	502.0	1,038.2	2,371.8	9,955.3	1,668.3	16.8	15.26
1945		1,665.0	775.7	2,044.7	389.3	751.5	1,157.8	6,784.0	614.4	9.1	5.62
1946		2,235.4	1,147.7	3,025.1	522.7	1,111.6	1,710.5	9,753.2	-	-	-
1947		3,281.2	1,414.5	3,728.2	767.3	1,370.3	1,320.7	11,882.2	2,136.0	17.98	19.53
1948		1,903.0	762.3	2,009.3	445.0	738.5	1,348.8	7,206.9	608.5	8.44	5.57
1949		2,878.6	1,089.3	2,871.3	673.1	1,055.3	1,803.0	10,370.8	1,192.8	11.50	10.91
1950		1,715.4	832.7	2,194.7	401.1	806.7	8,66.5	6,817.0	598.2	8.78	5.47
1951		-	657.8	1,733.9	-	637.3	1,265.0	-	282.1	-	2.58
1952		1,454.3	603.7	1,591.3	340.1	584.9	583.9	5,158.1	272.4	5.28	2.49
1953		1,775.4	620.9	1,636.5	415.2	601.5	1,204.5	6,253.9	457.5	7.31	4.18
1954		2,058.5	905.3	2,386.2	481.4	877.1	1,106.4	7,814.8	617.6	7.90	5.65
1955		2,835.2	873.8	2,303.3	663.0	846.6	1,826.4	9,348.2	1,586.7	16.97	14.51
1956		1,795.8	470.1	1,239.0	419.9	455.4	735.6	5,115.8	406.5	7.95	3.72
1957		2,382.8	545.0	1,436.6	557.2	528.0	692.8	6,142.4	275.5	4.48	2.52
1958		3,521.9	1,234.8	3,254.8	823.6	1,196.3	2,168.7	12,200.1	2,191.3	17.96	20.04
1959		1,667.1	547.3	1,442.6	389.8	530.2	1,511.7	6,088.9	643.1	10.56	5.88
1960		2,514.1	1,100.8	2,901.6	587.9	1,066.5	1,336.3	9,507.2	946.7	9.96	8.66
1961		3,473.6	861.6	2,271.1	812.3	834.7	2,015.7	10,269.1	1,061.7	10.34	9.71
1962		1,897.6	489.5	1,290.3	443.7	474.2	917.5	5,512.9	232.5	4.22	2.13
1963		3,446.8	1,033.5	2,724.1	806.0	1,001.2	1,462.0	10,473.7	1,179.9	11.27	10.79
1964		3,202.9	954.1	2,514.8	749.0	924.3	1,819.4	10,164.6	1,081.6	10.64	9.89
1965		2,054.7	580.6	1,530.2	480.5	562.4	1,140.1	6,348.5	483.7	7.62	4.42
1966		1,865.5	1,018.5	2,694.5	436.2	986.7	2,111.6	9,102.9	2,393.0	26.29	21.88
1967		3,324.1	1,028.5	2,711.0	777.3	996.4	2,498.0	11,335.3	1,657.1	14.62	15.15
1968		3,193.8	1,590.2	4,191.4	746.8	1,540.5	2,639.3	13,902.1	3,314.7	23.84	30.31
1969		1,165.4	643.5	1,696.1	272.5	623.4	1,233.0	5,633.9	517.4	9.18	4.73
1970		759.6	1,049.4	2,766.0	177.6	1,016.6	1,377.3	7,146.6	1,371.8	19.20	12.55

(1) A partir de la precipitación total de tres estaciones pluviométricas.

(2) A partir de las isoyetas de INEGI.

Cuadro 25

Coeficientes de escurrimiento (K) obtenidos con la precipitación total anual y las isoyetas de INEGI para cinco estaciones pluviométricas del Nazas.

Est.	Pluvio. % de la s/c km2	subcuenca Agustín Melgar				subcuenca Cañón Fernández			Vol. PP	Vol. esc.	K (1)	K (2)
		I	III	IV	V	IV	V	VI				
		1.9	20.3	55.4	22.4	17.9	49.9	32.2				
		223.8	2,390.6	6,524.2	2,638.0	597.0	1,664.2	1,073.9				
1937										39.7	0.7	
1938			1,070.3							428.4	7.1	
1939	123.3	-	2,270.4			207.8		402.2		56.3	0.9	
1940	107.2	-	1,830.0			167.5		408.6		10.6	0.2	
1941	134.8	-	3,161.0	1,521.0		289.2	959.6	509.0	7,664.4	394.8	5.2	6.6
1942	72.3	1,192.2	1,919.4	1,105.3		175.6	697.3	462.3	5,624.5	176.9	3.1	3.0
1943	-	1,173.6	2,935.9	1,202.6		268.6	758.7	882.7	-	205.6	-	3.4
1944	89.6	1,312.0	1,627.8	620.4		148.9	391.4	150.8	4,341.0	-34.5	-0.8	-0.6
1945	69.5	640.5	1,438.6	571.6		131.6	360.6	146.3	3,358.7	-39.1	-1.2	-0.7
1946	93.3	946.2	2,691.2	902.7		246.3	569.5	320.1	5,769.4	-	-	-
1947	137.0	730.6	1,673.5	983.2		153.1	620.3	336.3	4,633.9	190.0	4.1	3.2
1948	79.4	746.1	1,797.4	666.9		164.5	420.7	351.2	4,226.2	161.5	3.8	2.7
1949	120.2	997.4	1,709.3	685.6		156.4	432.5	317.8	4,419.2	133.2	3.0	2.2
1950	71.6	479.3	-	464.0		-	292.7	230.8	-	60.4	-	1.0
1951	0	699.7	2,185.6	345.6		200.0	218.0	417.2	4,066.1	28.6	0.7	0.5
1952	60.7	323.0	-	284.9		-	179.7	91.7	-	-52.5	-	-0.9
1953	74.1	666.3	1,448.4	590.9		132.5	372.8	389.5	3,674.5	118.9	3.2	2.0
1954	85.9	612.0	1,034.1	408.9		94.6	258.0	194.6	2,688.1	-20.9	-0.8	-0.3
1955	118.3	1,010.3	1,100.6	394.4		100.7	248.8	354.5	3,327.7	-97.1	-2.9	-1.6
1956	75.0	406.9	1,157.4	331.1		105.9	208.9	278.7	2,563.8	-145.4	-5.7	-2.4
1957	99.5	383.2	756.8	344.3		69.3	217.2	210.5	2,080.7	-54.2	-2.6	-0.9
1958	147.0	1,199.7	3,744.9	857.3		342.7	540.9	674.6	7,507.1	725.7	9.7	12.1
1959	69.6	836.2	1,809.2	550.0		165.5	347.0	463.4	4,240.9	53.1	1.3	0.9
1960	104.9	739.2	1,402.7	428.7		128.4	270.4	341.4	3,415.7	97.0	2.8	1.6
1961	145.0	1,115.0	2,247.6	498.6		205.7	314.5	342.5	4,868.8	66.6	1.4	1.1
1962	79.2	507.5	916.7	431.3		83.9	272.1	238.3	2,529.0	-29.1	-1.1	-0.5
1963	143.9	808.8	1,657.2	493.3		151.6	311.2	368.9	3,934.8	86.8	2.2	1.5
1964	133.7	1,006.5	2,708.2	788.7		247.8	497.6	416.2	5,798.8	136.0	2.3	2.3
1965	85.8	630.7	1,598.4	609.4		146.3	384.4	348.7	3,803.6	-52.3	-1.4	-0.9
1966	77.9	1,168.1	2,084.5	755.8		190.7	476.8	588.2	5,341.9	415.9	7.8	6.9
1967	138.8	1,381.8	2,175.8	544.7		199.1	343.7	431.1	5,214.9	209.2	4.0	3.5
1968	133.3	1,460.0	2,945.7	1,068.4		269.5	674.0	596.3	7,147.2	-	-	-
1969	48.6	682.1	745.7	418.1		68.2	263.8	347.2	2,573.7	-42.8	-1.7	-0.7
1970	31.7	761.9	2,009.5	812.5		183.9	512.6	0	4,312.0	-121.0	-2.8	-2.0

(1) A partir de la lluvia total anual de cinco estaciones pluviométricas.

(2) A partir de las isoyetas de INEGI.

Estaciones pluviométricas:

- I Santiago Papasquiari
- III Palmito
- IV Nazas
- V C. de Fernández
- VI Cuencamé

Cuadro 26

Precipitación pluvial en mm y estaciones pluviométricas utilizadas en los polígonos de Thiessen en la cuenca Nazas.

Año	II	III	IV	V	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
1971	505.1	430.4	402.2	405.5	430.0	472.6	458.5	303.4	682.7	562.5	448.0	274.4	343.8
1972	639.8	405.7	314.4	256.0	586.0	719.6	459.5	370.0	445.5	515.5	402.2	343.5	420.8
1973	700.5	523.4	418.0	405.0	418.0	608.2	580.9	205.2	676.3	803.5	531.6	335.1	176.1
1974	558.6	396.0	190.6	278.5	397.0	473.3	435.8	254.5	448.8	463.5	347.3	206.8	145.3
1975	511.1	377.5	162.5	162.0	396.0	580.5	399.5	139.5	410.0	374.0	371.9	186.0	336.3
1976	657.5	427.1	369.1	265.7	553.0	837.1	577.9	417.0	473.2	608.5	632.8	378.8	188.9
1977	444.4	370.0	362.0	218.4	461.5	483.1	378.9	151.0	453.4	343.5	280.6	264.0	310.4

II Guanacevi

III Palmito

IV Nazas

V C. de Fernández

VIII Tepehuans

IX C. de Escobar

X Sardinias

XI Peñoles

XII P. de Coronado

XIII Ramón Corona

XV La Flor

XIV Santa Clara

XVI Lerdo

Cuadro 27

Coefficiente de escurrimiento (K) obtenidos a partir de los polígonos de Thiessen en cada subcuenca del Nazas.

Año	Salomé Acosta			Sardinias			Palmito		
	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K
1971	3,145.2	337.1	10.7	2,263.6	363.5	16.1	3,239.7	448.0	13.8
1972	4,359.5	343.4	7.9	2,790.2	293.8	10.5	3,524.7	386.3	11.0
1973	3,316.9	1,023.7	30.9	3,026.4	934.3	30.9	3,954.9	861.7	21.8
1974	2,983.5	516.2	17.3	2,366.1	430.1	18.2	3,057.3	215.9	7.1
1975	3,089.9	338.6	11.0	2,278.6	275.5	12.1	3,025.8	135.0	4.5
1976	4,325.8	790.2	18.3	3,089.7	694.1	22.5	3,919.2	117.9	3.0
1977	3,309.5	310.1	9.4	2,008.8	205.7	10.2	2,898.9	53.0	1.8

Año	Agustín Melgar			Cañón de Fernández			Los Angeles		
	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K
1971	5,666.9	-99.9	-1.8	1,326.2	123.3	9.3	511.0	-131.6	-25.8
1972	4,592.6	-233.0	-5.1	998.2	72.6	7.3	495.0	-94.3	-19.1
1973	5,830.3	87.4	1.5	1,399.5	92.3	6.6	368.9	-76.2	-20.7
1974	3,831.3	-107.7	-2.8	878.7	11.8	1.3	274.2	-85.3	-31.1
1975	3,242.4	-71.3	-2.2	655.4	27.3	4.2	372.5	-73.4	-19.7
1976	5,134.8	123.0	2.4	1,182.2	-3.2	-0.3	304.1	-51.9	-17.1
1977	4,094.3	2.3	0.1	873.9	18.3	2.1	381.2	-93.0	-24.4

Cuadro 28

Volúmenes aportados por la precipitación en cada subcuenca del Nazas de acuerdo a la proporción de los polígonos de Thiessen.

Est. Pluvio.	subcuenca Salomé Acosta			subcuenca Sardinias			subcuenca Palmito					
	I	II	III	II	III	IV	I	II	III	IV	V	
% de la s/c	77.7	17.0	5.3	16.4	53.6	30.0	9.4	13.9	1.6	25.3	49.8	
km2	5,538.8	1,211.8	377.8	764.2	2,497.6	1,397.9	685.1	1,013.0	116.6	1,843.8	3,629.4	
Volumen aportado en la subcuenca (millones de m3)												
1971	2,381.7	572.7	190.8	361.2	1,261.5	640.9	294.6	478.8	58.9	845.4	1,562.1	
1972	3,245.7	872.0	241.7	549.9	1,598.0	642.3	401.5	729.0	74.6	847.2	1,472.4	
1973	2,315.2	737.0	264.7	464.7	1,749.6	812.0	286.4	616.1	81.7	1071.1	1,899.6	
1974	2,198.9	573.6	211.0	361.7	1,395.2	609.2	272.0	479.5	65.1	803.5	1,437.2	
1975	2,193.4	703.5	193.1	443.6	1,276.5	558.5	271.3	588.1	59.6	736.6	1,370.2	
1976	3,062.9	1,014.5	248.4	639.7	1,642.2	807.9	378.8	848.0	76.7	1,065.6	1,550.1	
1977	2,556.1	585.4	167.9	369.2	1,109.9	529.7	316.2	489.4	51.8	698.6	1,342.9	
Volumen aportado en la subcuenca (millones de m3)												
1971	638.6	675.3	2,363.7	1,463.6	457.1	68.6	275.0	227.1	95.2	728.9	220.2	290.8
1972	602.0	823.5	1,542.5	1,144.1	418.9	61.6	215.0	203.9	119.1	460.2	139.0	356.0
1973	776.6	456.7	2,341.6	1,521.1	652.9	81.4	285.8	269.5	116.2	728.6	220.0	149.0
1974	587.6	566.5	1,553.9	693.6	376.6	53.2	130.3	176.1	71.7	500.6	151.3	122.9
1975	560.2	310.5	1,419.6	591.3	303.9	56.9	111.1	188.5	64.5	291.2	88.0	284.5
1976	633.8	928.1	1,638.4	1,343.1	494.5	96.9	252.4	320.8	131.4	477.6	144.3	159.8
1977	549.0	336.1	1,569.8	1,317.3	279.1	43.0	247.5	142.2	91.6	392.6	118.6	262.6

Cuenca Aguanaval

En el caso de la cuenca del río Aguanaval se realizaron las estimaciones en dos períodos: en el primero, que abarcó de 1931 a 1968, se utilizaron las superficies correspondientes a las isoyetas reportadas por el INEGI en la carta de "Precipitación pluvial media anual", mientras que en el segundo se calcularon en base a la precipitación total anual de 7 estaciones pluviométricas basadas en la distribución de polígonos de Thiessen.

En el Cuadro 29 se aprecian los valores planimetrados de las isoyetas reportadas por INEGI y utilizados en la estimación de los coeficientes de escurrimientos mostrados en el Cuadro 30. En este caso y debido a que la estación San Francisco sólo cuenta con datos de 1976 a la fecha, el valor reportado para la subcuenca La Flor comprende los escurrimientos generados para las dos subcuencas.

Para el segundo período de observación se consideraron los registros de 7 estaciones pluviométricas que se señalan en el Cuadro 31 así como la superficie ocupada en base a la distribución de los polígonos de Thiessen. Los valores obtenidos se señalan en el Cuadro 32, haciéndose mención que únicamente fue posible calcular para 1977 el coeficiente de escurrimiento de la unidad hidrométrica San Francisco.

Cuadro 29
 Determinación de los volúmenes aportados en cada subcuenca del Aguanaval a partir de la precipitación media anual reportada por INEGI.

Estación	RANGO DE PRECIPITACION					Total
	600-700	500-600	400-500	300-400	200-300	
	Porcentajes					
CAZADERO	9.4	44.9	45.7	-	-	100
EL SAUZ	70.6	24.6	4.8	-	-	100
SN. FCO.	-	9.2	44.9	45.3	0.6	100
LA FLOR	0.4	8.6	22.3	38.0	30.7	100
	Valores Ajustados					
CAZADERO	349.6	1,688.4	1,718.2	-	-	3,756.2
EL SAUZ	937.7	326.6	63.3	-	-	1,327.6
SN. FCO.	-	469.0	2,295.0	2,315.2	29.9	5,109.1
LA FLOR	40.8	826.1	2,141.8	3,651.2	2,947.5	9,607.4
	Volúmenes Ajustados					
CAZADERO	227.3	928.5	773.2	-	-	1,929.0
EL SAUZ	609.5	179.6	28.5	-	-	817.6
SN. FCO.	-	258.0	1,032.7	810.3	7.5	2,108.5
LA FLOR	26.5	454.4	963.8	1,277.9	736.9	3,459.5

Cuadro 30

Coeficientes de escurrimiento (K) calculados a partir de los datos de precipitación media anual de INEGI para la cuenca del río Aguanaval.

Año	subcuenca Cazadero			subcuenca El Sauz			subcuenca S. Fco. y la Flor (1)		
	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K
1931				817.6	46.2	5.7			
1932				817.6	32.3	3.9			
1933				817.6	34.8	4.3			
1934									
1935									
1936									
1937				817.6	15.1	1.8			
1938				817.6	37.8	4.6			
1939				817.6	7.5	0.9			
1940				817.6	22.3	2.7			
1941				817.6	59.9	7.3			
1942				817.6	23.5	2.9	3,459.5	88.0	2.5
1943				817.6	79.7	9.7	3,459.5	135.1	3.9
1944				817.6	37.8	4.6	3,459.5	123.5	3.6
1945				817.6	6.2	0.8	3,459.5	25.7	0.7
1946				817.6	7.7	0.9	3,459.5	55.3	1.6
1947				817.6	23.2	2.8	3,459.5	187.0	5.4
1948				817.6	84.3	10.3	3,459.5	268.3	7.8
1949				-	-	-	3,459.5	44.3	1.3
1950				817.6	6.1	0.7	3,459.5	49.8	1.4
1951				817.6	35.5	4.3	3,459.5	139.3	4.0
1952				817.6	1.2	0.1	3,459.5	27.3	0.8
1953				817.6	47.3	5.8	3,459.5	360.8	10.4
1954				817.6	0	0	3,459.5	18.1	0.5
1955				817.6	42.9	5.2	3,459.5	207.1	6.0
1956				817.6	0	0	3,459.5	22.9	0.7
1957	1,929.0	40.9	2.1	817.6	5.7	0.7	3,459.5	107.6	3.1
1958	1,929.0	244.9	12.7	817.6	85.8	10.5	3,459.5	573.4	16.6
1959	1,929.0	113.4	5.9	817.6	46.3	5.7	3,459.5	160.5	4.6
1960	1,929.0	29.5	1.5	817.6	19.4	2.4	3,459.5	58.6	1.7
1961	1,929.0	31.3	1.6	817.6	19.2	2.3	3,459.5	43.7	1.3
1962	1,929.0	22.3	1.2	817.6	2.3	0.3	3,459.5	35.1	1.0
1963	1,929.0	57.6	3.0	817.6	50.5	6.2	3,459.5	126.2	3.6
1964	1,929.0	37.4	1.9	817.6	29.3	3.6	3,459.5	23.8	0.7
1965	1,929.0	9.3	0.5	817.6	26.4	3.2	3,459.5	108.4	3.1
1966	1,929.0	70.4	3.6	817.6	51.0	6.2	3,459.5	172.1	5.0
1967	1,929.0	143.5	7.4	817.6	77.2	9.4	3,459.5	279.6	8.1
1968	1,929.0	62.1	3.2	817.6	36.9	4.5	3,459.5	206.4	6.0

(1) Los coeficientes presentados corresponden a las dos subcuencas de San Francisco y la Flor.

Cuadro 31

Volúmenes aportados por la precipitación pluvial en cada subcuenca del Aguanaval, de acuerdo a la superficie de los polígonos de Thiessen.

Estación	s/c Cazadero		s/c El Sauz		subcuenca San Francisco				subcuenca La Flor				
	XVII	XVIII	XVII	XVIII	XVIII	XIX	XX	XXI	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII
	Superficie abarcada en la subcuenca (km ²)												
	1,918.7	1,837.5	1,312.6	15.0	3,472.7	634.6	514.5	487.4	1,121.2	3,236.7	2,469.1	2,310.6	469.8
	Porcentaje de superficie												
	51.1	48.9	98.9	1.1	68.0	12.4	10.1	9.5	11.7	33.7	25.7	24.0	4.9
1969	463.9	546.3	317.4	4.5	1,032.4	198.0	160.9	102.1	349.8	1,012.5	517.3	263.4	55.9
1970	1,006.7	749.2	688.7	6.1	1,415.8	331.0	207.6	136.0	584.8	1,306.0	688.9	324.6	47.4
1971	974.9	1,699.2	666.9	13.9	3,211.2	356.9	230.5	324.1	630.7	1,450.1	1,642.0	634.0	106.9
1972	660.8	554.9	452.1	4.5	1,048.7	327.1	206.9	104.8	578.0	1,301.8	530.9	793.7	41.3
1973	1,463.8	1,162.6	1,001.4	9.5	2,197.1	509.9	273.5	176.9	900.9	1,720.6	896.3	774.3	111.3
1974	551.0	516.0	377.0	4.2	975.1	294.1	178.7	89.1	519.7	1,124.1	451.6	477.8	51.2
1975	771.3	699.9	527.7	5.7	1,322.7	237.3	191.3	136.1	419.3	1,203.7	689.6	429.8	124.2
1976	1,085.8	1,066.1	742.8	8.7	2,014.8	386.1	325.6	263.4	682.2	2,048.2	1,334.5	875.2	117.0
1977	601.3	707.3	411.4	5.8	1,336.6	218.0	144.4	179.5	385.1	908.2	909.1	610.0	30.4
	Precipitación pluvial en mm												
	Año	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII					
	1969	241.8	297.3	312.0	312.8	209.5	114.0	119.0					
	1970	524.7	407.7	521.6	403.5	279.0	140.5	101.0					
	1971	508.1	924.7	562.5	448.0	665.0	274.4	227.5					
	1972	344.4	302.0	515.5	402.2	215.0	343.5	88.0					
	1973	762.9	632.7	803.5	531.6	363.0	335.1	237.0					
	1974	287.2	280.8	463.5	347.3	182.9	206.8	109.0					
	1975	402.0	380.9	374.0	371.9	279.3	186.0	264.3					
	1976	565.9	580.2	608.5	632.8	540.5	378.8	249.1					
	1977	313.4	384.9	343.5	280.6	368.2	264.0	64.8					

Estaciones Climatológicas :

XVII	El Sauz	XX	Santa Clara
XVIII	Cazadero	XXI	San Juan de Guadalupe
XIX	Ramón Corona	XXII	La Flor
		XXIII	Viesca

Cuadro 32

Coefficientes de escurrimiento (K) calculados a partir de la disponibilidad de los datos de precipitación para la cuenca Aguanaval.

Año	subcuenca Cazadero			subcuenca El Sauz			s/c San Francisco			subcuenca La Flor ***		
	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K	Vol. apo.	Vol. afo.	K
1969	1,010.2	28.8	2.9	321.8	12.1	3.8	1,493.4			2,198.8	21.4	0.6
1970	1,755.9	96.8	5.5	694.8	74.6	10.7	2,090.4			2,951.8	128.6	2.6
1971	2,674.0	191.9	7.2	680.8	104.4	15.3	4,122.7			4,463.6	263.8	3.1
1972	1,215.7	36.0	3.0	456.6	14.1	3.1	1,687.6			3,245.7	56.7	1.2
1973	2,626.4	448.5	17.1	1,010.9	189.8	18.8	3,157.4			4,403.4	600.2	7.9
1974	1,067.0	28.0	2.6	381.2	2.4	0.6	1,537.1			2,624.4	21.4	0.5
1975	1,471.2	96.5	6.6	533.4	47.6	8.9	1,887.5			2,866.6	132.5	2.8
1976	2,151.9	239.5	11.1	751.5	70.0	9.3	2,990.0			5,057.3	435.5	5.4
1977	1,308.6	46.8	3.6	417.1	18.3	4.4	1,878.4	35.5	1.9	2,842.9	18.2	0.6

*** Los coeficientes de escurrimiento en este caso están calculados para la subcuenca San Francisco y La Flor, excluyendo el año de 1977.

Distribución Estadística de los Escurrimientos.

En este punto se determinaron las funciones de distribución que mejor se ajustaran a los escurrimientos superficiales anuales y a los máximos diarios anuales, para lo cual se utilizó el paquete computacional DIXLOI (1989), que permite el ajuste de 10 leyes estadísticas de distribución.

Debido a la naturaleza del análisis se seleccionaron las subcuencas que presentaran escurrimientos naturales, es decir, subcuencas donde no se tuvieran vasos de almacenamientos construidos sobre el cauce principal o, sobre algún afluente de consideración. En este sentido sólo fue posible seleccionar la subcuencas El Sauz y Palmito, en su período de observación de 1929 a 1945 y de 1931 a 1948, respectivamente para los gastos totales anuales y de 1929 a 1945 y 1931 a 1948 para el caso de los valores máximos diarios anuales.

En la estación El Sauz se encontró que uno de los mejores ajustes fue el de la distribución Gumbel para el caso del gasto total anual. En el gasto máximo diario anual se determinó que la mejor distribución fue Pearson V. En el Cuadro 33 se muestran las características generales que se obtuvieron durante el análisis.

Para la estación Palmito, la mejor distribución fue la Pearson III en el caso del volumen total anual y la Gumbel para los valores máximos diarios anuales. En el el Cuadro 34 se muestran las características generales obtenidas en este análisis.

Cuadro 33

Características generales de ajuste para la estación hidrométrica El Sauz (cuenca Aguanaval).

Características de la muestra	Total anual		Gasto máximo diario			
	(millones de m ³)		(m ³ .s-1)			
Tamaño	15 años		15 años			
Período	1931-1948		1931-1948			
Media	34.549		81.247			
Mediana	32.261		45.400			
Moda	26.684		57.770			
Desviación estandar	23.611		66.690			
C. de asimetría	0.998		1.287			
C. de aplastamiento	0.140		-0.020			
Ajuste de la distribución	Gumbel		Pearson V			
Brunet-Moret	7.5		1.8			
Chi 2	-		-			
Parámetros de la distribución:						
Escala	1,777.891		43.39			
De posición	2,379.365		52.23			
Probabilidad de recurrencia:	límite inferior	valor medio	límite superior	límite inferior	valor medio	límite superior
5 años	36.855	50.461	64.067	84.104	117.311	150.518
10 años	46.348	63.803	81.257	107.27	149.872	192.471
20 años	55.246	76.601	97.955	128.990	181.105	233.221
100 años	75.060	105.579	136.099	177.346	251.830	326.313

Distribución Geográfica de los Escurrimientos.

Los coeficientes de escurrimiento determinados con los datos pluviométricos existentes extendidos con polígonos de Thiessen y los datos de las estaciones hidrométricas se muestran en la Figura 15.

Se puede comparar esta figura en que aparecen los datos por subcuenca con la Figura 16, que contiene los coeficientes de escurrimiento determinados por INEGI (mapa simplificado por el cambio de escala, realizado a partir del mapa al 1/250,000) con una compilación de los parámetros siguientes:

- Pluviometría anual media;
- Permeabilidad del suelo;
- Uso del suelo.

Cuadro 34

Características generales de ajuste para la distribución Gumbel en la estación hidrométrica Palmito (cuenca Nazas).

Características de la muestra	Total anual			Gasto máximo diario		
	(millones de m ³)			(m ³ .s-1)		
Tamaño	17 años			17 años		
Período	1929-1945			1929-1945		
Media	1,457.085			1,102.770		
Mediana	1,477.780			929		
Moda	1,371.757			923.500		
Desviación estandar	683.056			683.890		
C. de asimetría	0.258			0.698		
C. de aplastamiento	-1.060			0.698		
Ajuste de la distribución:	Gumbel			Gumbel		
Brunet-Moret	2.8			2.2		
Chi 2	-			-		
Parámetros de la distribución:						
Escala	586.745			532.382		
De posición	1,123.965			800.380		
Probabilidad de recurrencia:	limite inferior	valor medio	limite superior	limite inferior	valor medio	limite superior
5 años	1,582.24	2,004.04	2,425.84	1,216.200	1,598.922	1,981.643
10 años	1,903.26	2,444.36	2,985.45	1,507.470	1,998.436	2,489.401
20 años	2,204.73	2,866.71	3,528.70	1,781.007	2,381.659	2,982.311
100 años	2,877.00	3,823.08	4,769.18	2,390.971	3,249.418	4,107.865

Los coeficientes de escurrimiento van disminuyendo del parteaguas de la Sierra Madre Occidental hacia las Lagunas: en la parte alta de la cuenca del Nazas, el coeficiente rebasa el 15 por ciento (cuencas del Sextín, Tepehuanes y Santiago); estas zonas corresponden a las que en la pluviometría supera los 500 mm; como esta pluviometría alcanza los 800 mm en el parteaguas, es probable que en esta parte el coeficiente sea cercano al 30 por ciento. En efecto, todos los parámetros son favorables:

- La pluviometría;
- La litología, ya que las montañas están en gran parte constituídas por rocas plutónicas;
- El uso del suelo, pues los bosques ocupan una gran proporción del espacio, lo que constituye un parámetro favorable al incremento del volumen total anual escurrido;
- Las pendientes, que son aquí las más fuertes de toda la RH 36, y que favorecen el escurrimiento.

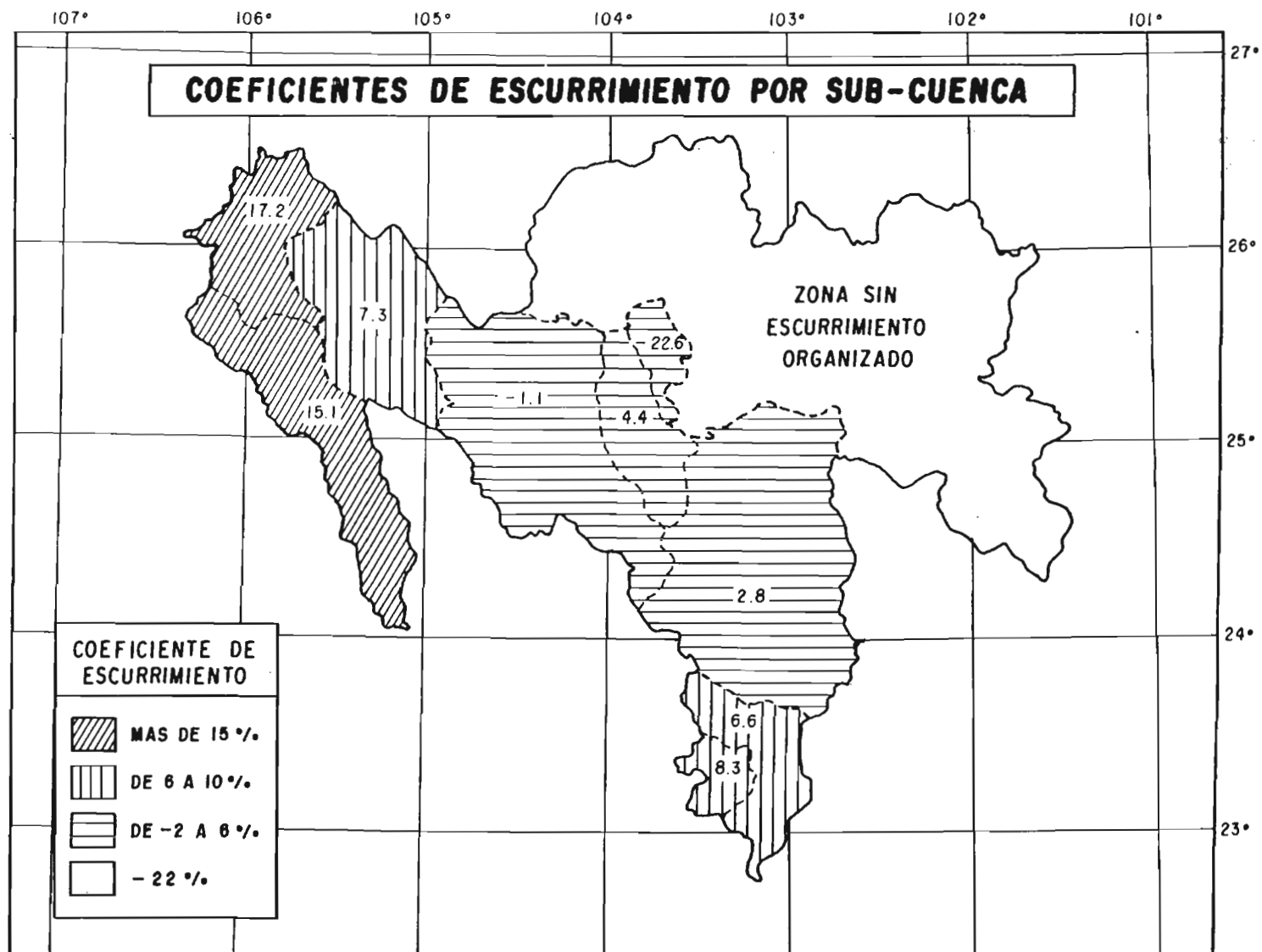


Figura 15

Coeficientes de escurrimiento calculados a partir de los datos hidrométricos en la RH 36

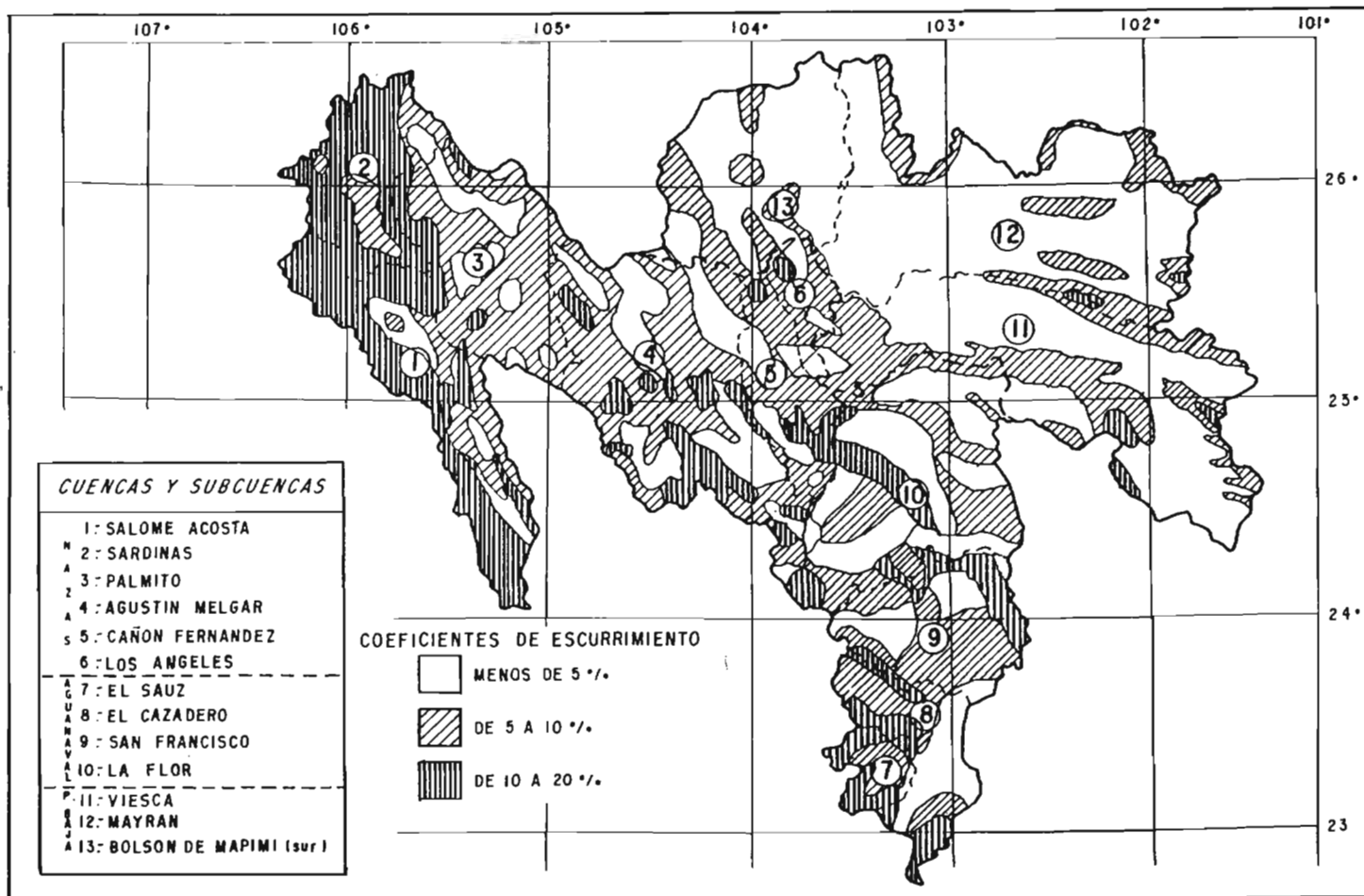


Figura 16

Coeficientes de escurrimiento en la RH 36 (INEGI 1980).

Los coeficientes disminuyen hacia la planicie, por que todos los parámetros expuestos provocan su decremento: pendientes menores, pluviometría muy débil, permeabilidad creciente del suelo, uso del suelo y vegetación natural que favorecen el escurrimiento instantáneo pero disminuyen el volumen total escurrido anualmente.

El problema mayor actualmente en la determinación del coeficiente de escurrimiento es la escasez de los datos pluviométricos en la cuenca alta del río Nazas: siendo regiones poco pobladas, las posibilidades de instalar pluviómetros son escasas, así que sería interesante instalar en esta zona pluviógrafos o a lo menos totalizadores anuales.

En efecto, los polígonos de Thiessen son inmensos y cubren a veces zonas muy diversas a las que se atribuye el valor de pluviometría de la estación que frecuentemente se ubica en el valle; y son los parteaguas que más lluvias reciben; así que el resultado es aproximativo, y en nuestro caso, los coeficientes de escurrimiento son exagerados por ser, a lo contrario subvaluada la pluviometría.

Es teóricamente más exacto conseguir los coeficientes de escurrimiento a partir de los datos pluviométricos procesados en forma de mapa de isohietas. Pero son tantos los parámetros geográficos que entran en el esquema de éstas, que a pesar de la gran importancia de la altitud, se requiere gran conocimiento de los aspectos físicos y microclimáticos de las cuencas.

En la Figura 15 se puede ver que el coeficiente de escurrimiento se hace negativo en la subcuenca Agustín Melgar, aunque sea de nuevo positivo aguas abajo; el coeficiente se ha determinado haciendo la diferencia entre el gasto anual medio en Agustín Melgar y en Palmito: este gasto disminuye al ir aguas abajo; siendo una zona en que la pluviometría supera los 300 mm anuales, y constatándose que el coeficiente es positivo más abajo, se puede suponer que el abatimiento del gasto entre las dos estaciones es debido al consumo de agua por los perímetros de riego de la cuenca media del Nazas, entre Rodeo y Nazas.

Densidad del Drenaje.

Aunque no sean exactamente correlacionados, se puede comparar los datos de escurrimiento con los de la densidad de drenaje, que se muestran en la Figura 17.

De hecho, esta densidad de drenaje disminuye también más o menos con la pluviometría; este mapa fue realizado a partir de los ríos y riachuelos indicados en el mapa topográfico al 1:250,000 del INEGI. Se puede ver que esta densidad es importante en la cuenca media del Nazas y del Aguanaval, a pesar de la pluviometría más débil; esto se puede explicar porque la densidad de drenaje se calculó tomando en cuenta todos los ríos aunque sean intermitentes: así que la densidad sólo disminuye realmente en las planicies, en donde no hay escurrimientos organizados, y entonces los cauces son poco numerosos.

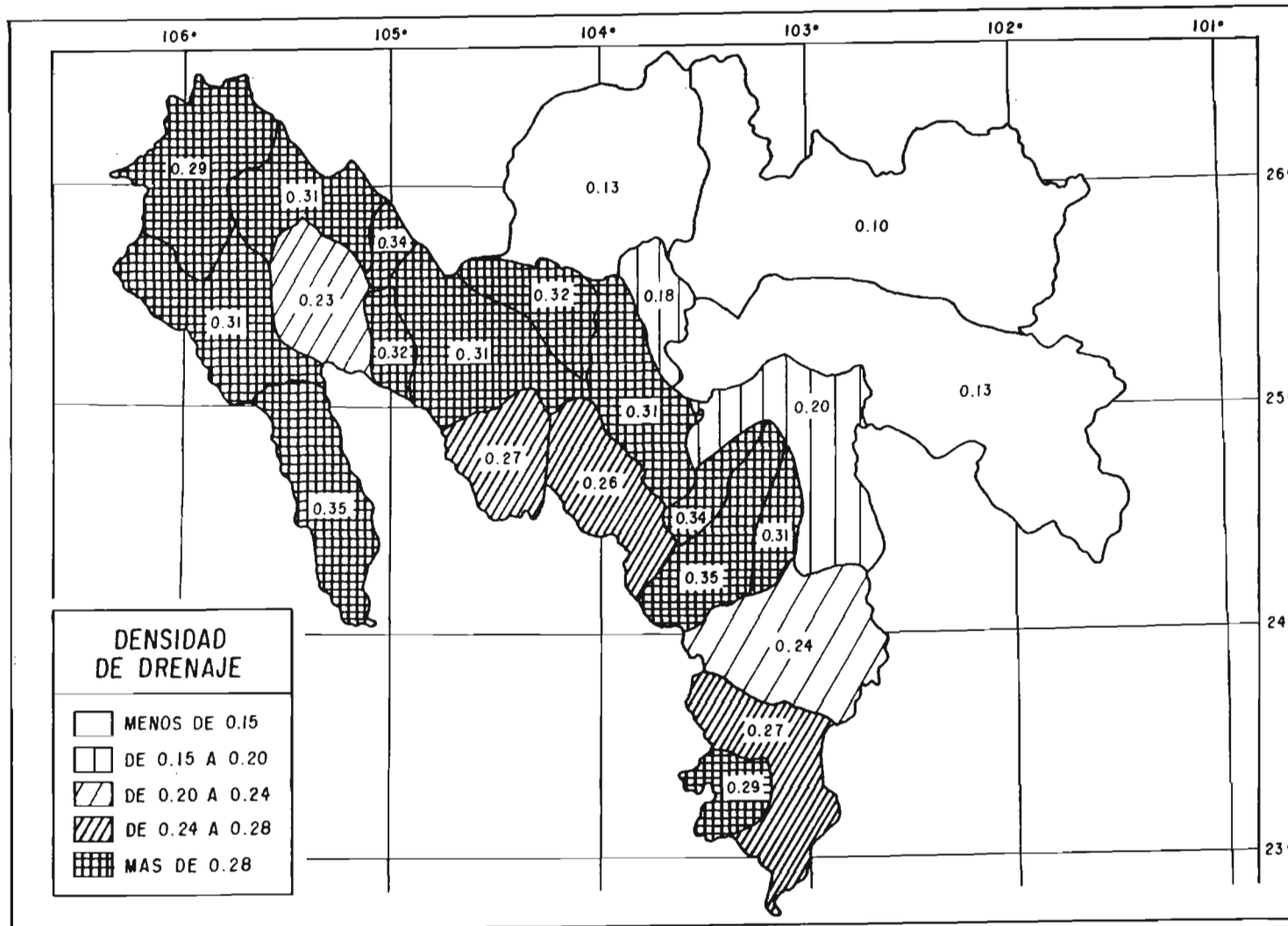


Figura 17

Densidad de drenaje para cada subcuenca de la RH 36.

Escurrimiento y Gasto Específico.

Las cuencas naturales.

Las cuencas en las que existen datos disponibles, y cuyo cauce no está influenciado por una presa, son:

- Palmito, antes de 1945 (existen datos desde 1928);
- El Sauz, antes de 1948 (existen datos desde 1931);
- Cañón de Fernández, antes de 1945 (existen datos desde 1937);
- Sardinas (existen datos desde 1971 a 1977);
- Salomé Acosta (existen datos desde 1971 a 1977);

Se ha visto que los coeficientes de escurrimiento disminuyen de la cuenca alta hacia la baja. Se nota el mismo comportamiento, claro, con el gasto específico, que es el gasto anual medio dividido por la superficie. Para las cuencas naturales, este gasto es el siguiente:

- Palmito (1929-1945) : 2.51 l/s/km^2
- El Sauz (1931-1948) : 0.86 l/s/km^2

Se nota que el gasto en Palmito queda muy influenciado por los fuertes coeficientes de escurrimiento de la cuenca alta.

Para el período de 1971 a 1977, que permite comparaciones con las estaciones Sardinas y Salomé Acosta, los gastos específicos son los siguientes (se añadió para las cuencas que poseen una presa del volumen evaporado al escurrido):

- Palmito: 2.21 l/s/km^2 (1.96 efectivo)
- Salomé Acosta: 2.3 l/s/km^2
- Sardinas: 2.45 l/s/km^2
- Cañón de Fernández: 0.98 l/s/km^2
- El Sauz: 1.7 l/s/km^2

Evolución espacial y temporal.

El gasto específico disminuye aguas abajo, pues el volumen escurrido crece poco (y aún, decrece en A. Melgar), aunque la superficie de la cuenca vertiente aumente.

Se puede notar también que el gasto específico de Palmito disminuye entre el primer y el segundo período. Pero siendo influenciado el gasto por el almacenamiento de la presa, es difí-

cil extraer conclusiones de este hecho, en efecto, se constata una evaluación contraria en El Sauz, estación también influenciada por una presa, donde el gasto específico aumenta del 100 por ciento.

Pero el comportamiento de la subcuenca Palmito es interesante ya que baja su gasto aunque el período 1971-1977 haya sido exento en lluvias. Esto refleja una disminución del consumo de agua por los perímetros, debido a una mejor pluviometría. Pero tal vez la causa de este abatimiento pueda ser una degradación del coeficiente de escurrimiento (por degradación del medio ambiente aguas arriba), o por el azolve que disminuye el volumen útil de la presa.

En fin, se pueden comparar estos gastos específicos con los de unos ríos de gran importancia en regiones áridas o tropicales con larga estación seca: varios tienen una tendencia al endorreísmo, y su alimentación de agua en las montañas les permite apenas llegar al mar; varios afluentes del río Colorado y del río Bravo del Norte tienen gastos específicos (G.E.) inferiores a 0.5 l/s/km^2 , el Eufrates ve pasar su gasto específico de 6.5 a 1 l/s/km^2 al atravesar la Mesopotamia y el "delta interior del chtt-et-Arab, en pleno desierto iraquí. El Tigris pasa de 15.5 a 3.2 en este mismo desierto. El río Nilo pasa de 3 a 1.42 l/s/km^2 al atravesar su "delta interior" del SUDD y de 1.42 a 0.69 l/s/km^2 , en desierto del Sahara.

Pero la RH 36 se aproxima también al regimen de unos ríos de Africa Tropical cercanos del desierto: el Niger sale de las montañas con un gasto específico superior a 8 l/s/km^2 ; sólo le queda 3.5 l/s/km^2 en Tombuctú, a la salida de su "delta interior", y menos de 1.5 a su salida del Sahel (pero 6 a su desembocadura, en zona húmeda). El río Senegal baja de 4 a 1 l/s/km^2 mientras sigue el márgen del Sahara; y se quedó varios meses sin agua en las terribles sequías de 1972 y 1983. El río Gambia pasa de 12 a 4 l/s/km^2 al atravesar el Sahel.

La RH 36 se ubica en un cruce climático, y su endorreísmo se puede comparar con el de las regiones tropicales secas (río Chari y lago Chad, en Africa; lago Eyre en Australia) y también con el de los desiertos continentales de latitud más elevada: lagos salados de Utah, piemonte del Noroeste de Argentina, Norte del Sahara, y aún bolsones endorréicos de Asia Central (Mar de Aral).

Cuadro 35

Gastos específicos del río Nazas en comparación de otras cuencas de zonas semiáridas y áridas.

CUENCA VERTIENTE	UBICACION	GASTO ESPECIFICO
AFLUENTES DEL RIO COLORADO Y DEL RIO BRAVO	COLORADO, NUEVO MEXICO, SUR DE TEXAS, NORTE DE MEXICO	< 0.5
RIO EUFRATES	TURQUIA - SIRIA - IRAK - Entrada del Chatt El Arab : - Desembocadura :	6.5 1
RIO TIGRIS	TURQUIA - IRAK - Entrada del Chatt El Arab : - Salida del Chatt El Arab :	15.5 3.2
RIO NILO	TANZANIA - SUDAN - ETIOPIA - EGIPTO - Entrada del Sudd : - Salida del Sudd : - Desembocadura :	3 1.42 0.65
RIO NIGER	AFRICA SAHELIANA - Entrada del "Delta interior" : - Salida del "Delta interior" : - Frontera de Nigeria (salida del Sahel) : - Desembocadura :	8 3.5 1.5 6
RIO SENEGAL	AFRICA SAHELIANA - Bafoulabe (cuenca media) : - Desembocadura :	4 1
RIO GAMBIA	AFRICA TROPICAL - Kedougou (cuenca media) : - Desembocadura :	12 4
RIO NAZAS	RH 36 (NORTE DE MEXICO) - Palmito (cuenca alta) : - Cañón de Fernández :	2.21 0.98

Conclusión.

Las características hidrológicas son el resultado de la interacción de las condiciones climáticas y físicas de una región. De esta forma en la RH 36 se pueden diferenciar dos sistemas de drenaje superficial: uno sistema ordenado que se desarrolla en su parte alta e intermedia, y un sistema difuso correspondiente a la parte baja (Lagunas de Mayrán y Viesca). En ambas cuencas (Nazas y Aguanaval), los mayores escurrimientos (el 80 por ciento) se generan hacia las zonas más altas y montañosas. Los patrones de escurrimiento muestran que existe un volumen medio anual de 1,169 millones de metros cúbicos que son aprovechados en la parte baja (Región Lagunera), existiendo, durante el trayecto de los cauces, una serie de aprovechamientos dedicados principalmente a la irrigación de los cultivos. Los mayores gastos específicos se presentan en la cuenca Nazas, 2.45 y 2.3 l/s/km² para las subcuencas Sardinias y Salomé Acosta, respectivamente; mientras que para su parte intermedia, los volúmenes de agua en el cauce disminuyen debido a las extracciones que realizan los perímetros de riego existentes en esta zona.

Referencias.

- GUILCHER A., (1969). Précis d'Hydrologie; Masson, Paris.
- HYDROM, (1989). Logiciel de banque de données hydrométriques. ORSTOM, Paris.
- INEGI, (1980). Serie de mapas de Hidrología Superficial escala 1:250,000. INEGI. México.
- LAMAGAT J. P., ALBERGEL J., BOUCHER J. M., DESCROIX L., (1989). Monographie de la Gambie; ORSTOM, Dakar.
- LEBEL T., BOYER J. F., (1989). DIXLOI: Un ensemble de Programmes FORTRAN 77 pour l'ajustement de lois statistiques et leur représentation graphique. Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM, France.
- LOUP J., (1976). Les eaux terrestres; Masson, Paris.
- ROCHE M., (1963). Hydrologie de surface; ORSTOM, Paris.
- SARH, (1970). Boletín Hidrológico Núm. 35. Tomos I y II.
- SARH, (1977). Actualización al Boletín Hidrológico 35. Tomo III.

Segunda Parte

FACTORES FISICOS Y BIOTICOS

VARIABILIDAD DE LOS ELEMENTOS DEL CLIMA

Gabriel GARCIA HERRERA (1)

Introducción.

El régimen hidrológico de una región, se determina básicamente por las características físicas del clima. Los factores climáticos más importantes son la precipitación y la evaporación, como fuente y demanda de agua, respectivamente. Otras variables climáticas importantes son la temperatura, la humedad atmosférica y el viento, ya que son los factores determinantes de la evaporación.

La integración de los factores mencionados líneas arriba conduce a la caracterización del clima mediante métodos diversos. El empleado en este documento es el de Koppen modificado por E. García (García, 1964) y que se encuentra registrado en la Carta de Climas (escala 1:1'000,000) editada por el INEGI. Otras dos variables analizadas son la temperatura media anual y la evapotranspiración real acumulada media anual, obtenidas de las cartas con los mismos títulos y en la escala 1:1'000,000.

En este capítulo se presenta el análisis de la variabilidad climática, temperatura y evapotranspiración a los niveles de organización como fueron explicados en el apartado de Generalidades de esta publicación.

Variabilidad climática.

Se identificaron 24 tipos climáticos a lo largo de toda la Región Hidrológica con dominio espacial muy variable. Sin embargo, los primeros diez de la relación en la que se describe cada uno de ellos, cubren más del 95 por ciento de la superficie (Cuadro 1).

- 1.- **BSohw**: Clima seco semicálido con lluvias en verano y sólo de 5 a 10.2 por ciento de lluvias en invierno, éste último, fresco.
- 2.- **BSohw(w)**: Clima seco semicálido con lluvias en verano, menos de 5 por ciento de precipitación invernal, esta estación fresca.

(1) Investigador del CENID RASPA-INIFAP, Gómez Palacio, Dgo.

- 3.- **BSohw(x')**: Clima seco semicálido con lluvias en verano; lluvias invernales mayores al 10.2 por ciento, invierno fresco.
- 4.- **BSo(h')w(w)**: Clima seco muy cálido con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal menor de 5; muy cálido.
- 5.- **BSokw**: Clima seco templado con lluvias en verano; de 5 a 10.2 por ciento de precipitación invernal, verano cálido.
- 6.- **BSokw(w)**: Clima seco templado con lluvias en verano; menos de 5 por ciento de precipitación invernal; verano cálido.
- 7.- **BS1kw**: Clima semiseco templado con lluvias en verano; precipitación invernal entre 5 y 10.2 por ciento; verano cálido.
- 8.- **BS1kw(w)**: Clima semiseco templado con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal menor de 5; verano cálido.
- 9.- **BS1kw(x')**: Clima semiseco templado con lluvias en verano; precipitación invernal mayor de 10.2 por ciento; verano cálido.
- 10.- **BS1hw(w)**: Clima semiseco semicálido con lluvias en verano; precipitación invernal menor de 5 por ciento; invierno fresco.
- 11.- **BWhw**: Clima muy seco semicálido con lluvias en verano; de 5 a 10.2 por ciento de precipitación invernal; invierno fresco.
- 12.- **BWhw(w)**: Clima muy seco semicálido con lluvias en verano; precipitación invernal menor de 5 por ciento; invierno fresco.
- 13.- **BWh'(h)w(w)**: Clima muy seco semicálido con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal menor de 5; invierno tibio.
- 14.- **BWkw**: Clima muy seco templado con lluvias en verano; precipitación invernal entre 5 y 10.2 por ciento; verano cálido.
- 15.- **BWhw(x')**: Clima muy seco semicálido con lluvias en verano; precipitación invernal mayor de 10.2 por ciento; invierno fresco.
- 16.- **C(w2)**: Clima templado subhúmedo con lluvias en verano; de 5 a 10.2 por ciento de precipitación invernal. Forma parte de los subtipos mas húmedos de los templados subhúmedos.
- 17.- **C(w1)**: Clima templado subhúmedo con lluvias en verano; entre 5 y 10.2 por ciento de precipitación invernal. Forma parte de los subtipos de humedad media de los templados subhúmedos.
- 18.- **C(wo)**: Clima templado subhúmedo con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2. Forma parte de los subtipos menos húmedos de los templados subhúmedos.

- 19.- **C(w₀)(w)**: Clima templado subhúmedo con lluvias en verano; precipitación invernal menor de 5 por ciento. Forma parte de los subtipos menos húmedos de los templados subhúmedos.
- 20.- **Cx'**: Clima templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año; porcentaje de lluvia invernal mayor de 18.
- 21.- **C(E)(w₂)**: Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano; precipitación invernal entre 5 y 10.2 por ciento. Forma parte de los subtipos más húmedos de los semifríos subhúmedos.
- 22.- **C(E)(w₂)(x')**: Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal mayor de 10.2. Forma parte de los subtipos más húmedos de los semifríos subhúmedos.
- 23.- **C(E)(w₁)**: Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano; de 5 a 10.2 por ciento de precipitación invernal. Forma parte de los subtipos de humedad media de los semifríos subhúmedos.
- 24.- **C(E)x'**: Clima semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año. Porcentaje de lluvia invernal mayor de 18.

Es importante mencionar que la gran variación de los climas en toda la Región Hidrológica puede ocurrir más por las distintas formaciones orográficas, que ocasionan las diferentes altitudes existentes, que por la influencia de la latitud, ya que el rango de esta última abarca menos de cuatro grados, mientras que por la cercanía con la Sierra Madre Occidental, la altitud tiene un rango que supera los dos mil metros (entre 1000 y 3000 msnm). En el Cuadro 1 se resume la información de la superficie ocupada por los 10 tipos de clima de mayor presencia en toda la Región Hidrológica.

Cuadro 1
Climas en la Región
Hidrológica N° 36.

Clima	Superficie km ²	Porcentaje %
BWhw	31,534	34
BS1kw(w)	15,252	16.5
BS1kw	14,291	15.4
BSohw	6,096	6.6
BSohw(w)	5,045	5.4
C(w ₀)	4,697	5.1
C(E) (w ₂)	3,197	3.4
BSokw(w)	3,077	3.3
BSokw	2,898	3.1
BWhw(w)	2,377	2.6
Otros	4,243	4.6
Total	92,707	100

Se destaca la mayor presencia del clima **muy seco semicálido** (BWhw) en toda la RH, con un 34 por ciento, siguiendo los **climas semisecos templados** (BSlkw(w) y BSlkw) con 16.5 y 15.4 por ciento, respectivamente, los climas restantes tienen una superficie menor del 10 por ciento cada uno. Aunque cabe considerar que el clima templado subhúmedo (C(wo)) y el semifrío subhúmedo (C(E)(W2)), que tienen 5.1 y 3.4 por ciento, respectivamente, y que se concentran en las partes altas, pueden tener mucha influencia en el escurrimiento al nivel de toda la cuenca hidrológica debido a que estas áreas reciben la mayor parte de la precipitación por su cercanía a la Sierra, y a que la pendiente tiende a ser mayor que en el resto de la región.

Dentro de la variabilidad observada entre las partes de escurrimiento ordenado y no ordenado (parte alta y baja de la RH 36, respectivamente), destaca lo siguiente:

La parte alta presenta una dominancia de los **climas semisecos templados**, con un 46 por ciento, mientras que en la parte baja dominan los climas seco y muy seco semicálidos con un 84 por ciento, ver Figura 1. Esto indica una importante diferencia en cuanto al régimen de escurrimientos esperados entre las partes de escurrimiento ordenado y no ordenado.

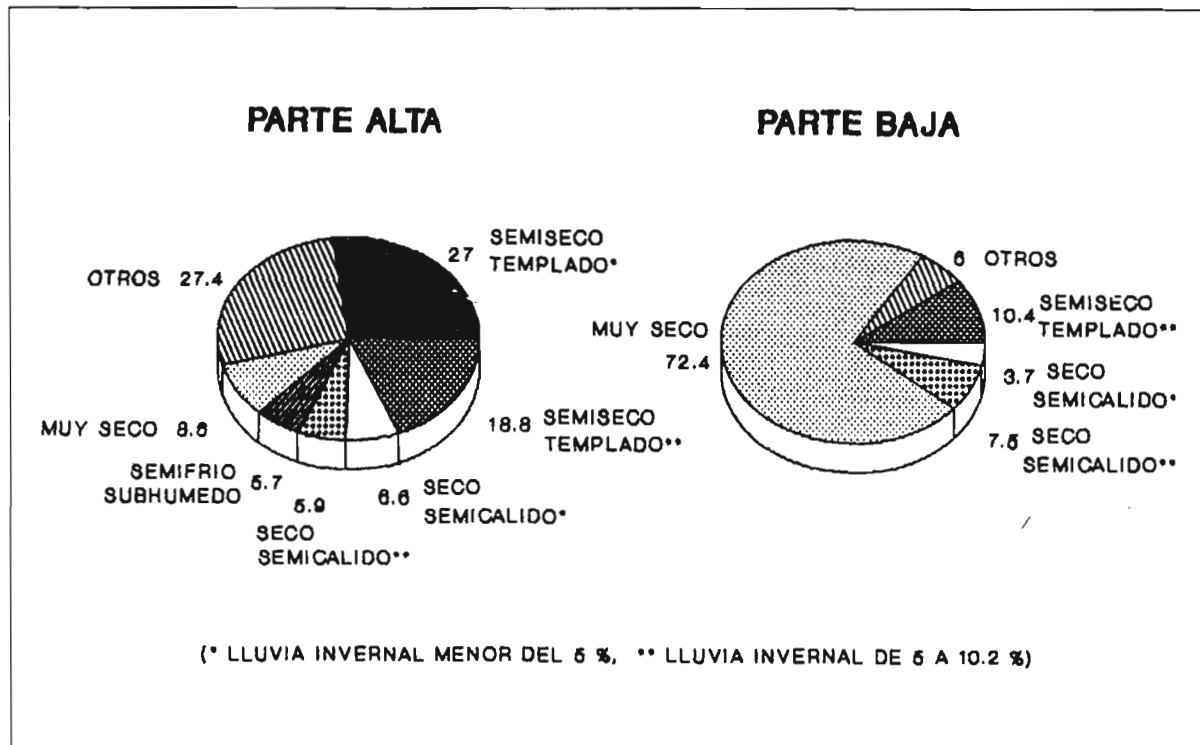


Figura 1

Distribución de los tipos climáticos en porcentaje en la parte alta y baja de la RH 36.

Dentro de la parte alta, en la cuenca del Nazas, el clima dominante es el semiseco templado BSlkw(w), con el 41.5 por ciento de su área, siendo el resto de los climas menores del 10.0 por ciento. Para la Cuenca del Aguanaval, el principal clima en área ocupada es el del tipo de

los semisecos templados BS1kw con el 46.8 por ciento del total de esta cuenca, (después le siguen el muy seco semicálido BWhw, con el 17.3 por ciento y el seco semicálido, el 16.7 por ciento, respectivamente). Por lo tanto, se considera que la dominancia de climas en ambas cuencas, es similar sólo en el caso de los semisecos templados, que corresponden a un grado de concordancia de más del 40 por ciento de la superficie; el resto del área presenta tipos climáticos que indican que la cuenca del Aguanaval es ligeramente más cálida. La distribución de superficie dominada por cada clima en ambas cuencas, así como su porcentaje se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2
Principales climas en las cuencas del nazas y del Aguanaval.

Clima	Nazas		Aguanaval	
	km ²	%	km ²	%
BS1kw(w)	14,885	41.5	191	1.0
BS1kw	1,166	3.2	9,288	46.8
BWhw	1,342	3.7	3,442	17.3
BSohw(w)	3,467	9.7	196	1.0
BSohw	0	0	3,310	16.7
C(E)(w2)	3,197	8.9	0	0
Otros	11,824	33.0	3,439	17.2
Total	35,881	100	19,866	100

Considerando el análisis por subcuenca (Figura 2), en las que comprenden la cuenca del río Nazas, se observa que el clima semiseco templado, BS1kw(w), se concentra principalmente en las subcuencas Salomé Acosta, Sardinas, Palmito y Agustín Melgar, respectivamente; esto indica que dicho clima se distribuye en la parte más cercana al límite occidental de la Región Hidrológica. En relación al clima C(wo), que es una variante de los climas subhúmedos, se ubica en la parte alta, y el seco semicálido BSohw(w), se encuentra en la parte central de la cuenca. En el Cuadro 3 se indica tanto la distribución de superficie dominada por cada clima en las subcuencas de la Cuenca del Nazas, como su porcentaje.

Cuadro 3
Distribución de climas por subcuenca en la cuenca del río Nazas.

Subcuenca	BS1kw(w)	C(wo)	Superficie (km ²)			Total
			BSohw(w)	BWhw	Otros	
Salomé A.	1,648	1,718	0	0	3,782	7,148
Sardinas	1,085	1,332	0	0	2,252	4,669
Palmito	6,274	596	0	0	626	7,496
Agustín M.	5,261	0	2,502	0	4,087	11,850
C. de Fdz.	586	0	965	160	1,645	3,356
Los Angeles	30	0	0	1,182	158	1,370
Porcentaje (%)						
Salomé A.	23.1	24.1	0	0	52.8	100
Sardinas	23.2	28.5	0	0	48.3	100
Palmito	83.7	8.0	0	0	8.3	100
Agustín M.	44.4	0	21.1	0	34.5	100
C. de Fdz.	17.5	0	28.7	4.8	49.0	100
Los Angeles	2.2	0	0	86.3	11.5	100

En lo referente cuenca del Aguanaval, se presentó mayor ocupación en superficie de los climas BS1kw, BWhw y BSohw, respectivamente. En el Cuadro 4 se encuentra la información del área con los climas mencionados. Cabe destacar que el clima semiseco templado BS1Kw, está presente en todas las subcuencas desde El Sauz hasta La Flor, esto puede indicar que al ser este clima una variante de los semisecos, puede favorecer la ocurrencia de escurrimientos superficiales moderados y uniformes a través de esta cuenca. Por su parte el clima BWhw que es una variante de los muy secos, y el seco semicálido BSohw, se concentran en la parte baja de la cuenca, (al norte) es decir, en las subcuencas San Francisco y La Flor. Aquí, el escurrimiento superficial, debido a la baja precipitación y a las condiciones topográficas predominantes, se puede esperar escaso.

Cuadro 4

Distribución de los climas por subcuenca en la cuenca del Aguanaval.

Subcuenca	BS1kw	BWhw	BSohw	C(wo)	Otros	Total
Superficie (km ²)						
El Sauz	563	0	0	771	0	1,334
Cazadero	3,484	0	0	239	8	3,731
San Fco.	2,413	34	874	0	1,778	5,099
La Flor	2,828	3,408	2,436	40	990	9,702
Porcentaje (%)						
El Sauz	42.2	0	0	57.8	0	100
Cazadero	93.4	0	0	6.4	0.2	100
San Fco.	47.3	0.7	17.1	0	34.9	100
La Flor	29.1	35.1	25.1	0.4	10.3	100

En relación a la variabilidad de los tipos climáticos en las subcuencas de régimen no ordenado del escurrimiento (parte baja de la RH 36), la información correspondiente se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5

Climas predominantes en Viesca, Bolson Sur y Mayrán.

Clima	Viesca		Bolsón Sur		Mayrán	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
BWhw	8,893	63.9	5,270	68.1	12,488	82.5
BS1kw	3,325	23.6	0	0	513	3.4
BSohw	1,223	8.7	0	0	1,563	10.3
BSohw(w)	6	0.04	1,377	17.8	0	0
Otros	532	3.76	1,094	14.1	576	3.8
Total	14,079	100	7,741	100	15,140	100

En dicho cuadro se puede observar que el clima muy seco BWhw, es dominante en las tres subcuencas, de 63.9 a 82.5 por ciento. Se puede resaltar que en estas subcuencas dominan prácticamente los climas secos y muy secos, indicadores de bajas precipitaciones y altas evaporaciones, razón por la cual pueden observarse problemas de acumulación de sales en la superficie del suelo, tema que será analizado a detalle en otra parte de este documento.

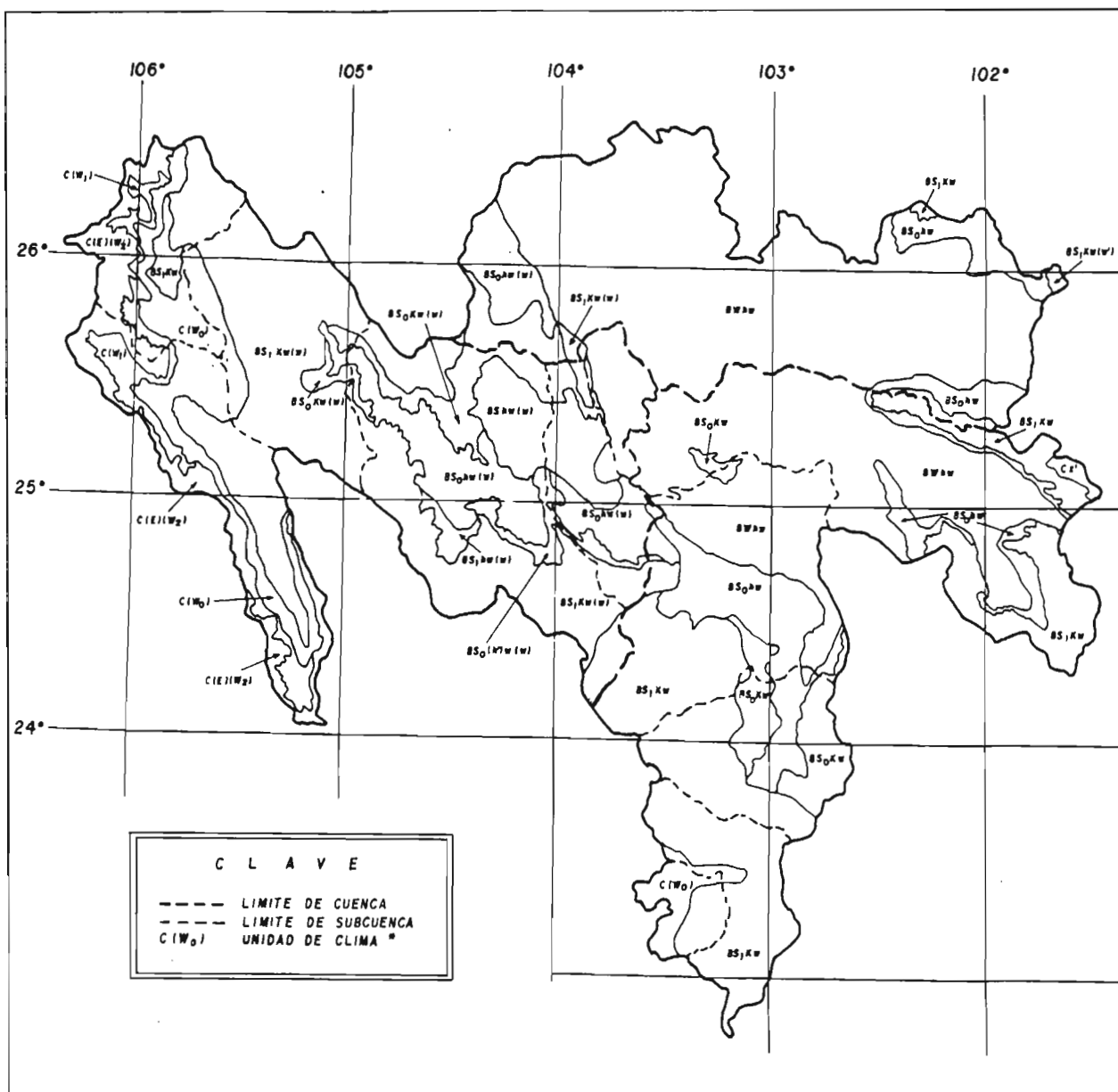
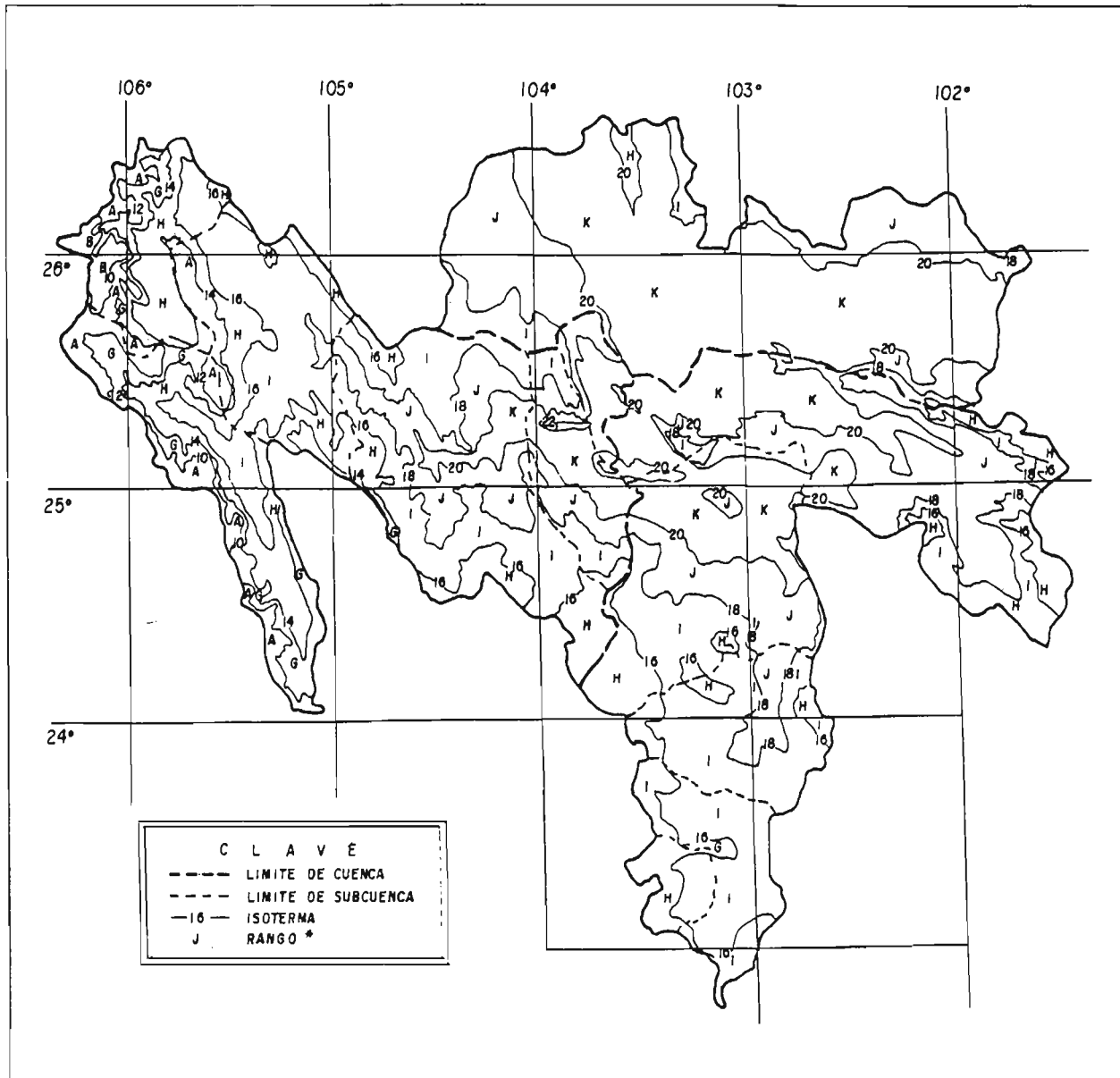


Figura 2

Carta simplificada de los tipos climáticos en la RH 36, (INEGI 1983).

(* Ver la definición de las unidades en página 121).

**Figura 3**

Carta simplificada de temperaturas medias anuales en la RH 36, (INEGI 1983).

* Ver los rangos de temperatura en página 129.

Variabilidad de la Temperatura.

En este análisis se utiliza la información de la temperatura media anual reportada en las cartas del INEGI con escala 1:1'000,000. La información abarca del año de 1921 a 1975. En el Cuadro 6 se muestra la superficie y proporción de la Región con el rango de temperatura media anual, en rangos de dos grados centígrados que inician en 8-10 y hasta 22-24. Los rangos de 16-18, 18-20 y 20-22 grados centígrados son los más representados, con 27.8, 21.8 y 26.8 por ciento del área, respectivamente. Esto indica que a nivel regional, la temperatura es extremosa, ya que se tienen medias anuales muy bajas de 8-10 grados centígrados y de 10-12 grados centígrados, así como las altas de 20-22 y de 22-24 grados centígrados, que se encuentran en bajos porcentajes, con excepción del rango de 20-22 grados centígrados se considera que pueden tener influencia en el escurrimiento, ya que las muy bajas pueden favorecer más la precipitación durante el año y las altas aumentan la evapotranspiración tanto del suelo como de la vegetación.

Cuadro 6
Temperaturas medias
anuales en la Región
Hidrológica 36

Temperatura (grados centígrados)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
8 - 10	635	0.7
10 - 12	3,114	3.4
12 - 14	4,505	4.9
14 - 16	13,392	14.5
16 - 18	25,679	27.8
18 - 20	20,076	21.8
20 - 22	24,743	26.8
22 - 24	82	0.1
Total	92,225	100

La temperatura media anual en la parte alta de la Región fluctúa desde los 8 hasta los 24 grados centígrados, pero el 75 por ciento de la superficie comprende un rango de 14 a 20 grados centígrados. Como es de esperarse, las menores temperaturas se observan en las partes de mayor elevación, cerca de la Sierra Madre Occidental, mientras que las mayores se observan en el extremo inferior altitudinal de esta parte de la Región (escurrimiento ordenado), es decir, en la parte central de la región.

En la parte de escurrimiento no ordenado, se observó diferencia en relación al resto (parte alta), ya que se distinguieron las temperaturas de 18-22 grados centígrados, ocupando más del 80 por ciento de la superficie, además de que los límites de variación cubren un menor rango, de 10 grados centígrados hasta 22 grados centígrados, esto confirma la relación altotérmica decreciente, pues la parte de escurrimiento no ordenado se localiza en un rango altitudinal significativamente inferior a la parte denominada de escurrimiento ordenado. En la Figura 4 se puede apreciar el dominio de los rangos de temperatura en ambas partes de la Región.

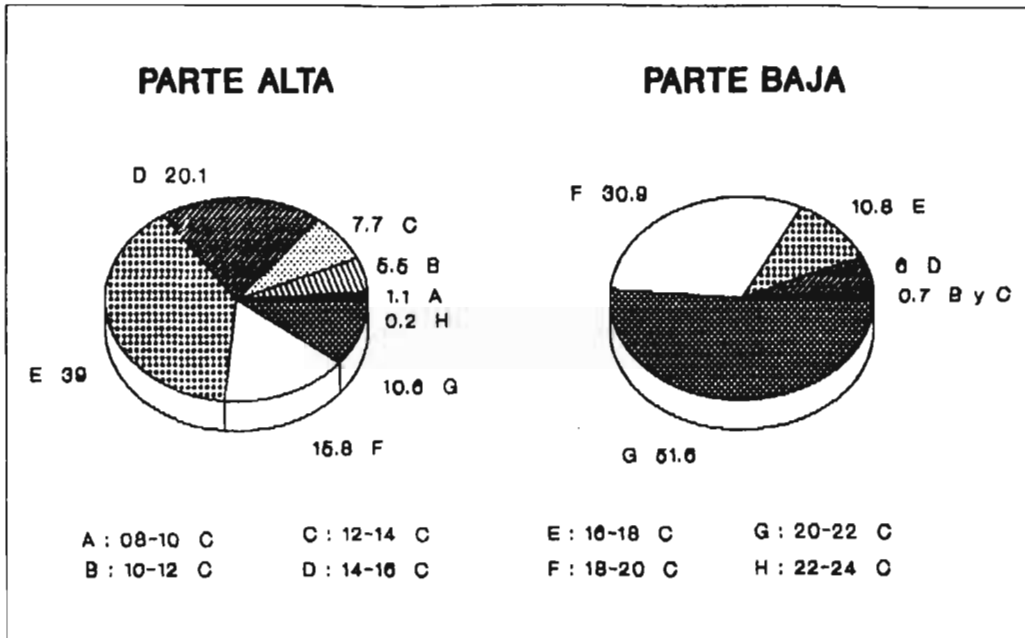


Figura 4

Distribución de la temperatura media anual en las partes alta y baja de la Región Hidrológica 36.

El análisis de las relaciones altotérmicas demostró una **variación de 0.62 grados centígrados por cada 100 metros de altitud en la parte alta (31 estaciones), mientras que en la parte baja de 0.43 (18 estaciones)**. En las siguientes ecuaciones, T representa la temperatura en grados centígrados y h la altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm), (parte alta (1) y parte baja (2) de la RH 36).

$$T = 29.13 - 0.0062 h \quad (1)$$

$$T = 25.93 - 0.0043 h \quad (2)$$

La primera ecuación altotérmica explicó un 77 por ciento de la variación total, mientras que la segunda un 67 por ciento. Sin embargo, es necesario aclarar que para el primer caso la variación de altitud en los puntos de observación es marcado, ya que el rango de altitudes es desde los 1,135 msnm hasta los 2,500 msnm, con temperaturas medias anuales de 22.1 y 12.7 grados centígrados, respectivamente. Para el segundo caso, la altitud varió de 1,100 a 2,000 msnm, y temperatura media anual de 21.5 y 17.5 grados centígrados, respectivamente. En la Figura 5 se puede apreciar la diferencia en la relación altotérmica en los dos casos comparados.

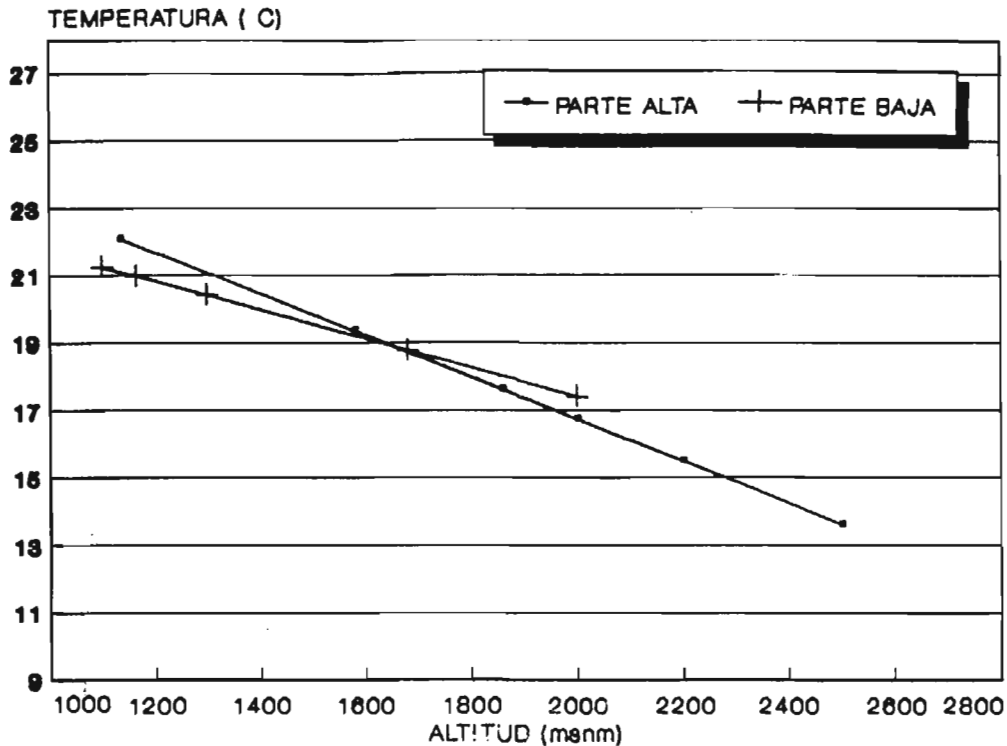


Figura 5

Variación altotérmica área de escurrimiento ordenado de la parte alta de la cuenca y en la de escurrimiento no ordenado en su parte baja.

La variación de la temperatura en las cuencas del Nazas y Aguanaval, demuestra que en la cuenca Nazas se encuentran presentes todos los rangos, desde 8-10 hasta 22-24 grados centígrados, siendo más dominantes los de 14-16 y 16-18 grados centígrados, respectivamente.

Para la cuenca del Aguanaval, sólo se tienen temperaturas desde 12-14 hasta 20-22 grados centígrados, destacándose con mayor porcentaje el rango de 16-18 grados centígrados, además de que las temperaturas más calidas ocupan mayores porcentajes para Aguanaval, que para Nazas. Estos datos corroboran la observación del análisis de los tipos climáticos en el sentido de que la **cuenca del Aguanaval es más cálida que la del Nazas**, lo cual implica mayor demanda evaporativa en la atmósfera con todas las implicaciones de los procesos hidrológicos que de ello se deriva. Los datos de la superficie dominada por rango de temperatura en ambas cuencas se presenta en el Cuadro 7.

Se determinó la variación altotérmica para las dos cuencas utilizando 19 estaciones climáticas de INEGI para la del Nazas (3) y 12 para la del Aguanaval (4), cubriendo un rango altitudinal de 1,135 a 2,500 y de 1,290 a 2,250 msnm, respectivamente. Las relaciones observadas son las siguientes en el mismo orden:

$$T = 30.035 - 0.00695 h \quad (3)$$

$$T = 29.530 - 0.00609 h \quad (4)$$

Cuadro 7

Temperaturas en las cuencas del Nazas y Aguanaval.

Temperatura (grados centígrados)	Nazas		Aguanaval	
	km2	%	km2	%
8 - 10	635	1.8	0	0
10 - 12	3,071	8.6	0	0
12 - 14	3,913	10.9	383	1.9
14 - 16	8,526	23.8	2,687	13.5
16 - 18	11,871	33.2	9,845	49.6
18 - 20	4,915	13.7	3,855	19.4
20 - 22	2,780	7.8	3,096	15.6
22 - 24	82	0.2	0	0
Total	35,793	100	19,866	100

Las relaciones (3) y (4) explican un 82 y 80 por ciento de la variación total, respectivamente; puede observarse que en la cuenca del Nazas hay un gradiente altotérmico ligeramente mayor que en la del Aguanaval, con 0.695 grados por cada 100 metros, contra 0.609. En la Figura 6 se muestra la variación altotérmica de las dos cuencas descritas.

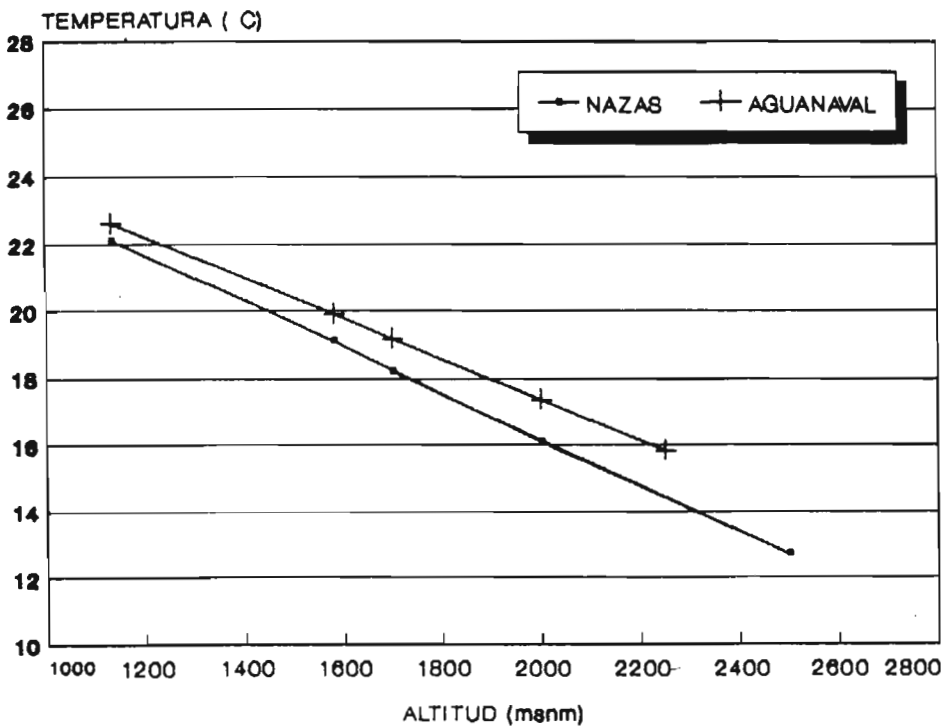


Figura 6

Variación altotérmica de las cuencas del Nazas y del Aguanaval.

El comportamiento de la temperatura por subcuenca en cada una de las cuencas muestra que para la primera, del Nazas, las temperaturas de 14-16 grados centígrados predominan en las subcuencas Salomé Acosta y Sardinias; 16-18 en Palmito y Agustín Melgar; las de 20-22 para las subcuencas Cañón de Fernández y Los Angeles.

Para la cuenca Aguanaval, las temperaturas que dominan son de moderadas a altas, que van de 14-16 grados centígrados, en El Sauz; de 16-18 en Cazadero y San Francisco y de 18-20 y 20-22 en La Flor.

Este comportamiento tiene una relación estrecha con la altitud de cada subcuenca y ha sido representada mediante las relaciones altotérmicas presentadas en párrafos precedentes. En los Cuadros 8 y 9 se muestra la distribución de la superficie dominada por cada rango de temperatura en las subcuencas de las dos cuencas sujeto de análisis.

Cuadro 8
Comportamiento de la temperatura por subcuencas en el Nazas.

Temperatura (grados centígrados)	Salomé A.	Sardinias	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Angeles
	Superficie (km ²)					
8 - 10	55	580	0	0	0	0
10 - 12	2,018	940	113	0	0	0
12 - 14	2,018	1,010	751	134	0	0
14 - 16	2,082	1,600	2,320	2,323	194	8
16 - 18	968	540	4,151	5,108	908	195
18 - 20	0	0	161	3,412	968	374
20 - 22	0	0	0	784	1,198	798
22 - 24	0	0	0	0	78	4
Total	7,141	4,670	7,496	11,761	3,446	1,379
	Porcentaje (%)					
8 - 10	0.8	12.4	0	0	0	0
10 - 12	28.2	20.1	1.5	0	0	0
12 - 14	28.2	21.6	10.0	1.1	0	0
14 - 16	29.2	34.3	30.9	19.8	5.8	0.6
16 - 18	13.6	11.6	55.4	43.4	27.1	14.1
18 - 20	0	0	2.2	29.0	28.9	27.1
20 - 22	0	0	0	6.7	35.8	57.9
22 - 24	0	0	0	0	2.4	0.3
Total	100	100	100	100	100	100

Es importante representar el comportamiento de la temperatura a lo largo del año, al menos en una de las subcuencas centrales de la región para tener una idea de su variación y ver posteriormente su relación eventual con el comportamiento del escurrimiento superficial. Para este fin se seleccionó la información de la estación Cañón de Fernández a nivel mensual. En la Figura 7 puede apreciarse que hay una diferencia de 14 grados entre el mes más caliente (28 grados centígrados) y el más frío (14 grados centígrados), los cuales corresponden a junio y enero, respectivamente.

Cuadro 9
Comportamiento de la temperatura por subcuenca en el Aguanaval.

Temperatura (grados centígrados)	El Sauz	Cazadero	San Fco. Superficie (km ²)	La Flor
10 - 12	0	0	0	0
12 - 14	110	208	43	23
14 - 16	667	50	621	1,349
16 - 18	557	3,474	3,536	2,278
18 - 20	0	0	899	2,956
20 - 22	0	0	0	3,096
Total	1,334	3,732	5,099	9,702
Porcentaje (%)				
10 - 12	0	0	0	0
12 - 14	8.2	5.6	0.8	0.2
14 - 16	50.0	1.3	12.3	13.9
16 - 18	41.8	93.1	69.3	23.5
18 - 20	0	0	17.6	30.5
20 - 22	0	0	0	31.9
Total	100	100	100	100

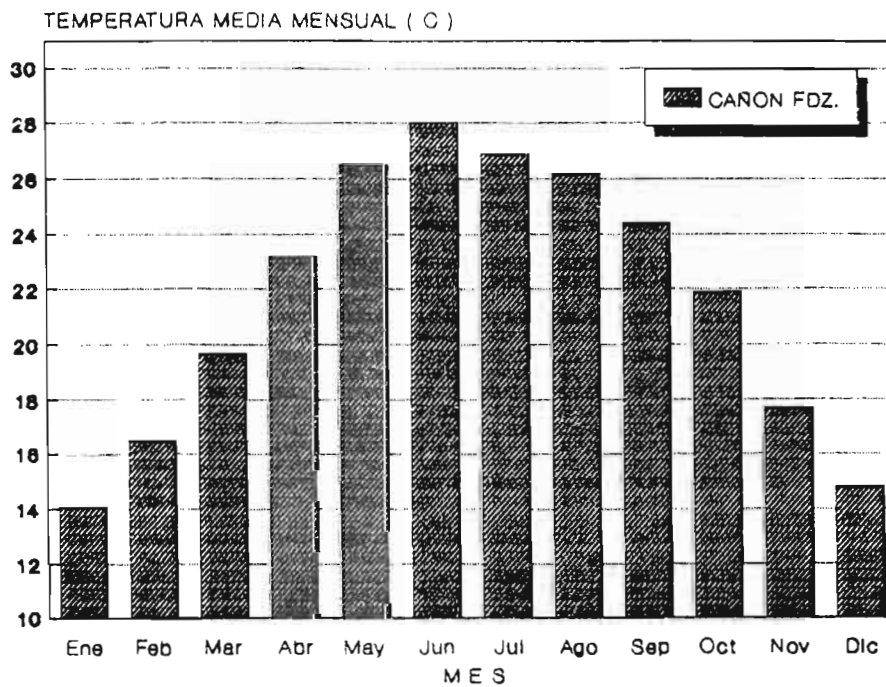


Figura 7

Variación mensual de la temperatura en la estación Cañón de Fernández.

Con respecto a la variación espacial de la temperatura en las subcuencas con escurrimiento no ordenado, se observó que en las tres subcuencas, casi no se presentan rangos de temperaturas bajas, dominando en su mayor parte los rangos de 18-20 y de 20-22 grados centígrados. Esto es indicador de que el régimen térmico de estas subcuencas puede ser severo en lo que se refiere a altas temperaturas. En el Cuadro 10 se indican los valores correspondientes.

Cuadro 10

Temperatura media anual en las subcuencas Viesca, Mayrán y Bolsón Sur.

Temperatura	Viesca		Mayrán		Bolsón Sur	
	km2	%	km2	%	km2	%
10 - 12	43	0.3	0	0	0	0
12 - 14	209	1.5	0	0	0	0
14 - 16	1,354	9.9	518	3.5	307	3.9
16 - 18	2,317	16.9	518	3.5	1,127	14.2
18 - 20	5,180	37.9	2,786	18.6	3,340	42.1
20 - 22	4,583	33.5	11,124	74.4	3,160	39.8
Total	13,687	100	14,947	100	7,934	100

A manera de resumen, se calcularon los valores medios ponderados de la temperatura para cada unidad de escurrimiento y en los diferentes niveles de agrupación que se han explicado en este documento. En el Cuadro 11 se presentan dichos valores.

Cuadro 11

Temperatura media por cada unidad de escurrimiento de la RH 36.

Unidad de Escurrimiento	Temperatura (°C)
Región Hidrológica No. 36	17.8
Parte alta	16.6
Parte baja	19.5
Viesca	18.8
Mayrán	20.3
Bolsón Sur	19.4
Cuenca del Nazas	16.0
Salomé A.	13.5
Sardinas	13.3
Palmito	15.9
Agustín M.	17.4
C. de Fdz.	19.0
Los Angeles	19.9
Cuenca del Aguanaval	17.8
El Sauz	15.7
Cazadero	16.8
San Fco.	17.1
La Flor	18.6

Variación de la Evapotranspiración real.

La pérdida de agua desde una superficie natural es de suma importancia en los diferentes campos del conocimiento científico, especialmente en las aplicaciones de la agrometeorología y la hidrología. Para el caso de la hidrología, interesa conocer las pérdidas de agua en corrientes, canales, vasos de almacenamiento y cubiertas vegetales. La evapotranspiración real (ETR) normalmente es menor que la evapotranspiración potencial o de referencia en condiciones áridas y semiáridas, ya que la primera se encuentra con frecuencia bajo condiciones limitantes de humedad en el suelo. En este caso, los datos de evapotranspiración real media anual que se presentan en las cartas de INEGI, se obtienen a partir del balance hídrico propuesto por Thornthwaite (1948), con datos de temperatura y precipitación.

Al analizar la variación a lo largo de toda la Región, se observó que la ETR es más o menos uniforme a través de toda la cuenca, siendo ligeramente mayor el rango de 200-300 mm por año, con un 31.6 por ciento; con la aclaración de que este dato es una media anual, por lo que es muy general para detectar diferencias. En la Figura 8 se muestran los valores de esta variable. Al igual que en el caso de la temperatura, se considera que es necesario realizar estudios agroclimáticos donde se analice la ETR a nivel mensual. Por otra parte, en la Figura 9 se muestra la variación mensual de la evaporación, como un estimador de la demanda evaporativa, con datos de la estación Lerdo, de CONAGUA.

Al comparar valores en la parte alta y baja de la región, el análisis mostró que el rango de evapotranspiración real de 400-600 mm, ocupan un 66.4 por ciento del área de escurrimiento ordenado, indicando que en los lugares con esos rangos ocurren aportaciones moderadas de precipitación, ya que en el método utilizado para estimar el balance hídrico, la evapotranspiración real guarda proporción directa con la lluvia.

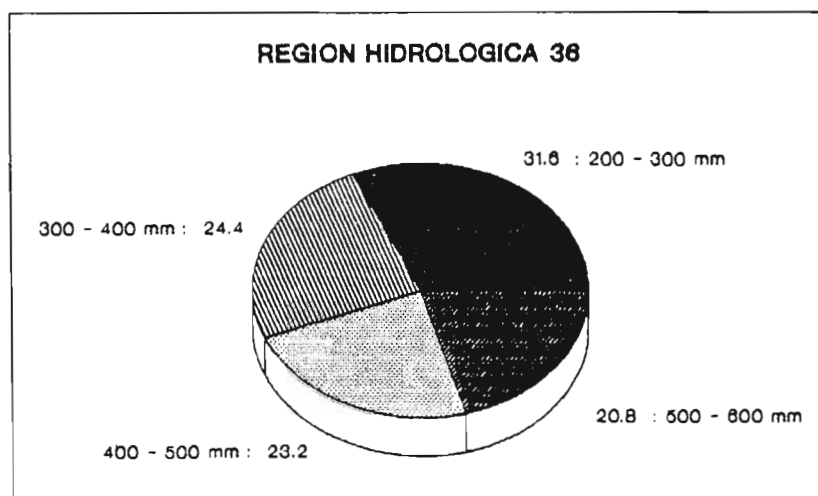


Figura 8

Dominio de los rangos de evapotranspiración real en la RH 36.

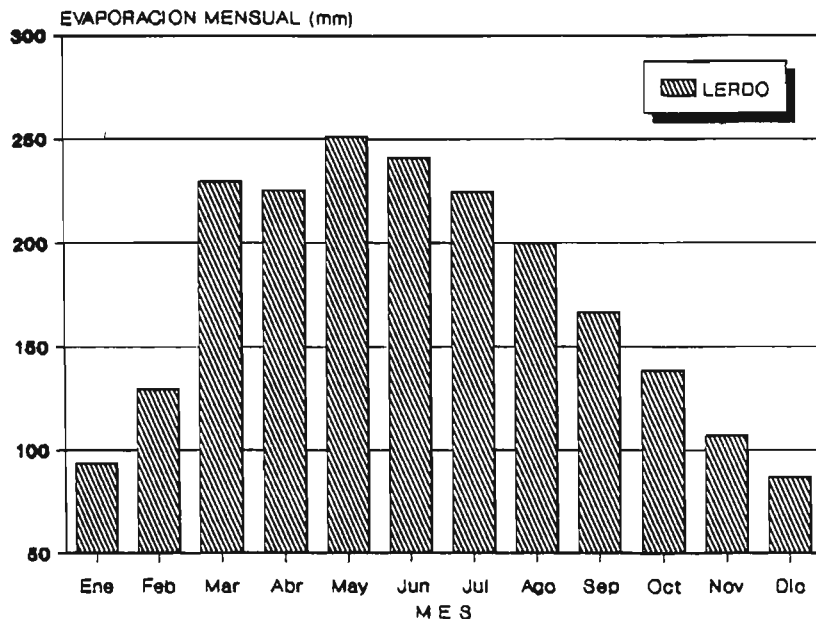


Figura 9

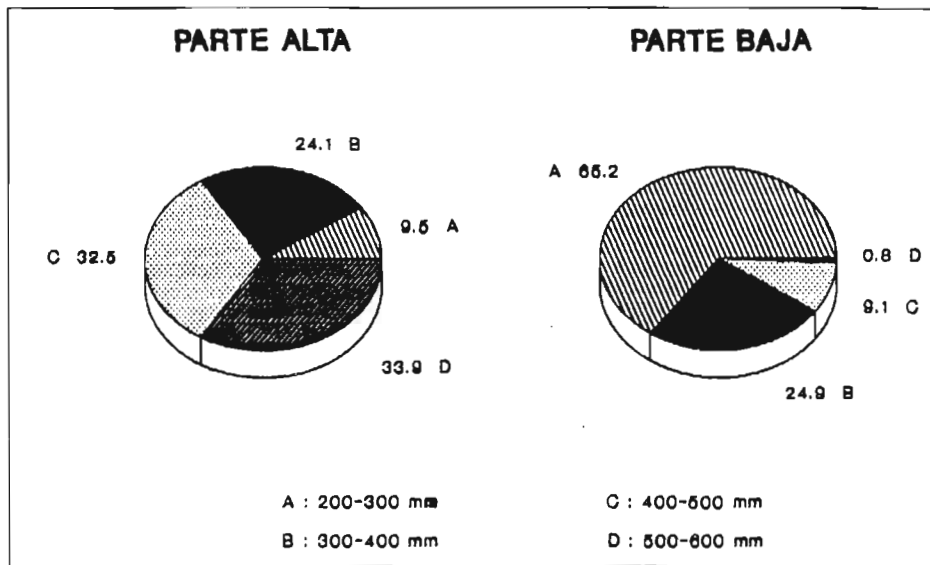
Variación mensual de la evaporación en la estación Lerdo (tanque tipo "A").

En lo relacionado con el área de escurrimiento no ordenado, se observó que el rango de mayor dominio es el de 200-300 mm, ocupando un 65.2 por ciento. Lo anterior obedece a la baja precipitación que caracteriza estas subcuencas. En la Figura 10 se ilustra la distribución de la superficie dominada por los diferentes rangos de ETR en ambas partes de la región.

Para las cuencas Nazas y Aguanaval, cuya información se presenta en el Cuadro 12, se puede destacar la presencia de rangos de ETR de 300-400, 400-500 y de 500-600 con porcentajes que varían de 20 a 40 por ciento aproximadamente, esto puede ser debido a que las aportaciones de precipitación en ambas cuencas es favorable en una época determinada del año, que es la de verano.

Cuadro 12
Evapotranspiración real en las cuencas Nazas y Aguanaval.

ET. Real mm	Nazas		Aguanaval	
	km ²	%	km ²	%
200 - 300	2,672	7.5	2,635	13.3
300 - 400	7,142	20.0	6,267	31.6
400 - 500	11,651	32.6	6,417	32.3
500 - 600	14,320	40.0	4,539	22.9
Total	35,785	100	19,858	100

**Figura 10**

Distribución de la superficie dominada por los rangos de ETR en las partes alta y baja de la RH 36.

A nivel de las subcuencas del Nazas (Cuadro 13), se observó que las subcuencas Salomé Acosta y Sardinas presentan casi en su totalidad evapotranspiración real en el rango de 500-600 mm. con un 81 y 91.7 por ciento, respectivamente. Para la subcuenca Palmito predomina el rango de 400-500 mm con 63.9 por ciento; referente a Agustín Melgar, que ocupa la parte media de la cuenca del Nazas, se concentran más los rangos de 300-400 y 400-500 mm, para Cañón de Fernández y Los Angeles, son dominantes las pérdidas más bajas, que son de 200-300 y de 300-400 mm, respectivamente.

Cuadro 13

Evapotranspiración real media anual de las subcuencas del Nazas.

ET. Real (mm)	Salomé A.	Sardinas	Palmito	Agustin M.	C. de Fdz.	L. Angeles
	Superficie (km ²)					
200 - 300	0	0	0	847	889	936
300 - 400	0	0	344	4,576	1,845	376
400 - 500	1,360	386	4,793	4,440	612	61
500 - 600	5,781	4,283	2,358	1,898	0	0
Total	7,141	4,669	7,495	11,761	3,346	1,373
	Porcentaje (%)					
200 - 300	0	0	0	7.2	26.6	68.1
300 - 400	0	0	4.6	38.9	55.1	27.4
400 - 500	19.0	8.3	63.9	37.8	18.3	4.5
500 - 600	81.0	91.7	31.5	16.1	0	0
Total	100	100	100	100	100	100

Por su parte, en las subcuencas del Aguanaval (Cuadro 14), se destaca en primer lugar el Sauz, donde casi el total del área tiene el rango de 500-600 mm de ETR; Cazadero se distribuye en forma equitativa en los rangos de 400-500 y de 500-600 mm con 48.2 y 51.8 por ciento, respectivamente. En la subcuenca San Francisco dominan los rangos de 300-400 y de 400-500 mm; en La Flor es mayor el área ocupada por el rango de 300-400 mm con un 40.9 por ciento, siguiéndole después las pérdidas más bajas de 200-300 mm con un 27.2 por ciento.

Cuadro 14

Evapotranspiración real media anual de las subcuencas del Aguanaval.

ET. Real (mm)	El Sauz	Cazadero	San Fco. Superficie (km2)	La Flor
200 - 300	0	0	0	2,635
300 - 400	0	0	2,296	3,972
400 - 500	75	1,797	2,343	2,202
500 - 600	1,250	1,934	461	894
Total	1,325	3,731	5,100	9,703
Porcentaje (%)				
200 - 300	0	0	0	27.2
300 - 400	0	0	45.0	40.9
400 - 500	5.7	48.2	45.9	22.7
500 - 600	94.3	51.8	9.1	9.2
Total	100	100	100	100

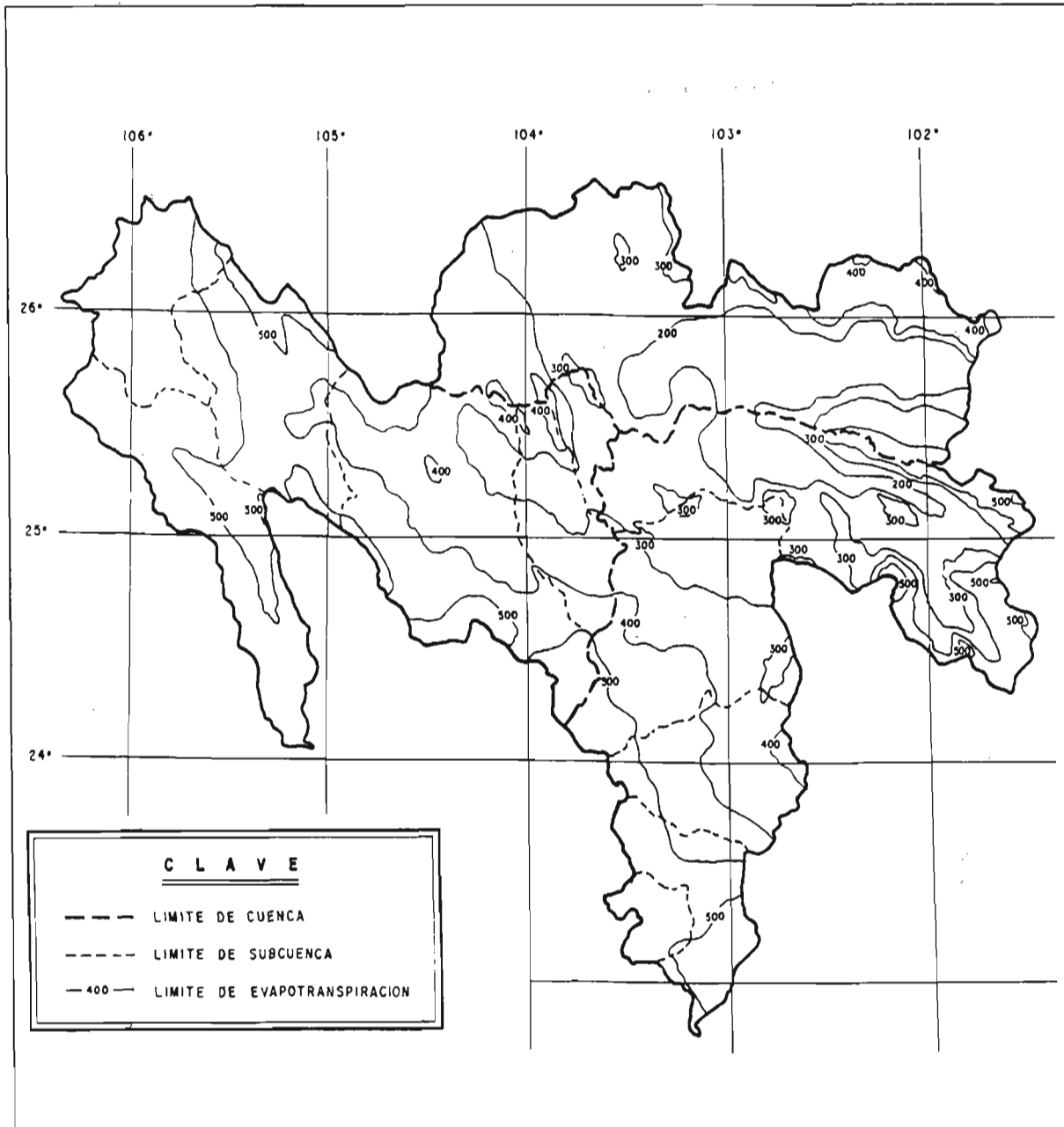
En las subcuencas de la parte de escurrimiento no ordenado, los valores de ETR de 200-300 mm son las que ocupan mayor área en las tres subcuencas, esto se puede atribuir a que esta parte comprende la parte baja de la RH 36 que se caracteriza por tener un régimen de lluvia escasa. En segundo lugar se tiene el régimen de 300-400 mm de ETR para Laguna de Mayrán y Bolsón. Viesca presenta en segundo lugar el rango de 400-500 mm. de ETR, que ya se considera moderado (Cuadro 15).

Cuadro 15

Evapotranspiración real en las subcuencas Viesca, Mayrán y Bolson.

ET. Real mm	Viesca		Mayrán		Bolsón	
	km2	%	km2	%	km2	%
200 - 300	8,465	61.8	11,042	72.5	4,400	56.7
300 - 400	2,357	17.2	3,570	23.5	3,210	41.4
400 - 500	2,580	18.9	594	3.9	144	1.9
500 - 600	285	2.1	16	0.1	0	0
Total	13,687	100	15,222	100	7,754	100

Para finalizar el análisis de este tema, en el Cuadro 16 y la Figura 11, se colocan los valores de ETR media (ponderada) por cada unidad de escurrimiento a través de toda la Región Hidrológica 36.

**Figura 11**

Carta de evapotranspiración real media anual en la RH 36, (INEGI 1983).

Cuadro 16
Evapotranspiración real media por cada unidad de escurrimiento de la RH 36.

Unidad de Escurrimiento	E.T. Real (mm)	Unidad de Escurrimiento	E.T. Real (mm)	Unidad de Escurrimiento	E.T. Real (mm)
RH 36	383.0	C. del Nazas	455.1	C. del Aguanaval	414.8
Parte alta	440.7	Salomé A.	531.0	El Sauz	544.4
Parte baja	295.5	Sardinas	541.7	Cazadero	501.8
Viesca	311.2	Palmito	476.9	San Fco.	414.0
Mayrán	281.6	Agustín M.	412.8	La Flor	364.0
Bolsón Sur	295.1	C. de Fdz.	341.7		
		Los Angeles	286.3		

Conclusión.

Se identificaron 24 tipos climáticos a lo largo de toda la Región Hidrológica 36 con dominio espacial muy variable, considerando que la gran variación de los climas puede ocurrir más por las distintas formaciones orográficas que originan las diferentes altitudes existentes, ya que por la influencia de la latitud, ya que esta última abarca un rango menor de cuatro grados, mientras que la altitud tiene un rango que supera los dos mil metros.

La temperatura media anual en la parte alta de la RH 36 fluctúa de los 8 - 24 °C, encontrando que las temperaturas menores se observan en las partes de mayor elevación. En la parte baja el rango oscila de los 10 - 22 °C, aquí es dominante el régimen térmico de los 18 - 22 °C. Se considera que estos aspectos pueden tener influencia en el escurrimiento, ya que las temperaturas muy bajas pueden favorecer más la precipitación durante el año y las altas aumentan la evapotranspiración tanto del suelo como de la vegetación.

La variación altotérmica resultó ser mayor en la parte alta que en la parte baja, con 0.62 y 0.43 °C por cada 100 m, respectivamente. Cabe destacar que el rango altitudinal en la parte de escurrimiento no ordenado es significativamente menor que en la parte denominada de escurrimiento ordenado.

El análisis de la evapotranspiración real destaca que el rango de 400 - 600 mm, ocupan un 66.4 por ciento del área de escurrimiento ordenado, indicando que en los lugares con esos rangos ocurren aportaciones moderadas de precipitación. En lo relacionado con el área de escurrimiento no ordenado, se observó que el rango de mayor dominio es el de 200 - 300 mm, ocupando un 65.2 por ciento, esto obedece a la baja precipitación que caracteriza esta área.

Referencias.

- CATALANO M., CASALINO F., ROMITO L., RUBINO P., ZUPA V., (1989). Metodologie applicate alla classificazione di aree climatiche omogenee e costruzione di carte tematiche di studio su: "Analisi Statistica si Dati Territoriali: Metodi, Tecnologie, Applicazioni". Cacucci Editore. Bari.
- GARCIA E., (1964). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Méx. D.F., Offset Larios 3a. Ed. Corregida y aumentada 1981.
- GRIJALVA A. R., (1986). Factores que limitan la producción agrícola temporalera. Seminario de titulación. Departamento de Zonas Aridas. Universidad Autónoma Chapingo.
- MARTINEZ R. A., (1985). Estudio agroclimático del área de influencia de Cuencamé, Durango. Tesis profesional. Departamento de Zonas Aridas, Universidad Autónoma Chapingo.
- MOTA F. S., (1985). Meteorología agrícola São Paulo, Nobel. 7a. Edición. Brasil.
- ORTIZ S. C., (1987). Elementos de agroclimatología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. 3a. Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- ROMO G. J. y ARTEAGA R. R., (1983). Meteorología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Irrigación, Chapingo, México.
- THORNTWAITE C. W., (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geo, Rev.* Vol. 38. pp. 55 - 94.
- TORRES R. E., (1983). Agroclimatología. Editorial Diana, México.
- VILLELA S. M. y MATTOS A., (1975). Hidrología aplicada. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo.

ROCAS Y MATERIALES GEOLOGICOS

Jean Yves LOYER (1)

Introducción.

La influencia de los factores geológicos sobre los escurrimientos superficiales de una cuenca se manifiesta de diferentes maneras: por una parte, la naturaleza petrográfica y mineralógica de las rocas que afloran, de las cuales el origen y la composición mineralógica pueden orientar la calidad química de las aguas (Este tema se discute a detalle en el siguiente apartado); mientras que el tipo de rocas y de materiales, puede también intervenir en el plan cuantitativo para favorecer los escurrimientos superficiales o las infiltraciones, dependiendo de su dureza y su cohesión, o por el contrario de su friabilidad.

La estructura geológica, la forma de los plegamientos, los buzamientos, las fallas influyen igualmente el devenir de las aguas: estructuras verticales, horizontales y oblicuas no tienen el mismo tipo de reacción a las lluvias y a los escurrimientos. En particular el buzamiento de las capas, en relación con una estratificación homogénea o heterogénea, puede definir comportamientos totalmente opuestos de una y otra parte de un afloramiento disimétrico. Estos buzamientos normales o inversos pueden ser también una fuente de escurrimientos instantáneos o diferidos en el tiempo.

En esta primera escala de análisis, solo los dos primeros aspectos pueden ser tomados en cuenta. El tercero, en vista de su complejidad a nivel regional, no será explotado en esta escala del millonésimo, pero tendrá que ser considerado al efectuarse el enfoque experimental sobre las pequeñas cuencas vertientes. El presente estudio tiene únicamente el objeto, de presentar y cuantificar la repartición espacial de las principales unidades petrográficas reconocidas en el seno de las 13 unidades de escurrimiento de la RH 36. Una interpretación según el origen de las rocas, de acuerdo a su naturaleza química, y por su endurecimiento, será igualmente llevada a cabo para las principales unidades hidrográficas de la Región.

Los documentos explotados para este análisis son los mapas y guías geológicos del INEGI a escala 1:1'000,000, correspondientes a Chihuahua, Monterrey y Guadalajara. Los mapas geológicos del INEGI a escala 1:250,000 sirvieron de apoyo a las salidas de campo para el reconocimiento de estas diversas formaciones. Algunos mapas INEGI a escala 1:50,000 fueron por fin utilizados para precisar la petrografía de ciertos afloramientos, en particular en la parte oeste del alto Nazas, constituido por macizos eruptivos piroclásticos poco diferenciados.

(1) Investigador de ORSTOM en Mexico, Coordinador del Proyecto.

Presentación Geológica de la RH 36.

La RH 36 esta totalmente incluida en el Altiplano central del Norte de México, limitado por la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental. Es una zona de escurrimiento en-dor-reíco.

La parte occidental de la RH 36 se ubica en la Sierra Madre Occidental, que provee la mayor parte del agua de la RH. La Sierra Madre surgió en el Terciario y constituye un apilamiento de rocas volcánicas que pueden alcanzar 3000 m de espesor. Este surgimiento plegó los terrenos sedimentarios secundarios (esencialmente jurásicos y cretácicos); alzó el conjunto de los terrenos volcánicos y de los sedimentarios pre-existentes, así como el zócalo de granito. De esta manera, la toba ácida e intermedia terciaria empujó y cubrió estos terrenos, ocupando actualmente más de la tercera parte de la superficie de la RH 36, o sea toda la alta cuenca del Nazas, así como parte de su cuenca media y de la del Aguanaval (Figura 1).

El relieve quedó en su mayoría ordenado en función de este alzamiento y de los plegamientos consecuentes; sus elementos tienen una orientación predominante del NNO al SEE: parteaguas con el pacífico, cadenas de la Sierra Madre, elementos tectónicos (fallas), contacto entre rocas volcánicas y sedimentarias, pliegues de los terrenos sedimentarios. Sólo en la parte baja (Lagunas) se nota una dirección O-E de los elementos del relieve.

En la Sierra Madre Occidental se encuentran zonas y mesetas de rocas extrusivas del Terciario (mesas basálticas, riolita). Luego se fracturaron, así como el apilamiento de tóbas, con muchas fallas las cuales delimitan graben y medio-graben (fenómeno de distensión). El mayor es el del Río Santiago, que se puede seguir desde Tepehuanes hasta Ignacio Zaragoza, esto permitió que fueran protegidos de la erosión los conglomerados mio-pliocenos. Estas fallas son en mayoría pliocenas o post-pliocenas, pudiendo ser algunas contemporáneas del volcanismo que se produjo a principios del Cuaternario en la Sierra Madre como en la parte sedimentaria. También se produjeron intrusiones de granito (batólitos) durante el Terciario.

La parte sedimentaria se encuentra bien plegada, sobre todo en la zona central, al límite de la parte baja: los Ríos Nazas y Aguanaval tuvieron que excavar barrancas para franquear los anticlinales mayores antes de entrar en sus lagunas de evaporación. Estos pliegues también fueron fracturados al final del Terciario, y la Sierra del Rosario, además de ser un anticlinal, es un horst (compartimiento elevado) delimitado por dos fallas importantes. Asimismo, las lagunas también se encuentran rodeadas por todas las otras partes por otros pliegues que las separan de las Regiones Hidrológicas vecinas. Al centro, el anticlinal de la Sierra de Parras separa las dos lagunas mayores (Viesca y Mayrán). También esta zona tiene fallas del final del Terciario. Así que las lagunas de evaporación tienen un origen principalmente tectónica.

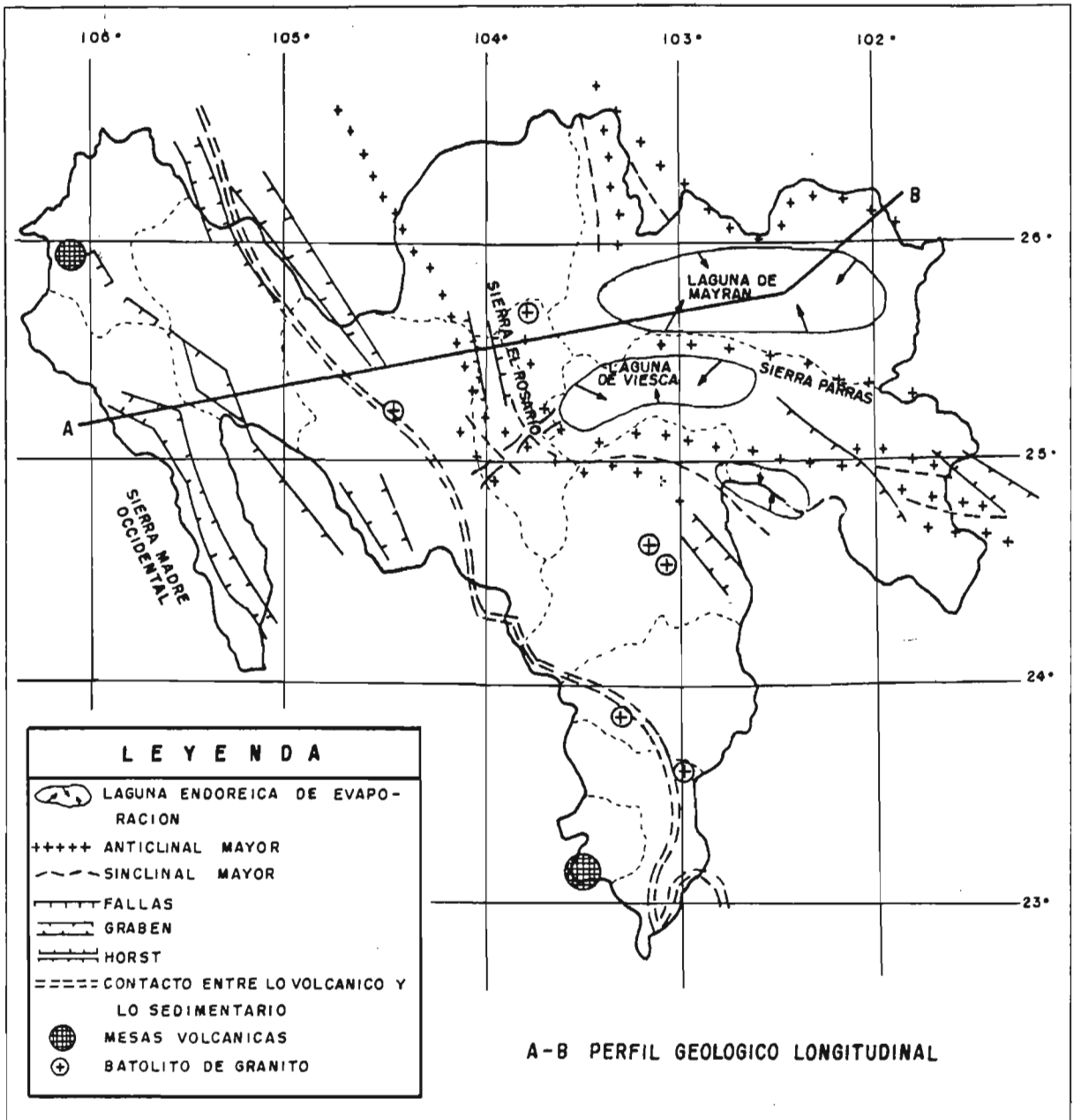


Figura 1
Esquema estructural de la
Región Hidrológica 36.

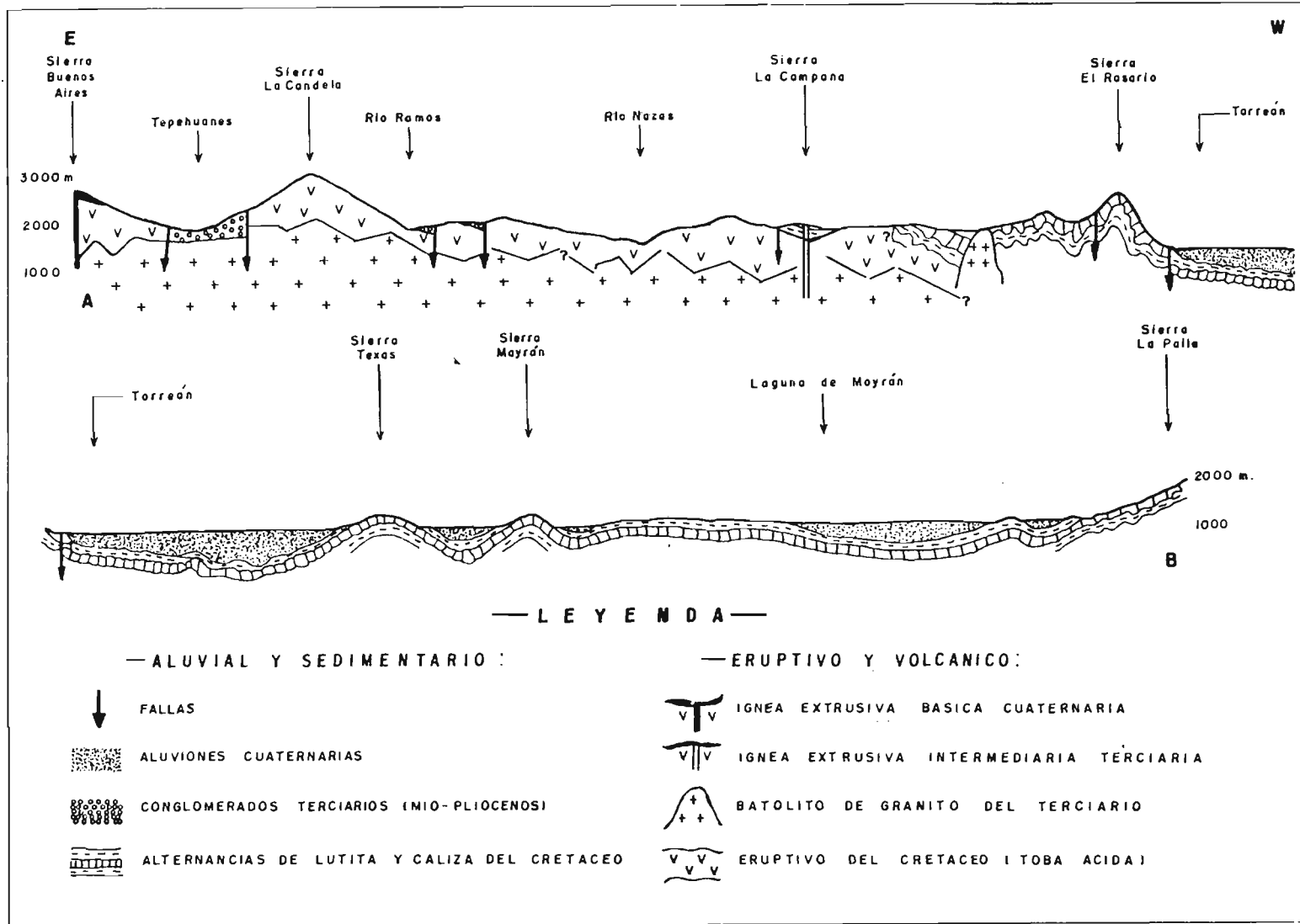


Figura 2

Perfil geológico longitudinal (A-B).

Análisis Petrográfico de la RH 36.

Globalmente la RH 36 está dividida en forma sensiblemente igual entre dos principales tipos de afloramiento: Las rocas eruptivas y las rocas sedimentarias que ocupan los dos tercios de su superficie. Los afloramientos de suelos representan el tercer tercio. Las rocas metamórficas, como gnesis o pizarra tienen una importancia insignificante en esta escala de análisis; en cambio, entre las partes altas y bajas de la región, aparecen diferencias notables en esta repartición (Figura 3).

Los afloramientos eruptivos sobrepasan en superficie a los afloramientos sedimentarios y los suelos en la **parte alta**. Están sobre todo representados por los importantes macizos de rocas piroclásticas en estribaciones de la Sierra Madre Occidental, que constituyen el substrato de toda la cuenca del alto Nazas.

Por el contrario, en la **parte baja** de la RH 36, lo sedimentario y los suelos dominan a lo eruptivo, que representa solamente 1.4 por ciento de la superficie en relación a cerros aislados de granito y riolita.

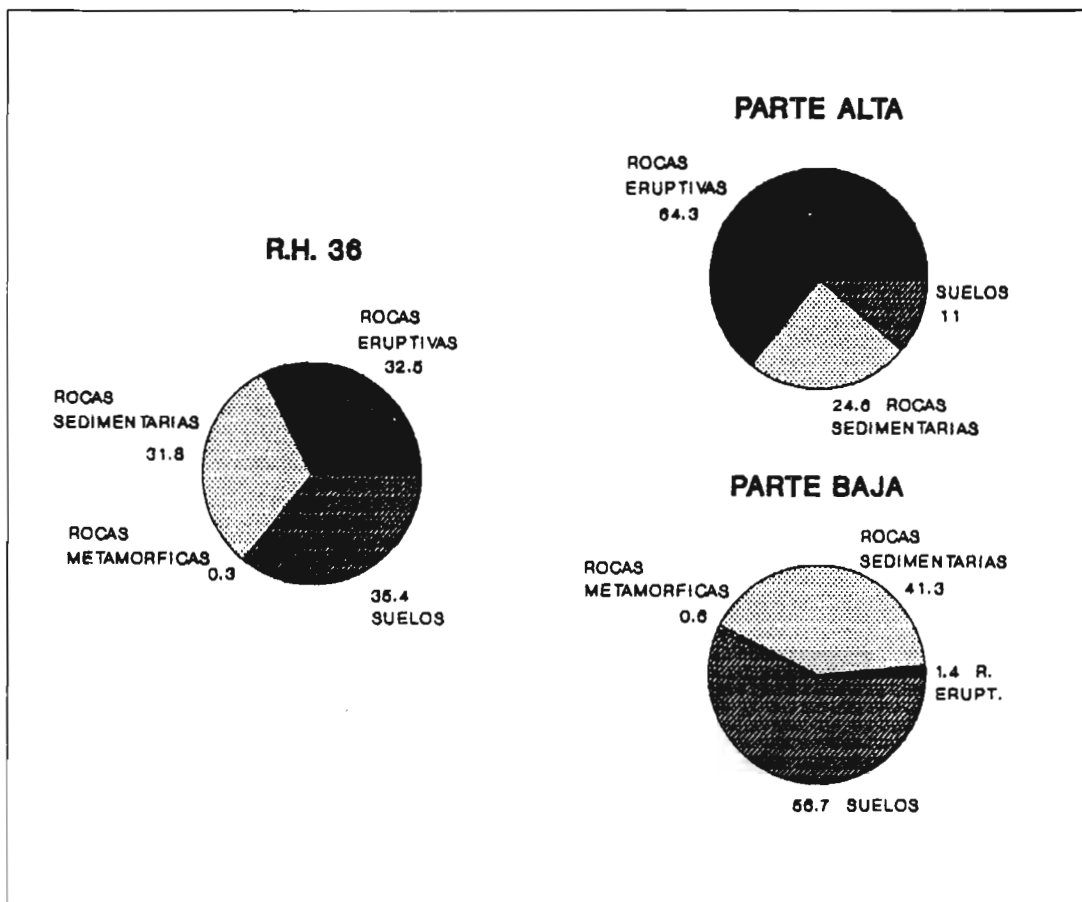


Figura 3

Repartición porcentual de las rocas y materiales en la RH 36 y entre las partes alta y baja.

En la parte alta, los afloramientos eruptivos dominan en forma global tanto en la Cuenca del Nazas como en la del Aguanaval, (Cuadro 1), pero un análisis detallado hace ver las diferentes reparticiones entre las dos cuencas.

Cuadro 1
Distribución espacial de las rocas y materiales en la parte alta de la RH 36.

Cuencas	Superficie (km ²)				Total
	R. Erup	R. Meta	R. Sedi	Suelos	
Nazas	22,491	34	8,613	38,600	34,997
Aguanaval	6,509	0	5,104	7,520	19,133
Total P. alta	29,000	34	13,717	11,380	54,130
Porcentaje (%)					
Nazas	64.3	0.1	24.6	11.0	100
Aguanaval	34.0	0	26.7	39.3	100
Total P. alta	53.6	0.1	25.3	21.0	100

CUENCA NAZAS: Los materiales geológicos están representados por 64 por ciento de eruptivo en la cuenca Nazas, contra 34 por ciento en la cuenca Aguanaval (cuadro 1). Principalmente son materiales piroclásticos denominados "toba ácida", relativamente suaves y asociados a bancos de riolita endurecida. En efecto, si la riolita tiene una reacción netamente ácida por causa de su riqueza en cuarzo, la toba por sí misma es mucho más heterogénea, tanto en endurecimiento del material, como de su reacción química, algunas veces alcalina por causa de la presencia de plagioclasas sódicas (río arriba del Nazas). De esta manera, globalmente el carácter ácido de los materiales eruptivos de la cuenca alta está débilmente marcado. Además de lo anterior, en 1,100 km² afloran rocas netamente básicas, representadas por basaltos, (Anexo 1).

En el 25 por ciento de la superficie de la cuenca del Nazas se observan afloramientos sedimentarios dominados por materiales de origen detrítico que corresponden a conglomerados, 3,800 km² o sea el 11 por ciento de la superficie total de la cuenca (Anexo 1), así como de materiales de origen químico, calcáreos duros, 8 por ciento de la superficie en unidades simples, y 4 por ciento en asociación con la lutita (Figura 4).

CUENCA AGUANAVAL: Los 19,000 km² de la cuenca del Aguanaval (Cuadro 1), están cubiertos por solamente el 34 por ciento de macizos eruptivos, de los cuales en 5,000 km² aflora la toba ácida en la alta cuenca; son la continuación de los afloramientos del Nazas con las mismas características. Las rocas basálticas cubren la misma superficie que en la cuenca del Nazas (1,100 km²). Los 5,100 km² de rocas sedimentarias están en la mayoría representadas por conglomerados, y también por calcáreos duros y asociaciones lutita-arenisca (Anexo 2). Los suelos cubren una superficie más importante que en la cuenca Nazas, (7,520 contra 3,860 km²) debido a un modelado de terreno netamente menos accidentado.

En la cuenca del Nazas, considerando la secuencia longitudinal desde la parte alta hasta la parte baja, (subcuenca Salomé Acosta a la subcuenca Los Angeles), los afloramientos eruptivos disminuyen regularmente en comparación a los afloramientos sedimentarios que presentan una evolución longitudinal inversa (Cuadro 2). En la Figura 5, se observa que existe un equilibrio de proporciones de ambos tipos de rocas a la altura de la subcuenca Agustín

Melgar. La subcuenca Salomé Acosta está constituida casi por completo por rocas eruptivas, principalmente macizos de toba ácida indiferenciada sobre las cartas, y contiene una alternancia de bancos riolíticos y de brechas más suaves. En la subcuenca más baja, Los Angeles, aproximadamente el 7 por ciento de las rocas eruptivas está compuesto por granito, no representado en otras partes, que afloran en un centenar de km² en la Sierra el Sarnoso (parteaguas de las subcuencas Mayrán y Los Angeles). Las rocas basálticas afloran principalmente en la subcuenca Sardinas sobre 700 km² a nivel del parteaguas nor-occidental (El Ocote, 3,150 m de altitud). En el Anexo 1 se indican los valores correspondientes.

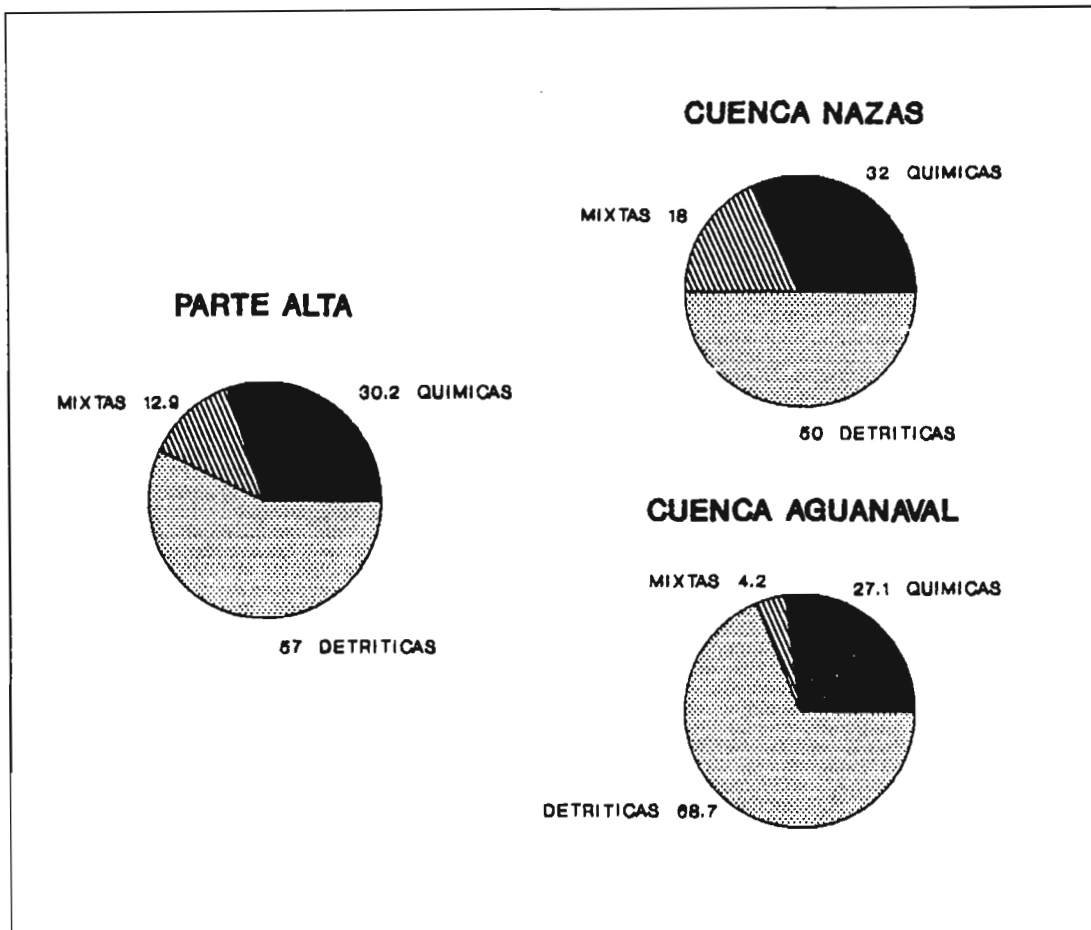


Figura 4

Porcentaje de las rocas sedimentarias con origen en la parte alta de la RH 36.

Las rocas metamórficas son casi inexistentes, con solamente 36 km² de pizarra en la subcuenca Palmito.

Los materiales sedimentarios son los más extensamente representados en las subcuencas inferiores (Cuadro 2) y tienen su más larga extensión en la subcuenca Agustín Melgar (de igual superficie que las rocas extrusivas, 5,000 km²); dentro de éstas, los conglomerados dominan

ampliamente. La subcuenca Agustín Melgar se presenta pues, desde el punto de vista petrográfico, compartida entre lo eruptivo y lo sedimentario; ocupa una situación longitudinal clave entre la alta y la baja cuenca del río Nazas (Figura 5).

Cuadro 2
Distribución espacial de las rocas y materiales en la cuenca del Nazas.

S/Cuenca	Superficie (km2)						
	Salome A.	Sardinas	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Angeles	Nazas
Roc Sedi.	0	472	956	4,872	1,527	787	8,613
Roc Erup.	7,085	4,090	5,284	5,169	762	101	22,491
Roc Meta.	0	0	34	0	0	0	34
Suelos	0	0	610	1,742	937	571	3,860
Total km2	7,085	4,562	6,884	11,782	3,226	1,458	34,997
	Porcentaje (%)						
Roc Sedi.	0	10.4	13.9	41.3	47.3	53.9	24.6
Roc Erup.	100	89.6	76.8	43.9	23.6	6.9	64.3
Roc Meta.	0	0	0.5	0	0	0	0.1
Suelos	0	0	8.8	14.8	29.1	39.2	11.0
Total %	100	100	100	100	100	100	100

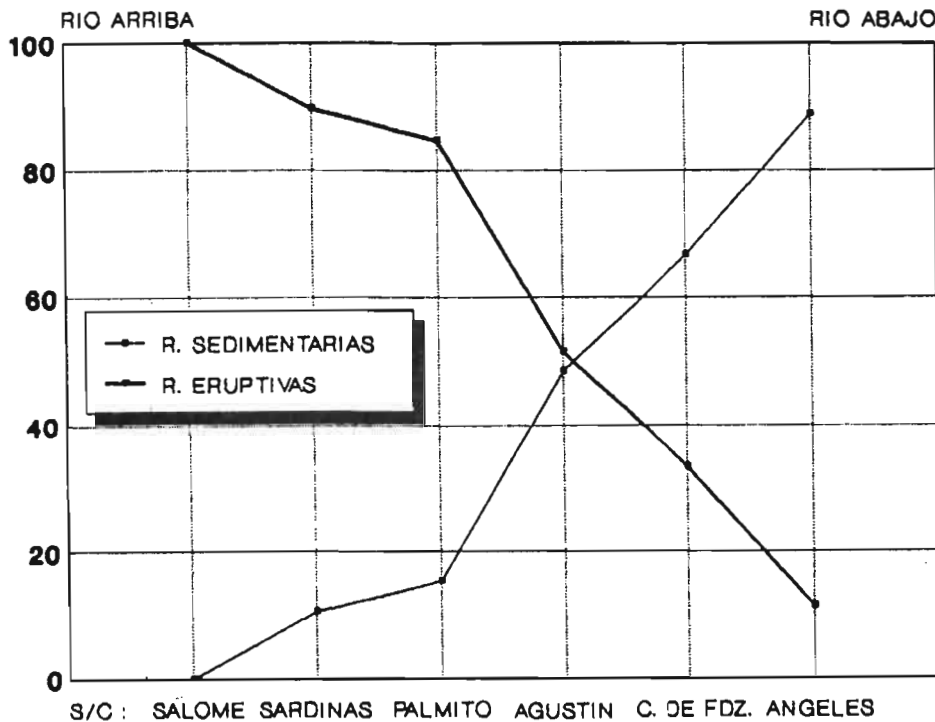


Figura 5
Distribución longitudinal de los tipos de rocas en la cuenca del Nazas.

Entre los materiales sedimentarios, los calcáreos aparecen solamente en las tres subcuencas de la parte inferior de la cuenca donde su superficie crece hacia la parte baja de la RH 36, en relación a los materiales detríticos. Estos últimos afloran de manera extensa en la subcuenca Agustín Melgar bajo la forma de conglomerados (2,300 km²), y de alternancias lutita-arenisca (1,300 km²), (Cuadro 3). En la Figura 6 se puede observar a detalle las tendencias de los valores indicados.

Cuadro 3
Distribución espacial de las rocas sedimentarias por origen en la cuenca del Nazas.

S/Cuenca	Superficie (km ²)						Total Nazas
	Salome A.	Sardinas	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Angeles	
Químicas	0	0	0	872	1,149	734	2,755
Detritic.	0	472	807	2,638	337	53	4,307
U. Mixta	0	0	149	1,362	41	0	1,552
Total	0	472	956	4,872	1,527	787	8,613
Porcentaje (%)							
Químicas	0	0	0	17.9	75.2	93.3	32.0
Detritic.	0	100	84.4	54.1	22.1	6.7	50.0
U. Mixta	0	0	15.6	28.0	2.7	0	18.0
Total	0	100	100	100	100	100	100

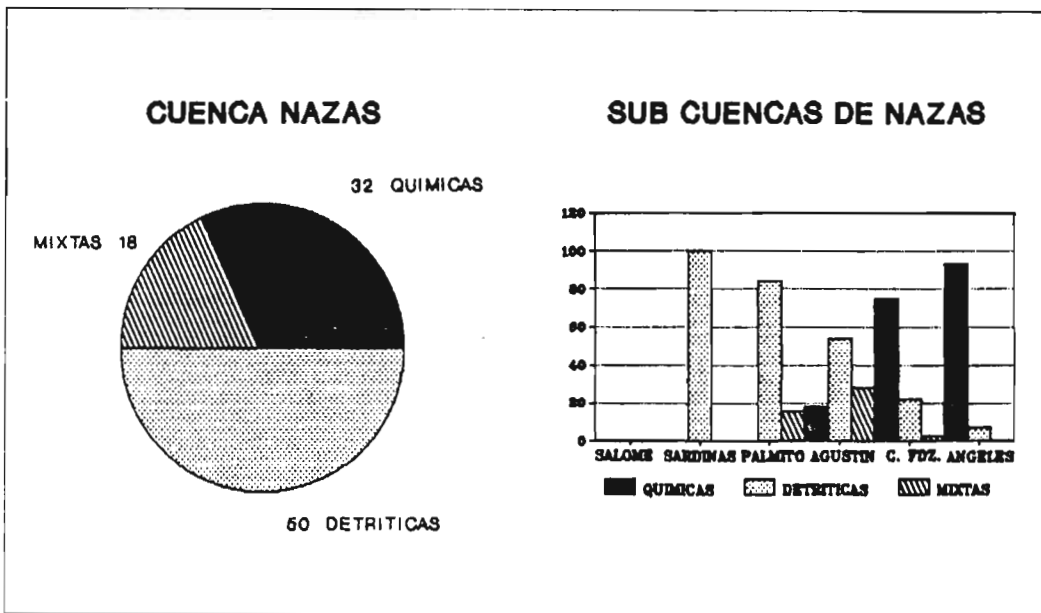


Figura 6
Porcentaje de las rocas sedimentarias por origen en la cuenca y las subcuencas del Nazas.

Desde el punto de vista de la característica física del conjunto de los materiales, y en particular de su endurecimiento que condiciona los escurrimientos al más alto nivel, a menudo se trata de unidades mixtas que presentan alternancias de materiales endurecidos (riolita, caliza, arenisca, granito, basalto), y de materiales suaves más permeables (toba, lutita). Los conglomerados, desde este punto de vista, pueden tener dos comportamientos diferentes: ya sea que permanezcan relativamente penetrables, por no estar cimentados, por la ausencia de material calcáreo, como en las tres subcuencas de la parte más alta; o bien que se comporten como materiales endurecidos y poco permeables, por estar bien cimentados por el material calcáreo bajo la forma de una costra continua; es el caso de todos esos materiales encontrados a partir de la subcuenca Agustín Melgar hasta la parte más baja, donde el material calcáreo está en todos lados presente; cimentando todos los pie de monte y bajadas detríticas, situados al pie de los relieves, aunque los materiales endurecidos dominan ampliamente sobre los materiales suaves en las subcuencas Cañón de Fernández y Los Angeles.

Químicamente, los diferentes materiales geológicos de la cuenca, tienen una reacción neutra a ligeramente alcalina. Lo mismo en las subcuencas altas, las rocas eruptivas y los materiales francamente ácidos (riolita, dacita), están poco representados en relación a las brechas, de reacción más neutra. Desde la aparición de las rocas sedimentarias, ricas en carbonato de calcio (subcuenca Agustín Melgar y sobre todo Cañón de Fernández y Los Angeles, es dominante la reacción alcalina de los materiales.

En lo que corresponde a la **cuenca del Aguanaval**, la repartición entre lo sedimentario y lo eruptivo aparece de manera menos ordenada que en la del Nazas, tomando en cuenta la secuencia longitudinal desde la alta hasta la cuenca baja. Los materiales metamórficos no existen; las superficies en suelos crecen de la cuenca alta a la baja, donde representan más del 40 o 50 por ciento de la superficie de las subcuencas San Francisco y La Flor, es decir, más que en cada una de las subcuencas del Nazas. Es una diferencia importante que, a pluviosidad igual, privilegia, *a priori*, las infiltraciones sobre los escurrimientos en comparación a la cuenca del Nazas.

Los 5,000 km² de toba riolítica de la cuenca vertiente están repartidos de manera desigual en las cuatro subcuencas (Cuadro 4). Este material representa el 70 por ciento de la superficie de la subcuenca El Sauz que es típicamente montañosa con solamente 11 por ciento de su superficie cubierta por suelos.

Cuadro 4
Distribución espacial de las rocas y materiales entre las subcuencas del aguanaval.

S/Cuenca	Superficie (km ²)				
	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor	Aguanaval
eruptivo	1,013	1,695	1,347	2,454	6,509
meta.	0	0	0	0	0
sedi.	148	1,148	1,513	2,294	5,104
suelos	155	857	1,986	4,523	7,520
Total	1,316	3,699	4,846	9,271	19,133
	Porcentaje (%)				
eruptivo	77.0	45.8	27.8	26.5	34.0
meta.	0	0	0	0	0
sedi.	11.2	31.0	31.2	24.7	26.7
suelos	11.8	23.2	41.0	48.8	39.3
Total	100	100	100	100	100

Los afloramientos sedimentarios aparecen desde lo alto de la cuenca y son en su mayoría representados en las cuatro subcuencas por materiales de origen detrítico esencialmente conglomerados; del hecho de la presencia general de los materiales carbonatados, estos son siempre cimentados por la costra calcárea, contrariamente a las subcuencas del alto Nazas (Cuadro 5). En la Figura 7 se ilustra lo anterior.

Cuadro 5

Distribución espacial de los materiales sedimentarios por origen en las subcuencas del Aguanaval.

S/Cuenca	Superficie (km ²)				Total
	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor	
Químicos	0	17	346	1,019	1,383
Detriticos	148	1,123	1,153	1,085	3,508
Mixtos	0	8	14	191	213
Total	148	1,148	1,513	2,294	5,104
Porcentaje (%)					
Químicos	0	1.5	22.9	44.4	27.1
Detriticos	100	97.8	76.2	47.3	68.7
Mixtos	0	0.7	0.9	8.3	4.2
Total	100	100	100	100	100

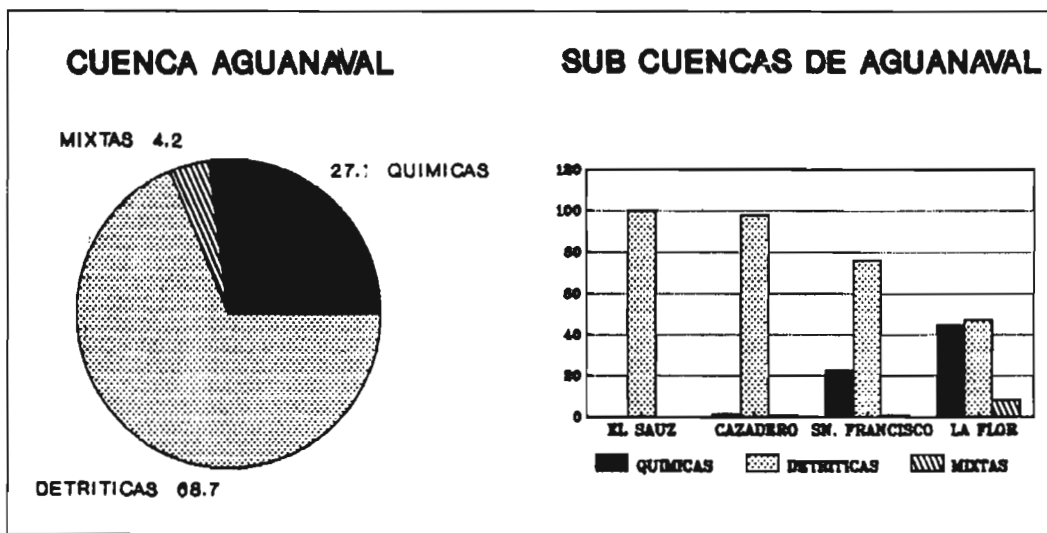


Figura 7
Porcentaje de las rocas sedimentarias por origen en la cuenca y las subcuencas del Aguanaval.

Los materiales calcáreos duros aparecen esencialmente en las subcuencas inferiores, San Francisco y la Flor, por tanto, los materiales sedimentarios de origen químico (calizas) están al igual que en las subcuencas del río Nazas, sobre todo representadas en las subcuencas situadas en la parte más baja: Agustín Melgar, Cañón de Fernández y los Angeles por el Nazas; San Francisco y la Flor por el Aguanaval (Figura 8).

Desde el punto de vista del endurecimiento de los materiales en las diferentes subcuencas, la repartición entre materiales suaves y duros es muy irregular debido a la presencia de estratos mixtos, que dificultan la caracterización de ambos grupos de materiales a esta escala de 1:1'000,000.

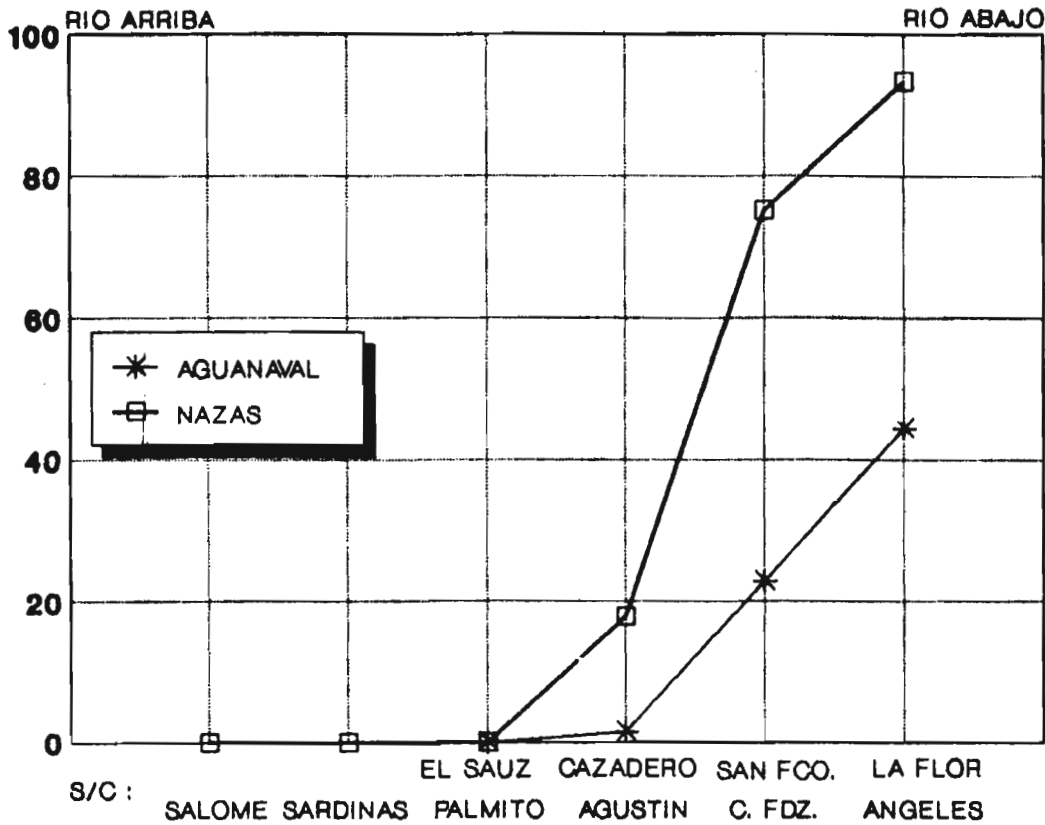


Figura 8

Evolución longitudinal de la superficie porcentual de calizas en las subcuencas del Nazas y Aguanaval.

Los materiales geológicos constituyentes de la cuenca Aguanaval son muy poco ácidos y son por doquier materiales neutros y alcalinos que dominan el conjunto de las cuatro subcuencas.

En el plano químico igualmente, ya sea para la cuenca del Nazas o la del Aguanaval, la lutita constituida sobre todo de montmorillonita, contiene algo de sales que pueden contribuir de manera localizada, a la salinización de las aguas de ciertos arroyos (ejemplo: Arroyo Naycha y Dolores en la subcuenca Agustín Melgar).

Finalmente, el análisis de la información para la parte de escurrimiento no ordenado de la RH 36, **subcuencas Bolsón, Mayrán y Viesca**, a un lado de los suelos, mismos que representan

poco menos del 60 por ciento de la superficie, solo los afloramientos sedimentarios son importantes, representando el 41 por ciento de la superficie. Estos están repartidos aproximadamente entre las subcuencas Bolsón y Mayrán (35 por ciento), más marcados en cuanto a los relieves de la subcuenca Viesca, 51 por ciento (Cuadro 6).

Cuadro 6
Distribución espacial de las rocas y materiales en la parte baja de la RH 36.

S/Cuencas	Superficie (km ²)				Total
	R. Erup.	R. Meta.	R. Sedi.	Suelos	
Viesca	154	202	7,302	6,552	14,210
Bolson	218	0	2,313	4,003	6,533
Mayrán	156	0	5,564	10,270	15,990
Total	528	202	15,178	20,825	36,733
	Porcentaje (%)				
Viesca	1.1	1.4	51.4	46.1	100
Bolson	3.3	0	35.4	61.3	100
Mayrán	1.0	0	34.8	64.2	100
Total	1.4	0.6	41.3	56.7	100

Desde el punto de vista del origen de los materiales sedimentarios, los de origen químico, (calcareos duros), dominan en las tres subcuencas. Es importante enfatizar el hecho de que las calizas están en las subcuencas Bolsón y sobre todo en la de Mayrán, frecuentemente asociados al yeso, que constituye una importante fuente de sulfato y calcio susceptible de afectar las propiedades químicas de las aguas superficiales.

Los materiales sedimentarios detríticos están compuestos esencialmente de conglomerados, y de asociaciones de las cuales las más representadas son las de lutita-arenisca, y las de caliza-lutita. (Cuadro 7).

Cuadro 7
Distribución espacial de los materiales sedimentarios por origen en las unidades de la parte baja.

S/Cuencas	Superficie (km ²)			Total
	Químicos	Detritic.	U. Mixta	
Viesca	5,139	1,565	598	7,302
Bolsón	1,145	828	340	2,313
Mayrán	4,000	1,307	256	5,563
Total	10,284	3,700	1,194	15,178
	Porcentaje (%)			
Viesca	70.4	21.4	8.2	100
Bolsón	49.5	35.8	14.7	100
Mayrán	71.9	23.5	4.6	100
Total	67.7	24.4	7.9	100

En el Anexo 3 se indica la petografía de esta parte baja de la RH 36, en unidades de superficie y porcentaje de afloramiento.

Conclusión.

Las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval se distribuyen entre dos tipos de afloramientos geológicos de diferente origen :

- Los materiales eruptivos en la parte más alta de las cuencas.
- Los materiales sedimentarios en la parte media inferior de las cuencas.

Entre los factores geológicos que más influyen los escurrimientos superficiales, el buzamiento de los bancos, sus interestratificaciones y su característica más o menos endurecida son primordiales.

A la escala de 1/1'000,000, una diferenciación petrográfica precisa, no fue siempre posible a partir de los mapas geológicos. Al interior de las unidades de "toba ácida" por ejemplo, las que cubren casi la mitad de la parte alta de la RH 36, numerosos bancos riolíticos monoclinales, endurecidos e impermeables, afloran regularmente.

El hecho, por ejemplo, de que para una pluviometría y una pendiente media equivalente, la subcuenca Sardinias presenta coeficiente de escurrimiento y sobre todo de avenidas superiores a los que se encuentran en Salomé Acosta (17 contra 15 y 27 contra 8, respectivamente), podría ser atribuido a una más importante presencia de estos bancos.

En primera aproximación, es posible hacer una estimación de la proporción de esos materiales endurecidos, en unidades puras para cada subcuenca (riolita, diorita, traciandesita, granito, basalto, conglomerados cementados, calizas) (Cuadro 8). El resto de la superficie se constituye de materiales suaves o de mezclas (lutita, lutita-arenisca, lutita-caliza).

Cuadro 8

Distribución de los materiales endurecidos entre las subcuencas del Nazas y del Aguanaval

Porcentaje de superficie por subcuenca			
Salomé Acosta	4	El Sauz	18
Sardinias	17	Cazadero	29
Palmito	2	San Fco.	23
Agustin M.	9	La Flor	28
C. de Fdz.	51		
Los Angeles	57		
Promedio		Promedio	
NAZAS	13	AGUANAVAL	26

Referencias.

- SCHULZE G., (1953). Conglomerados Terciarios Continentales en la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila y sus relaciones con fenómenos igneos, geomorfológicos y climatológicos (52 p.) INIRM. México, D. F.
- INEGI, (1980). Cartas geológicas a 1/1000'000, Guadalajara-Chihuahua-Monterrey.
- INEGI, (1981). Guías para la interpretación de cartografía: Geología. 32 p.
- LOPEZ RAMOS E., (1982). Geología de México Tomo II. 3a. Ed. México, D. F.
- BREIMER R. F., (1984). Soil and landcape survey of the Mapimí Biosphere Reserve, Durango, México. UNESCO-MAB, Instituto de Ecología A. C. Durango.
- BORTOLINO I. R., (1988). Cenozoic Geology of the Eastern Hald of the La Flor Quadrangle Durango and Chihuahua, México in "Estudio Integrado de los Recursos Vegetación Suelo y Agua en la Reserva de la Biósfera de Mapimí", (pp. 77-97) Instituto de Ecología MAB, México, D. F.
- BREIMER R. F., (1988). Physiographic Soil Survey in Estudio Integrado de los Recursos Vegetación Suelo y Agua en la Reserva de la Biósfera de Mapimí. (pp. 115-135) Instituto de Ecología - MAB, México, D.F.

Anexo 1

Petrografía de la cuenca y de las subcuencas del Nazas.

PETRO. km2	Superficie (km2)												Total km2
	Toba+Riolita	Granito	Basalto	Traciandesita	Diorita	Arenisca	Lutita+Arenisca	Caliza	Conglomerado	Caliza+Lutita	Pizarra	Suelos	
Salomé A.	6,800	0	285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,085
Sardinas	3,330	58	702	0	0	0	0	0	472	0	0	0	4,562
Palmito	5,229	48	0	0	7	0	34	0	774	149	34	610	6,885
Agustín M.	5,118	23	20	8	0	75	248	872	2,315	1,362	0	1,742	11,783
C. de Fdz.	538	0	134	90	0	0	70	1,149	266	41	0	937	3,225
Los Angeles	30	70	0	0	0	23	19	734	10	0	0	571	1,457
NAZAS km2	21,045	199	1,141	98	7	98	371	2,755	3,837	1,552	34	3,860	34,997
	Porcentaje												
Salomé A.	96.0	0	4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Sardinas	73.0	1.3	15.3	0	0	0	0	0	10.4	0	0	0	100
Palmito	76.0	0.7	0	0	0.1	0	0.5	0	11.2	2.2	0.5	8.9	100
Agustín M.	43.3	0.2	0.2	0.1	0	0.6	2.1	7.4	19.6	11.6	0	14.8	100
C. de Fdz.	16.7	0	4.2	2.8	0	0	2.2	35.5	8.3	1.3	0	29.0	100
Los Angeles	2.1	4.8	0	0	0	1.6	1.3	50.3	0.7	0	0	39.2	100
NAZAS %	60.0	0.6	3.3	0.3	0	0.3	1.1	7.9	11.0	4.4	0.1	11.0	100

Anexo 2

Petrografía de la cuenca y de las subcuencas del Aguanaval.

PETRO Km2	Superficie en km2											Total
	granito	diorita	toba + riolita	basalto	lutita	arenisca	conglomerado	caliza	lutita+arenisca	caliza+lutita	suelos	
El Sauz	0	0	927	86	0	0	148	0	0	0	155	1,316
Cazadero	0	0	1,632	62	0	0	977	17	146	8	857	3,699
San Fco.	30	0	1,141	175	28	0	560	346	564	14	1,986	4,846
La Flor	311	14	1,347	783	3	0	476	1,019	606	191	4,523	9,271
AGUANAVAL	341	14	5,047	1,107	31	0	2,161	1,383	1,316	213	7,520	1,913
	Porcentaje											
El Sauz	0	0	70.4	6.6	0	0	11.2	0	0	0	11.8	100
Cazadero	0	0	44.1	1.7	0	0	26.4	0.5	4.0	0.2	23.2	100
San Fco.	0.6	0	23.6	3.6	0.6	0	11.6	7.1	11.6	0.3	41.0	100
La Flor	3.4	0.2	14.5	8.4	0	0	5.1	11.0	6.5	2.1	48.8	100
AGUANAVAL	1.8	0.1	26.4	5.8	0.2	0	11.3	7.2	6.9	1.1	39.3	100

Anexo 3**Petrografía de la parte baja de la RH 36.**

1. Rocas Eruptivas y Metamórfica									
Superficie en km2									
S/cuenca	Granito	Diorita	Toba- Riolita	Traci- Andesita	Basalto	Pizarra	Esquisto	Gneis	
S/C Bolsón	17	0	90	102	9	0	0	0	
S/C Mayrán	0	0	30	0	126	0	0	0	
S/C Viezca	25	35	94	0	0	116	70	16	
TOTAL	4	35	214	102	135	116	70	16	
Porcentaje									
S/C Bolsón	0.3	0	1.4	1.6	0.1	0	0	0	
S/C Mayrán	0	0	0.2	0	0.8	0	0	0	
S/C Viezca	0.2	0.2	0.6	0	0	0.8	0.5	0.1	
2. Rocas Sedimentarias									
Superficie en km2									
S/cuenca	Lutita	Arenisca	Conglo.	Caliza	Caliza Yeso	Caliza Lutita	Lutita Arenisca	Suelos	Total
S/C Bolsón	0	20	508	925	220	340	300	4,003	6,534
S/C Mayrán	0	0	190	3,148	852	256	1,118	10,270	15,990
S/C Viezca	8	18	846	5,139	0	598	693	6,552	14,210
TOTAL	8	38	1,544	9,212	1,072	1,194	2,111	20,825	36,734
Porcentaje									
S/C Bolsón	0	0.3	7.7	14.2	3.4	5.2	4.5	61.3	100
S/C Mayrán	0	0	1.2	19.7	5.3	1.6	7.0	64.2	100
S/C Viezca	0.1	0.1	6	36.2	0	4.2	4.8	46.1	100

CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Jean Yves LOYER (1)
Alain PLENECASSAGNE (2)

Introducción.

Numerosos estudios han demostrado que existe una buena correlación entre el contexto geodafológico de una región o de una cuenca vertiente, y la composición química de las aguas naturales (RISACHER, 1978). Aún cuando ésta pueda evolucionar por temporadas, permite definir globalmente en el interior de una región, una cierta zonificación en provincias geoquímicas. Se pueden separar de esta manera, en forma general, las cuencas sedimentarias, caracterizadas por sales cloruro-sulfatadas sódicas o cálcicas, y las cuencas eruptivas, en donde dominan los carbonatos y el sodio (algunas veces los cloruros en presencia de volcanismo).

La finalidad del presente estudio es definir las diferencias o similitudes que existen en la RH 36, considerando la calidad de las aguas superficiales de las diversas unidades hidrográficas, comparando la carga disuelta, el pH, y la composición iónica.

Los datos utilizados provienen de dos fuentes:

- Los análisis químicos efectuados por el INEGI: Cartas Hidrológicas de Aguas Superficiales elaboradas a escala 1:250,000, de los años 1977 a 1987 (311 análisis), (INEGI 1978 a 1982).
- Las tomas y análisis efectuados a lo largo de las inspecciones de campo en el momento de la primera fase del proyecto, en 1992 (86 análisis).

Los resultados se refieren al balance de los iones mayores (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$, NO_3^-), a la Conductividad Eléctrica (CE), y al pH. Fueron interpretados a nivel de cada cuenca y subcuenca, comparando las diferentes características, y utilizando en particular los diagramas triangulares de PIPER (Piper, 1944) que permiten una clasificación según los principales rasgos hidroquímicos.

No ha sido establecida ninguna otra interpretación más a fondo en cuanto a un tipo de utilización eventual, la irrigación o el uso doméstico por ejemplo, que necesitan una aproximación espacial más precisa.

(1) Investigador de ORSTOM en México. Coordinador del Proyecto.

(2) Ingeniero Químico de ORSTOM en México.

Caracterización Química de las Aguas Superficiales.

Globalmente, tomando en cuenta todos los orígenes (ríos, arroyos, presas, presones, manantiales, etc.), que incluyen 397 puntos de muestreo de aguas superficiales distribuidas a lo largo de toda la RH 36, presentan en promedio una característica *sulfato-bicarbonatada mixta (cálcica y sódica)*. Los cloruros son muy poco abundantes así como el ión magnesio.

El pH es ligeramente alcalino, con un valor promedio de 7.9 (cuadro 1).

La carga disuelta media para el conjunto de las 13 unidades de escurrimiento es de 460 mg.L⁻¹, y la Conductividad Eléctrica de 0.640 dSm⁻¹ (deciSiemens por metro). La relación media de Conductividad y Concentración para la RH 36 es:

$$S^+ \text{ me L}^{-1} = S^- = 10.7 \text{ C.E. dS m}^{-1}$$

$$\text{en ponderal : } 1 \text{ g sal L}^{-1} = 1.38 \text{ dS m}^{-1}$$

Al analizar la información de las aguas superficiales de **las parte alta y baja**, se observó muy poca diferencia en la concentración media de sales (parte alta: 478 mg L⁻¹, contra 490 en la parte baja).

Se notan las siguientes diferencias y similitudes, en las proporciones relativas de los cationes y aniones (Cuadro 1) :

parte alta : Na > Ca > Mg y SO₄ > HCO₃ > Cl

parte baja : Ca > Na > Mg y SO₄ > HCO₃ > Cl

Las aguas de la parte alta muestran un rasgo netamente más sódico que las de la parte baja, que tienden a ser más cálcicas; es un aspecto a tomar en consideración para cualquier utilización de las primeras en irrigación debido al papel del sodio en el riesgo de degradación de los suelos cultivados.

Cuadro 1

Características químicas de las aguas superficiales de la RH 36.

	Conc. mg.L-1	C.E dS.m-1	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3
				-----				me.L-1	-----			
RH36	491	0.639	7.9	2.8	1.1	2.6	0.2	0.8	3.1	2.7	0.2	0.1
Parte Baja	490	0.622	7.8	3.7	1.3	1.5	0.2	0.7	3.2	2.9	0.1	0
Parte Alta	478	0.648	7.9	2.3	1.0	3.0	0.2	0.8	3.0	2.6	0.2	0.1

En la parte alta, Las aguas superficiales promedio de las dos cuencas vertientes difieren sensiblemente a nivel de sus cargas disueltas: 300 mg L⁻¹ para la del Nazas, contra 540 para la del Aguanaval.

Sus características químicas son parecidas, *sulfatadas-bicarbonatadas sódicas y cálcicas*, con una inversión bicarbonatos y sulfatos:

Cuenca Nazas $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ y $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg}$

Cuenca Aguanaval $\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{Cl}$ y $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg}$

El magnesio siempre es poco abundante, del orden de 1 me L^{-1} , ligeramente más representado en la cuenca del Aguanaval que en la del Nazas (Cuadro 2).

Cuadro 2

Características químicas medias de las aguas superficiales en las cuencas Nazas y Aguanaval.

	Conc. (mg/l)	C.E. (mS/cm)	pH	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	Cl (me/l)	SO4 (me/l)	HCO3 (me/l)	CO3 (me/l)	NO3 (me/l)
C. Nazas	303	0.531	8.1	2.2	0.8	2.7	0.2	0.6	2.5	2.8	0.2	0.1
C. Aguanaval	542	0.810	7.6	2.6	1.3	3.5	0.3	1.2	3.8	2.4	0.3	0.1

Por el contrario, los análisis de las aguas de estas dos cuencas en cada uno de los cauces de los ríos a su salida a la llanura, (estación Los Angeles y la Flor), es decir integrando todas las aguas de escurrimiento de cada cuenca, dan resultados sensiblemente diferentes en relación a las aguas precedentes, muestreadas al nivel de los escurrimientos en cada subcuenca vertiente (Cuadro 3):

Cuadro 3

Calidad de agua superficial en el cauce de los 2 ríos de la RH 36.

	C. E. dS.m ⁻¹	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	CO3
			-----				me.L ⁻¹	-----		
Nazas 1989	0.980	7.8	3.0	1.4	1.7	0.1	0.4	4.7	3.3	0
Nazas 1991	0.304	7.9	1.8	0.2	0.6	0.3	0.2	0.3	3.0	0
Aguanaval 1992	0.907	8.3	2.6	0.9	5.2	0.1	0.8	4.2	2.7	0.1

- Las aguas del río Nazas en año normal, 1989 por ejemplo son netamente más cargadas en sales que las escurridas en período de crecida importante (1991): CE. 0.980 dS m^{-1} contra 0.300 dS m^{-1} .

La relación de los diferentes cationes permanece idéntica : $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg}$.

Para los aniones se nota entre estos dos períodos una inversión del anión dominante :

$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4$ en año normal,

$\text{SO}_4 > \text{HCO}_3$ en período de crecida.

- Las aguas del río Aguanaval son, en Conductividad Eléctrica, comparables a las del Nazas, pero más ricas en sodio que domina al calcio:

$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg}$

La proporción de magnesio permanece baja.

En cuanto a los aniones, son comparables a las del Nazas en crecida:

$\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{Cl}$

El pH es sensiblemente más elevado que en el río Nazas.

Cuadro 4

Características químicas medias de las aguas superficiales en las 13 unidades de escurrimiento de la RH 36

	Conc. mg.L-1	C.E. dS.m-1	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3
				-----				me.L-1	-----			
Mayrán	512	0.644	7.8	2.9	1.8	2.0	0.2	0.8	3.4	3.0	0.1	0
Bolsón	600	0.783	7.8	4.6	1.0	2.5	0.4	0.6	5.0	2.5	0.1	0.1
Viesca	456	0.572	7.8	4.1	1.0	1.0	0.2	0.7	2.7	2.8	0.0	0.1
Salomé A.	241	0.367	8.3	1.1	0.3	1.3	0.1	0.3	0.5	1.9	0.2	0.4
Sardinas	260	0.306	8.1	1.8	0.4	0.9	0.1	0.2	0.4	2.6	0.1	0.1
Palmito	278	0.347	8.3	1.9	0.5	1.1	0.2	0.3	0.6	2.4	0.3	0.1
Agustín M.	669	0.696	8.1	2.7	1.2	4.7	0.3	1.0	4.7	3.4	0.2	0.1
C. de Fdz.	353	0.456	7.9	2.6	0.7	1.3	0.1	0.5	1.4	2.7	0.1	0.1
L. Angeles	829	1.048	8.1	3.2	1.4	6.6	0.2	1.2	6.1	4.0	0.1	0.1
El Sauz	76	0.100	7.6	0.5	0.2	0.1	0.2	0.3	0	0.7	0	0
Cazadero	179	0.274	7.2	1.3	0.5	0.7	0.2	1.0	0.3	1.0	0.4	0
San Fco.	605	0.813	7.7	2.1	1.1	5.1	0.3	1.6	3.7	2.7	0.5	0.1
La Flor	661	1.064	7.8	3.6	1.9	3.5	0.3	0.9	5.5	2.8	0	0.1

A nivel de las subcuencas (Cuadro 4), las aguas de las seis **subcuencas del Nazas**, muestran de la parte alta a la baja, un aumento sensible de sus cargas disueltas (de 241 a 829 mg L⁻¹).

Las aguas de las subcuencas Sardinas, Palmito y Cañón de Fernández presentan un rasgo normal *sulfato-bicarbonatado* cálcico.

En las otras tres sub-cuencas, las aguas tienen en promedio características químicas más anormales:

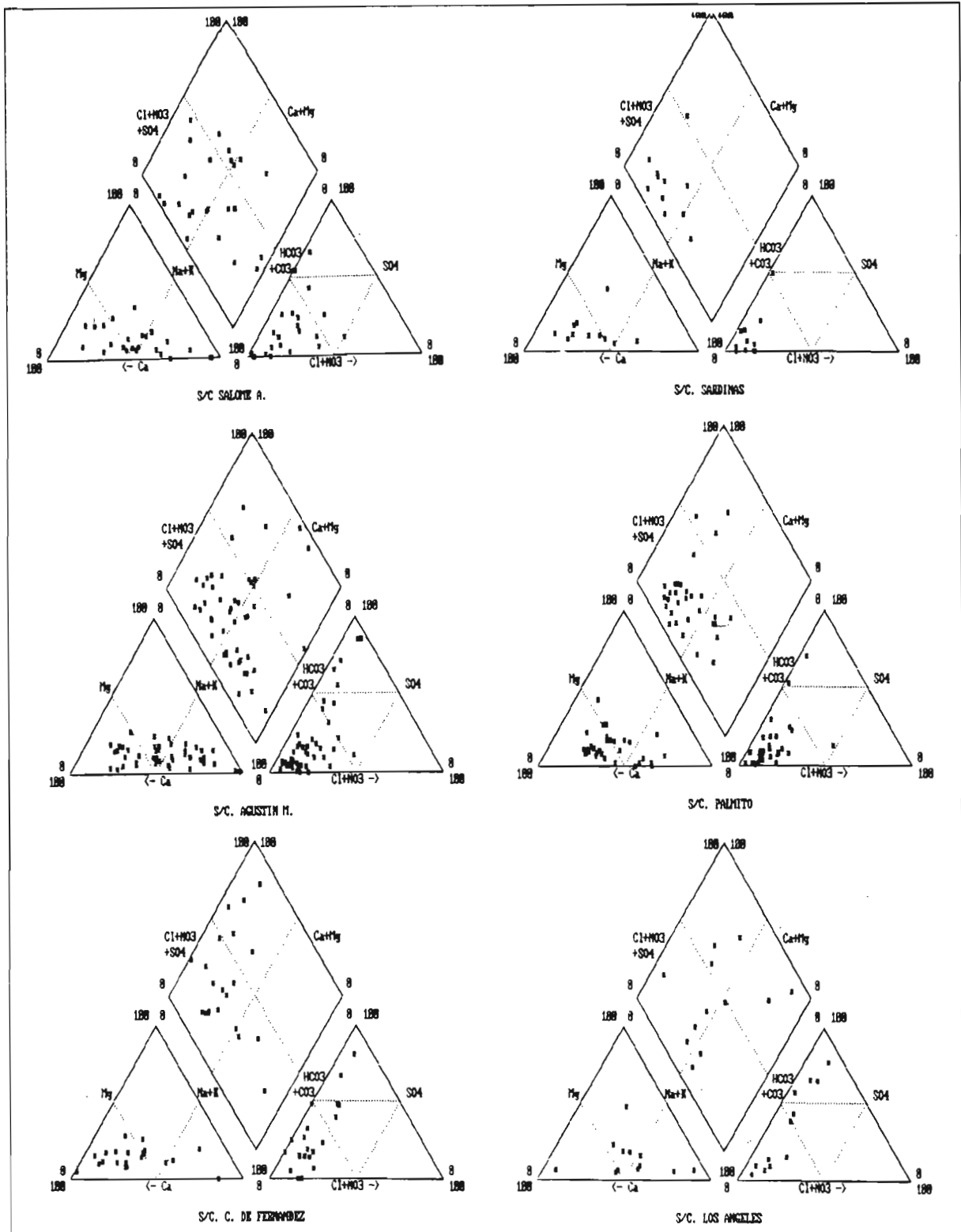


Figura 1

Diagrama de PIPER de las seis subcuencas del Nazas.

Bicarbonatada sódica (cálcica) para la sub-cuenca Salomé Acosta, muy marcada por los materiales eruptivos.

Sulfato sódica para las sub-cuencas Agustín Melgar y Los Angeles (Figura 1).

Los valores del pH, en promedio mayores de la neutralidad (7.9 a 8.3), presentan poca variación. Sin embargo algunas medidas efectuadas en lo alto de la vertiente de Salomé mostraron valores netamente más bajos (pH 5.7), en relación con los afloramientos de riolita ácida de la sierra alta.

La proporción de magnesio es siempre débil en relación al calcio; ligeramente más elevada para las tres sub-cuencas bajas que para las de la parte alta (Cuadro 4).

Una evolución longitudinal entre los diferentes elementos del balance iónico de cada sub-cuenca tiende a incrementarse desde las aguas de la subcuenca Salomé Acosta hasta Los Angeles (Figura 2). Sin embargo, la subcuenca Agustín Melgar presenta una cierta particularidad en esta sucesión probablemente en razón de su estructura geológica. El contacto entre los materiales eruptivos y sedimentarios provocando sin duda algunos fenómenos de fracturas y mineralizaciones, que se traducen por un aumento sobre todo del sodio y del sulfato en las aguas superficiales. Las aguas de los arroyos Naycha y Dolores por ejemplo, muestran conductividades eléctricas elevadas, (hasta 10 dS m^{-1}).

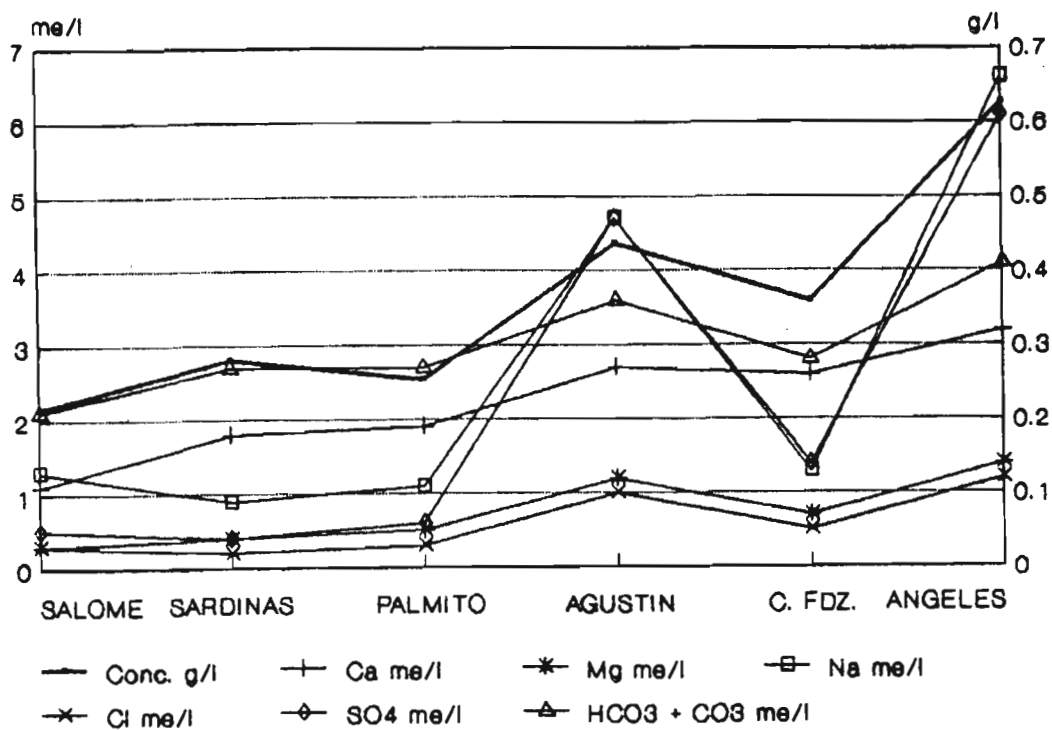


Figura 2

Evolución Longitudinal de los iones en las aguas superficiales en cada subcuenca del Nazas.

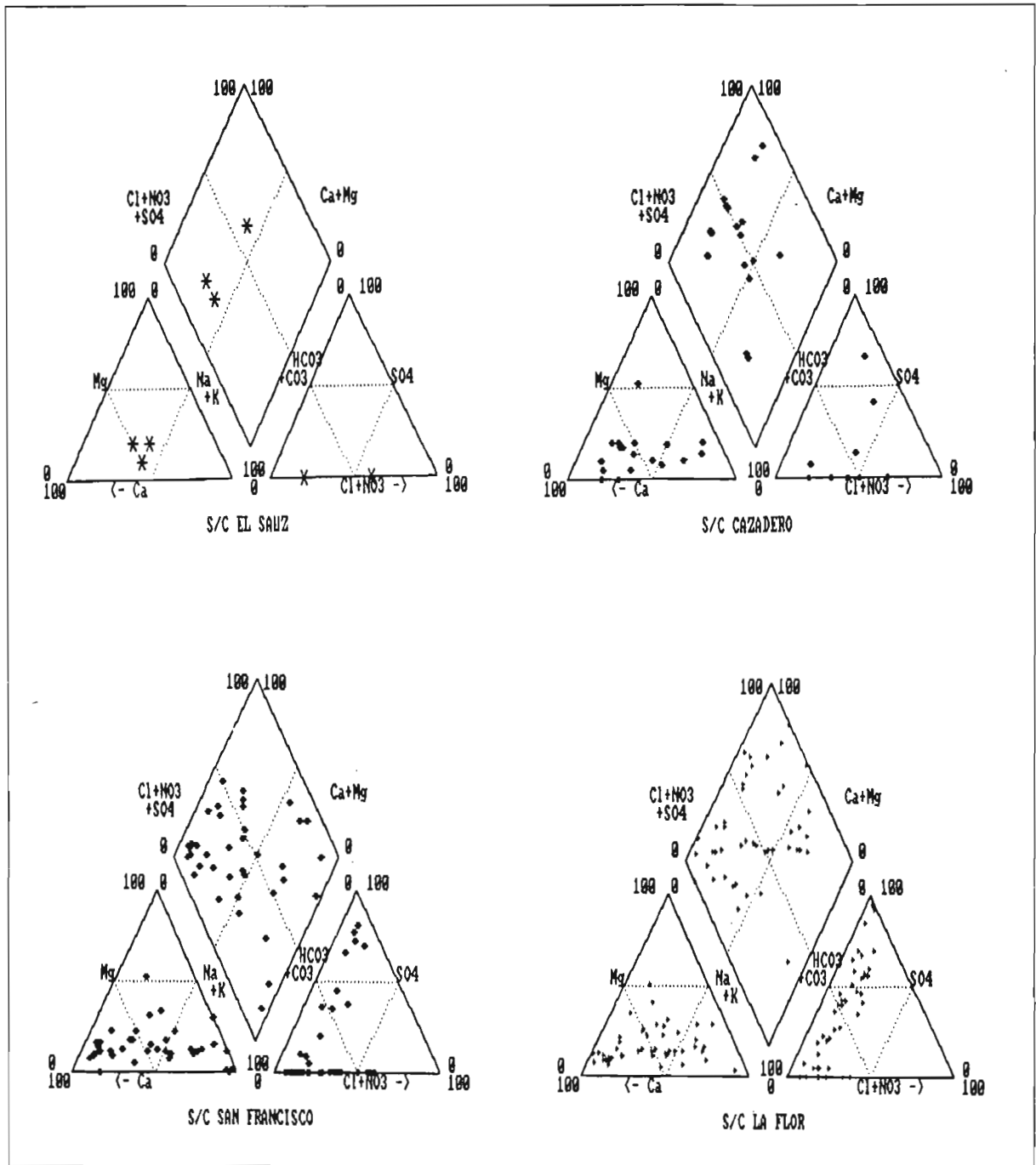


Figura 3

Diagramas de PIPER de las cuatro subcuencas del Aguanaval.

Por su parte, las características químicas de las aguas en las cuatro **subcuencas del Aguanaval** están representadas en la Figura 3, que muestra una repartición entre los dos polos catiónicos cálcico y sódico y en los dos polos aniónicos bicarbonato y sulfato.

Longitudinalmente, desde la parte alta hasta la parte baja, la carga disuelta promedio de las aguas aumenta regularmente al nivel de cada subcuenca. Las aguas de la subcuenca El Sauz, muy montañosa sobre toba riolítica, son muy poco cargadas :

0.100 dS m⁻¹ en Conductividad Eléctrica, contra 1.060 dS.m⁻¹ en promedio para la subcuenca La Flor de Jimulco, en la cual, las aguas del arroyo Santa Clara son bastante salinas (*sulfatadas sódicas*).

Todos los iones siguen la misma evolución longitudinal (Figura 4). En proporción relativa:

Las aguas de los dos subcuencas altas, El Sauz y Cazadero, presentan el gradiente iónico siguiente :



mientras que para San Francisco y La Flor, el gradiente es inverso :



La proporción de magnesio es sensiblemente más abundante en relación con el calcio, yendo hacia la parte baja (relación Ca / Mg de 2.8 a 1.8), mismo que la de los cloruros respecto a los sulfatos, (relación SO₄ / Cl de 0.3 a 5.9).

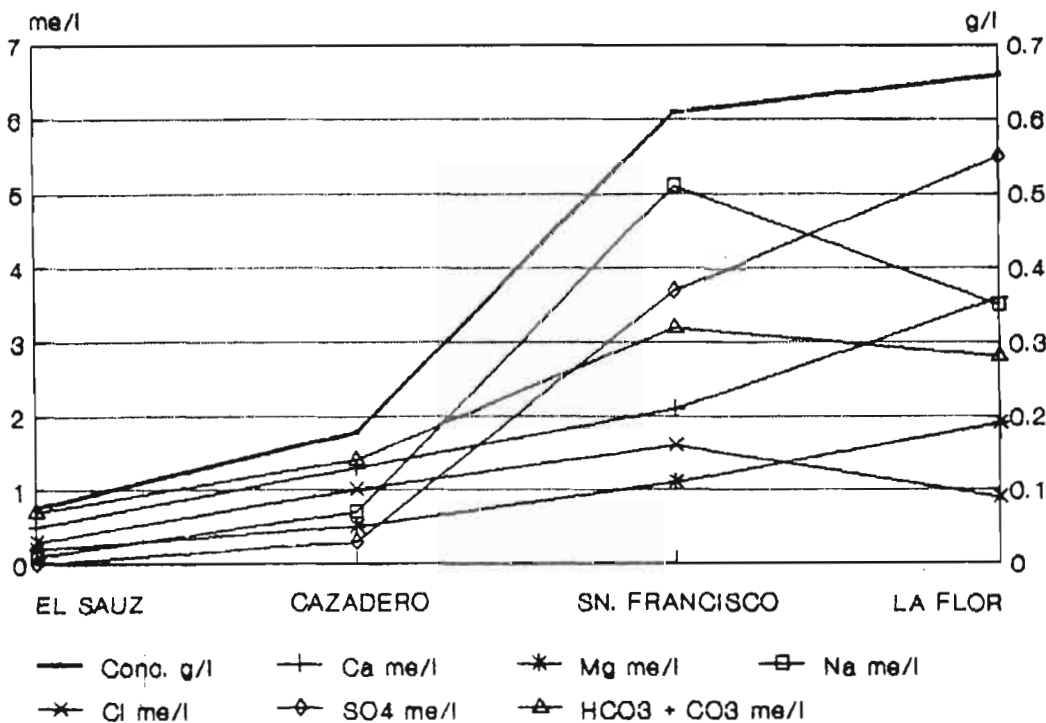


Figura 4

Evolución iónica longitudinal en las aguas superficiales para cada subcuenca del Aguanaval.

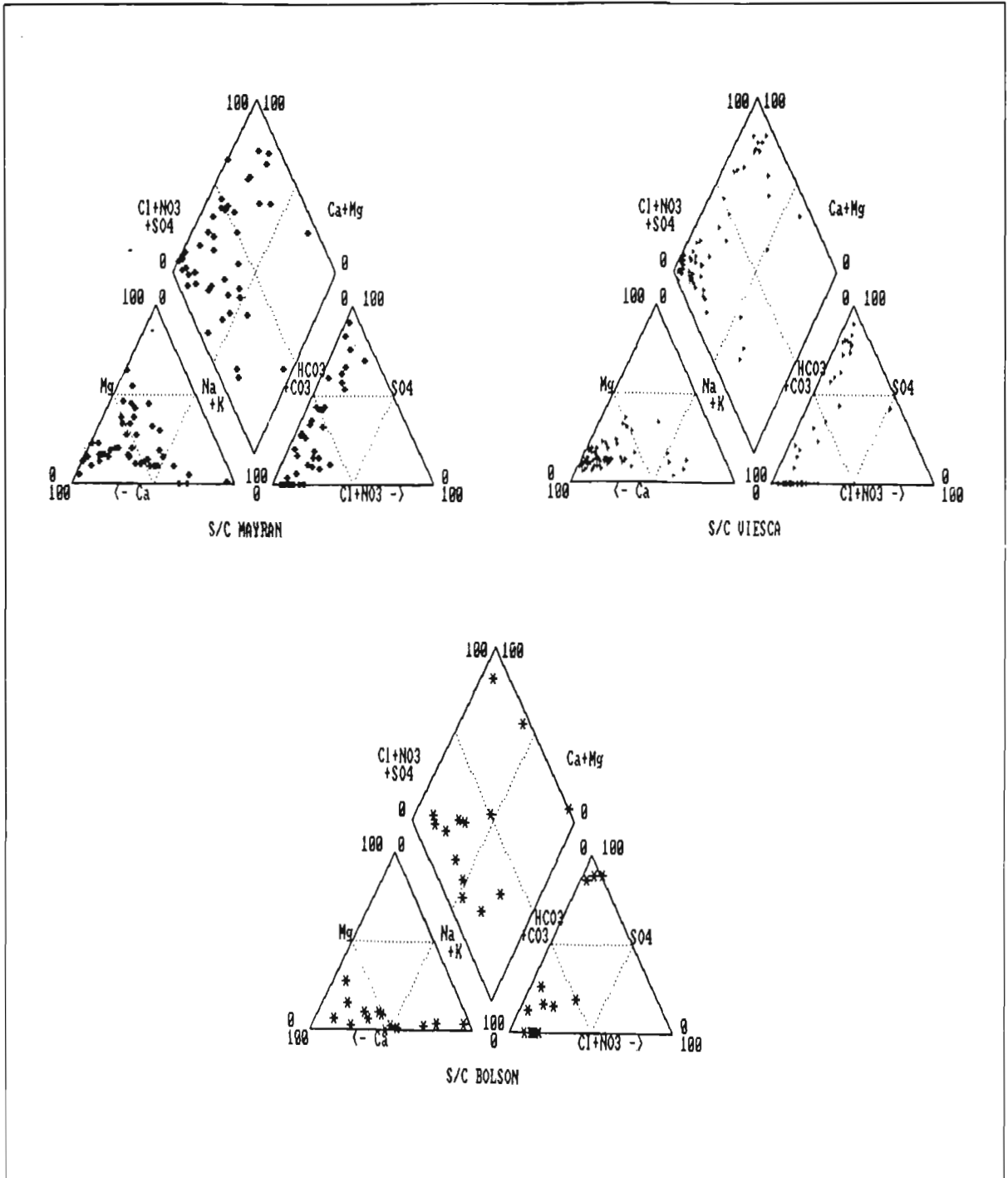


Figura 5

Diagrama de PIPER de las tres subcuencas de la parte baja de la RH 36.

Las aguas de las cuatro subcuencas del Aguanaval, entonces son regular y netamente diferenciadas de la parte alta a la parte baja en relación con la naturaleza de los materiales geológicos que pasan de lo eruptivo a lo sedimentario detrítico luego químico (calcáreo y yesoso), (Ver Figura 6 en el capítulo "Rocas y Materiales").

Las aguas superficiales de las **tres subcuencas de la parte baja de la Región 36, Bolsón, Mayrán y Viesca** son todas de característica idéntica *sulfatada-clorura cálcica* (Figura 5), y en esto se diferencian claramente de las aguas de la alta vertiente. Por cada una de las tres subcuencas, la proporción de los sulfatos en relación a los carbonatos y bicarbonatos es superior a 1, sobre todo en la subcuenca Bolsón, a diferencia de todas las otras unidades de escurrimiento de la Región.

Las aguas de dicha subcuenca, son las más cargadas, (605 mg L^{-1}); La subcuenca Viesca, más montañosa, está caracterizada por aguas más diluídas, con 450 mg L^{-1} , (Cuadro 4).

Interpretación Regional.

Las Figuras 6 y 7 muestran a nivel global de la RH 36, las tendencias de rasgo químico de las aguas superficiales al interior de cada una de las 13 unidades hidrográficas:

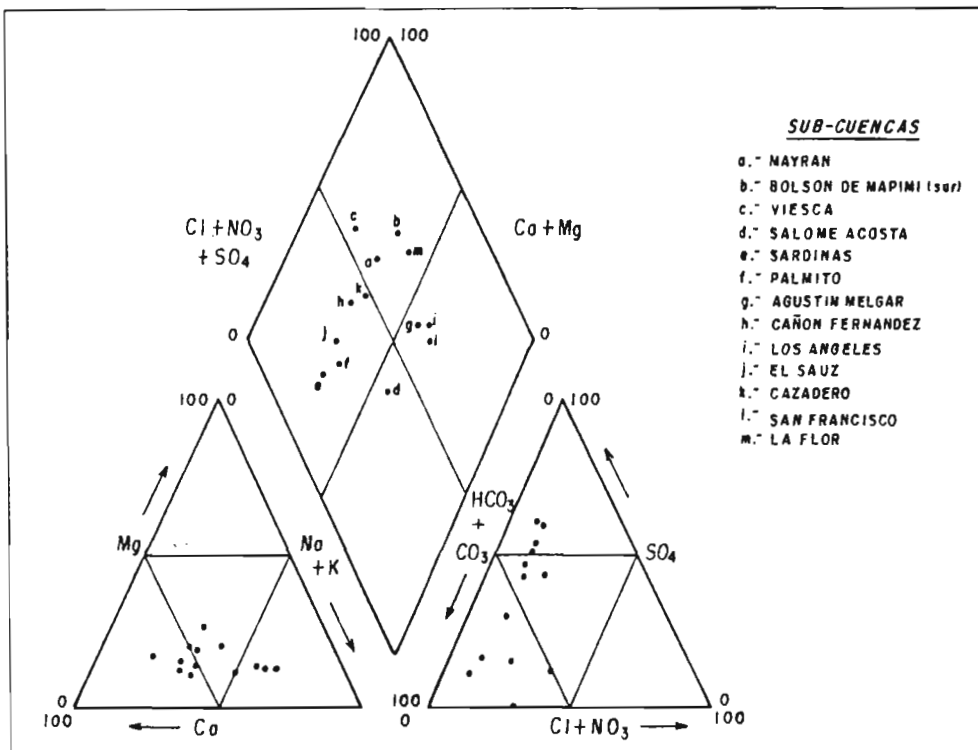


Figura 6

Fases químicas en diagrama de PIPER de las aguas superficiales de las 13 subcuencas de la RH 36.

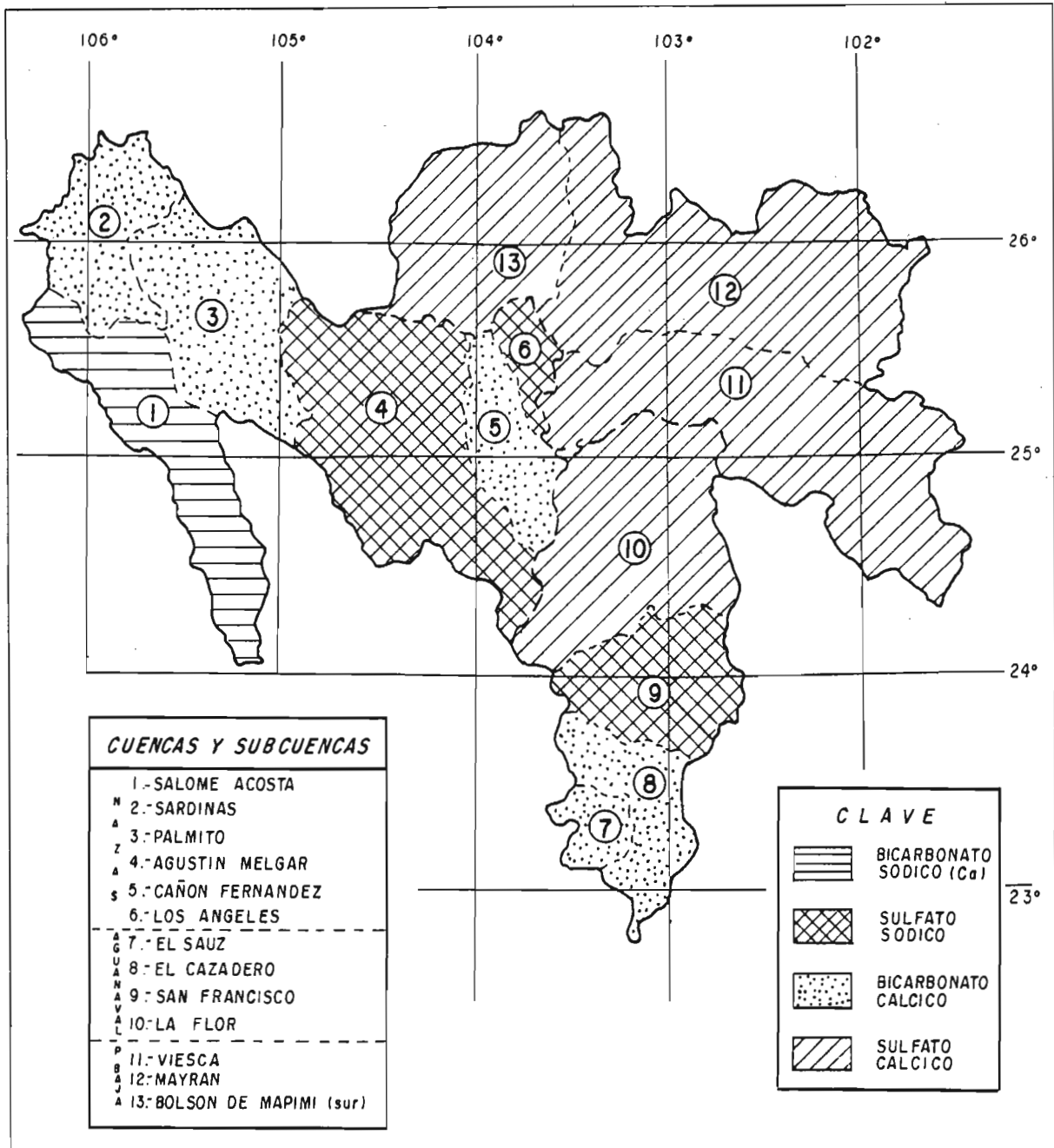


Figura 7

Mapa de las clasificaciones químicas de las aguas superficiales de la RH 36 por subcuenca.

Por el lado del polo cálcico, las aguas de las subcuencas altas se caracterizan por su rasgo *bicarbonatado cálcico*, a veces mixtas (calcio y sodio).

Las subcuencas bajas se caracterizan por aguas netamente *sulfatadas cálcicas* (subcuencas Bolsón, Mayrán, Viesca y La Flor).

Por el lado del polo sódico, más anormal, se encuentra la misma tendencia: aguas *bicarbonatadas sódicas* en la parte alta y *sulfatadas sódicas* más hacia la parte baja. Cuatro subcuencas son afectadas por esta particularidad:

- La subcuenca Salomé Acosta, tiene tendencia bicarbonatada sódica.
- Las subcuencas Agustín Melgar, Los Angeles, San Francisco, tienen tendencia sulfatada sódica.

Conclusión.

Las aguas superficiales de la RH 36 no presentan una carga soluble excesiva: hacia las partes altas de las sierras, estas se encuentran poco cargadas, mientras que en la parte bajas, donde las del Aguanaval son más concentradas que en el Nazas, estas alcanzan en promedio 500 mg por litro. En el caso del final de la toposecuencia regional (Lagunas de Mayrán y de Viesca), o en situación particular de mal drenaje de pequeñas llanuras endorréicas (San Jacinto en la subcuenca Los Angeles, por ejemplo), las aguas superficiales pueden concentrarse fuertemente y provocar manifestaciones salinas en la superficie de los suelos. La facies de estos afloramientos superficiales esta en relación con las características químicas iniciales de las aguas. Una secuencia geoquímica, característica del río Nazas, realizada desde río arriba hacia río abajo, muestra la siguiente sucesión salina: sales carbonatadas y bicarbonatadas sódicas (Thermonatrita, Trona y Gaylussita); sales sulfatadas sódicas (Thenardita y Mirabilita); sales cloruro sódicas y cálcicas (Halita e Hydrophilita), (González B. y Loyer, 1994).

Esta sucesión al relacionarla con la organización geológica en la RH 36, muestra que la naturaleza petrográfica de los materiales influencia directamente la calidad hidroquímica de las aguas superficiales:

La parte eruptiva de la cuenca alta en la sierra es caracterizada por aguas bicarbonatadas sódicas y cálcicas, mientras que la parte sedimentaria de las dos cuencas (Nazas y Aguanaval), es caracterizada por aguas superficiales y subterráneas netamente sulfatadas sódicas o cálcicas.

En la parte alta de la RH 36 los cloruros se encuentran poco representados en relación a estos dos aniones (bicarbonatos y sulfatos). Los cloruros tienen una importancia en relación con los aniones en la parte más baja, al final de la toposecuencia, después de haberse precipitado los minerales los menos solubles (calcita y yeso). Esta precipitación ocurre de acuerdo a su coeficiente de solubilidad y su estado de saturación en las soluciones.

Referencias.

DESCROIX L., LOYER J. Y., ESTRADA A. J., (1993). Water resource in arid zones, the Hydrological Region 36 in northern Mexico. International conference on desert development. Mexico.

GONZALEZ B. J. L., (1982). Eaux d'irrigation et salinité des sols en zone aride Mexicaine. Exemple dans la "Comarca Lagunera". Thèse USTL Montpellier, France.

GONZALEZ B. J. L. and LOYER J. Y., (1994). Geochemical Functioning of Soil Salinity in Northern Mexico. Acapulco, 1994. 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, México.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFICA E INFORMATICA (INEGI), (1980). Serie de mapas de Hidrología Superficial escala 1:250,000, México.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFICA E INFORMATICA (INEGI), (1981). Mapas de geología (Monterrey, Chihuahua) a escala 1:1'000,000 y guía para la interpretación (29 p.) INEGI, México.

PIPER, A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses, in Transactions, American Geophysical Union. Papers, hydrology. pp. 914 - 928.

RIEU M., (1980). Sodium Adsorption Ratio et estimation du pouvoir alcalinisant des eaux. Cah. Orstom sér. pédol. 18 pp. 123 - 128.

RISACHER, F. (1978). Le cadre géochimique des bassins á évaporites des Andes Boliviennes. - Cah. Orstom, sér. Géol. vol. X, No. 1, 37 - 48.

VALLES V., M. GHOLAMI, R. LAMBERT, (1990). Chimie des eaux et alimentation du bassin versant d'Djaferud (Iran). Hydrol. Cont. Orstom, Vol. 5, No. 1, 61 - 69.

SISTEMAS DE TOPOFORMAS Y UNIDADES DE SUELOS

Miguel RIVERA GONZALEZ (1)

1. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS SISTEMAS DE TOPOFORMAS.

Introducción.

El inventario de los diferentes sistemas de topoformas que se presentan en una determinada localidad geográfica, además de proporcionar información sobre los atributos físicos del medio ambiente, puede utilizarse como un archivo de información para diferentes propósitos como agrícola, ganadero y forestal, entre otros. Algunas características particulares que presentan estos sistemas de topoformas como pendiente, profundidad y textura del suelo, así como cobertura vegetal son de gran importancia para poder modelar el escurrimiento de una determinada subcuenca o región hidrológica.

Para efectuar el presente inventario se utilizaron las cartas fisiográficas a escala de 1:1,000,000 de Chihuahua, Monterrey y Guadalajara (región Norte y Centro de México), editadas por el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) en 1982, para elaborar un plano de los diferentes sistemas de topoformas que se presentan en la RH 36.

El objetivo del presente inventario fue determinar la magnitud, características y distribución espacial de los diferentes sistemas de topografías que se presentan en la región hidrológica 36, así como su impacto sobre el escurrimiento superficial.

Análisis espacial de las topoformas.

En la Región Hidrológica 36 existen siete sistemas de topoformas. La **llanura** es el sistema de topoforma que se presenta en mayor extensión, la cual ocupa el 23.1 por ciento de la superficie, le siguen en orden descendente, **Sierra**, con un 19.4 por ciento, **Lomerío**, 18.8 por ciento, **Bajada**, 17.5 por ciento y **Meseta**, con un 15.1 por ciento. Los sistemas de topoformas **Valle** y **Cañón** juntos representan únicamente el 6.1 por ciento de la superficie total, lo anterior se muestra en el Cuadro 1.

(1) Investigador del CENID-RASPA INIFAP. Gómez Palacio. Dgo.

Cuadro 1
 Superficies y porcentajes de los diferentes sistemas de Topoformas de la Región Hidrológica 36.

Sistemas de Topoformas	Superficie km ²	Porcentaje %
Llanura	21,134	23.1
Sierra	17,797	19.4
Lomerío	17,234	18.8
Bajada	15,997	17.5
Meseta	13,860	15.1
Valle	5,539	6.0
Cañón	50	0.1
Total	91,611	100

En la parte alta de la RH, los sistemas de topoformas que predominan son el Lomerío y la Meseta con proporciones del 28.3 y 21.7 por ciento respectivamente; la Bajada, Sierra y Valle se presentan en porcentajes menores del 18 por ciento. El sistema de topoforma que se presenta en menor magnitud es Cañón que únicamente representa un 0.1 por ciento de su superficie (Cuadro 2).

Las áreas de escurrimiento no ordenado o parte baja, a diferencia de la parte alta, en esta zona predomina la Llanura que representa un 46.4 por ciento de esta zona, le sigue en orden descendente la Sierra con 23.9 por ciento y Bajada con un 18.1 por ciento. Los sistemas de topoformas de Lomerío, Meseta y Valle juntos representan el 11.6 por ciento de esta zona (Cuadro 2).

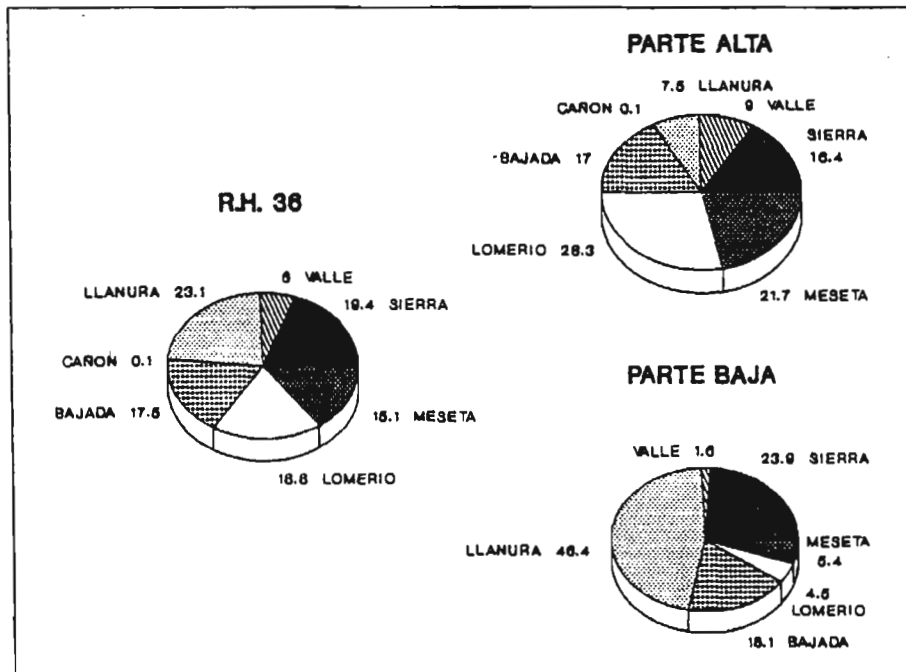


Figura 1
 Porcentajes de las Topoformas de la RH 36 y en sus partes alta y baja.

Cuadro 2
Superficie y porcentaje de los diferentes sistemas de topoformas de las áreas de escurrimiento encausado (parte alta) y no definido (parte baja) de la Región Hidrológica 36.

Sistemas de Topoformas	Áreas de escurrimiento encausado		Áreas de escurrimiento no definido	
	km ²	%	km ²	%
Lomerío	15,558	28.3	1,675	4.6
Meseta	11,895	21.7	1,965	5.4
Bajada	9,337	17.0	6,660	18.1
Sierra	9,011	16.4	8,786	23.9
Valle	4,961	9.0	578	1.6
Llanura	4,102	7.5	17,032	46.4
Cañón	50	0.1	0	0
Total	54,914	100	36,696	100

En la **cuenca del Nazas** predomina el Lomerío y la Meseta, con el 32.5 y 27.1 por ciento, respectivamente; sin embargo, en Aguanaval dominan la Bajada y Sierra, con 27.2 y 24.7 por ciento (Cuadro 3).

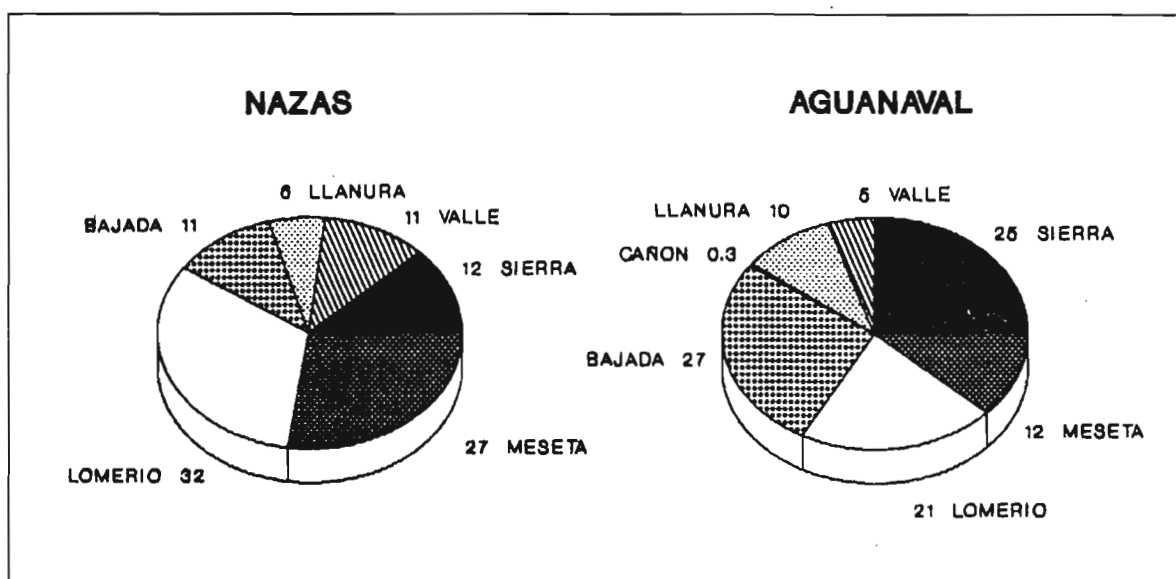


Figura 2
Porcentajes de las Topoformas de las cuencas del Nazas y Aguanaval.

Cuadro 3

Superficie y porcentaje de los diferentes sistemas de topografías para las cuencas del Nazas y Aguanaval.

Topografías	Nizas		Aguanaval	
	km ²	%	km ²	%
Lomerío	11,487	32.5	4,072	20.9
Meseta	9,596	27.1	2,299	11.8
Sierra	4,186	11.8	4,825	24.7
Bajada	4,027	11.4	5,310	27.2
Valle	3,975	11.2	986	5.0
Llanura	2,138	6.0	1,964	10.1
Cañón	0	0	50	0.3
Total	35,409	100	19,506	100

En las **subcuencas del Nazas**, en Salomé Acosta y Sardinias predomina la Meseta la cual representa porcentajes del 59.2 y 77.6 por ciento, respectivamente; en estas subcuencas no se presenta el sistema de topografía de Llanura. En Palmito y Agustín Melgar el Lomerío se presenta en mayor magnitud (58 y 58.6 por ciento respectivamente), la Sierra, Meseta, Bajada, Llanura y Valle se presentan en proporciones menores del 10 por ciento. A diferencia de las subcuencas de la parte alta del Nazas (aguas arriba de la Presa Lázaro Cárdenas) en Cañón de Fernandez y los Angeles predomina la Sierra (calizas) sobre los demás sistemas de topografías (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4

Superficie de los diferentes sistemas de Topografías que presentan las subcuencas del Nazas.

Topografías	Superficie en km ²					
	Salomé A.	Sardinias	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Angeles
Sierra	268	141	562	1,122	1,385	707
Lomerío	281	0	4,080	6,845	280	0
Meseta	4,253	3,658	935	583	167	0
Bajada	1,774	0	25	979	1,067	181
Llanura	0	0	34	1,151	402	551
Valle	606	912	1,396	993	0	69
Total	7,182	4,711	7,032	11,673	3,301	1,508

Cuadro 5

Porcentaje de los sistemas de Topografías de las subcuencas del Nazas.

Topografías	Porcentaje					
	Salomé A.	Sardinias	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Angeles
Sierra	3.7	3.0	8.0	9.6	41.9	46.9
Lomerío	3.9	0	58.0	58.6	8.5	0
Meseta	59.2	77.6	13.3	5.0	5.1	0
Bajada	24.7	0	0.4	8.4	32.3	12.0
Llanura	0	0	0.5	9.9	12.2	36.5
Valle	8.5	19.4	19.8	8.5	0	4.6
Total	100	100	100	100	100	100

Por su parte, en la **cuenca del Aguanaval**, en cada una de las subcuencas predomina un sistema de topoforma diferente: En el Sauz, la Meseta se presenta en mayor extensión, ocupa un 36.2 por ciento de su superficie, en Cazadero los sistemas de topoformas que predominan son la Sierra y el Lomerío con 29.6 y 23.7 por ciento, respectivamente, son Sierras representativas de esta subcuenca la Sierra de Chapultepec y Fresnillo. En la subcuenca San Francisco domina el Lomerío y la Llanura, juntos ocupan el 59 por ciento de su superficie a diferencia de la subcuenca La Flor, donde se impone la Bajada y la Sierra (Sierra Candelaria y Jimulco), la superficie y porcentaje de los sistemas de topoformas para cada subcuenca se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6
Superficie y porcentaje de los sistemas de Topoformas de las subcuencas del Aguanaval.

Topoformas	E l Sauz		Cazadero		San Francisco		La Flor	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Sierra	306	22.9	1,116	29.6	731	14.4	2,672	28.6
Lomerío	275	20.6	892	23.7	2,048	40.5	857	9.2
Meseta	483	36.2	342	9.1	394	7.8	1,080	11.6
Bajada	0	0	589	15.6	815	16.1	3,906	41.8
Llanura	73	5.5	381	10.1	938	18.5	572	6.1
Valle	198	14.8	448	11.9	134	2.7	205	2.2
Cañón	0	0	0	0	0	0	50	0.5
Total	1,335	100	3,768	100	5,060	100	9,343	100

En la zona de escurrimiento no ordenado **parte baja de la RH 36**, en las subcuencas Mayrán y Bolson predomina la llanura con porcentajes del 64.5 y 58.4, respectivamente. En Mayrán, son áreas típicas de llanura el Desierto (Laguna) de Mayrán y el municipio de San Pedro de las Colonias, así como parte del municipio de Francisco I. Madero; con respecto a Bolson, son representativos de llanura, parte de los municipios de Tlahualilo y Mapimí.

En estas subcuencas el sistema de topoforma de valle únicamente se presenta en Viesca, y representa sólo un 4.2 por ciento de su superficie, sin embargo en Viesca predomina la sierra que ocupa un 40.4 por ciento de su superficie (Sierra Hojasenal, Sierra Parras, Sierra de Jimulco y la Sierra el Número). La superficie y porcentaje de cada uno de los sistemas de topoformas de las subcuencas de esta zona se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7
Superficie y porcentaje de los diferentes sistemas de topoformas en las subcuencas de la parte baja de la Región Hidrológica 36.

Topoformas	Mayrán		Bolson sur		Viesca	
	km2	%	km2	%	km2	%
Llanura	9,624	64.5	4,737	58.4	2,671	19.6
Sierra	2,316	15.5	952	11.7	5,518	40.4
Meseta	1,886	12.6	78	1.0	0	0
Bajada	1,013	6.8	824	10.1	4,822	35.3
Lomerío	88	0.6	1,525	18.8	62	0.5
Valle	0	0	0	0	578	4.2
Total	14,927	100	8,116	100	13,651	100

Los Sistemas de Topoformas y el Escurrimiento.

Con la finalidad de poder establecer una relación entre los diferentes sistemas de topoformas y su impacto sobre el escurrimiento, en el cuadro 8 se presenta para cada unidad de escurrimiento (13 subcuencas), los sistemas de topoformas, la precipitación y la pendiente media, así como los coeficientes de escurrimiento medio ponderado.

Se puede apreciar que las subcuencas de la parte alta de la Cuenca del Nazas (Salomé A. y Sardinas) donde predomina la Meseta, presentan los coeficientes de escurrimiento más altos de 12.1 y 13.4 por ciento, debido a las altas precipitaciones promedio de estas áreas (636 y 644 mm anuales) y a sus pendientes promedio de 13.7 y 13.8 por ciento, respectivamente.

En las subcuencas de la parte media de las cuencas del Nazas y Aguanaval donde predominan los sistemas de topoformas de Sierra, Lomerío y Bajada, presentan coeficientes de escurrimiento de 6.6 a 8.2 por ciento y estas subcuencas se encuentran en un rango de precipitación promedio de 350 a 500 mm anuales.

Las subcuencas Mayrán y Bolsón de Mapimí de la parte baja de la Región Hidrológica presentan los coeficientes de escurrimiento más débiles 4.3 y 4.1 por ciento, respectivamente; debido a que en esta subcuencas predomina el sistema de topoforma de Llanura y un rango de precipitación de 250 a 300 mm anuales.

Cuadro 8

Topoformas predominantes, precipitación, pendiente y coeficientes de escurrimiento promedio para cada subcuenca de la RH 36.

PP (mm)	Topoformas	Pendiente %	Coef. INEGI	Esc. % Thiessen	Subcuencas
644	Meseta y Valle	13.8	13.4	17.2	Sardinas
639	Meseta y Sierra	5.7	11.4	8.3	El Sauz
636	Meseta y Bajada	13.7	12.1	15.1	Salomé A.
505	Sierra y Lomerío	5.4	7.8	6.6	Cazadero
501	Lomerío y Valle	11.0	6.6	9.0	Palmito
408	Lomerío y Llanura	7.7	7.2	(-11)	Agustín M.
405	Lomerío y Llanura	2.3	7.8	3 a 4	San Francisco
362	Bajada y Sierra	4.4	7.6	2	La Flor
347	Sierra y Bajada	9.5	8.2	4.4	Cañón de Fdz.
298	Sierra y Bajada	8.2	5.1	-	Viesca
296	Llanura y Lomerío	3.1	4.1	-	Bolsón de M.
278	Sierra y Llanura	11.6	6.4	(-22.6)	Los Angeles
253	Llanura y Sierra	3.3	4.3	-	Mayrán

Los coeficientes de escurrimiento ponderado se calcularon a partir de las cartas de Hidrología Superficial y escala 1: 250,000; la pendiente y precipitación media para cada subcuenca a partir de las cartas Topográficas y de Precipitación media anual a escala 1:100,000 de INEGI.

Los coeficientes de escurrimiento son distintos según medidas a partir de los datos de INEGI (isohietas o a partir de los polígonos de Thiessen. En el cuadro vienen las dos series de datos.

Conclusión.

De la información recabada se desprende lo siguiente:

En forma general la Llanura es el sistema de topoforma que se presenta con mayor magnitud, ocupa una superficie de 21,134 km² y representa un 23.1 por ciento de la superficie total de la Región Hidrológica 36.

En la parte alta de la Región Hidrológica predomina el Lomerío y la Meseta a diferencia de la parte baja que domina la Llanura.

Para la Cuenca del Nazas predomina el Lomerío y la Meseta; sin embargo, en la del Aguanaval se presenta con más frecuencia la Sierra y la Bajada.

El sistema de topoforma de Meseta que domina en las subcuencas que forman la parte alta de la Cuenca del Nazas está relacionado a áreas donde se presentan las más altas precipitaciones de la RH y a la vez presentan los mayores coeficientes de escurrimiento de la Región.

La Llanura que predomina en la parte baja de la R.H. esta asociada a áreas que presentan las más bajas precipitaciones de la región, por lo tanto presentan los coeficientes de escurrimiento más bajos (menos de 6 por ciento).

2. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS UNIDADES DE SUELO.

Introducción.

Para la modelación de los escurrimientos superficiales de una cuenca es necesario contar con información de características de los suelos tales como profundidad, textura, pendiente y capacidad de retención de humedad que son las más ligados a la tipología de los suelos según su clasificación. Para la Región Hidrológica 36, a la fecha no se cuenta con un inventario detallado de las unidades de suelo que se presentan en dicha RH; únicamente existen trabajos a nivel serie de suelo para el área de influencia del distrito de riego 017.

Para efectuar el presente inventario se utilizaron las cartas edafológicas de Chihuahua, Monterrey y Guadalajara (región norte y centro de México) a escala 1:1'000,000 para formar un plano con la información de las unidades de suelo de la RH 36. El inventario también comprendió un recorrido de campo a cada una de las subcuencas con la finalidad de verificar lo reportado en la cartografía de INEGI.

La clasificación de las unidades de suelo (INEGI), está basada en la clasificación propuesta por la FAO/UNESCO (1970), modificada por la Dirección General de Geografía (DGG).

En el caso de suelos asociados en las cartas de INEGI aparecen como máximo tres de ellos, siempre que ocupen al menos el 20 por ciento del área de la unidad cartográfica; en primer término aparece el suelo dominante y así sucesivamente. Este predominio es interpretado en forma cualitativa y no cuantitativa; sin embargo, en el presente inventario únicamente se tomó en cuenta la unidad que aparece en primer término (unidad dominante).

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar la magnitud, características y distribución espacial, de las unidades de suelo que se presentan en la Región y su relación con los escurrimientos superficiales.

Distribución de las Unidades de Suelo.

En la Región Hidrológica se presentan trece unidades principales de suelo, de las cuales el Litosol ocupa la mayor proporción, (35.6 por ciento), le siguen en orden descendente Xerosol y Feozem (20.3 y 13.2 por ciento, respectivamente), que juntos constituyen un 69.1 por ciento de su superficie. Las unidades del suelo Regosol Castañozem, Rendzina, Yermosol, Solonchak y Cambisol, equivalen a menos del 10 por ciento; Fluvisol, Chernozem, Vertisol y Solonetz se presentan en porcentajes menores del 1 por ciento, (Figura 3).

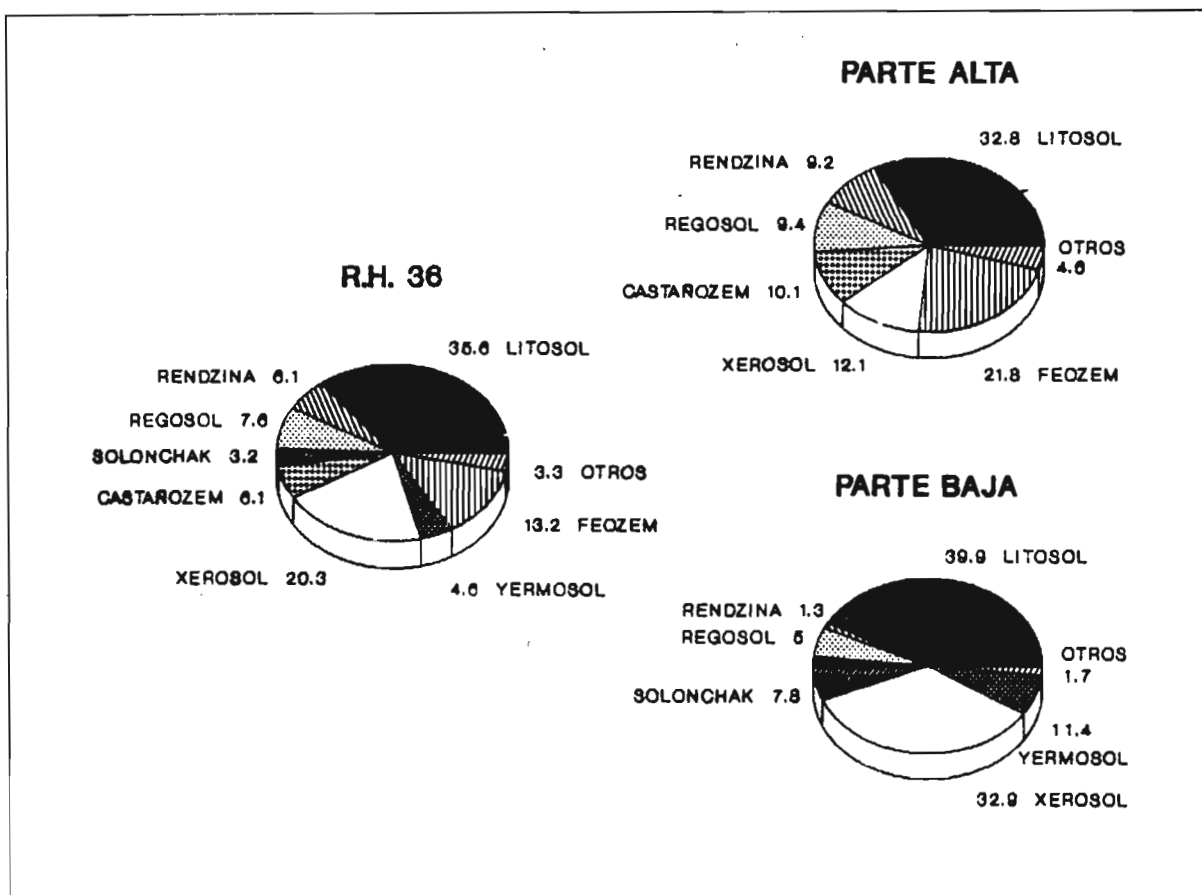


Figura 3

Porcentajes de las unidades de suelo de la RH, partes alta y baja.

En las áreas de escurrimiento ordenado (**parte alta**) predominan los Litosoles, que ocupan un 32.8 por ciento de su superficie. le siguen en orden decreciente los Feozems con 21.8 por ciento, los Xerosoles con 12.1 por ciento y Castañozems, con un 10.1 por ciento, en conjunto representan un 66.7 por ciento de la superficie.

Las unidades del suelo Regosol, Rendzina y Cambisol ocupan proporciones menores del 10 por ciento, Los Fluvisoles, Vertisoles, Solonchaks y Yermosoles, menos de 1 por ciento, esto se puede apreciar en la Figura 3.

En las áreas de escurrimiento no ordenado de **la parte baja** no se presentan los suelos Feozems, Cambisoles y Solonetz, pero en forma similar a la parte alta, también predominan los Litosoles (39.9 por ciento), le sigue en forma descendente los Xerosoles y Yermosoles (32.9 y 11.4 por ciento, respectivamente) que en conjunto representan un 84.2 por ciento de esta zona.

Los suelos Solonchaks, Regosoles y Rendzinas se presentan en proporciones menores del 9 por ciento; los Fluvisles, Vertisoles, Chernozems y Castañozems, menores del 1 por ciento (Figura 3).

En la **cuenca del Nazas**, que es 1.8 veces más extensa que la del Aguanaval, se presentan diez unidades de suelo de las cuales, los Litosoles, Feozems, Rendzinas y Regosoles son los que dominan con porcentajes del 33.2, 25.2, 13.1 y 11.1, respectivamente, que en conjunto suman un 82.6 por ciento de la cuenca. Los Xerosoles, Cambisoles y Castañozems ocupan proporciones menores del 9 por ciento que suman en conjunto un 16.6 por ciento de su superficie; los Vertisoles, Yermosoles y Fluvisoles suman un 0.8 por ciento.

En forma similar, en la **cuenca del Aguanaval** predominan los Litosoles (32.1 por ciento); le siguen en orden decreciente los Castañozems, Xerosoles y Feozems con 20.8, 19.3 y 15.7 por ciento respectivamente. Los Regosoles, Rendzinas, Chernozems, Solonetz, Fluvisoles y Solonchaks en conjunto representan únicamente un 12.1 por ciento de su superficie. La superficie por unidad de suelo en ambas cuencas se muestra en el Cuadro 9 y Figura 4.

Cuadro 9
Superficies y porcentajes de las unidades de suelo de las cuencas Nazas y Aguanaval.

Unidades de Suelo	Nazas		Aguanaval	
	km ²	%	km ²	%
Litosol	11,718	33.2	6,397	32.1
Feozem	8,912	25.2	3,135	15.7
Rendzina	4,608	13.1	483	2.4
Regosol	3,932	11.1	1,262	6.3
Xerosol	2,830	8.0	3,843	19.3
Cambisol	1,622	4.6	0	0
Castañozem	1,409	4.0	4,142	20.8
Vertisol	159	0.5	0	0
Yermosol	67	0.2	0	0
Fluvisol	38	0.1	150	0.7
Chernozem	0	0	267	1.3
Solonetz	0	0	198	1.0
Solonchak	0	0	81	0.4
Total	35,295	100	19,958	100

En las subcuencas del Nazas, en Salomé Acosta predominan los Regosoles y Feozems que juntos representan un 68.1 por ciento de su superficie. En Palmito también dominan los Feozems (54.9 por ciento), aunque la Rendzina representa un 23.3 por ciento.

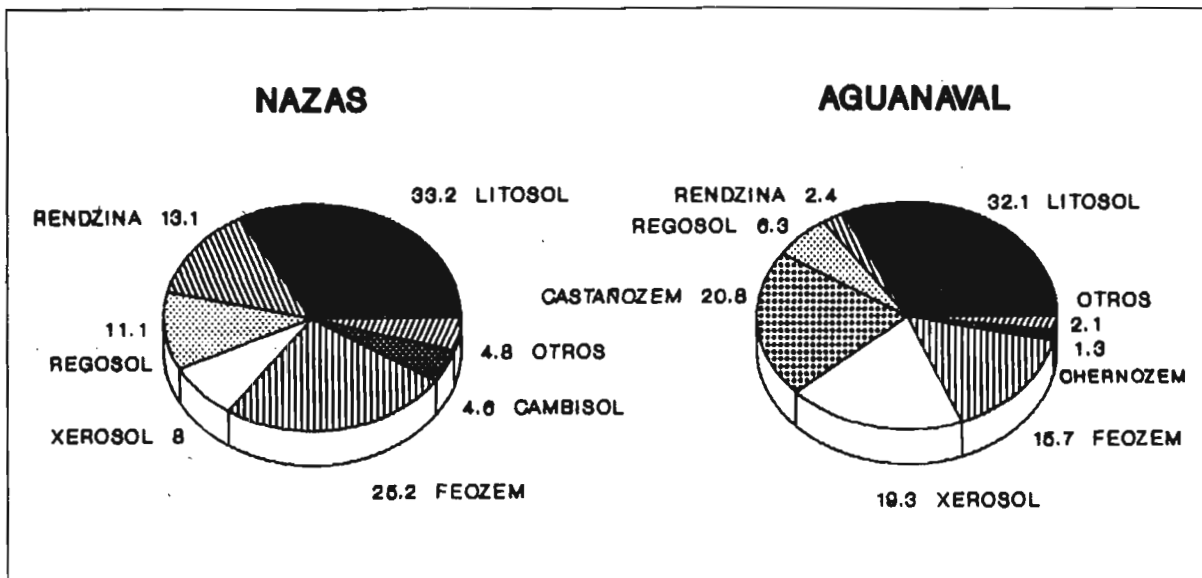


Figura 4
Porcentajes de las unidades de suelo de las cuencas del Nazas y Aguanaval.

En Sardinias, Agustín Melgar, Cañón de Fernandez y los Angeles dominan los Litosoles con 55.9, 43.3, 53.8 y 60.8 por ciento, respectivamente. Los Fluvisoles se presentan exclusivamente en Agustín Melgar, así como los Cambisoles en Salomé Acosta y Sardinias (Cuadros 10 y 11).

Cuadro 10
Superficie de las diferentes unidades de suelo para las subcuencas del Nazas.

Unidades de suelo	Salomé A.	Sardinias	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	Los Angeles
Superficie en km ²						
Litosol	348	2,601	1,038	5,070	1,794	868
Xerosol	0	0	0	1,697	640	493
Feozem	2,223	432	3,848	2,409	0	0
Regosol	2,640	429	230	398	235	0
Castañozem	379	651	246	133	0	0
Rendzina	289	146	1,640	1,871	664	0
Yermosol	0	0	0	0	0	67
Cambisol	1,230	392	0	0	0	0
Fluvisol	0	0	0	38	0	0
Vertisol	30	0	25	105	0	0
Total	7,139	4,651	7,027	11,721	3,333	1,428

Cuadro 11

Porcentajes de las unidades de suelo en las subcuencas del Nazas.

Unidades de suelos	Salomé A.	Sardinas	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Angeles
	Porcentaje de superficie					
Litosol	4.9	55.9	14.8	43.3	53.8	60.8
Xerosol	0	0	0	14.5	19.2	34.5
Feozem	31.2	9.3	54.8	20.6	0	0
Regosol	37	9.2	3.3	3.4	7.1	0
Castañozem	5.3	14	3.5	1.1	0	0
Rendzina	4	3.2	23.3	.16	19.9	0
Yermosol	0	0	0	0	0	4.7
Cambisol	17.2	8.4	0	0	0	0
Fluvisol	0	0	0	0.3	0	0
Vertisol	0.4	0	0.3	0.8	0	0
Total	100	100	100	100	100	100

Entre las **subcuencas del Aguanaval**, en el Sauz dominan los Feozems y Regosoles que representan 53 y 46.8 por ciento, respectivamente. En forma similar, en Cazadero predominan los Feozems y los Castañozems, que representan en conjunto un 81.8 por ciento de su superficie. A diferencia, en San Francisco la unidad que se presenta en mayor magnitud es el Castañozem (51.1 por ciento) más sin embargo, en La Flor el Litosol y el Xerosol ocupan la mayor parte de su superficie (83.7 por ciento).

Los Solonetz son suelos arcillosos ricos en Sodio y estos se presentan exclusivamente en San Francisco sobre alrededor de 200 km² (Cuadro 12).

En **la parte baja**, tanto en Mayrán como en Viesca y Bolson Sur, las unidades de suelo Litosol y Xerosol dominan y representan juntas porcentajes del 64.8, 80.4 y 75.1 por ciento, respectivamente.

Los suelos Chernozems y Fluvisoles se localizan únicamente en Viesca que es la subcuenca donde se presenta el mayor número de unidades de suelo, diez (Cuadro 13). Los Yermosoles y Solonchaks que por lo general en Mayrán son suelos salinos, representan el 20.4 y 10.3 por ciento, respectivamente.

Características Físico-Hídricas de los Suelos.

En el Cuadro 14 se presentan algunas características de las trece unidades de suelo, que se presentan en la Región Hidrológica con la finalidad de poder inferir sobre su impacto en el escurrimiento. En forma general los Litosoles, Regosoles y Rendzinas son suelos someros de textura media a excepción de que pueden ser arcillosos. Los Xerosoles son suelos de textura media; en algunos lugares específicos de las subcuencas presentan fase salina (Agustín Melgar y Viesca), fase salina-sódica (Cañón de Fernandez) y sódica en la Flor.

Los Solonetz y Solonchaks son suelos que presentan fase sódica, los Solonchaks son típicos de la parte baja de la Región (Mayrán y Viesca) y los Solonetz se presentan únicamente en la subcuenca San Francisco. Los Feozems, Castañozems son suelos profundos de textura media a excepción de los Feozem petrocalcicos.

Cuadro 12
Superficie y porcentajes
de las unidades de
suelo de las subcuencas
del Aguanaval.

Unidades de suelos	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor
	Superficie en km ²			
Litosol	0	49	1,350	4,999
Xerosol	2	13	690	3,138
Rendzina	0	0	38	445
Castañozem	0	1,145	2,611	386
Chernozem	0	0	0	267
Feozem	733	1,914	227	262
Fluvisol	0	0	0	150
Solonchak	0	0	0	81
Regosol	647	615	0	0
Solonetz	0	0	198	0
Total	1,382	3,736	5,114	9,728
	Porcentaje de superficie			
Litosol	0	1.3	26.4	51.4
Xerosol	0.2	0.3	13.5	32.3
Rendzina	0	0	0.7	4.6
Castañozem	0	30.6	51.1	4.0
Chernozem	0	0	0	2.7
Feozem	53.0	51.2	4.4	2.7
Fluvisol	0	0	0	1.5
Solonchak	0	0	0	0.8
Regosol	46.8	16.5	0	0
Solonetz	0	0	3.9	0
Total	100	100	100	100

Cuadro 13
Superficie y porcentajes de las
unidades de
suelo de las
subcuencas de
la parte baja
de la Región
Hidrológica.

Unidades de suelo	Mayrán		Viesca		Bolsón Sur de Mapimí	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Litosol	4,907	32.4	7,375	53.6	2,204	29.6
Xerosol	4,902	32.4	3,681	26.8	3,380	45.5
Yermosol	3,083	20.4	473	3.4	568	7.6
Solonchak	1,564	10.3	1,125	8.2	160	2.2
Regosol	671	4.4	418	3.0	709	9.5
Vertisol	3	0	158	1.1	0	0
Fluvisol	0	0	320	2.3	0	0
Chernozem	0	0	122	0.9	0	0
Rendzina	0	0	47	0.3	415	5.6
Castañozem	15	0.1	38	0.3	0	0
Total	15,145	100	13,757	100	7,436	100

La Capacidad de Campo (CC) se estimó mediante la ecuación propuesta por Rawls y Brakensiek (1982) de la forma siguiente:

$$CC = 0.2065 - 0.0016 (Ar) + 0.0040 (Ac) + 0.0275 (M.O.)$$

Donde CC es el contenido de humedad volumétrico a capacidad de campo (cm^3/cm^3), Ar, Ac y M.O. representan los porcentajes de arena, arcilla y materia orgánica, respectivamente.

Los porcentajes de arcilla, arena y materia orgánica utilizadas para estimar la capacidad de campo corresponden a valores promedio de todo el perfil de la unidad de suelo, los cuales fueron obtenidos al promediar cinco muestras de puntos de verificación de las cartas edafológicas de INEGI a escala 1:50,000.

La capacidad de campo de retención de agua potencial del suelo (CRH), se obtuvo al multiplicar la CC por la profundidad del suelo (mm).

En forma general los Litosoles, Rendzinas y algunos Regosoles presentan baja capacidad de retención de agua debido a su textura gruesa y profundidad somera. La profundidad de los Cambisoles y Feozems varía de media a alta, por lo tanto, presentan diferente capacidad de retención de agua.

Los Chernozems y Vertisoles son las unidades de suelo que tienen mayor capacidad de retención debido a que son suelos profundos de textura media a fina. Los Fluvisoles, Xerosoles y Yermosoles son suelos generalmente profundos más sin embargo los Fluvisoles presentan menor capacidad de retención, debido a su textura gruesa (arenosa).

Cuadro 14
 Características
 Físico-Hídricas de
 las unidades de
 suelo de la RH 36.

Unidades de suelo	Profundidad (cm)	Textura	CC (cm^3/cm^3)	CRH (mm)
Litosol	Muy Somera	Gruesa	0.25	25
Xerosol	Alta	Media	0.26	260
Feozem	Media-Alta	Media-Fina	0.31	155-310
Regosol	Somera-Media	Gruesa-Media	0.24	48-120
Castañozem	Alta	Gruesa-Fina	0.26	260
Rendzina	Somera	Gruesa-Media	0.25	50
Yermosol	Alta	Media-Fina	0.27	270
Solonchak	Alta	Media-Fina	0.27	270
Cambisol	Media-Alta	Gruesa-Fina	0.27	135-270
Fluvisol	Alta	Gruesa	0.16	160
Chenozem	Alta	Media	0.33	330
Vertisol	Alta	Fina	0.30	300
Solonetz	Alta	Fina	0.19	190

Conclusión.

De la información hasta aquí mostrada en este reporte, se puede establecer lo siguiente:

En la Región Hidrológica 36 se presentan trece unidades de suelos como unidades principales, de las cuales los Litosoles, Xerosoles y feozems predominan con porcentajes de la superficie total: 35.6, 20.3 y 13.2, respectivamente.

Los Vertisoles y Yermosoles se presentan únicamente en la cuenca del Nazas a diferencia de los Chernozems, Solonetz, Solonchaks que se presentan exclusivamente en la del Agunaval.

Los Vertisoles y Chernozems son las unidades de suelo que presentan mayor capacidad de retención de agua potencial, debido a que son suelos profundos de textura media a fina.

Los Litosoles, Rendzinas y algunos Regosoles son las unidades de suelo que tienen menor capacidad de retención de agua debido a que son suelos de profundidad somera y de textura gruesa o arenosa, estos son los que más propician el escurrimiento, sin embargo, deben estar asociados con otros factores tales como precipitación pluvial y pendientes que también van a influenciar los escurrimientos superficiales.

Referencias.

BREIMER R., (1985). Soil and Landscape survey of the Mapimí biosphere reserve. Durango, México 128 p.

GEISSERT O. y J. P. ROSSIGNOL, (1987). La morfología en la ordenación de los paisajes rurales. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación. ORSTOM 83 p.

INEGI, (1982). Cartas fisiológicas de Chihuahua, Monterrey y Guadalajara, escala 1:1' 000, 000, Aguascalientes, Ags. México.

INEGI, (1990). Guía para la interpretación de la carta edafológica. Segunda impresión, Aguascalientes, Ags. México

MONTAÑA C., (1985). Estudio integrado de los recursos Vegetación Suelo y Agua en la Reserva de Biósfera de Mapimí. Ambiente Natural y Humano. Instituto de Ecología A.C. México D.F. 290 p.

MONTAÑA C., (1988). Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biósfera de Mapimí. Ambiente Natural y Humano. Instituto de Ecología A.C. México D.F. 290 p.

ORTIZ S. C. A. y H. E. C. DE LA CERDA, (1978). Metodología del levantamiento fisiográfico. Un sistema de clasificación de tierras. Colegio de Postgraduados. Rama de suelos. Chapingo, México. 85 p.

RAWLS W. S. AND D. L. BRAKENSIEK, (1983). Estimating soil water retention from soil properties. Journal of the Irrigation and Drainage Division Proceedings American Society of Civil Engineers. Vol. 108 N. IR 2.

CARACTERISTICAS HIDROCLIMATICAS DEL SUELO

David VIRAMONTES PEREIDA (1)

Introduccion.

Dentro de los factores que deben de ser tomados para el desarrollo de la agricultura, en las acciones de optimización del uso del agua, sobresalen la capacidad de almacenamiento y el movimiento de esta en el suelo, ya que de estas dependen tanto la cantidad de agua como reserva para abastecer la demanda, así como la velocidad en que esto puede ocurrir (Jasso, 1992).

Algunos indicadores de estas variables son la lámina almacenada en el suelo, la capacidad total de almacenamiento de agua y como resultado del balance, el déficit medio anual de agua.

Algunos indicadores de este balance hídrico pueden ser obtenidos a partir de los datos climáticos y combinados con el suelo por la variación de los regímenes de precipitación y evapotranspiración potenciales, (Thorntwaite 1948).

Este balance hídrico teórico se determina para un suelo de características físicas ideales, susceptible de presentar una "reserva de agua útil" determinada (100 mm). Por otra parte, los datos climáticos utilizados son promedios mensuales; no toman en cuenta ni los eventos pluviométricos mayores, ni su periodicidad.

A modo de ejemplo de este balance hidroclimático tres estaciones representativas de situaciones extremas y medias, localizadas en la RH 36 se presentan en la Figura 1.

- En el caso de **Guanacevi** (cuenca alta del Nazas), en los primeros meses del año corresponde un período de pérdida de humedad del suelo, la curva de ETP se sitúa bajo de la precipitación; cuando esta curva sobrepasa la de ETP en los meses de julio a octubre considerados como húmedos en relación a su "reserva útil", lo que resulta como drenaje pero durante un período muy corto del año.
- En **San Juan del Río**, (parte media de la RH 36), la curva de precipitación sube pero no sobrepasa la de ETP, lo que indica que el suelo recibe apenas agua suficiente para llenar el déficit del período comprendido entre junio y julio; la recarga es insuficiente y el déficit se mantiene en una gran parte del año.
- En **Torreón** (parte baja de la Región) la curva de precipitación es siempre inferior a la de ETP, lo que indica un déficit de agua continua durante el año en esta parte árida de la Región.

(1) Tesista del grado de Maestría. FAZ-UJED. Alocación ORSTOM - DEC.

Esta transposición de datos climáticos a nivel del suelo es solamente teórica, no toma en cuenta otras heterogeneidades como la textura, pedregosidad, profundidad y el estado de la superficie del suelo. Además para el cálculo de la ETP, considera una cubierta vegetal suficiente para dar una respuesta a la demanda climática, lo que no es el caso en las zonas áridas.

En el análisis de la variabilidad espacial de las características hidroclimáticas de los suelos se consideraron las cartas de INEGI de Humedad en el Suelo y la de Evapotranspiración y Déficit de Agua, ambas en escala 1:1'000,000. A continuación se presentará el resultado del análisis espacial de los valores de humedad almacenada en el suelo, capacidad de campo y déficit medio anual, como indicadores de las características hidroclimáticas de los suelos de la Región Hidrológica 36.

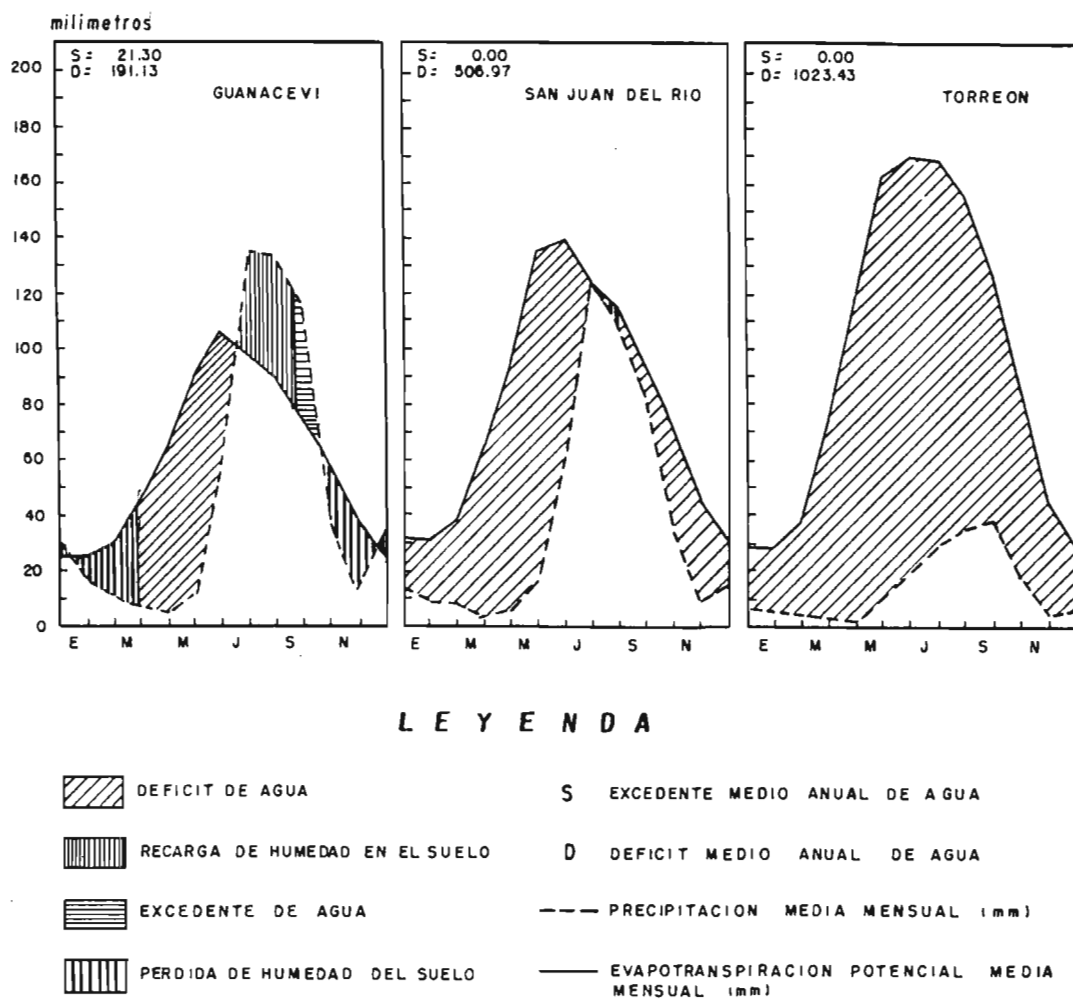


Figura 1

Climogramas de balance de agua de tres estaciones representativas en las partes alta, media y baja de la RH 36 (INEGI 1981).

Distribución Espacial de la "Humedad en el Suelo".

Consiste en determinar los meses del año en los que la evapotranspiración es menor que la precipitación y se designan como meses húmedos, el caso contrario es para meses secos. La indicación de suelo húmedo o humedad almacenada en el suelo para una región, debe tomarse como una condición promedio con variaciones para años particulares muy secos o lluviosos. Es decir, no existe un grado de humedad constante para el suelo, sino que es variable en función de las condiciones climáticas.

A nivel de **toda la RH 36**, casi la mitad de la superficie del terreno (47.5 por ciento) consigue tener sólo un mes húmedo; una tercera parte (el 33.6 por ciento) durante más de tres meses, condición potencialmente suficiente para realizar actividades de agricultura de temporal. En sólo el 0.8 por ciento se logra mantener la humedad del suelo durante todo el año. La superficie que corresponde a estos porcentajes se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 1
Humedad del suelo
en la RH 36.

Número de meses al año con el suelo húmedo	Superficie en km ²	Superficie en %
1	43,624	47.5
2	9,757	10.6
3	7,631	8.3
4	9,869	10.7
5	6,670	7.3
6	3,340	3.6
7	2,497	2.7
8	1,758	1.9
9	2,550	2.8
10	2,162	2.4
11	1,245	1.4
12	759	0.8

La parte alta de la Región, o de escurrimiento ordenado presenta los valores mas altos de humedad. En estas áreas, existe una mayor heterogeneidad de la distribución de la humedad, pues existen partes que logran mantener el suelo húmedo durante todo el año, así como partes con sólo un mes de humedad en el suelo. Estas áreas son las más propicias para los cultivos de temporal, pues un 55 por ciento del terreno mantiene condiciones de más de tres meses de humedad en el suelo.

El resto de la región, **parte baja**, es la zona con el menor valor de humedad almacenada en los suelos. En estas zonas, la mayor parte del terreno mantiene valores de sólo un mes al año con el suelo húmedo. En ninguna parte, es posible mantener la humedad climática almacenada por seis meses o más. En estas áreas, solo el uno por ciento de la superficie mantiene más de tres meses de humedad durante el año.

En el Cuadro 2 se muestra el área del terreno y el porcentaje correspondiente del número de meses húmedos en ambas secciones de la RH 36.

Cuadro 2
 Distribución de la
 humedad en el suelo
 entre las partes alta y
 baja de la RH 36.

Número de meses al año con el suelo húmedo	Región Hidrológica 36			
	Parte Alta		Parte Baja	
	km2	%	km2	%
1	11,015	19.9	32,609	89.4
2	7,198	13.0	2,559	7.0
3	6,688	12.1	943	2.5
4	9,583	17.3	286	0.8
5	6,575	11.9	94	0.3
6	3,340	6.0	0	0
7	2,497	4.5	0	0
8	1,758	3.2	0	0
9	2,550	4.6	0	0
10	2,162	3.9	0	0
11	1,245	2.2	0	0
12	758	1.4	0	0

Dentro del área denominada de escurrimiento ordenado (parte alta), los valores más altos de humedad están en la cuenca del río Nazas, así como una mayor variedad de ambientes por su característica de humedad. En esta cuenca, el 60.1 por ciento del terreno mantiene más de tres meses el suelo con humedad; condición teóricamente suficiente para los cultivos de temporal.

En la **cuenca del Aguanaval**, este aspecto también se encuentra favorecido, pues en un 46.1 por ciento de la superficie, se logra mantener los más de tres meses el suelo con condición de humedad. Sin embargo, en términos generales, es más seco que la cuenca Nazas, ya que no se observan áreas con nueve o más meses húmedos, mientras que en la del Nazas, un 19.0 por ciento de su superficie si los tienen. El área correspondiente a estos porcentajes se indica en el Cuadro 3.

Las **subcuencas del Nazas** tienen un orden que corresponde a un gradiente altitudinal decreciente y se observa que las subcuencas del sector río arriba (Salomé Acosta, Sardinas y Palmito), presentan los valores más altos de humedad almacenada en el suelo:

- La subcuenca Salomé Acosta, es el sector más húmedo de la cuenca del Nazas. En cambio, la subcuenca Los Angeles, con más del 80 por ciento del terreno con sólo un mes al año con el suelo húmedo, representa el área más seca de la parte de escurrimiento ordenado de la cuenca Nazas. También se observa en ella un ambiente muy regular con pocas variantes, de uno a tres meses húmedos.
- La subcuenca que presenta la mayor diversidad de ambientes es Sardinas, con amplia distribución de áreas húmedas durante todo el año, y áreas menos húmedas y casi secas con sólo tres meses al año permaneciendo la característica de humedad en el suelo. En el Cuadro 4 se muestran los porcentajes correspondientes al número de meses húmedos por subcuenca.

Al igual que la cuenca del río Nazas, en **las subcuencas del Aguanaval**, existe una distribución de la humedad en el suelo de mayor a menor, en sentido altitudinal decreciente, en el orden de: El Sauz, Cazadero, San Francisco y La Flor. Sus porcentajes se indican en el Cuadro 5.

Cuadro 3

Comparación de la humedad en el suelo entre las cuencas Nazas y Aguanaval en sus partes de escurrimiento encausado.

Número de meses al año con el suelo húmedo	Cuenca Nazas		Cuenca Aguanaval	
	km2	%	km2	%
1	5,185	14.8	5,829	28.9
2	4,239	12.0	2,959	14.7
3	4,609	13.1	2,080	10.3
4	4,542	12.9	5,041	25.0
5	3,858	11.0	2,717	13.5
6	2,344	6.7	997	4.9
7	2,019	5.7	478	2.4
8	1,702	4.8	56	0.3
9	2,550	7.2	0	0
10	2,162	6.1	0	0
11	1,245	3.5	0	0
12	759	2.2	0	0

Cuadro 4

Humedad del suelo en las seis subcuencas del Nazas.

Número de meses al año con el suelo húmedo	Porcentaje de superficie					
	Salomé Acosta	Sardinas	El Palmito	Agustín Melgar	Cañón de Fernandez	Los Angeles
1	0	0	0	18.2	57.6	82.6
2	0	0	2.4	25.8	25.0	15.5
3	0	0.6	20.2	23.9	10.2	1.9
4	0	5.0	28.6	17.6	7.2	0
5	4.6	9.6	21.9	13.1	0	0
6	9.6	10.2	14.7	1.4	0	0
7	16.0	7.5	7.6	0	0	0
8	12.6	12.3	3.4	0	0	0
9	22.6	18.2	1.2	0	0	0
10	16.5	21.1	0	0	0	0
11	12.3	8.0	0	0	0	0
12	5.8	7.4	0	0	0	0

Cuadro 5

Humedad en el suelo en las cuatro subcuencas del Aguanaval.

Número de meses al año con el suelo húmedo	Porcentaje de superficie			
	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor
1	0	0	9.8	55.1
2	0	0	40.2	9.0
3	0	9.2	18.1	8.0
4	11.4	55.1	21.8	16.4
5	29.8	19.7	10.1	10.5
6	26.3	13.7	0	0
7	28.4	2.3	0	0
8	4.1	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0

La parte baja de la RH 36 se caracteriza por su aridez y regularidad de ambientes. Las tres subcuencas tienen características semejantes de distribución de la humedad. Las variantes entre ellas son mínimas (Cuadro 6):

La subcuenca menos seca es Viesca, con áreas que logran mantener la humedad en el suelo hasta cuatro meses al año. El promedio global de humedad en esta subcuenca es de 1.3 mes al año. La subcuenca Bolsón tiene un promedio de humedad de 1.1 mes al año, mientras que la subcuenca más seca es Mayrán, pues casi todo el área (97.6 por ciento), logra mantener la humedad del suelo hasta un mes al año, el resto alcanza los dos meses solamente; el promedio de humedad en esta subcuenca es de un mes al año.

Cuadro 6
Humedad en el suelo en la parte baja de la RH 36 o de escurrimiento no definido.

Número de meses al año con el suelo húmedo	Porcentaje de superficie		
	Viesca %	Bolsón Sur %	Mayrán %
1	78.9	91.6	97.6
2	12.6	6.2	2.4
3	5.7	2.2	0
4	2.1	0	0
5	0.7	0	0
6 ó más	0	0	0

En términos globales, se puede decir, que se trata de una zona en su mayor parte árida o semi-árida, pues el promedio de humedad almacenada en el suelo, para toda la parte alta es de 4.3 meses al año, mientras que para la parte baja es de 1.2. A nivel de la RH 36, este valor es de 3.0 meses al año.

Los promedios globales de humedad para las cuencas Nazas y Aguanaval en las partes altas son 4.9 y 3.0 meses al año con el suelo húmedo, respectivamente.

El análisis de la distribución longitudinal de esta variable en los diferentes criterios, permite establecer lo siguiente: en la Región Hidrológica 36, existe un orden de distribución de mayor a menor humedad almacenada en el suelo, en sentido río arriba a río abajo, es decir, en orientación Oeste-Este en la cuenca del Río Nazas, y Suroeste-Noreste en la cuenca del Río Aguanaval.

Aparentemente, esta distribución mantiene una relación directa con la altitud del terreno y la precipitación. Las zonas más altas situadas en la Sierra Madre Occidental, son las que presentan los suelos más húmedos. En estas áreas sobre el parteaguas de la cuenca del río Nazas, se observan valores de hasta 12 meses al año con condición de humedad; los valores disminuyen conforme la altitud es menor (Figura 2).

De la misma forma, el extremo sur de la cuenca del río Aguanaval, suma valores de 7 a 8 meses con condición de humedad, representando la parte más húmeda de esta cuenca. El suelo pierde humedad, conforme disminuye la altitud y se avance hacia el noreste (Figura 3).

En el Cuadro 7 se muestran los valores medios del número de meses húmedos en las diferentes divisiones en que ha sido analizada la RH 36.

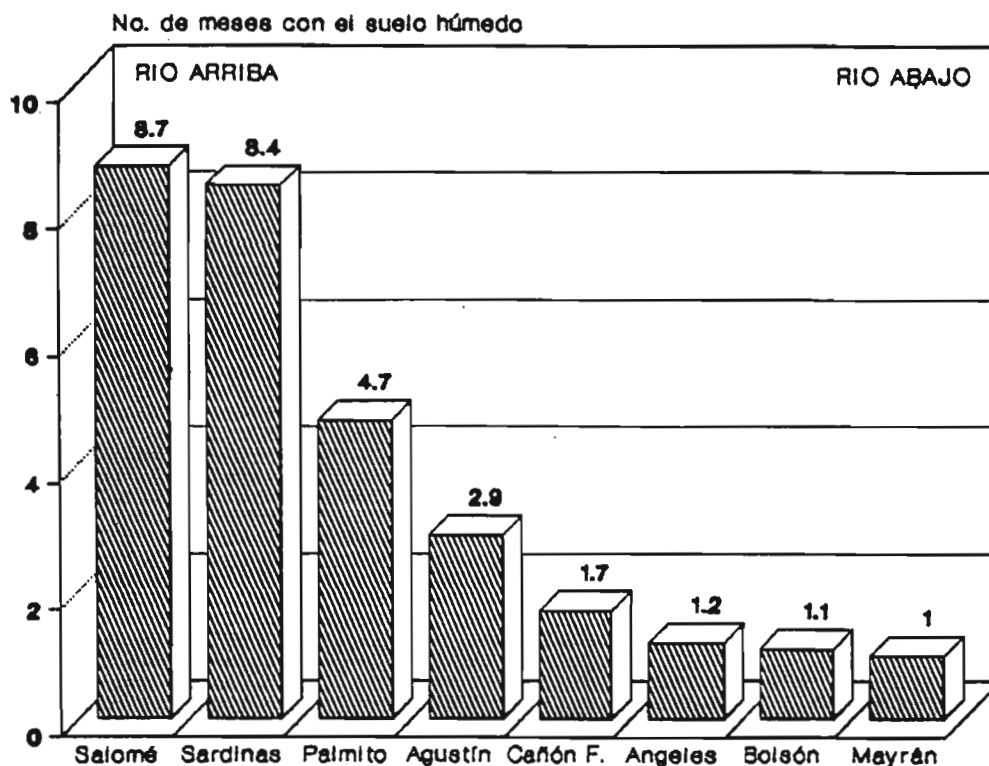


Figura 2

Distribución de la humedad en el suelo de las subcuencas del río Nazas (parte alta y baja).

Distribución Espacial de la "Capacidad de Campo".

El valor de capacidad de campo de un suelo corresponde a la cantidad de agua que permanece después de que el exceso ha sido drenado, y el movimiento de agua a capas más profundas ha cesado prácticamente, en esta condición, las plantas no sufren carencia de agua.

El principal significado de esta "constante", radica en el hecho de que indica el punto de disminución gradual del agua capilar hasta que ésta se encuentra prácticamente fuertemente retenida por el suelo y ya no puede ser aprovechada por las plantas. En estudios de gran cobertura significa la máxima capacidad de almacenamiento del agua en el suelo.

Para el caso del análisis de esta variable, se ha tomado una lámina promedio de 100 mm de agua útil en el suelo, sin embargo, en algunos casos se han considerado láminas de 150 mm de agua útil para suelos planos y profundos, y 50 mm para suelos someros y permeables. La delimitación del suelo se hizo en base a las cartas edafológicas, contabilizando el número de meses en los que el suelo se encuentra a su máxima capacidad de almacenamiento de agua.

Cuadro 7
 Promedio de humedad almacenada en el suelo en la RH 36 y sus divisiones.

	Promedio de Húmedad almacenada en el suelo (Número de meses)
Región Hidrológica 36	3.0
Parte Alta	4.3
- C. Nazas	4.9
Salomé	8.7
Sardinas	8.4
Palmito	4.7
Agustín Melgar	2.9
Cañón de Fdz.	1.7
Los Angeles	1.2
- C. Aguanaval	3.1
El Sauz	5.8
Cazadero	4.5
San Francisco	2.8
La Flor	2.2
Parte Baja	1.2
Bolsón Sur	1.1
Laguna de Mayrán	1.0
Laguna de Viesca	1.3

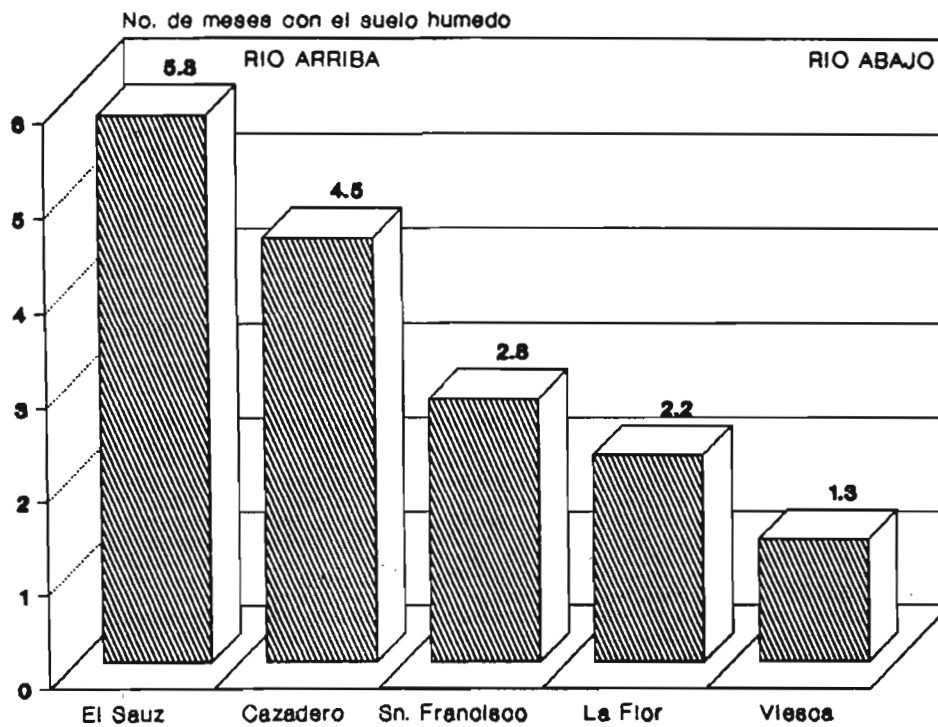


Figura 3

Distribución de la humedad en el suelo en las subcuencas del río Aguanaval.

La mayor parte de la superficie de la **Región Hidrológica 36** (88.4 por ciento), no logra mantener un mes al año el suelo a capacidad de campo, mientras que sólo un 3.9 por ciento, por tres meses o más (Cuadro 8).

Cuadro 8
Capacidad de campo
de los suelos en
la RH 36.

Número de meses al año con el suelo a capacidad de campo	Superficie	
	km ²	%
0	81,186	88.4
1 - 2	7,038	7.7
3 - 4	1,687	1.8
5 - 6	1,219	1.3
más de 7	700	0.8

La **parte alta** de la Región Hidrológica es más húmeda y con una mayor variedad de distribución del agua en el suelo. Sin embargo, más del 80 por ciento del terreno, no logra mantener el suelo a capacidad de campo por más de un mes y poco más del 6 por ciento del área, lo consigue durante más de tres meses. En la **parte baja**, la totalidad de la zona de escurrimiento no ordenado, no se logra un sólo mes al año, que el suelo llegue a capacidad de campo (Cuadro 9).

Cuadro 9
Distribución de la capacidad
de campo de los suelos
entre las partes alta y
baja de RH 36.

Número de meses al año con el suelo a capacidad de campo	Región Hidrológica 36			
	Parte alta		Parte baja	
	km ²	%	km ²	%
0	44,695	80.8	36,491	100
1 - 2	7,038	12.7	0	0
3 - 4	1,687	3.0	0	0
5 - 6	1,219	2.2	0	0
más de 7	700	1.3	0	0

Como se concluye en el capítulo de humedad en el suelo, la cuenca del río Nazas, es más húmeda y presenta una mayor variedad de ambientes, que la cuenca del Aguanaval. En la **cuenca Nazas**, poco más del 10 por ciento consigue mantener por más de tres meses el suelo a capacidad de campo, mientras que el 96.9 por ciento de la superficie de la **cuenca Aguanaval**, no alcanza valores de un mes al año manteniendo el suelo a capacidad de campo. El máximo valor en esta cuenca es de tres a cuatro meses al año y solo representa el 0.1 por ciento (Cuadro 10).

En las seis subcuencas del Nazas, las de Agustín Melgar, Cañón de Fernández, y Los Angeles, no alcanzan valores de un mes al año con el suelo a capacidad de campo, mientras que las subcuencas Salomé y Sardinias, son las de mayor retención del agua en el suelo, y con una mayor variedad de ambientes. Sus valores de capacidad de campo, van desde cero a más de siete meses al año manteniendo esta característica en el suelo (Cuadro 11).

Cuadro 10

Comparación entre las cuencas Nazas y Aguanaval en la parte alta.

Número de meses al año con el suelo a capacidad de campo	Cuenca Nazas		Cuenca Aguanaval	
	km ²	%	Superficie km ²	%
0	25,156	71.5	19,539	96.9
1 - 2	6,441	18.3	598	3.0
3 - 4	1,667	4.7	21	0.1
5 - 6	1,219	3.5	0	0
más de 7	700	2.0	0	0

Cuadro 11

Capacidad de campo de los suelos en las seis subcuencas del Nazas

Número de meses al año con el suelo a capacidad de campo	Porcentaje de superficie					
	Salomé A.	Sardinas	Palmito	A. Melgar	C. de Fdz.	Los Angeles
0	21.2	21.2	89.4	100	100	100
1 - 2	44.7	55.1	10.2	0	0	0
3 - 4	17.7	7.5	0.4	0	0	0
5 - 6	12.2	7.6	0	0	0	0
más de 7	4.2	8.6	0	0	0	0

En lo que respecta a las subcuencas **del Aguanaval**, la de El Sauz, mantiene valores de cero a dos meses con el suelo a capacidad de campo la subcuenca Cazadero, de cero hasta cuatro meses, mientras que las subcuencas San Francisco y La Flor, no logran mantener el suelo ni un sólo mes al año. (Cuadro 12).

Toda la zona de escurrimiento no ordenado (**parte baja**), no es capaz de mantener ni un mes al año el suelo a capacidad de campo por falta de precipitaciones pluviales. En términos generales, dada la cantidad de superficie del terreno y la duración del suelo en condiciones de máxima capacidad de campo, se observa aridez extrema en su mayor parte.

En resumen, cerca del 90 por ciento de la superficie de la Región, no logra mantener un mes al año el suelo a capacidad de campo; la zona de menos aridez y con una mayor variedad de distribución del agua en el suelo, es la cuenca del Nazas. Sin embargo, aún en esta zona, la mayor parte del terreno, no logra mantener el suelo a capacidad de campo por más de un mes.

Cuadro 12

Capacidad de campo de los suelos en las cuatro subcuencas del Aguanaval.

Número de meses al año con el suelo a capacidad de campo	Porcentaje de superficie			
	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor
0	67.1	95.7	100	100
1 - 2	32.9	3.8	0	0
3 - 4	0	0.5	0	0
5 - 6	0	0	0	0
más de 7	0	0	0	0

Distribución espacial del "Déficit medio anual de agua".

El déficit de agua ocurre cuando la humedad aprovechable del suelo se ha agotado por la evapotranspiración. Se cuantifica la lámina de déficit anual y es un indicador de los requerimientos de riego para desarrollar una cubierta vegetal homogénea. En la carta de INEGI de Evapotranspiración y Déficit de Agua, escala 1:1'000,000, se obtiene la información a partir de líneas que unen puntos de igual valor de esta variable.

El rango de valores de déficit medio anual de agua en los suelos de la **Región Hidrológica 36**, varía desde cero a mil milímetros de agua; la superficie por cada rango de déficit tiende a ser regular, sólo los rangos extremos (0 - 100 y 900 - 1000 mm), se ven con los valores más bajos (Cuadro 13).

Cuadro 13

Déficit medio anual de agua en los suelos de la RH 36.

Déficit de agua mm	Superficie	
	km ²	%
0 - 100	2,637	2.9
100 - 200	4,140	4.5
200 - 300	9,317	10.1
300 - 400	15,114	16.4
400 - 500	9,089	9.9
500 - 600	11,902	12.9
600 - 700	10,387	11.3
700 - 800	12,974	14.1
800 - 900	13,060	14.2
900 - 1000	3,687	4.0

En la **parte alta**, los valores oscilan de 0 a 1000 mm; el déficit de agua se concentra en su mayor parte entre los valores de 200 a 600 mm, con casi el 70 por ciento de la superficie. Por su parte, en la zona de escurrimiento no ordenado de la parte baja, los valores oscilan de 200 a 1000 mm de déficit medio anual de agua, aunque la mayor parte del terreno se mantiene entre los valores de 400 a 900 mm de déficit de agua (Cuadro 14).

Cuadro 14

Distribución del déficit medio anual de agua entre las partes alta y baja de la RH 36.

Déficit de agua mm	Parte alta		Parte baja	
	km ²	%	km ²	%
0 - 100	2,637	4.7	0	0
100 - 200	4,140	7.4	0	0
200 - 300	9,140	16.4	177	0.5
300 - 400	14,567	26.2	547	1.5
400 - 500	5,113	9.2	3,976	10.8
500 - 600	9,589	17.2	2,313	6.3
600 - 700	3,830	6.9	6,558	17.9
700 - 800	5,249	9.4	7,725	21.1
800 - 900	1,299	2.3	11,761	32.1
900 - 1000	94	0.2	3,593	9.8

En la comparación entre las **cuencas Nazas y Aguanaval**, aparentemente la primera presenta un menor problema en el déficit de agua, muestra superficies en el rango de valores de 0 a 1000 mm, concentrándose la mayor parte en el rango de 100 a 600 mm. En cambio, la cuenca Aguanaval, presenta una oscilación de valores de 200 a 900 mm, con escasa variación de la superficie dominada en cada rango (Cuadro 15). Esto se refleja en que la cuenca Nazas, mantiene una mas amplia variedad de ambientes.

Cuadro 15

Comparación del déficit medio anual de agua entre las cuencas Nazas y Aguanaval.

Déficit de agua mm	Cuenca Nazas		Cuenca Aguanaval	
	km ²	%	km ²	%
0 - 100	2,637	7.4	0	0
100 - 200	4,140	11.6	0	0
200 - 300	4,813	13.4	4,327	21.8
300 - 400	9,012	25.2	5,556	27.9
400 - 500	3,487	9.7	1,626	8.2
500 - 600	6,254	17.5	3,335	16.8
600 - 700	2,003	5.6	1,827	9.2
700 - 800	2,083	5.8	3,165	15.9
800 - 900	1,268	3.5	30	0.2
900 - 1000	94	0.3	0	0

En las **subcuencas del Nazas**, la distribución de los valores del déficit medio anual de agua, es similar pero en sentido inverso que la humedad almacenada en el suelo. Existe una tendencia entre las subcuencas de menor a mayor déficit en orientación Oeste-Este. En este sentido, las subcuencas que presentan el menor déficit medio anual de agua son Salomé Acosta y Sardinias; y las de mayor déficit son Cañón de Fernández y Los Angeles. Las oscilaciones del déficit medio anual de agua entre las subcuencas varía de la siguiente manera: Salomé Acosta, de 0 a 400 mm; Sardinias, de 0 a 600 mm; Palmito de 100 a 600 mm; Agustín Melgar de 200 a 900 mm; Cañón de Fernández, de 300 a 1000 mm; Los Angeles, de 400 a 900 mm. El porcentaje de área por rango en cada subcuenca se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16

Déficit medio anual de agua en las seis subcuencas del Nazas. Los resultados se muestran en porcentaje de superficie.

Déficit de agua mm	Porcentaje de superficie					
	Salomé	Sardinias	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Ang.
0 - 100	22.4	22.2	0	0	0	0
100 - 200	30.3	39.4	1.8	0	0	0
200 - 300	20.2	24.6	16.1	8.7	0	0
300 - 400	27.1	9.1	44.3	25.7	9.3	0
400 - 500	0	0	6.6	18.8	16.7	16.0
500 - 600	0	4.7	31.2	26.3	16.8	2.9
600 - 700	0	0	0	10.5	15.2	18.5
700 - 800	0	0	0	8.4	26.0	16.6
800 - 900	0	0	0	1.6	13.2	46.0
900 - 1000	0	0	0	0	2.8	0

De igual manera que en la cuenca Nazas, en las **subcuencas del Aguanaval** existe una distribución del déficit medio anual de agua, de manera similar que la humedad almacenada en el suelo, pero en sentido inverso. Existe una tendencia entre las subcuencas de mayor a menor déficit en orientación Suroeste-Noreste.

En este sentido, las subcuencas que presentan el menor déficit de agua son El Sauz y Cazadero, y las de mayor déficit son San Francisco y La Flor. Las oscilaciones del déficit medio anual de agua entre las subcuencas varía de la siguiente manera: El Sauz, de 200 a 400 mm; Cazadero, de 200 a 600 mm; San Francisco, de 200 a 700 mm y La Flor, de 200 a 900 mm. (Cuadro 17).

Cuadro 17

Déficit medio anual de agua en las cuatro subcuencas del Aguanaval. Los resultados se muestran en porcentaje de superficie.

Déficit de agua mm	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor
	Porcentaje de superficie			
0 - 100	0	0	0	0
100 - 200	0	0	0	0
200 - 300	81.1	38.8	14.2	11.1
300 - 400	18.9	53.1	38.1	14.2
400 - 500	0	0	11.1	10.9
500 - 600	0	8.1	34.8	13.0
600 - 700	0	0	1.8	17.9
700 - 800	0	0	0	32.6
800 - 900	0	0	0	0.3
900 - 1000	0	0	0	0

La **parte baja** de la RH 36 es la zona que presenta el más alto déficit de agua. Entre las tres subcuencas, la de Mayrán es la que presenta los valores mayores (de 400 a 1000 mm); le sigue en ese orden Bolsón sur (de 300 a 900) y Viesca (de 200 a 1000). Los porcentajes de superficie por rango en estas subcuencas se muestra en el Cuadro 18.

Cuadro 18

Déficit medio anual de agua en la parte baja o de escurrimiento no definido de la RH 36.

Déficit de agua mm	Viesca	Bolsón Sur	Mayrán
	Porcentaje de superficie		
0 - 100	0	0	0
100 - 200	0	0	0
200 - 300	1.3	0	0
300 - 400	3.7	0.6	0
400 - 500	14.8	25.2	0.1
500 - 600	12.3	5.0	1.6
600 - 700	21.1	22.0	13.0
700 - 800	17.8	37.1	15.9
800 - 900	28.2	10.1	46.2
900 - 1000	0.3	0	23.2

En términos globales, en la Región se observa un promedio de déficit anual en agua, de 543 mm, este valor resulta de las condiciones de mayor déficit en la parte baja que es de 730 mm

contra 419 en la parte alta. Entre ambas cuencas, la del Nazas presenta menor déficit medio anual, con 395 mm contra 462 mm del Aguanaval. De todas las subcuencas de la RH 36, la de Mayrán es en la que se encuentra con las condiciones más adversas en cuanto a este recurso, pues su déficit medio anual, que es el mayor, es de 826 mm. En el Cuadro 19 se indican los valores medios de esta variable para cada una de las divisiones de la Región.

Cuadro 19
 Promedio del déficit medio anual de agua en la Región Hidrológica 36 y sus divisiones hidrográficas.

Unidades Hidrográficas	Promedio del déficit medio anual de agua (mm)
Región Hidrológica 36	542.7
Parte alta	419.2
Cuenca Nazas	395.4
s/c Salomé	202.0
s/c Sardinias	189.5
s/c Palmito	399.3
s/c Agustín Melgar	486.0
s/c Cañón de Fdz.	632.6
s/c Los Angeles	723.7
Cuenca Aguanaval	462.1
s/c El Sauz	268.9
s/c Cazadero	327.4
s/c Francisco	522.0
s/c La Flor	561.5
Parte baja	730.3
s/c Bolsón Sur	650.4
s/c Mayrán	826.0
s/c Viesca	668.1

En sentido longitudinal, se observa en toda la Región Hidrológica 36, una tendencia de menor a mayor déficit en sentido río arriba a río abajo. Es decir, en la cuenca Nazas, los valores mas bajos se encuentran en el sector Oeste y los valores mas altos en el sector Este. En la cuenca Aguanaval, el sentido es de Suroeste a Noreste .

En esta dirección es como decrece la precipitación y aumentan las temperaturas, que tienen una estrecha relación con el gradiente altitudinal. En consecuencia, las condiciones de déficit hídrico son resultado de la combinación de estas variables.

A manera de resumen, se observa una correlación entre las tendencias de los valores de humedad del suelo y los de déficit hídrico. Las áreas donde las condiciones de precipitación y evapotranspiración favorecen que el suelo permanezca por más tiempo en el límite superior de almacenamiento de agua, es en donde se observan los menores déficit hídricos y viceversa. Esta tendencia obedece a un gradiente altitudinal que ocasiona la ocurrencia de lluvia y el comportamiento de la temperatura: En los sitios de mayor elevación, generalmente se observan condiciones de mayor contenido de humedad en los suelos y favorece en última instancia la formación de escurrimientos superficiales.

Conclusión.

En el Cuadro 20 se hizo una jerarquización de las 10 subcuencas de la RH 36 que tienen una estación hidrométrica, a partir de sus valores ponderados de las características hidroclimáticas, del porcentaje de escurrimiento y del gasto específico.

En términos generales se observa que hay una relación entre las condiciones hidroclimáticas y el porcentaje de escurrimiento; los suelos más húmedos y con menores déficits hídricos son las áreas productoras de escorrentías. Sin embargo, esta relación no es directa, pues en las relaciones de valores no siempre se observan coincidencias regulares, por lo tanto, otros factores del suelo y morfología del terreno deberán estar involucrados.

Cuadro 20
Jerarquización de las subcuencas a partir de sus datos hidroclimáticos y de escurrimiento.

	Humedad en el suelo (meses)	Déficit de agua (mm)	Coefficiente de escurrim. (K)	Gasto específico l/s/km ²
Salomé A.	8.7	202	15.1	2.31
Sardinas	8.4	189.5	17.2	2.45
El Sauz	5.8	268.9	8.3	0.86
Palmito	4.7	399.3	9	1.35
Cazadero	4.5	327.4	6.6	0.5
Agustín M.	2.9	486	(-1.1)*	-
San Francisco	2.8	522	(3 a 4)	-
La Flor	2.2	561.5	(2)	0.12
Cañón de Fernández	1.7	632.6	4.4	0.17
Los Angeles	1.2	723.7	(-22.6)*	-

NOTAS:

- (*) Los números negativos se deben a el uso del agua para el riego agrícola, antes de la estación de aforo.
- () Son estimaciones personales del autor, pues la subcuenca San Fco. y La Flor tenían sólo una estimación de aforo para las subcuencas, en el período que se tomó en cuenta.
- No hay estimación de aforo.

Referencias.

INEGI, (1981). Escala 1:1'000,000. SPP- INEGI. México.

INEGI, (1983). Escala 1:1'000,000. SPP-INEGI. México.

JASSO IBARRA R., (1992). Estimación de las características de retención del agua en el suelo. Seminarios técnicos. CENID-RASPA INIFAP. Vol. 10.

ORTIZ VILLANUEVA B. y C.A. ORTIZ S., (1980). Edafología. 3a. edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

THORNTWAITE C. W., (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geo, Rev.* Vol. 38. pp. 55-94.

VALDEZ C. R., R. ROMO G. y L. MORENO D., (1990). Establecimiento y análisis del balance hidrológico en cuencas de las zonas áridas. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo. Comarca Lagunera, México.

FASES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS

Miguel RIVERA GONZALEZ (1)
David VIRAMONTES PEREIDA (2)

1. LAS FASES FÍSICAS.

Introducción.

Las Fases Físicas del suelo se refieren a la presencia de los fragmentos de rocas y materiales a veces cementados, los cuales impiden o limitan el uso agrícola del suelo, y pueden a su vez, ser factores que influyen su capacidad de retención en agua.

Su denominación corresponde a la fase que predomina en un sitio determinado, y pueden ser lítica, petrocálcica, pedregosa, gravosa, petrogypsica, y otras. Su distribución se encuentra consignada en la Carta Edafológica (1:1'000,000) editada por INEGI. En la Región Hidrológica 36 se identificaron siete formaciones de fases físicas y suelos sin fase. A continuación se describen las características más importantes que definen a cada una de las fases físicas de los suelos de dicha región.

Fase Lítica. Es una capa de roca dura superficial y continua o conjunto de trozos de roca muy abundantes que impiden la penetración de raíces. Se localiza principalmente en las áreas montañosas de material ígneo, localizadas en las sierras altas de ambas cuencas, del Nazas y del Aguanaval. Se puede suponer, que el material del cual se forma esta capa de roca, es de origen ígneo, en la mayoría de los casos riolita. Se encuentra asociada con suelos de profundidad media y baja, sobre toba ácida, del tipo Castañozem lúvico, Feozem lúvico, Xerosol lúvico y háplico, Litosol, Regosol éutrico y calcárico, Cambisol éutrico, Luvisol órtico y algunas Rendzinas.

Fase Petrocálcica. Es una capa cementada y endurecida con carbonatos de calcio. Se encuentra en las bajadas de las áreas montañosas de material de caliza, localizadas en forma general por toda la parte sedimentaria de la Región Hidrológica, excepto en la cuenca alta eruptiva del río Nazas. Se forma mediante reacciones químicas en las que intervienen, el material madre de los cerros, el CO_2 , la presión formada en el interior del suelo, y el agua de lluvia. Esta solución de carbonatos de calcio formada, se muestra en el campo en un horizonte blanco endurecido, llamado comúnmente "**caliche**". Se encuentra asociada con suelos de profundidad somera media y alta del tipo Rendzina, Xerosol cálcico, háplico y lúvico, Regosol calcárico y Yermosol cálcico.

(1) Investigador del CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo.

(2) Tesista del grado de Maestría. FAZ-UJED. Alocación ORSTOM - DEC.

Fase Pedregosa. Se refiere a la presencia de fragmentos de roca mayores de 7.5 cm de largo en la superficie del terreno y/o cerca de ella. Se presenta en forma general en todas las cuencas y subcuencas de la Región Hidrológica, sobre todo, en áreas de conglomerado y de piedemonte de los cerros. Está asociada con los suelos de profundidad media y textura media, del tipo Rendzina, Xerosol cálcico, haplico y lúvico, Castañozem lúvico, y Feozem háplico.

Fase Gravosa. Corresponde a la presencia de gravas (piedras menores de 7.5 cm de largo) en la superficie del terreno y/o cerca de ella. Se presenta en forma general en todas las cuencas y subcuencas de la Región Hidrológica, en particular, en los piedemontes y bajadas. Está asociada con los suelos de profundidad media y textura media, del tipo Xerosol cálcico, haplico y lúvico, Castañozem lúvico, y Feozem háplico.

Fase Petrogypsica. Es una capa endurecida rica en yeso. Se encuentra en algunas bajadas de áreas montañosas de formación geológica de caliza y yeso, localizadas solamente en las partes extremas de las Lagunas de Mayrán y de Viesca. La disolución del material madre de los cerros con el agua de lluvia, los consecuentes escurrimientos y la alta evaporación en estas áreas, dan como resultado esta formación edáfica. Se encuentra asociada con suelos de profundidad media del tipo Xerosol háplico y Regosol calcárico.

Fase Concrecionaria. Es una fracción del perfil del suelo con concreciones consolidadas, que son gravas duras formadas en el subsuelo. Se localiza únicamente en solo una pequeña porción dentro del valle de la Laguna de Mayrán. Se encuentra asociada con suelos de profundidad y textura media, del tipo Xerosol háplico.

Fase Dúrica. Capa de tepetate duro cementado y endurecido con sílice. Se llama tepetate a una capa de suelo cementada de baja porosidad muy compacta, y que no se rompe fácilmente. Se localiza únicamente en una pequeña área en el extremo sur de la cuenca del río Aguanaval, en la subcuenca Cazadero. Esta fase física, se encuentra asociada con suelos de media a alta profundidad del tipo Feozem lúvico y Xerosol háplico.

Sin Fase. Son áreas en las que no hay fases Físicas, es decir, no existen fragmentos de rocas ni materiales cementados que pudieran limitar el uso agrícola del suelo. En este sentido, cualquier tipo de suelo puede encontrarse libre de fases Físicas. De igual manera, una zona sin Fase, no tiene referencia con la profundidad, o localización del suelo.

En las páginas subsecuentes se presentará un análisis de la distribución espacial de las fases físicas en los suelos de la RH 36.

Distribución espacial de las fases físicas.

Poco menos de la mitad de la superficie de la Región presenta fases físicas, entre las que sobresalen la lítica y petrocálcica, con 21.0 y 17.5 por ciento y la pedregosa y gravosa con 4.5 y 2.4 por ciento. Las fases Petrogypsica, Concrecionaria y Dúrica cubren en total sólo un 0.36 por ciento de la superficie.

En las áreas de escurrimiento ordenado **parte alta**, el 38.2 por ciento se encuentra sin presentar fases definidas y en el resto se presentan cinco fases físicas de suelos, de acuerdo a su orden de importancia estas son las siguientes: Lítica, petrocálcica, pedregosa, gravosa y dúrica. La fase lítica y petrocálcica, son las de mayor importancia y distribución alcanzando el 33.6 y 17.8 por ciento, respectivamente.

Por su parte, en las áreas de escurrimiento no ordenado de **la parte baja de la RH 36**, son más predominantes los espacios sin fases físicas definidas (78.8 por ciento). En el resto del área, se han identificado seis formaciones de fases físicas. Conforme con su orden de importancia, son las siguientes: Petrocálcica, lítica, pedregosa, petrogypsica, gravosa y concrecionaria. La fases petrocálcica, es la más ampliamente distribuida con 17.2 por ciento. Las cinco fases restantes mantienen una distribución muy reducida.

En el Cuadro 1 se muestran los valores correspondientes a la superficie dominada por cada fase en ambas partes en que se ha dividido la RH 36.

Cuadro 1

Distribución de las fases físicas de los suelos entre las partes alta y baja de la RH 36.

Fase Física	PARTE ALTA		PARTE BAJA	
	km ²	%	km ²	%
Dúrica	17	0.03	0	0
Concrecionaria	0	0	38	0.1
Petrogypsica	0	0	234	0.6
Gravosa	2,055	3.7	172	0.5
Pedregosa	3,729	6.7	397	1.1
Petrocálcica	9,933	17.8	6,281	17.2
Lítica	18,775	33.6	636	1.7
Sin Fase	21,351	38.2	28,811	78.8
Total	55,860	100	36,569	100

Cuadro 2

Comparación entre las cuencas Nazas y Aguanaval en la parte alta o de escurrimiento encausado.

Fase Física	C. Nazas		C. Aguanaval	
	km ²	%	km ²	%
Dúrica	0	0	17.0	0.1
Concrecionaria	0	0	0	0
Petrogypsica	0	0	0	0
Gravosa	2,026.9	5.6	28.2	0.1
Pedregosa	2,757	7.7	971.6	4.9
Petrocálcica	3,742.4	10.4	6,190.5	31.2
Lítica	14,324.4	39.8	4,450.8	22.4
Sin Fase	13,143.5	36.5	8,207.9	41.3
Total	35,994.2	100	19,866	100

En el Cuadro 2 se muestra la comparación entre las cuencas del Nazas y del Aguanaval en las zonas de escurrimiento ordenado. Se observa una tendencia semejante en lo que corresponde a las fases de mayor dominio. Las zonas sin fases físicas son muy similares 36.5 y 41.3 por ciento, respectivamente. Las fases lítica y petrocálcica son las de mayor distribución en ambas cuencas, aunque invertido su sentido de importancia. En la cuenca Nazas, la fase lítica y petrocálcica tienen valores de 39.8 y 10.4 por ciento, respectivamente; mientras que en la cuenca Aguanaval los valores son de 22.4 y 31.2 por ciento, respectivamente.

En la **cuenca del río Nazas**, se observan cuatro fases físicas; de acuerdo a su orden de importancia son las siguientes: Lítica, petrocálcica, pedregosa y gravosa. El 36.5 por ciento del terreno se encuentra libre de fases físicas definidas. En el Cuadro 3 se presentan los valores particulares de la distribución espacial de las fases físicas de los suelos de las subcuencas que conforman la Cuenca del Nazas.

La subcuenca Salomé Acosta es la que tiene el menor valor de áreas sin fases físicas 5 por ciento. El terreno se encuentra ocupado en su mayor parte por fases líticas 85.7 por ciento y algunas áreas pedregosas y gravosas, de toba ácida.

La subcuenca Palmito, es muy semejante a la subcuenca Salomé Acosta. Existe poca superficie sin presentar fases físicas. El terreno se encuentra ocupado en su mayor parte por la fase lítica 62.9 por ciento, y en menor proporción el terreno es gravoso, petrocálcico y pedregoso.

Poco más de la mitad del terreno de la subcuenca Sardinias se encuentra libre de fases físicas; el resto se encuentra distribuido entre las fases lítica y pedregosa, y en menor proporción por petrocálcica.

Poco menos de la mitad del terreno de la subcuenca Agustín Melgar, se encuentra libre de fases físicas 48.5 por ciento. El resto del terreno se encuentra distribuido por las fases petrocálcica, lítica, pedregosa y gravosa.

En la subcuenca Cañón de Fernández, más de la mitad del terreno no presenta fases físicas definidas 65.1 por ciento, el resto se encuentra delimitado por las fases lítica, petrocálcica, pedregosa y gravosa.

Cuadro 3
Fases físicas de los suelos en las subcuencas del Nazas.

Fase Física	Salomé A.	Sardinias	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz. L. Angeles	
	Porcentaje de superficie					
Dúrica	0	0	0	0	0	0
Concrecionaria	0	0	0	0	0	0
Petrogyptica	0	0	0	0	0	0
Gravosa	3.8	0	10.6	6.4	5.9	0
Pedregosa	5.6	11.4	3.4	10.8	6.2	5.1
Petrocálcica	0	5.1	7.1	20.4	9.4	15.2
Lítica	85.6	29.9	62.9	13.9	13.5	0
Sin Fase	5.0	53.6	16.0	48.5	65.0	79.7
Total	100	100	100	100	100	100

En la subcuenca Los Angeles, sólo el 20.3 por ciento del terreno se encuentra delimitado por las fases petrocálcica y pedregosa; el resto se encuentra libre sin fases físicas definidas.

Las subcuencas que pueden ser comparables como contrastantes son las de Salomé Acosta y Los Angeles; estas subcuencas, además de estar ambas a cada extremo de la cuenca, se diferencian por el área libre de fases físicas, 5 y 79.7 por ciento, respectivamente, y la fase que resulta predominante en una de ellas en la otra no existe.

Cuadro 4
Fases físicas de los suelos
en las subcuencas del
Aguanaval.

Fase Física	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor
	Porcentaje de superficie			
Dúrica	0	0.5	0	0
Concrecionaria	0	0	0	0
Petrogyptica	0	0	0	0
Gravosa	0	0	0	0.3
Pedregosa	0	10.2	1.1	5.6
Petrocálcica	0	16.2	46.7	33.0
Lítica	99.9	63.5	5.4	4.9
Sin Fase	0.1	9.6	46.8	56.2
Total	100	100	100	100

En la **cuenca del río Aguanaval**, se presentan cinco fases físicas, las cuales por su orden de importancia son las siguientes: petrocálcica, lítica, pedregosa, gravosa y dúrica. El 41.3 por ciento del terreno se encuentra libre de fases físicas definidas (Cuadro 2). En el Cuadro 4 se muestran los valores de la distribución espacial de las fases físicas de los suelos de las subcuencas que conforman la cuenca del Aguanaval.

La subcuenca el Sauz, es una zona casi exclusiva de la fase lítica (99.9 por ciento); sólo el 0.1 por ciento del terreno se encuentra libre de fases. Esta subcuenca se compone en la mayoría de su superficie de sierras y mesetas donde predominan los suelos de profundidad media del tipo Feozem y Regosol.

En la subcuenca El Cazadero, las áreas libres de fases físicas representan menos del 10 por ciento del terreno. La fase predominante que se encuentra en la mayor parte del terreno es la lítica (63.5 por ciento). Las fases petrocálcica y pedregosa, también encuentran una buena distribución. Esta subcuenca, el único lugar de la RH 36 donde existe la fase física dúrica.

Poco menos de la mitad del terreno de la subcuenca San Francisco se encuentra libre de fases físicas. El área se encuentra delimitada sobretodo por la fase Petrocálcica (46.7 por ciento), y en menor proporción la fase lítica y la pedregosa.

En la subcuenca La Flor, poco más de la mitad del terreno no presenta fases físicas definidas. La fase predominante es la petrocálcica 33 por ciento, el resto se encuentra distribuido en las fases pedregosa, lítica y gravosa.

Las tres subcuencas de la **parte baja** o de escurrimiento no ordenado, son muy similares entre sí (Cuadro 5). La mayor parte de la superficie del terreno en cada una de las subcuencas se encuentra sin fases físicas definidas.

Cuadro 5
Fases físicas en la parte baja o de escurrimiento no definido de la RH 36.

Fase Física	Viesca	Bolsón Sur	Mayrán
	Porcentaje de superficie		
Dúrica	0	0	0
Concrecionaria	0	0	0.2
Petrogypsica	1.1	0	0.5
Gravosa	0.0	0	1.1
Pedregosa	1.0	0	1.6
Petrocálcica	25.4	27.8	5.0
Lítica	1.2	4.7	0.8
Sin Fase	71.3	67.5	90.6
Total	100	100	100

En todas estas subcuencas la fase física más sobresaliente es la petrocálcica. La fase petrogypsica, en toda la Región Hidrológica, solo se encuentra en algunas pequeñas partes de las subcuencas Viesca y Mayrán.

El único lugar de la Región Hidrológica donde es posible encontrar la fase concrecionaria es en algunas áreas reducidas de la subcuenca Mayrán.

Análisis longitudinal (Figura 1 y Figura 2).

Fase Lítica. Presenta un orden de distribución de mayor a menor en sentido altitudinal decreciente, es decir, para la cuenca del río Nazas, la orientación es de Oeste (subcuenca Salomé Acosta) a Este (subcuenca Mayrán); para la cuenca del río Aguanaval, la orientación es de Suroeste (subcuenca El Sauz) a Noreste (subcuenca Viesca). Esta distribución está relacionada con la presencia de riolita, ya que en las partes altas se encuentra con mayor frecuencia este tipo de roca.

Fase Petrocálcica. Su distribución es un poco irregular, y aparece en muchas más unidades cartográficas; no obstante, mantiene de manera general un orden de menor a mayor dominio de las partes altas a bajas respectivamente. La razón de esta distribución es debida a la localización de los materiales geológicos de origen; es decir, mantiene una relación directa con la presencia de rocas de tipo caliza.

Fases Pedregosa y Gravosa. Estas fases se presentan de manera desordenada sobre la Región Hidrológica. Por su naturaleza, pueden presentarse en cualquier área de sierras, piedemontes y bajadas.

Fase Petrogypsica. Su distribución se limita a las zonas más áridas, en las partes extremas de la Laguna de Mayrán y de Viesca; no existe patrón de su distribución. Mantiene una relación directa con la presencia de rocas de caliza mas yeso.

Fase Concrecionaria. Se localiza unicamente en sólo una pequeña porción dentro de la sub-cuenca Mayrán.

Fase Dúrica. Se localiza únicamente en el extremo sur de la cuenca del río Aguanaval, en la subcuenca Cazadero.

Sin Fase. Por las características de estas áreas, pueden presentarse en cualquier tipo de suelo y toposformas, aunque se observan con mayor frecuencia en la parte baja de la Región.

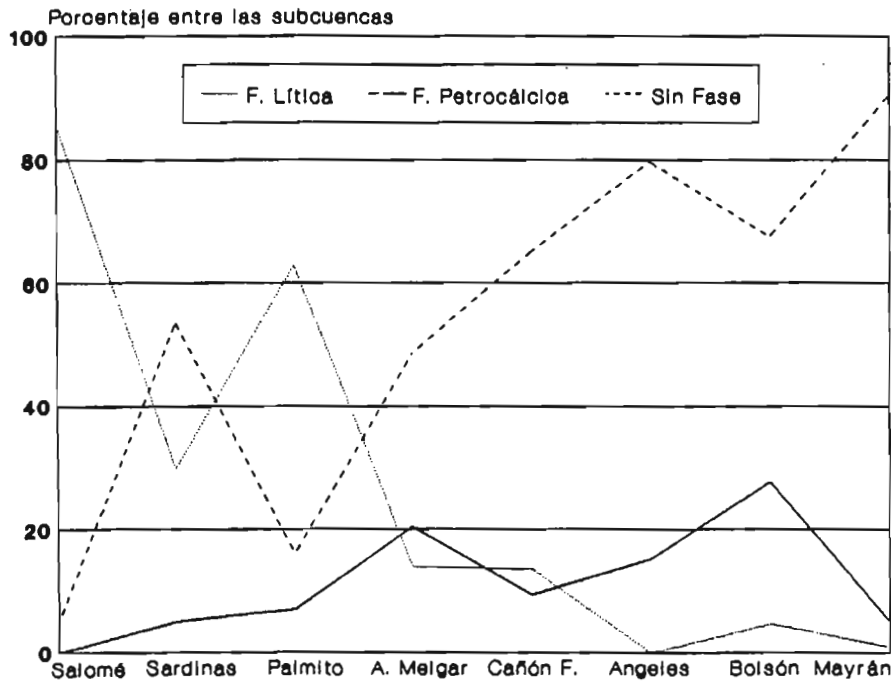


Figura 1

Distribución longitudinal de las principales fases físicas en los suelos de la cuenca del Nazas.

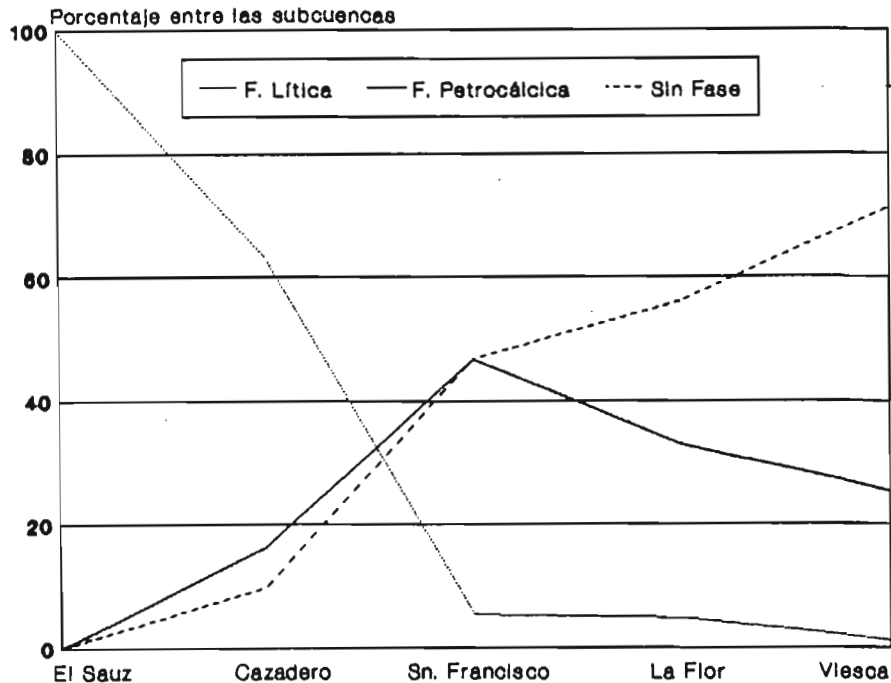


Figura 2

Distribución longitudinal de las principales fases físicas en los suelos de la cuenca del Aguanaval.

Conclusión.

De acuerdo a los resultados del análisis de la distribución espacial de las fases físicas en esta Región, se puede establecer lo siguiente:

La parte alta de la Región Hidrológica está dominada por fases físicas lítica y petrocálcica, que por sus características de baja permeabilidad y donde se localizan las topofomas de mayores pendientes, favorecen la formación del escurrimiento superficial.

Caso opuesto es el de la parte baja, donde predominan los suelos profundos y sin fase física definida que pueden actuar como receptores de escurrimientos. Sin embargo, este proceso se presenta en muy baja intensidad debido a que los valores de precipitación, el relieve no permiten la producción de escorrentías, sino en algunas áreas montañosas del límite de esta parte aluvial.

2. LAS FASES QUÍMICAS.

Introducción.

En la actualidad no existe un inventario de las superficies afectadas por problemas de salinidad en la Región Hidrológica en forma completa, sin embargo, estas características son fundamentales para algunos procesos hidrológicos cualitativos, tanto para el desarrollo de la cubierta vegetal, como para el comportamiento hidrodinámico del suelo, que resultan en un patrón particular de escurrimiento superficial.

Las fases químicas de los suelos, se refieren a la presencia de sales, que limitan o impiden el desarrollo de los cultivos o vegetación natural de los suelos, y pueden ser por presencia de sales disueltas, sodio adsorbido en las partículas del suelo, o ambas, las cuales se denominan fases salina, sódica y salina-sódica, respectivamente (Aceves, 1979; INEGI, 1982); se describen en términos cuantitativos a continuación.

Fase salina. Los suelos que representan esta fase química contienen sales solubles, cuya conductividad eléctrica del extracto de saturación de la pasta saturada de suelo es de cuatro o más deciSiemenes por metro ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$).

Fase sódica. Se caracteriza por el alto contenido de sodio intercambiable del suelo (15 por ciento o más de sodio intercambiable en relación con los otros cationes).

Fase salina-sódica. En los suelos que presentan ambas fases, la salina y la sódica.

La clasificación de las fases químicas de los suelos se encuentra en las cartas edafológicas del INEGI (1:1'000,000); para la Región de este estudio la información se obtuvo de las cartas "Chihuahua", "Monterrey" y "Guadalajara".

En este apartado se presenta la distribución espacial de las diferentes fases químicas que presentan los suelos de la Región Hidrológica 36, con el propósito de que una vez terminado el inventario, éste pueda ser traducido en términos de balance hidrológico y posteriormente plantear alternativas para la solución de los problemas de salinidad en esta región.

El análisis se presenta desde el nivel de organización superior, Región Hidrológica, hasta el inferior, subcuenca.

Distribución espacial de las fases químicas.

A nivel global, en la Región existe una superficie de 6,935 km² con fase sódica, lo cual representa un 7.5 por ciento de su superficie, le sigue en orden descendente la fase salina, que ocupa una superficie de 3,560 km² que equivale a un 3.9 por ciento y por último, la fase salina-sódica que comprende una superficie de 2,032 km² que corresponde a un 2.2 por ciento de su superficie. Sumando los valores anteriores, existen en la Región Hidrológica 12,527 km² de suelos que presentan problemas de sales y/o sodio intercambiable lo que representa un 13.6 por ciento de su superficie total.

La **parte alta** de la Región (escurrimiento ordenado), presenta sólo un 1.6 por ciento de su superficie afectada, la fase salina ocupa 492 km², la fase sódica, 276 km² y la salina-sódica, 158 km² (0.9, 0.5 y 0.2 por ciento, respectivamente).

El resto, la **parte baja** de escurrimiento no ordenado presenta una mayor superficie con suelos afectados, 11,610 km², lo cual representa un 31.7 por ciento de su superficie. A diferencia de la parte alta; en esta zona predomina la fase sódica con una superficie de 6,659 km² (18.2 por ciento), le sigue en orden descendente la fase salina con 3,068 km² (8.4 por ciento) y por último la fase salina-sódica que comprende una superficie de 1,883 km² (5.1 por ciento).

Las condiciones típicas de superficie en esta parte, generalmente de llanura, origen aluvial de los suelos, bajas precipitaciones y alta demanda evaporativa han ocasionado la acumulación de sales y sodio en la superficie del suelo, a diferencia de la parte alta, donde todas estas condiciones se dan en menor intensidad y frecuencia; los análisis particulares de estas variables se presentan en apartados específicos en otra parte de este reporte.

La distribución porcentual de las superficies que presentan las fases químicas, tanto a nivel de Región como de su división por régimen de escurrimiento se puede observar en la Figura 3.

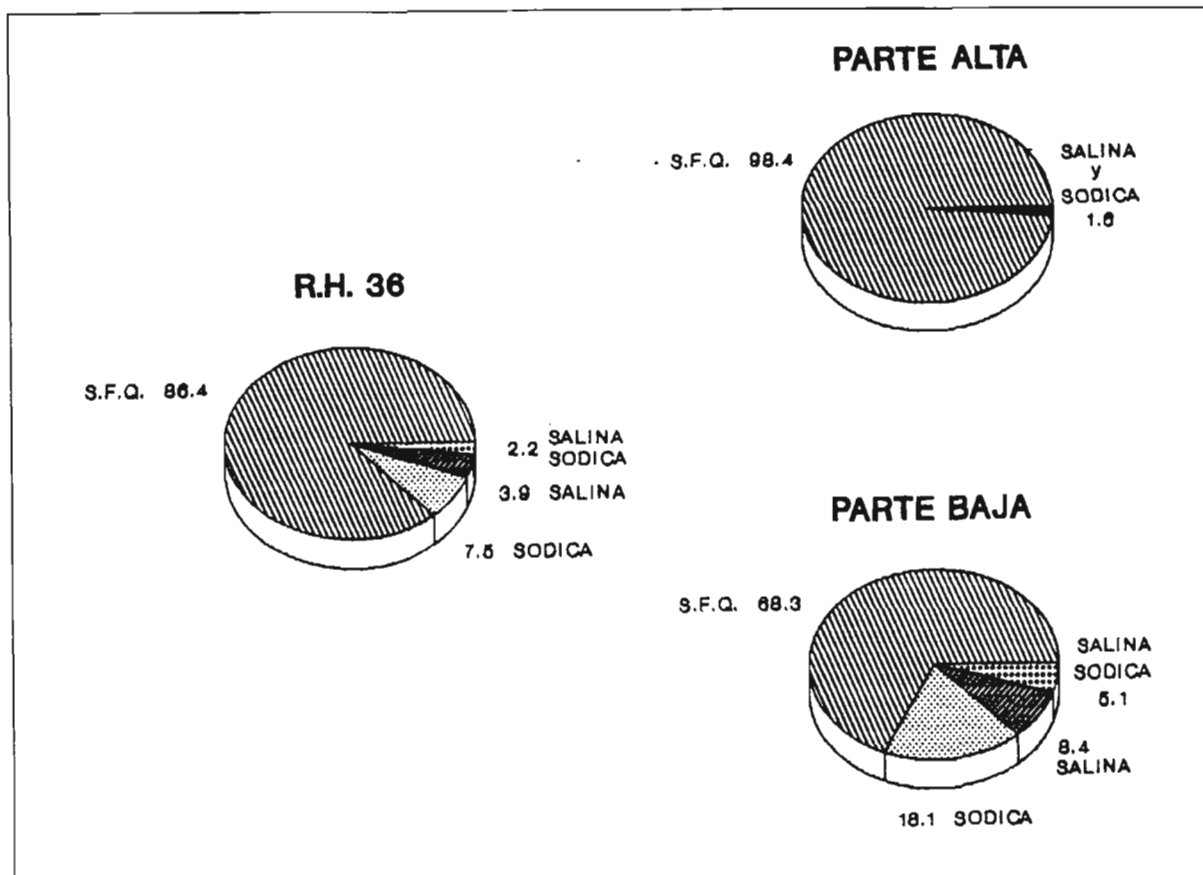
En la **cuenca del Nazas**, que es casi dos veces mayor que la del Aguanaval, únicamente un 1.6 por ciento de sus suelos presentan problemas de salinidad, en las fases salina y la salina-sódica de las cuales predomina la fase salina.

En la **cuenca del Aguanaval**, en forma similar a la del Nazas un 1.7 por ciento de sus suelos presentan estos problemas, sin embargo, en esta cuenca predomina la fase sódica (Cuadro 6).

Cuadro 6

Superficie y porcentaje de las diferentes fases químicas de las cuencas del Nazas y Aguanaval.

Fases Químicas	Nazas		Aguanaval	
	km ²	%	km ²	%
Salina	428	1.2	64	0.3
Sódica	0	0	276	1.4
Salina-Sódica	150	0.4	0	0
Total	578	1.6	340	1.7

**Figura 3**

Porcentajes de las fases químicas en los suelos de la RH 36.

De las seis **subcuencas del Nazas** sólo en las subcuencas Agustín Melgar y Cañón de Fernández se presentan problemas de salinidad. En la primera tan sólo se presenta la fase salina la cual representa un 2.9 por ciento de su superficie, en cambio en la segunda, se presenta tanto la fase salina como la salina-sódica con porcentajes del 2.4 y 4.5 por ciento, respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7

Superficie y porcentaje de las diferentes fases químicas en los suelos de las subcuencas del Nazas.

Fases Químicas	Agustín Melgar		Cañón de Fernández	
	km ²	%	km ²	%
Salina	346	2.9	81	2.4
Sódica	0	0	0	0
Salina-Sódica	0	0	150	4.5
Total	346	2.9	231	6.9

No obstante la información reportada, se apreció en los recorridos de campo que en la subcuenca Los Angeles existen problemas localizados de salinidad debido a manto freático somero por utilización de agua de riego salino (mezclada sódica), y ausencia de drenaje.

En lo que corresponde a las cuatro **subcuencas del río Aguanaval** únicamente en la San Francisco y La Flor se observan problemas de salinidad. En la primera, sólo en un 5 por ciento de sus suelos se reportan las fases salina y la sódica de las cuales la sódica es la que predomina. En La Flor, solamente se presenta la fase sódica que equivale a un 0.9 por ciento de su superficie. Esta información se presenta en el Cuadro 8.

Cuadro 8

Superficie y porcentaje de las diferentes fases químicas en los suelos de las subcuencas del Aguanaval.

Fases Químicas	San Francisco		La Flor	
	km ²	%	km ²	%
Salina	64	1.3	0	0
Sódica	190	3.7	86	0.9
Salina-Sódica	0	0	0	0
Total	254	5.0	86	0.9

Las tres subcuencas que conforman la **parte baja** de la Región presentan superficies afectadas por salinidad, superiores a las subcuencas de la parte alta. La subcuenca Mayrán es la más dominada por áreas con problemas de salinidad de todas las subcuencas de la Región Hidrológica, tiene 6,586 km² con problemas de salinidad lo cual representa un 44 por ciento de su superficie; predomina la fase sódica (32.8 por ciento) sobre la salina y salina-sódica.

En la subcuenca Bolsón Sur, un 32.5 por ciento de su superficie acusa problemas de salinidad, predominando la fase salina-sódica (22.2 por ciento) sobre la salina y la sódica. En la subcuenca restante, domina la fase sódica (12.6 por ciento) sobre la salina y la sódica; esta subcuenca, así como la de Mayrán tienen un comportamiento similar, que se puede atribuir a su posición con respecto a la línea de escurrimiento principal, que corresponden a los ríos Aguanaval y Nazas, respectivamente, y se localizan en el extremo inferior altitudinal en situación de lagunas endorréicas.

Los valores particulares de superficies afectadas en las tres subcuencas de esta parte baja se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9

Superficie y porcentaje de las fases químicas en los suelos de la parte baja de la RH 36.

Parte baja	Mayrán		Bolsón Sur		Viesca	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Fases Químicas						
Salina	1,746	11.7	652	8.2	670	4.9
Sódica	4,766	31.8	168	2.1	1,726	12.6
Salina-Sódica	74	0.5	1,764	22.2	45	0.3
Total	6,586	44.0	2,584	32.5	2,440	17.8

Durante los recorridos de campo a las subcuencas Bolsón de Mapimí, Mayrán y Viesca se detectaron áreas con problemas de salinidad, las cuales no están reportadas en las Cartas de INEGI.

Principales causas de los problemas de salinidad.

En la **parte alta de la RH 36** unicamente un 16 por ciento de sus suelos presentan problemas de salinidad, lo anterior se debe a las características que predominan en esta área tales como alta precipitación, fuertes pendientes, profundidad somera, pedregocidad y textura gruesa de los suelos (litosoles), lo cual propicia buenas condiciones de drenaje interno y externo de los suelos. Los problemas que se presentan en esta área por lo general se deben a problemas localizados de manto freático somero (Ejido Juana E. García de la subcuenca Los Angeles) por falta de drenaje externo y concentración de la solución del suelo (salinidad secundaria) y a la salinidad de los suelos (salinidad primaria) como es el caso de los Solonetz de la subcuenca San Francisco (suelos sódicos).

La **parte baja de la RH 36** es donde se presenta la mayor superficie de suelos con problemas de sales (11,610 km²) lo que presenta un 31.7 por ciento de su superficie. Debido a las características particulares de esta zona como son llanura predominante (pendiente < 1 a 1 por ciento), al origen aluvial de los suelos, bajas precipitaciones (200 a 300 mm anuales) y a las altas demandas evaporativas, lo cual propicia la acumulación de sales. Aunado a lo anterior, una superficie considerable deja salinizado al ineficiente uso y manejo de aguas de origen subterráneo utilizado para riego.

Para determinar la utilización de estos suelos, se elaboró un plano de "Uso del suelo" de la Región Hidrológica. Las superficies y su uso se muestran en el Cuadro 10. Se puede observar que la mayor superficie con problemas de salinidad, tiene un uso no agrícola (12,321 km²), en 134 km² se practica la agricultura de riego, en 14 km² la agricultura de temporal y 58 km² corresponden a riego suspendido; es decir, suelos en los que anteriormente se desarrollaba la agricultura de riego, pero que en la actualidad no es posible irrigar, debido a que ya no hay agua para hacerlo o bien porque la mala calidad del agua y la acumulación de sales en el suelo no permite que la agricultura se siga desarrollando (Cuadro 10).

Cuadro 10
Superficie (km²) y uso de los suelos con problemas de salinidad en la RH 36.

RH 36	Subcuencas	Uso no Agrícola	Agric. de Riego	Agric. de Temporal	Riego Suspendido	Total km ²
ALTA	Agustín M.	340	5	1		346
	Cañón de Fdz.	225	6			231
	San Fco.	246	1	7		254
	La Flor	86				86
	Sub-total	897	12	8		917
BAJA	Mayrán	6,478	72	5	31	6,586
	Bolson	2,555	11		18	2,584
	Viesca	2,391	39	1	9	2,440
	Sub-total	11,424	122	6	58	11,610
Total RH		12,321	134	14	58	12,527

La mayoría de los suelos con problemas de salinidad de las subcuencas se encuentran en el sistema de topografía de llanura, a excepción de la subcuenca San Francisco en la que la mayoría de sus suelos con problemas de sales se encuentran en lomeríos y valles. En forma general, los suelos con problemas de salinidad de cada subcuenca se encuentran localizados en áreas donde la precipitación pluvial anual es de 200 a 300 mm a excepción de la subcuenca San Francisco donde se encuentran en mayor proporción en áreas de precipitación pluvial anual de 400 a 500 mm.

Conclusión.

Del análisis espacial hasta aquí presentado, se puede establecer lo siguiente:

En la Región Hidrológica 36 existen 12,527 km² de suelos que presentan problemas de salinidad. Predomina la fase sódica, le sigue en orden descendente la salina y la salina-sódica.

La mayor superficie de suelos con problemas de salinidad se presenta en la parte baja de la Región estos ocupan una superficie de 11,610 km² que equivale a 31.7 por ciento de la superficie de esta zona .

Laguna de Mayrán es la subcuenca que presenta la mayor superficie de suelos con problemas de sales (6,586 km²) que equivale a un 44 por ciento de su superficie.

Aproximadamente en 13,400 ha de suelos con problemas de salinidad se practica la agricultura de riego, 5,800 ha son de riego suspendido y en 1,400 ha se practica la agricultura de temporal.

La principal causa de salinización de los suelos de la parte baja de la Región se atribuye a las condiciones típicas de esta zona como son llanura, origen aluvial de los suelos, bajas precipitaciones, riego intensivo y altas demandas evaporativas.

Referencias.

- ACEVES N. E., (1979). El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados. Chapingo México p. 44.
- BREIMER R., (1985). Soil and landscape survey of the Mapimí Biosphere Reserve. Durango, México p. 128.
- DIAZ E. L. F. y FLORES L. L. F. 1989. Salinización de los suelos agrícolas en México. Reunión de Investigación UCU - INIFAP p. 3-6.
- FROTO M. Ma. L., (1987). Obtención del marco de Referencia y diagnóstico técnico de salinidad en la Zona Norte. Informes de Investigación del CENID-RASPA, INIFAP, SARH. p. 411-421.
- INEGI, (1982). Cartas Edafológicas de Chihuahua, Guadalajara, Monterrey. Escala 1:1'000,000. México.
- INEGI, (1990). Guía par la interpretación de la Carta Edafológica. Segunda reimpresión, Aguascalientes, Ags. México.
- ORTIZ VILLANUEVA B. y C. A. ORTIZ S., (1980). Edafología. 3a Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.



LA VEGETACION NATURAL

Gerardo TARIN TORRES (1)

Introducción.

El interés en abordar la vegetación como una variable en el comportamiento hidrológico de la Región 36, está ligado a su relación con la dinámica de los escurrimientos superficiales y la erosión, que tienen, por su parte, una influencia causal en la disponibilidad de los recursos hídricos y en la conservación del suelo.

La presencia de la vegetación natural y sus distintas formaciones son el resultado de las condiciones del clima, del suelo y del relieve; su desarrollo, su crecimiento y distribución, se ven afectados por estos elementos en diferentes grados; comunmente se encuentra que las condiciones de exposición, de pendiente, de profundidad del suelo y de humedad, entre otras, afectan el tipo y la densidad de las comunidades vegetales.

La eficacia de la vegetación en la protección del suelo depende de sus atributos estructurales; de esta forma, el conocimiento de las características de altura, recubrimiento sobre el suelo y densidad, constituyen un primer paso en el análisis de su participación sobre el comportamiento hidrológico.

Los estudios de Marroquín *et al.*, (1964), en la zona árida; de la Comisión Técnica Consultiva para la determinación regional de los Coeficientes de Agostadero para Durango (COTECO-CA, 1979) y el Inventario Forestal para Coahuila (SARH, 1985), son los trabajos regionales más completos sobre tipos vegetativos; sin embargo hacen una descripción muy breve del papel de la vegetación en el origen y producción de los escurrimientos y de la erosión.

Por su parte, el estudio hidrológico del INEGI (1990), en la Alta Babícora (Chihuahua), hace una relación de la participación del recubrimiento vegetal sobre los escurrimientos. Las estimaciones de la densidad de la cubierta se dan en base a la fisonomía de la vegetación, indicándola como:

- a) abundante a moderada, cuando son áreas de bosque o su asociación con vegetación secundaria arbustiva;
- b) moderada, cuando es pastizal, zona de riego y matorral micrófilo subinermes;
- c) moderada a escasa, cuando los dos tipos anteriores muestran severos grados de erosión;
- d) de densidad escasa para las tierras de temporal.

(1) Tesista del grado de Maestría. FAZ-UJED. Alocación ORSTOM - DEC.

Asimismo, y en función de la permeabilidad y la pendiente, se distinguen cinco coeficientes de escurrimiento, con rangos de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 y mayor de 30 por ciento.

El informe técnico del Inventario Forestal Nacional de México (1965), clasifica la erosión hídrica en cuatro grados:

La erosión laminar, que se da en terrenos que no exceden del 10 por ciento de pendiente y donde se tiene una buena cubierta herbácea sobre el suelo.

La erosión en canalillos (o arroyuelos), cuando el escurrimiento forma canales no mayores de 15 cm de profundidad, sin haber desplazamientos del terreno.

La erosión en cárcavas, cuando el escurrimiento forma grietas con profundidades de 15 a 60 cm.

La erosión en torrenteras (o arroyos), cuando se forman grietas mayores a 60 cm.

La producción de escurrimientos es un resultado del efecto combinado del recubrimiento del suelo (vegetación y estado de superficie) y los factores del clima (lámina, intensidad, duración, y ocurrencia). Luego la redistribución del escurrimiento es afectada por factores fisiográficos como el tamaño de la cuenca, la forma, pendiente, densidad de drenaje y topografía, principalmente (Kirkby y Morgan, 1984).

En su gran mayoría, los trabajos que tratan sobre el papel de la vegetación en los mecanismos de origen de los escurrimientos y sedimentos, hacen determinaciones cuantitativas del recubrimiento vegetal sobre el suelo (McGinty *et al.*, 1979; Maass y García-Olivera, 1990; Velázquez y Gutiérrez, 1990; Gutiérrez *et al.*, 1990; Castellanos, 1988), así como de la intercepción (Fritsch, 1992; Linsley *et al.*, 1977; ORSTOM/Unesco, 1983).

Los estudios sobre la erosión en México se han enfrentado comunmente a problemas metodológicos, que han resultado en datos contradictorios y difíciles de comparar entre distintas localidades. Las referencias sobre este proceso hacen uso muchas veces de estimaciones cualitativas, que dificultan más su estudio y su evaluación en el tiempo.

El actual reporte tiene el objetivo de presentar el inventario de la superficie ocupada por la vegetación natural en la Región Hidrológica 36, describiendo la tipología, distribución y estratificación, y analizando la participación de la vegetación en la producción de escurrimientos y la protección de los suelos.

La información contenida es resultado de la interpretación de documentos cartográficos INEGI, (Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:1'000,000, de las secciones Chihuahua, Monterrey y Guadalajara) y de observaciones en recorridos de campo.

Las unidades cartográficas ocupadas por la vegetación y las dedicadas a la agricultura fueron dibujadas en un mapa base conteniendo los límites de las subcuencas de la RH 36. Las superficies delimitadas se calcularon con un planímetro para determinar su extensión. Los valores de superficie obtenidos fueron posteriormente vertidos en un formato de hoja electrónica para su análisis e interpretación.

Con el propósito de confirmar las estimaciones visuales de recubrimiento vegetal, se hicieron tomas fotográficas hasta 6 metros de altura (Figura 1); el campo visual logrado fué de seis a siete metros cuadrados de la superficie del suelo. Se fotografiaron de ésta forma recubrimientos puntuales de las formaciones vegetales más representativas. La determinación de las áreas ocupadas por suelo y vegetación se realizó con la proyección de las imágenes de diapositivas sobre papel milimétrico.

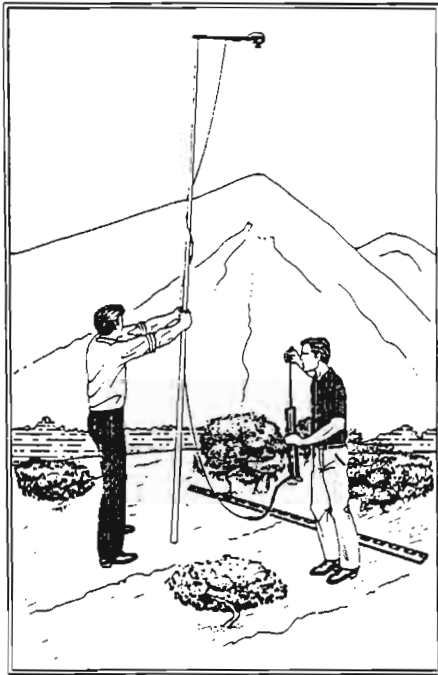


Figura 1

Sistema fotográfico utilizado para la estimación de la cobertura vegetal de 2 a 6 metros de altura.

Descripción de los tipos Vegetativos.

Se encontraron 18 tipos vegetativos en la RH 36, de acuerdo a los criterios de clasificación del INEGI, consignados en las cartas de Uso del suelo y vegetación, escala 1:1'000,000. Estos son:

- 1) Bosque de encino
- 2) Bosque de encino-pino
- 3) Bosque de pino
- 4) Bosque de pino-encino
- 5) Bosque de táscate
- 6) Chaparral
- 7) Matorral crasicáule
- 8) Matorral desértico micrófilo inerme
- 9) Matorral desértico micrófilo subinerme

- 10) Matorral desértico micrófilo espinoso
- 11) Matorral desértico rosetófilo
- 12) Matorral submontano
- 13) Matorral de izotes
- 14) Vegetación de desiertos arenosos
- 15) Vegetación halófila
- 16) Pastizal halófilo
- 17) Pastizal inducido
- 18) Pastizal natural

Considerando que el mayor interés de este estudio estriba en los atributos de cobertura de la vegetación, por similitudes en su fisonomía y/o en su distribución general, estos 18 tipos fueron reagrupados en cuatro formaciones, que son:

Bosque: Es una comunidad de especies de porte arbóreo, en menor frecuencia arbustivo; con una fisonomía usualmente uniforme, en cubiertas densas o espaciadas, representada por coníferas y/o latifoliadas con poca diversidad de especies, comúnmente de climas templados. Crece sobre todo en suelos someros a medianos, de origen ígneo o sedimentario, con pendientes suaves a fuertes.

Chaparral: Es una vegetación generalmente densa de elementos arbustivos, latifoliados, esclerófilos, resistentes al fuego, con afinidad por las laderas altas de sustrato ígneo o sedimentario, con suelo somero.

Matorral xerófilo: Formación arbustiva de elementos con adaptaciones morfológicas a la aridez, que generalmente ramifican desde la base del tallo y pueden ser inermes o espinosos. Ocupa los ambientes áridos y semiáridos de la Región.

Pastizal: Es una comunidad donde predominan las gramíneas, con alturas que raramente sobrepasan los 60 cm, y cuya presencia puede ser resultado del clima, de la naturaleza del suelo, y de la degradación de la vegetación natural original. Se presenta como formación natural o inducida.

La ocupación del suelo por la vegetación natural en toda la RH 36 es de 80,024 km², el resto son áreas dedicadas a las actividades agrícolas (10,182 km²) y las superficies sin vegetación aparente (689 km²). (Cuadro 1 y Figura 2).

Cuadro 1
Superficie ocupada por
la vegetación natural
en la RH 36.

Tipos de vegetación	Superficie	
	km ²	%
Bosque	13,558	14.9
Chaparral	2,547	2.8
Matorral Xerófilo	52,543	57.8
Pastizal	11,376	12.5
Agricultura	10,199	11.2
Sin vegetación	688	0.8
Total	90,912	100

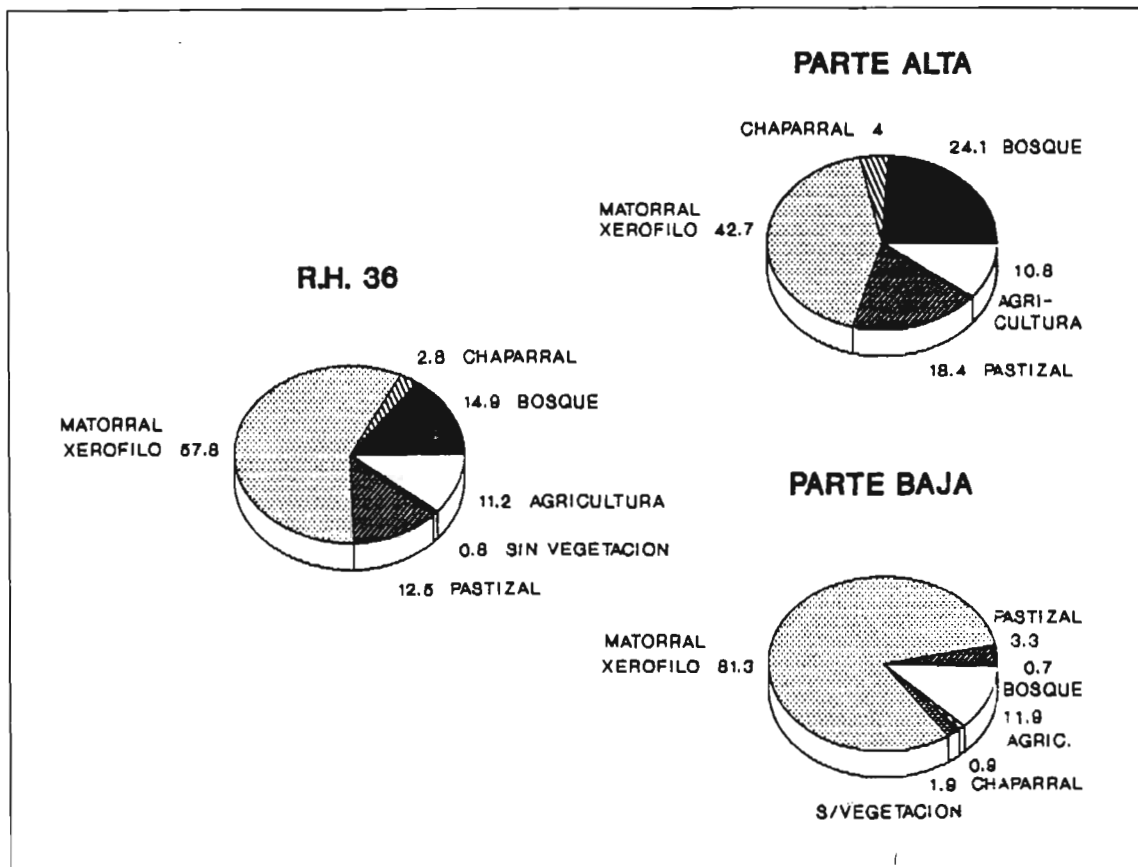


Figura 2

Distribución de los distintos tipos de vegetación y de uso del suelo en la RH 36.

- **El Bosque** comprende un 14.9 por ciento de la superficie de la Región Hidrológica. Esta comunidad, además de constituir el principal recurso forestal, presenta el recubrimiento aéreo más importante en cuanto a densidad y permanencia. Las estimaciones de cubierta son muy variables, con un rango que varía de 10 a 80 por ciento, pues el crecimiento y densidad de esta vegetación están fuertemente influenciados por varios factores como son la pluviosidad, la exposición, la pendiente y la profundidad del suelo, entre otros.

Las especies que definen esta gran formación están comprendidas dentro de las comunidades de coníferas aciculifoliadas, con los géneros *Pinus*, *Abies* y *Pseudotsuga*, coníferas escuamifoliadas, como son los géneros *Juniperus* y *Cupressus*; latifoliadas, de los géneros *Quercus*, *Arbutus* y *Arctostaphylos*, principalmente.

El bosque tiene una fuerte presencia en las subcuencas Salomé Acosta, Sardinias y Palmito, todas ellas de la cuenca del río Nazas. Igualmente, se encuentra en la parte montañosa de la subcuenca El Sauz, en la cuenca del río Aguanaval.

- **El Chaparral** se distribuye escasamente en un 2.8 por ciento de la superficie de la RH 36. Usualmente constituye un tipo de vegetación secundaria del bosque latifoliado, con el que tiene afinidades climáticas y florísticas, sin embargo es de poco interés forestal por su hábito de crecimiento y su bajo tamaño. En la zona árida tiene mucha menor distribución, donde se encuentra como el límite altitudinal del matorral, sobre la cima de sierras altas.

Los sitios mejor representados por esta vegetación se encuentran en la subcuenca Palmito, con latifoliadas de *Quercus emoryi*, *Arctostaphylos pungens* y otras más del género *Quercus*.

Esta formación ocupa el mismo ambiente físico del bosque, aunque tiene más afinidad por condiciones más áridas, a las cuales muestra notables adaptaciones. El dosel del chaparral comunmente se presenta abierto, con individuos espaciados entre sí, pero llega a tener un estrato herbáceo bien definido, no obstante el fuerte recubrimiento de piedras y los afloramientos de roca.

Los grados de recubrimiento más comunes son moderados, de 20 a 40 por ciento, sobre pendientes suaves a fuertes; esto es, en cimas, laderas y valles de zonas entre lomas. En ocasiones se observan cubiertas de sólo un 10 por ciento, sobre todo en laderas. Sus alturas no sobrepasan los cuatro metros.

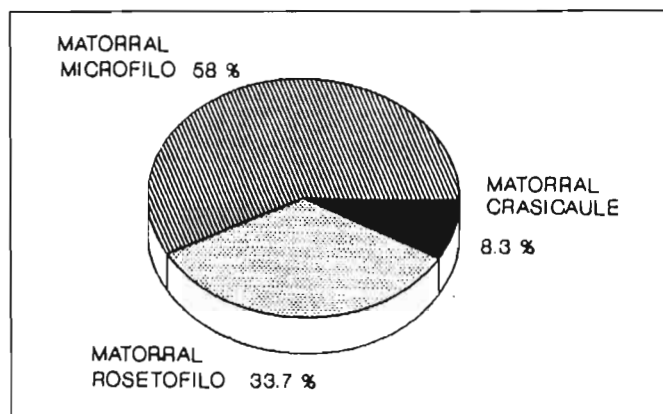
- **El Matorral xerófilo** es la formación más extensa dentro de la RH 36, con un 57.8 por ciento de la superficie. Esta asociación de elementos de variada fisonomía está gobernada por las características continentales del clima, que se reflejan en el tamaño, cobertura, densidad y distribución de las plantas. Dada la amplia distribución de éste tipo vegetativo, los cálculos de recubrimiento tienen una gran variabilidad, desde las cubiertas escasas hasta las de mayores densidades.

Dentro del matorral xerófilo están incluidos los matorrales **desértico rosetófilo**, **crasicaule** y **desértico micrófilo** (Figura 3), los cuáles tienen requerimientos particulares en cuanto al desarrollo del sustrato, la pendiente y el drenaje, entre otros factores físicos.

El matorral rosetófilo se caracteriza por sus hojas dispuestas en roseta. Participa con un 33.7 por ciento dentro del matorral xerófilo. Las especies más típicas son *Agave lecheguilla*, *Agave asperima*, *Yucca filifera*, *Yucca carnerosana* y *Dasyilirion spp.*

El matorral crasicaule, de cactáceas grandes, platicaulas y/o cilíndricas, está mejor representado en la zona semiárida de la RH 36. Su superficie es el 8.3 por ciento del matorral xerófilo con las especies *Opuntia leucotricha*, *O. streptacantha* y *O. imbricata*, principalmente.

El matorral micrófilo, con elementos inermes y espinosos, alcanza la mayor superficie dentro del matorral xerófilo de la RH 36, con un 58 por ciento. Aquí están comprendidas una gran cantidad de especies, de hábitos muy variados, como son *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Parthenium incanum*, *P. argentatum*, *Acacia spp.*, *Prosopis glandulosa*, *P. juliflora*, *Mimosa spp.*, *Fouquieria splendens*, y las halófitas *Suaeda spp.*, *Sesuvium portulacastrum* y *Atriplex spp.*, entre otras.

**Figura 3**

Comunidades vegetales más importantes incluidas dentro del matorral xerófilo en la RH 36.

- **El Pastizal.** En la RH 36, el pastizal representa el 12.5 por ciento de la superficie con vegetación natural (Figura 2). Sus cubiertas alcanzan densidades moderadas y tienen la característica de ocupar pendientes muy variables, desde las más bajas (1 a 9 por ciento), hasta las más altas (más de 30 por ciento), así como distintos ambientes ecológicos. Los elementos que caracterizan el pastizal generalmente son de poca altura, la que no sobrepasa los 100 cm; sus valores de recubrimiento más frecuentes varían de 50 a 70 por ciento.

Algunas de las gramíneas que dan origen a esta formación son: *Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *B. hirsuta*, *Muhlenbergia rigida*, *M. dubia*, *M. pulcherrima*, *Tridens pulchellus*, *Lycurus phleoides*, *Aristida spp.*, *Andropogon spp.* y otras.

Las especies halófilas más frecuentes son: *Sporobolus airoides*, *Sporobolus spiciformis*, *Hilaria mutica* y *Distichlis spicata*, presentes sobre todo en playas y lagunas saladas de las subcuencas de la parte baja.

Por la característica de su crecimiento, de su cubierta, así como por la producción de mantillo y su misma retención, el pastizal con buen desarrollo, tiene la propiedad de favorecer grandemente la infiltración y la conservación de la humedad en el suelo.

Muchas áreas de pastizal se encuentran en una marcada etapa de desertificación, que se evidencia en el reemplazo de los pastos perennes por arbustivas espinosas, a causa del intenso sobrepastoreo y la apertura de tierras al temporal (principalmente en la cuenca Aguanaval). Esta actividad deja grandes áreas de suelo descubiertas durante una larga estación del año, sometidas al impacto de las lluvias. Los cambios se acompañan de erosión, que se evidencia en distintos grados. El problema tiende a crecer con el desarrollo de las ciudades y la ampliación de la agricultura mecanizada.

Distribución Espacial en Partes Alta y Baja de la RH 36.

Los valores de ocupación por los distintos tipos de vegetación natural en las partes alta y baja, se muestran en el Cuadro 2. Las diferencias en la extensión y distribución de las formaciones vegetales, sobre estas dos grandes zonas, son más que nada un reflejo de la influencia de los elementos del clima y de la topografía.

Cuadro 2
Superficie ocupada por
la vegetación natural
en las partes alta y
baja de la RH 36.

Tipos de vegetación	Parte alta		Parte baja	
	km ²	%	km ²	%
Bosque	13,308	24.1	250	0.7
Chaparral	2,245	4	304	0.9
Matorral xerófilo	23,592	42.7	28,950	81.3
Pastizal	10,186	18.4	1,190	3.3
Agricultura	5,948	10.8	4,251	11.9
Sin vegetación	0	0	688	1.9
Total	55,279	100	35,633	100

En la parte baja de la RH 36, el predominio del **matorral xerófilo** con un 81.2 por ciento, se explica en razón de la aridez y del confinamiento de esta zona. Al constituirse las lagunas de Viesca y de Mayrán, en el nivel base de acumulación de los escurrimientos de la Región Hidrológica, han favorecido una fuerte presencia de vegetación halófila, la cual tiene una gran extensión en este matorral. Algunas de las especies más frecuentes en la comunidad de halófitas son: *Sueda suffrutescens*, *Atriplex spp.*, *Sesuvium verrucosum*, *Salsola kalli* y *Allenrolfea occidentalis*.

- El **pastizal**, que le sigue en importancia de ocupación con 3.3 por ciento, es también halófilo; se presenta en grandes extensiones, con las especies *Hilaria mutica* y *Sporobolus airoides*. Su mayor distribución se da en la subcuenca Bolsón Sur.

En la parte alta se encuentra también una mayor ocupación del **matorral xerófilo**, con un 42.7 por ciento, pero una cifra similar se reparte en comunidades con características mesófilas, como son, el bosque, con 24.1 por ciento y el pastizal, con 18.4 por ciento.

Análisis de las Cuencas Nazas y Aguanaval.

Entre las cuencas del Nazas y del Aguanaval, se observa una diferencia en los valores de ocupación por la vegetación; en la cuenca Nazas se tiene un 17.5 por ciento más de superficie ocupada por la vegetación natural (Cuadro 3 y Figura 4). Esta situación se debe a la existencia de grandes áreas dedicadas al uso agrícola y la presencia de zonas sin vegetación aparente dentro de la cuenca Aguanaval. El uso agrícola se da en todas las subcuencas del río Aguanaval, y son en su mayoría áreas de cultivos de temporal.

La formación con mayor superficie para estas dos cuencas es el **matorral xerófilo** (34.2 por ciento para la cuenca del Nazas y 58.3 por ciento para la cuenca Aguanaval).

Cuadro 3
Superficie ocupada por la vegetación natural en la parte alta (cuencas Nazas y Aguanaval).

Tipos de vegetación	Nazas		Aguanaval	
	km2	%	km2	%
Bosque	11,953	33.4	1,355	7
Chaparral	2,083	5.8	162	0.8
Matorral Xerófilo	12,227	34.2	11,365	58.3
Pastizal	7,860	22	2,326	11.9
Agricultura	1,656	4.6	4,292	22
Total	35,779	100	19,500	100

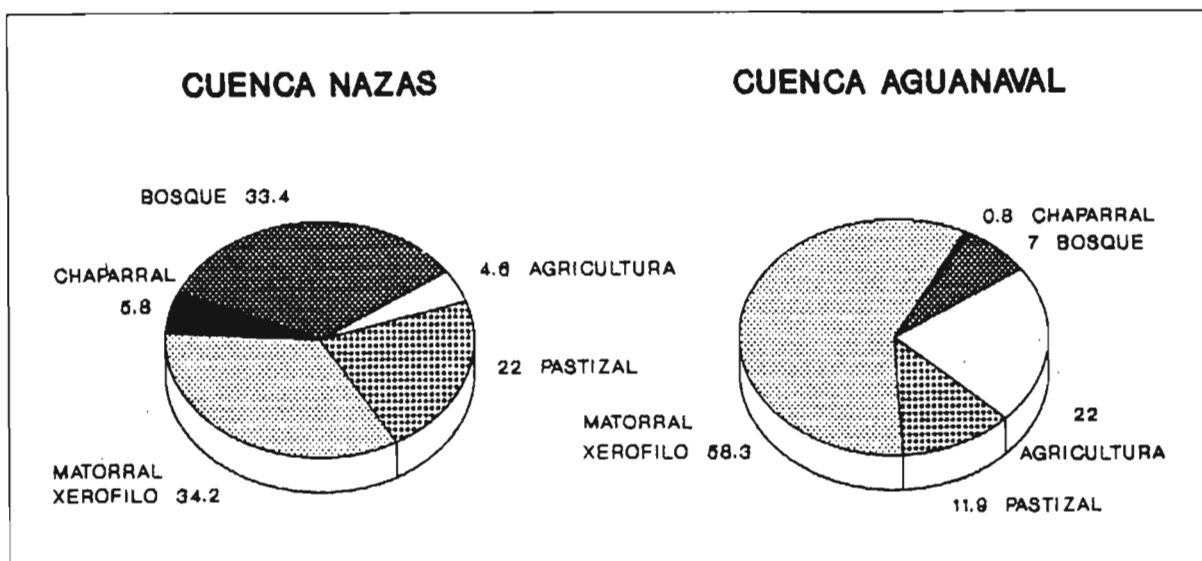


Figura 4
Distribución de los distintos tipos de vegetación y de uso del suelo en las cuencas Nazas y Aguanaval.

Análisis por Subcuencas de la Parte Alta.

Subcuencas del Nazas.

Las seis subcuencas que conforman la cuenca del río Nazas se pueden dividir en dos subgrupos. El primero, incluyendo Salomé Acosta, Sardinias y Palmito en las que predominantemente se observan formaciones vegetativas denominadas como **bosque**; en las tres restantes, predominan las formaciones vegetales de **matorral xerófilo**. Las características de cada subcuenca se enuncian a continuación (Cuadro 4 y Figura 5):

Cuadro 4

Superficie con vegetación natural en las subcuencas del río Nazas.

Tipos de veget. natural	Salomé A.		Sardinas		Palmito		Agustín M.		C. de Fdz.		Los Angeles	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Bosque	5,570	77.8	3,575	76.7	2,536	33.9	272	2.3	0	0	0	0
Chaparral	306	4.3	468	10	576	7.7	487	4.1	121	3.6	125	9.1
Matorral xerófilo	25	0.3	0	0	1,923	25.7	6,349	54	2,851	85	1,079	79
Pastizal	1,193	16.7	536	11.5	1,830	24.5	4,147	35.3	154	4.6	0	0
Agricultura	68	0.9	82	1.8	610	8.2	504	4.3	230	6.8	162	11.9
Total	7,162	100	4,661	100	7,475	100	11,759	100	3,356	100	1,366	100

- **La Subcuenca Salomé Acosta**, se distingue por una fuerte presencia de la vegetación de bosque, que alcanza el mayor valor de ocupación, con un 77.8 por ciento de su superficie (Figura 5).

Esta formación, con especies como *Pinus cembroides*, *P. engelmanni*, *P. leiophylla*, *Quercus macrophylla*, *Q. rugosa*, *Q. grisea*, *Juniperus monosperma*, etc., que se encuentra en localidades de fuertes relieves y lomeríos, como Santa Teresa, San José del Pachón, Las Flores y Ciénega de Escobar, presenta una densidad de recubrimiento afectada por la exposición y la pendiente, pudiendo alcanzar valores estimados en tan solo un 10 por ciento hasta densidades de casi 90 por ciento.

Algunas estimaciones de recubrimiento alcanzan un 30 por ciento, sobre suelos someros y pedregosos, como es el caso de las formaciones de *J. monosperma*, que logra estas cubiertas en asociación con elementos del matorral y un estrato bajo de gramíneas. Aquí se presenta erosión moderada, en canalillos sobre pendientes suaves.

Las cubiertas forestales con *P. cembroides*, son predominantes en esta subcuenca. Particularmente, en Ciénega de Escobar se tiene una cubierta con un rango de 20 a 40 por ciento y un elevado recubrimiento por gramíneas a ras del suelo.

Dentro del matorral xerófilo la formación más representativa es la nopalera, que regularmente se halla asociada con arbustiva de los géneros de *Prosopis* y *Acacia*. En sierras y lomas se da la asociación de *Acacia-Opuntia*, con cubiertas dominadas por la primera, en 15 a 20 por ciento, que llega hasta un máximo de 50 por ciento de recubrimiento. Algunos sitios con esta vegetación presentan fuerte erosión en cárcavas y canalillos.

Las localidades de Santiago Papasquiario y Tepehuanes se caracterizan por un pastizal inducido que se extiende sobre lomas y sierras, con invasión de *Acacia schaffneri* y *Acacia sp.*. El recubrimiento alcanza valores muy variables, difíciles de estimar pues se encuentran formas amacolladas, formas de crecimiento abierto y un césped muy corto a ras del suelo. Para Tepehuanes las apreciaciones son de 20 a 30 por ciento de cobertura por arbustivas dentro del pastizal, sobre suelo pedregoso, de tipo Feozem.

- **En la subcuenca Sardinias**, la mayor superficie es ocupada por la vegetación de bosque, que representa el 76.7 por ciento.

La vegetación forestal está dominada por especies de los géneros *Pinus* y *Quercus* así como *Juniperus sp.*. Los valores de recubrimiento más comunes son de 20 a 40 por ciento, sobre suelos pedregosos, de lomas, con estrato herbáceo de gramíneas cortas o medianas amacolladas.

El bosque de encino presenta grandes zonas aclareadas, dedicadas al pastoreo. La cubierta sobre sierras puede alcanzar el 25 por ciento. Los principales rasgos de erosión se dan en cauces de escurrimiento (canalillos).

El bosque bajo, de *Juniperus spp.* que no llega a rebasar los cuatro metros de altura, se presenta en algunas sierras con 30 a 50 por ciento de recubrimiento. Sin embargo, en Guanaceví se da en asociación con la vegetación de matorral de *Acacia*, en cubiertas notablemente dispersas, de sólo 10 a 25 por ciento.

- **En la subcuenca Palmito**, la formación de bosque representa aún la vegetación más distribuída, con el 33.9 por ciento de la superficie.

El parteaguas noroeste de la subcuenca es una zona de sierras y lomas pedregosas-rocosas, donde el recubrimiento por la vegetación forestal es de 30 a 40 por ciento, con un estrato de gramíneas amacolladas y un corto césped. Se observan especies de *Quercus*, *Pinus* y *Juniperus*. Otras estimaciones dan un recubrimiento del 70 por ciento sobre los relieves fuertes de sierras. El bosque bajo de *Juniperus spp.*, ocurre con valores estimados de 25 a 30 por ciento y alturas frecuentes de casi dos metros, aunque el bosque de Santa María del Oro alcanza 30 por ciento sobre lomas. Regularmente, la erosión se manifiesta con fuerza sobre los cauces de escurrimiento.

El bosque latifoliado, como se observa en las localidades La Corona e Ignacio Zaragoza, muestra una gran diversidad florística, con valores de cubierta de 30 a 50 por ciento sobre cerros, lomas y valles; cercanamente, éste se transforma en chaparral, con sus elementos característicos de porte bajo y - como son *Arctostaphylos pungens* y *Quercus spp* - aunque sobre una pequeña extensión. Para esta formación se estimó un promedio de recubrimiento de 30 por ciento, sobre terreno rocoso de suelo lotosol.

La fisonomía del matorral micrófilo aparece conforme disminuye la elevación; esto es evidente en localidades como La Gallega y Mojitome. Las cubiertas por la vegetación son variables en razón de las topoformas; las mayores recubiertas se dan en partes bajas o llanos, y en bajadas. Algunos valores son de 35 a 50 por ciento, aunque en cimas y laderas de cerros la cobertura es de 15 por ciento. Las estimaciones globales alcanzan 20 por ciento por arbustivas como *Acacia schaffneri*, *Acacia spp.*, *Agave sp.*, *Prosopis sp.* y *Jatropha dioica*, entre otras.

El desarrollo del pastizal comunmente bajo, pero tiene una distribución muy extensa. Sus cubiertas llegan al 70 por ciento sobre cerros y lomas altas. Regularmente, *Acacia schaffneri* domina el estrato alto, con un recubrimiento de 15 a 25 por ciento aproximadamente, y alturas de casi tres metros, como ocurre en el sitio El Colorado. En algunos relieves, los rasgos de erosión se dan en forma de cárcavas, sobre cauces de escurrimiento.

- **La subcuenca Agustín Melgar.** Dentro de las comunidades vegetales de esta subcuenca, el matorral xerófilo, ocupa el 54 por ciento de la superficie total. Sus tipos más comunes en la parte norte de la subcuenca Agustín Melgar son el matorral micrófilo y el matorral rosetófilo. La mayoría de las localidades con estos tipos de vegetación son zonas de cerros, de lomas de superficie gravosa-pedregosa; algunas se sitúan sobre bajadas extensas, como es el caso de San Luis del Cordero y Leandro Valle, que presentan densidades de recubrimiento afectadas por la posición topográfica y el desarrollo del suelo, que es predominantemente de tipo Xerosol con valores del 10 a 40 por ciento. Otras estimaciones alcanzan del 60 al 70 por ciento. Generalmente en los valles de suelos aluviales se da un gran desarrollo de *Prosopis*, con cubiertas que pueden lograr el 80 por ciento.

El matorral crasicale se encuentra mayormente en la parte sur de la subcuenca, sobre relieves. Localidades con esta vegetación, como Los Encinos, presentan cubiertas de 40 a 50 por ciento, con un recubrimiento de gramíneas a nivel del suelo.

El pastizal dentro de esta subcuenca es de gramíneas amacolladas, como en Yerbaníz. La formación está bien definida, sobre cerros y lomas; en las planicies se observa un estrato de arbustivas con casi 50 por ciento de cobertura, con alturas de cuatro a cinco metros. El recubrimiento se estima de un 60 a 80 por ciento.

Algunos lugares presentan fuerte erosión, particularmente Yerbaniz, con cárcavas de casi cinco metros de profundidad.

- **En la subcuenca Cañón de Fernández,** la ocupación del suelo por la vegetación, alcanza el 93.2 por ciento de la superficie total, donde el matorral xerófilo representa el 85 por ciento.

En sitios como Lindavista y Pedriceña se da un fuerte recubrimiento arbustivo por *Prosopis* en el estrato alto, con un 40 por ciento a 60 por ciento y alturas de uno a cuatro metros. En sierras, cerros y lomas se presentan principalmente *Agave lecheguilla* y *Opuntia spp.* en un 50 por ciento. La vegetación de *Opuntia*, *Acacia* sobre lomeríos puede llegar de 30 a 40 por ciento, como ocurre en La Cabra. Otra asociación como la de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua*, en relieves más suaves, puede alcanzar valores de cobertura de 60 a 70 por ciento a nivel global.

El pastizal de sitios como Atotonilco y El Ranchito, con *Bouteloua spp.*, *Tridens spp.*, *Aristida spp.*, *Leptochloa dubia*, etc., presenta un recubrimiento estimado en 70 por ciento, aunque se observan sitios con invasión de *Acacia* y *Prosopis* en cubiertas de casi 50 por ciento en algunas lomas.

- **En la subcuenca Los Angeles,** la superficie con vegetación es el 88.1 por ciento, con predominio del matorral xerófilo, en un 79 por ciento.

Se puede observar en localidades como San Jacinto y Vallecillos, con un matorral de *Larrea tridentata* e *izotes* en algunas lomas; a nivel del Cerro Blanco, con *Yucca spp.* y *Agave spp.*; en la zona de granito, y en otras localidades con vegetación de *Larrea tridentata*, *Agave lecheguilla*, *Yucca filifera*, etc. y un estrato bajo de gramíneas sobre lomas de lutita y arenisca, en cubiertas de casi 80 por ciento.

El matorral micrófilo más típico muestra un recubrimiento de 30 por ciento, que puede alcanzar 50 por ciento en algunos sitios. Se observan aquí las especies *Larrea tridentata*, *Acacia spp.*, *Fouquieria splendens*, *Opuntia spp.*, *Agave lecheguilla*, y otras más, principalmente arbustivas micrófilas.

El chaparral sólo está presente en la Sierra del Rosario, sobre las partes más altas, de difícil acceso, pero se pudieron observar en relieves altos, aledaños a la misma, especies muy particulares, latifoliadas y escuamifolias, entre el matorral de *Dasyllirion spp.* y *Yucca carnerosana*.

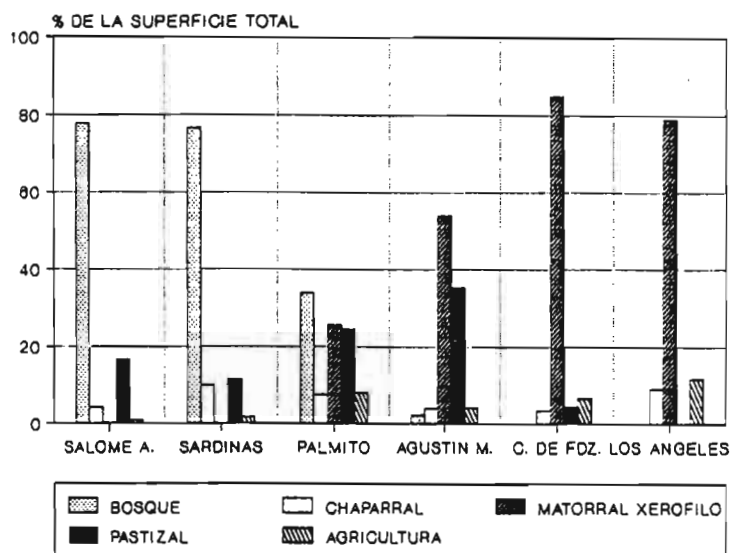


Figura 5
Distribución de la vegetación y el uso del suelo en las 6 subcuencas del río Nazas.

Cuenca Aguanaval.

La cuenca del río Aguanaval es típicamente de matorral xerófilo, excepto en los relieves de la subcuenca El Sauz, donde se encuentra el tipo vegetativo de bosque. En el Cuadro 5 y Figura 6 se muestran los valores de ocupación y la distribución de la vegetación en las cuatro sub-cuencas del río Aguanaval.

Cuadro 5
Superficie con vegetación natural en las 4 sub-cuencas del río Aguanaval.

Tipos de veget. natural	El Sauz		Cazadero		San Francisco		La Flor	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Bosque	687	51.5	668	17.7	0	0	0	0
Chaparral	0	0	71	1.9	0	0	91	1
Matorral xerófilo	23	1.7	1,042	27.6	3,068	59.9	7,232	78
Pastizal	323	24.2	873	23.1	387	7.6	743	8
Agricultura	302	22.6	1,119	29.7	1,667	32.5	1,204	13
Total	1,335	100	3,773	100	5,122	100	9,270	100

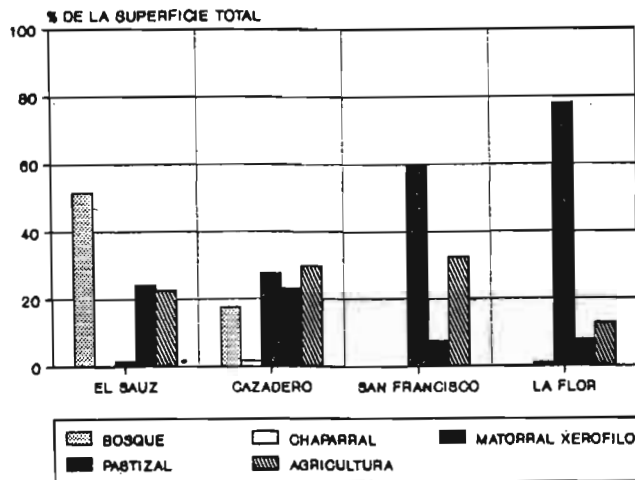


Figura 6

Distribución de la vegetación y el uso del suelo en las 4 subcuencas del Aguanaval.

- **En la subcuenca El Sauz**, la ocupación del suelo en esta subcuenca es de un 77.3 por ciento por vegetación natural. El porcentaje complementario lo conforma gran parte de la zona de pastizales, que es manejada con propósitos agrícolas (Figura 6).

El tipo de vegetación más importante es el bosque, con 51.5 por ciento. Por encima de los 2,200 msnm, se presentan especies como *Pinus cembroides*, *P. leiophylla*, *P. engelmanni*, *Quercus grisea*, *Q. emoryi*, *Q. rugosa* y *Arbutus xalapensis*. Esta vegetación aparece en el cerro La Campana y en la sierra Chapultepec, que es el relieve más alto, con 2,945 msnm. La naturaleza del sustrato es ígnea, con suelos someros de fase lítica, por lo tanto, muy susceptibles a la erosión.

El pastizal se presenta en los declives de los relieves anteriormente mencionados, con especies como *Bouteloua spp.*, *Lycurus phleoides*, *Sporobolus airoides*, *Enneapogon desvauxii* e *Hilaria cenchroides*. Aquí mismo, se encuentran áreas sobrepastoreadas y afectadas por la presencia de la agricultura.

- **En la subcuenca Cazadero**, la vegetación natural ocupa un 70.3 por ciento de la superficie total; el resto de esta extensión está dedicada a una importante actividad agrícola de temporal y de riego. El tipo de vegetación predominante es el matorral xerófilo, con un 27.6 por ciento.

La vegetación xerófila, casi en su totalidad, está constituida por el matorral de nopalera, donde dominan las especies *Opuntia leucotricha*, *O. streptacantha* y *O. imbricata*, con elementos asociados como *Prosopis juliflora*, *P. glandulosa*, *Acacia farnesiana*, *A. schaffneri*, *Yucca sp.*; a éstas se asocia, más de las veces, un estrato herbáceo de gramíneas, de porte y recubrimiento muy variados.

Las localidades con este tipo de vegetación, como Cazadero, Rancho Grande y Luis Moya tienen una fisiografía más o menos plana, de llanuras aluviales. La asociación *Opuntia-Prosopis* se da frecuentemente en laderas de cerros y abanicos aluviales, regularmente con *Yucca* y *Acacia*; sus cubiertas van de 30 a 50 por ciento, sobre superficies extensas, principalmente por *Op. leucotricha*.

La formación de pastizal regularmente entra en contacto con la nopalera, con la cual intercambia muchos de sus elementos; pero también la afectación por la agricultura y el sobrepastoreo han provocado la invasión de leñosas en el estrato alto, donde se pueden encontrar *Acacia shaffneri* y *A. farnesiana*, entre otras.

El bosque se presenta en la parte occidental en manchones, sobre algunos relieves de sierras, con las especies *Pinus cembroides*, *P. engelmanni* y *Quercus spp.*

Las zonas de chaparral son áreas escarpadas de la Sierra de Fresnillo, afectadas por desmontes y fuegos. Las especies que aquí se pueden encontrar son del género *Quercus*, así como otras arbustivas asociadas (ej. *Arctostaphylos pungens*).

- **La subcuenca San Francisco** tiene un 67.5 por ciento de su superficie con vegetación natural, representada por el matorral xerófilo, con casi un 60 por ciento.

Dentro del matorral xerófilo se identifican la vegetación de nopalera, el matorral micrófilo y el matorral rosetófilo. Las especies fisionómicamente más típicas son *Opuntia leucotricha* y *O. streptacantha*, de localidades como González Ortega y Río Grande, con coberturas que van de 5 a 20 por ciento, o en ocasiones hasta 40 por ciento; a esta vegetación se asocian *Prosopis juliflora* y *Acacia spp.*. Su distribución es en planicies y lomas bajas.

El matorral micrófilo comprende una gran superficie de la parte oriental de la subcuenca, en sitios como Atotonilco de Los Martínez. En Río Grande se presenta con cobertura de 30 a 50 por ciento; pero puede alcanzar de 70 a 80 por ciento en sitios no afectados. Las especies asociadas a *L. tridentata* son *Opuntia spp.*, *Flourensia cernua*, *Acacia spp.*, *Yucca carnerosana*, etc., y varias especies de gramíneas en el estrato bajo; con las cuales cohabita ya sea en laderas o sobre suelos profundos, de tipo Castañozem.

El matorral rosetófilo está representado sobre todo en la sierra Guadalupe, principalmente por *Agave spp.* y *Yucca carnerosana*, la cual cubre crestas, bajadas y cañones, con densidades que llegan a alcanzar de 100 a 200 ind/ha, en grupos de 2 a 8 plantas (Marroquín *et al.*, 1964).

A causa de la apertura de tierras al temporal, el pastizal está casi limitado a las zonas de contacto con el matorral de nopalera, y a una distribución en manchones dentro de estas tierras.

- **En la subcuenca La Flor.** La ocupación por la vegetación natural en esta subcuenca es de 87 por ciento, donde matorral xerófilo alcanza el 78 por ciento.

Algunas localidades con matorral xerófilo de nopalera son: Juan Aldama, Miguel Auza. La fisiografía de las zonas ocupadas por la vegetación de nopalera, principalmente de *Opuntia leucotricha*, es de laderas y abanicos aluviales. Esta vegetación se acompaña de arbustivas como *Prosopis* y *Acacia*, con cubiertas que alcanzan el 40 a 50 por ciento.

Sobre los relieves de lomas y sierras se presenta la vegetación rosetófila, cuya fisonomía general está dominada, por *Agave lecheguilla*. A ésta se pueden asociar *Yucca carnerosana*, *Jatropha dioica*, *Fouquieria splendens* y *Acacia spp.*, como sucede en la sierra de Jimulco, donde se dan recubrimientos estimados en 40 por ciento sobre las laderas.

El pastizal dentro de la subcuenca La Flor, se presenta en planicies onduladas, con lomas bajas y pendientes suaves, de 2 a 10 por ciento. El suelo es de mediana profundidad; se estima en éste un escurrimiento superficial moderadamente rápido. (COTECOCA, 1979). Aquí

se encuentran especies como *Bouteloua gracilis*, *B. barbata*, *Panicum obtusum*, *Andropogon barbinodis* e *Hilaria cenchroides*, con un estrato alto ocupado por *Acacia schaffneri*, *Prosopis juliflora* y *Opuntia leucotricha*, principalmente.

El chaparral se observa unicamente en la parte alta de la Sierra de Jimulco, aproximadamente a más de 3,000 msnm (Johnston, 1974).

Análisis por Subcuencas de la Parte Baja.

La ocupación por los distintos tipos de vegetación natural en la parte baja de la RH 36, se muestra en el Cuadro 6. Aquí se puede notar claramente la dominancia de las formaciones vegetales de matorral xerófilo, cubriendo cuando menos tres cuartas partes de la superficie de las tres subcuencas.

Cuadro 6

Superficie ocupada por la vegetación natural en la parte baja (Mayrán, Viesca y Bolsón Sur).

Tipos de vegetación	Mayrán		Viesca		Bolsón Sur	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Bosque	20	0.1	230	1.8	0	0
Chaparral	59	0.4	125	1	120	1.5
Matorral xerófilo	10,734	74	11,857	90.7	6,359	79
Pastizal	145	1	70	0.5	975	12.1
Agricultura	2,888	19.9	768	5.9	595	7.4
Sin vegetación	670	4.6	18	0.1	0	0
Total	14,516	100	13,068	100	8,049	100

- **Subcuenca Mayrán:** La superficie con vegetación en esta subcuenca es de 75.4 por ciento de la superficie total, con un predominio del matorral xerófilo, en un 74 por ciento. La fracción restante se distribuye entre la superficie dedicada a la agricultura de riego, que en esta subcuenca tiene la extensión más importante de toda la RH 36, y en las áreas sin vegetación de los bajos fondos de la Laguna de Mayrán.

El matorral xerófilo de elementos rosetófilos, se da en cimas, laderas y lomeríos, como son los relieves de la Sierra de Parras y Sierra de Tlahualilo, con las especies *Agave lecheguilla*, *Agave sp.*, *Hechtia sp.*, *Dasylyrion spp.*, *Yucca carnerosana*, *Y. filifera*, *Yucca sp.*, *Euphorbia antisiphilitica*. La presencia de "lecheguilla" se calcula en menos del 10 por ciento sobre la sierra de Parras.

El matorral micrófilo es una asociación de *Larrea*, *Prosopis* y *Acacia*; su fisomía es de porte bajo, con cubiertas variables, generalmente de 30 a 50 por ciento.

La vegetación halófila se caracteriza por la presencia de grandes extensiones de *Suaeda palmeri*, sobre una gran planicie lacustre con suelos Solonchak gléyico y órtico, de alta con-

centración en sales solubles (Luna y Guerrero, 1990). A esta especies se asocian *Atriplex acanthocarpa*, *A. canescens*, *A. monilifera* y *Allenrolfea occidentalis*, (Henrickson, 1978). La cubierta vegetal se estima en 30 a 40 por ciento. En algunas áreas de esta subcuenca se encuentran planicies con dunas móviles, las cuales son ocupadas por gramíneas y vegetación propia del matorral micrófilo, que en general tienen un recubrimiento muy reducido.

El pastizal es de un carácter marcadamente halófilo; está constituido principalmente por *Hilaria mutica* y *Sporobolus airoides*, regularmente con especies arbustivas como *Prosopis* y *Acacia*. Ocurre por lo común en suelos de drenaje deficiente o arcillosos.

- **En la subcuenca Viesca**, la vegetación representa el 94 por ciento de la superficie total, donde el matorral xerófilo alcanza un 90.7 por ciento.

Esta vegetación se encuentra sobre todo en cimas y pendientes pedregosas de cerros y sierras de caliza, así como en abanicos aluviales y cañones. En Estación Chocolate se dan cubiertas estimadas en 20 a 50 por ciento, por *Agave lecheguilla*, *Agave sp.*, *Yuca sp.*, *Opuntia spp.*, *Jatropha dioica* y una variedad de subarbustivas, gramíneas y herbáceas.

Las densidades de *Yucca carnerosana* se han calculado en 100 y 200 ind/ha en la sierra Playa Madero y sierra El Borrado; y en 30 a 100 ind/ha en sierra de las Bocas y sierra de Parras (Marroquín y *al.*, 1964).

El matorral micrófilo se compone basicamente de *Larrea*, *Prosopis* y *Acacia*. Las estimaciones de cubierta sobre el área de Rojo Gómez para esta vegetación son de un 70 por ciento, con algunas llanuras de sólo 10 por ciento. El estrato más bajo es de gramíneas y herbáceas.

- **En la subcuenca Bolsón Sur**, la vegetación natural representa casi el 93 por ciento de la superficie total. De esta, el matorral xerófilo comprende un 79 por ciento.

Dentro del matorral micrófilo, particularmente el subinermes, se dan los valores más altos de superficie con erosión extensa de la RH 36, con casi 730 km², que representan el 10 por ciento de la superficie de la subcuenca y cuyas formas más notables de erosión se dan en Mapimí, con presencia de grandes cárcavas y torrenteras.

La vegetación de *Acacia* y *Prosopis* alcanza valores de recubrimiento estimados en 40 por ciento, sobre las topofomas de bajada y en lomas bajas. Muchas veces, se asocian a ellas *Larrea tridentata* y *Flourenzia cernua*, de porte bajo, así como *Parthenium argentatum* y *Fouquieria splendens*. Algunas localidades con esta formación son Bermejillo, Mapimí y La Cadena.

En los relieves fuertes de estos sitios, se da el matorral rosetófilo, con las especies *Agave lecheguilla*, *Yucca sp.*, *Agave sp.*, *Dasyilirion spp.* y *Opuntia spp.*, entre otras. A nivel del pie de monte, la asociación de rosetófilas alcanza de 40 a 50 por ciento de cobertura.

la vegetación de arbustivas y pastizal halófilos, se encuentran en la parte baja de la subcuenca, mayormente dentro del valle de La Palangana. Los elementos más frecuentes de la vegetación son *Suaeda* y *Atriplex*. Los ecotonos de esta vegetación y el pastizal halófilo muestran claramente un estrato arbustivo ocupado por las especies señaladas. La fisonomía del pastizal es dada por *Hilaria mutica* y *Sporobolus airoides*, en cubiertas de 20 a 60 por ciento. El pastizal halófilo puede alcanzar una distribución más amplia, no restringida únicamente a sustratos fuertemente salinos, en cuyo caso se asocian *Acacia spp.*, *Prosopis juliflora*, *Prosopis glandulosa* y *Larrea tridentata*.

Vegetación, Esgurrimientos y Erosión.

Se presenta aquí, un primer análisis de la participación de la vegetación en la producción de esgurrimientos y la protección de los suelos de la RH 36.

Los rasgos más sobresalientes de la formación de **bosque**, referidos a su efecto en la producción de esgurrimientos y en la erosión hídrica, son los relacionados con la intercepción de la precipitación a nivel aéreo y la presencia de condiciones muy favorables a la permeabilidad, en la superficie del suelo.

Estas comunidades se encuentran dentro de las isoyetas mayores de la RH 36 (más de 600 mm), lo que pudiera significar un factor clave en la pérdida del suelo; se estima que el índice de erosividad de la lluvia, en algunas comunidades del Estado de Durango, es de 7,000 a 10,000 MJ x mm/ha x hr^{*}, en Santiago Papasquiario; de 8,000 a 10,000 en Tepehuanes y de 6,000 a 8,000 en Guanaceví (Cortés, 1991). Estos valores son relativamente altos, y obedecen más a la intensidad de la lluvia, que a otros factores que son considerados en su estimación. Tomando de referencia la base metodológica del INEGI (1990), para el bosque se estima un coeficiente de esgurrimiento que puede variar de 5 por ciento para las zonas con cubierta más densa, hasta 30 por ciento para las zonas más aclareadas.

Aunque las cubiertas de **chaparral** no son muy uniformes y regulares, participan junto con los estratos más bajos en los mecanismos de intercepción de la lluvia, suprimiendo el origen de los esgurrimientos y los fenómenos erosivos. El microrelieve presenta una elevada rocosidad y tiene así un efecto aditivo al de la cubierta en la protección de la superficie, actuando como una barrera al esgurrimiento. En razón de su densidad, de las pendientes y la baja permeabilidad del material ígneo sobre el cual se desarrolla, se estima un coeficiente de esgurrimiento de aproximadamente 10 a 20 por ciento.

Las características del recubrimiento de la vegetación de **matorral xerófilo** en las zonas áridas y semiáridas, no favorecen en gran medida la protección del suelo; se encuentra usualmente que la producción de esgurrimientos se relaciona inversamente con la densidad de la vegetación.

La cubierta vegetal es muy abierta, por el mismo desarrollo ramificado de la vegetación y la necesidad que ésta tiene de eliminar al máximo la superficie evaporante; ésto permite que la lluvia pase casi libremente por el dosel aéreo e impacte la superficie desnuda del suelo.

La intensidad de las lluvias es uno de los factores más importantes en la producción de esgurrimientos y sedimentos bajo este tipo de vegetación. La alteración de los agregados superficiales del suelo por el impacto directo ocasiona la reorganización de éste material en una costra de mínima porosidad, que eleva aún más los valores del esgurrimiento. Posteriormente, la concentración del flujo superficial aumenta su fuerza erosiva, labrando cauces y ampliando las cárcavas ya existentes. Cuando existe erosión lineal en estas condiciones, la energía del esgurrimiento puede significar una erosión en cárcavas. Sin embargo, la pérdida de suelo no siempre es una función directa de la producción de esgurrimiento.

* Megajoules por milímetro / hectárea por hora.

Los tipos de organización del material superficial del suelo, creados por el bajo recubrimiento vegetal y la fuerza de la lluvia, tienen una notable influencia sobre el origen y evolución del flujo superficial, ya que se convierten en el punto de interacción del suelo y el clima, controlando de esta forma la permeabilidad y los niveles de humedad en el suelo. Sobre este punto, Cornet (1992), menciona que los procesos que determinan la redistribución del agua y la estructura espacial de la vegetación de las regiones áridas, son el resultado de la influencia de la cubierta vegetal, del suelo, de las reorganizaciones superficiales y del relieve, tal como se representan en la Figura 7.

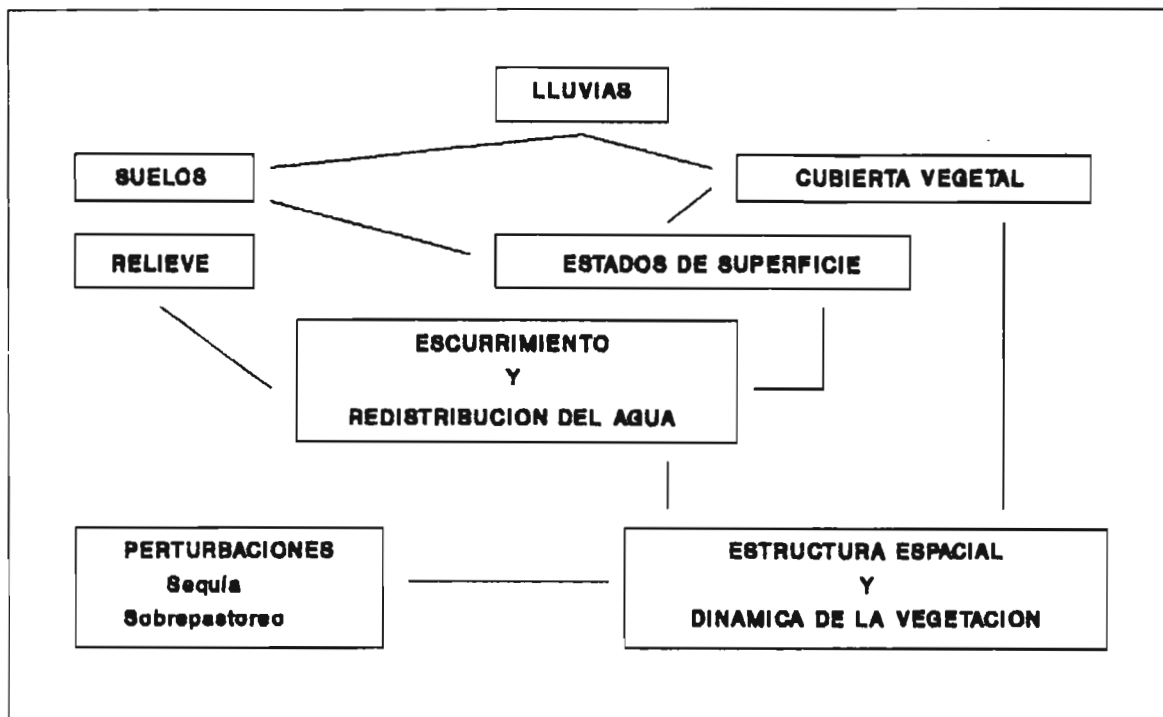
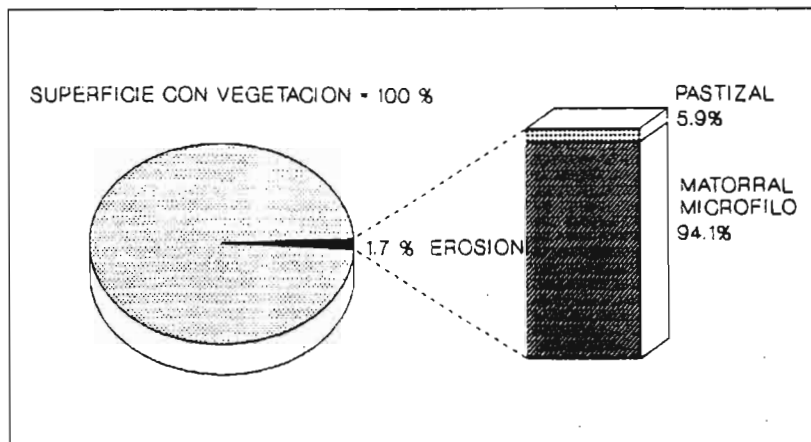


Figura 7

Factores que controlan la redistribución del agua y las características de la vegetación en zonas áridas (tomado de Cornet, 1992).

Los fenómenos de erosión extensa más notables de ésta comunidad se dan dentro del matorral micrófilo (Figura 8), en sus formas laminar, en arroyuelos, en cárcavas y en torrenteras, debido principalmente a una interacción de efectos en los que participan la intensidad y frecuencia de la lluvia y la escasa protección del suelo, y al hecho de que comúnmente se dedican estas áreas a actividades pecuarias, por su aptitud productiva y la presencia de especies palatables al ganado (cf. Capítulo de Ganadería).

**Figura 8**

Superficie con "erosión extensa" dentro de las zonas con vegetación en la RH 36.

Los coeficientes de escurrimiento dentro del matorral xerófilo tienen una gran variación, en razón del recubrimiento vegetal, del tipo de organización superficial y de la intensidad de la lluvia; así se pueden encontrar coeficientes de 40 por ciento con lluvias de sólo 10 mm por hora de intensidad, y de 60 por ciento con lluvias de 30 mm/hr sobre suelos desnudos, hasta coeficientes de 0 a 10 por ciento, en suelos con recubrimiento vegetal de casi 50 por ciento, para las lluvias de 10 mm/hr y 30 mm/h r, respectivamente (Quezada, 1989).

Por la característica de su crecimiento, de su cubierta, así como por la producción de mantillo y su misma retención, el **pastizal** con buen desarrollo, tiene la propiedad de favorecer grandemente la infiltración y la conservación de la humedad en el suelo.

La pendiente y el microrelieve son factores de peso en la producción de escurrimientos y sedimentos dentro del pastizal. La protección que da la cubierta vegetal al suelo a través de la intercepción de la lluvia y la disminución de la velocidad del escurrimiento concentrado, permite la "expresión" del comportamiento hídrico interno del suelo; por ello algunas propiedades como la densidad aparente y el contenido de materia orgánica, llegan a reflejarse en la respuesta hidrodinámica.

La estimación de los escurrimientos disponibles bajo la vegetación de pastizal es de 5 a 10 por ciento, considerando 3 gruesos factores: una permeabilidad media, en razón de la presencia de conglomerado y del tipo de fracturamiento de la toba; una cubierta vegetal media a alta (50-70 por ciento), y pendientes suaves a moderadas.

Referencias.

- CASTELLANOS P. E., (1988). Volúmen y calidad del escurrimiento superficial y sedimentos producidos en dos sitios de pastizal del noroeste de Chihuahua. Tesis de Maestría en Ciencias. Univ. Aut. de Chihuahua. Facultad de Zootecnia. Chihuahua. 104 p.
- CORNET A., (1992). Relations entre la structure spatiale des peuplements végétaux et le bilan hydrique des sols de quelques phytocenosis en zone aride. in, LE FLOC'H, GROUZIS, CORNET y BILLE. L'aridité: une contrainte au développement. ORSTOM-París. p. 245-265.
- CORTES T. H. G., (1991). Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 168 p.
- COTECOCA (1979). Coeficientes de Agostadero del Estado de Durango. Tomo I. SARH-COTECOCA. México. 295 p.
- FRITSCH J. M., (1992). Les effets du défrichement de la forêt amazonienne et de la mise en culture sur l'hydrologie de petits bassins versants. Ed. ORSTOM. Coll. Etudes et Thèses. 375 p. + anexos.
- GUTIERREZ C. J., S. BELTRAN L., J. G. MEDINA T. y J. A. DIAZ G. (1990). Efecto de tres tipos de vegetación sobre la infiltración y la producción de sedimentos en el rancho Los Angeles, Coahuila. Revista Manejo de Pastizales. Vol. 3, No. 2. pp. 28-33.
- HENRICKSON J., (1978). Saline habitats and halophytic vegetation of the Chihuahuan Desert region. Trans. Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert region. U.S. and Mexico (oct. 1974). U.S. Dept. Int. / Nat. Park Service Transactions. Serie 3; pp. 289-313.
- INEGI (1990). Estudio hidrológico de la Alta Babícora, Chihuahua. Departamento de Hidrología de la Dirección Gral. de Geografía. México. 145 p. + anexo cartográfico.
- JOHNSTON M. C., (1978). Brief resume of botanical, including vegetational, features of the Chihuahuan Desert region with special emphasis on their uniqueness. Trans. Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert region. U.S. and Mexico (oct. 1974). U.S. Dept. Int./Nat. Park Service Transactions. Serie 3; pp. 335-359.
- KIRKBY M. J. y R. P. C. MORGAN, (1984). Erosión de suelos. Ed. Limusa. 375 p.
- LINSLE R. K., M. A. KOHLER y J. L. H. PAULUS, (1977). Hidrología para ingenieros. 2a. ed. Mc Graw- Hill, México. 386 p.
- LUNA M. J. L. y E. G. GUERRERO, (1990). Caracterización de perfiles tipo de suelos del desierto Laguna de Mayrán, Coah. Memorias del 23 Congreso Nal. de la Soc. Mex. de la Ciencia del Suelo. Comarca Lagunera. Nov. 4-9. 4 p.

MAASS M. J. M. y F. GARCIA O., (1990). La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México. *Revista Ciencia y Desarrollo. CONACyT. Vol. XV. No. 90*, pp. 21-36.

MARROQUIN J. S., G. BORJA L., R. VELAZQUEZ C. y J. A. DE LA CRUZ C., (1964). Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del Norte de México. *INIF. Pub. esp. no. 2. México. 166 p.*

MARROQUIN J. S., (1978). A physiognomic analysis of the types of transitional vegetation in the eastern parts of the Chihuahuan Desert in Coahuila, Mexico. *Trans. Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert region. U.S. and Mexico (oct. 1974). U.S. Dept. Int./Nat. Park Service Transactions. Serie 3*, pp. 249-271.

MC GINTY W. A., F. E. SMEINS and L. B. MERRILL, (1979). Influence of soil, vegetation and grazing management on infiltration rate and sediment production of Edwards Plateau rangeland. *J. of Range Management. Vol. 32, No. 1*, pp. 33-37.

ORSTOM-UNESCO, (1983). *Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique. No. XIX, Recherches sur les ressources naturelles. 473 p.*

QUEZADA E. J. M., (1988). Análisis del proceso precipitación-escurrimiento, como base para el diseño de obras de captación en tres localidades de la Comarca Lagunera. Tesis profesional. Univ. Aut. Agraria "Antonio Narro". Unidad Laguna. Torreón, Coah. 64 p. + apéndices.

SARH (1965). *Inventario Forestal Nacional de México. Folleto No. 14.*

SARH (1985). *Inventario Forestal del Estado de Coahuila. SARH. Pub. esp. no. 51. México, D.F.. 79 p.*

VELAZQUEZ V.,M. A. y R. GUTIERREZ L., (1990). Factores ambientales que influyen en la cobertura del suelo de una cuenca en el Sur de Zacatecas. *Revista Manejo de Pastizales. Vol. 3, No. 3*, pp. 7- 10.

Tercera Parte

LAS ACTIVIDADES HUMANAS Y EL USO DEL AGUA



CARACTERIZACION SOCIOECONOMICA

Ignacio ORONA CASTILLO (1)

Introducción.

La Región Hidrológica 36 (RH 36) se integra por parte de los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas, ubicados en el Norte-Centro de México. Algunas características de estas entidades son las siguientes:

Son estados mineros cuyos recursos se agotan paulatinamente; la población que de ellos emigra, lo hace hacia la frontera norte con los Estados Unidos, donde satisface la demanda de mano de obra de empresas maquiladoras asentadas allende la franja fronteriza. El ambiente de estas entidades es muy variado, abarcando desde desiertos hasta bosques, entre los que se localizan núcleos de población que tienden a una fuerte urbanización dictada por el crecimiento industrial, así como zonas que se empobrecen al paso del tiempo debido a los cambios hacia la modernización que la agricultura enfrenta. En consecuencia, el escenario de la RH 36 es de cambios acelerados.

Las características principales de los tres estados interesados son las siguientes:

ESTADO	SUPERFICIE km ²	POBLACION TOTAL	NO. DE MUNICIPIOS
COAHUILA	150,000	1' 971,000	38
DURANGO	123,000	1' 352,000	38
ZACATECAS	73,000	1' 279,000	56

De estos 346 mil km² de superficie, la RH 36 ocupa el 27 por ciento, el 35 por ciento de la población total y el 24 por ciento de los municipios.

La caracterización socioeconómica en la RH 36 hizo necesario el manejo de la información contenida en los Censos de Población y Vivienda de 1970, 1980 y 1990 publicados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) para los tres estados mencionados, así como en el V Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal de 1970, que es la publicación más reciente que contiene la información a nivel municipal.

(1) Investigador del CENID-RASPA INIFAP. Gómez Palacio, Dgo.

La subdivisión de la RH 36, por límites hidrográficos no coincide con la subdivisión estatal, por municipios, por lo que para presentar el análisis correspondiente se recurrió a calcular, auxiliados por un planímetro, la proporción de superficie que cada municipio tiene para cada subcuenca y en esa medida se estimó la participación de cada variable. Las proporciones por municipio a nivel subcuenca se muestran en los Anexos 1, 2 y 3; en el mismo, se muestra la distribución de los municipios en cada subcuenca (Figura 1).

El objetivo de este reporte es mostrar los resultados del análisis de la distribución espacial de la población y su evolución en los últimos 20 años, su relación con el aprovechamiento de los recursos disponibles y uso de fuentes de energía en las actividades desarrolladas en el sector agropecuario.

Demografía.

La población total de la RH 36 para 1990 ascendió a **1'615,340 habitantes**, con una densidad de población de **23 personas por kilómetro cuadrado** (*). El 33.6 por ciento de esta población se encontraba localizada en el área rural y el 66.4 por ciento en la zona urbana.

De 1970 a 1990 la población de esta Región se incrementó 51.5 por ciento, con una tasa media anual de 1.02 por ciento. La proporción hombres/mujeres fue de 1.02 y de 0.97 para 1970 y 1990, respectivamente, de lo que se deduce que el número de mujeres aumentó ligeramente con respecto al de hombres, lo que puede atribuirse a la emigración mayoritaria de éstos hacia otras regiones en busca de mejores perspectivas económicas. La población analfabeta decreció 26.5 por ciento en dicho período, del cual el 55 por ciento son mujeres.

La población en edad de trabajar, es decir, entre los 12 y 60 años de edad, llamada también Población Económicamente Activa (PEA), en el período de análisis aumentó un 71.9 por ciento, mientras que la Población Económicamente Inactiva (PEI), es decir, estudiantes, milicia, amas de casa, niños y ancianos creció un 69.2 por ciento.

La proporción de la PEA dedicada a la actividad silvoagropecuaria en 1970 representó el 20.1 por ciento de la PEA total y 10.5 por ciento para 1990, es decir, la PEA tiende a concentrarse en actividades diferentes de las agropecuarias, localizadas normalmente en zonas urbanas. En dicho período esta población decreció un 10.3 por ciento.

Respecto al total de viviendas, se incrementaron en 87.2 por ciento, mientras el número de ocupantes por vivienda pasó de 6.4 a 5.0.

En lo referente al tipo de combustible utilizado para cocinar, se identificaron leña, electricidad y gas, las viviendas que usaron gas o electricidad para cocinar pasó del 36.7 por ciento en 1970 al 89 por ciento en 1990, lo que muestra que la leña ha sido desplazada como combustible, resultado de la expansión del mercado de bienes industriales. El Cuadro 1 resume los aspectos hasta aquí descritos.

(*) Esta superficie no incluye terrenos federales, municipales y pequeñas propiedades. Por tanto, la superficie censada fue de 80,000 km².

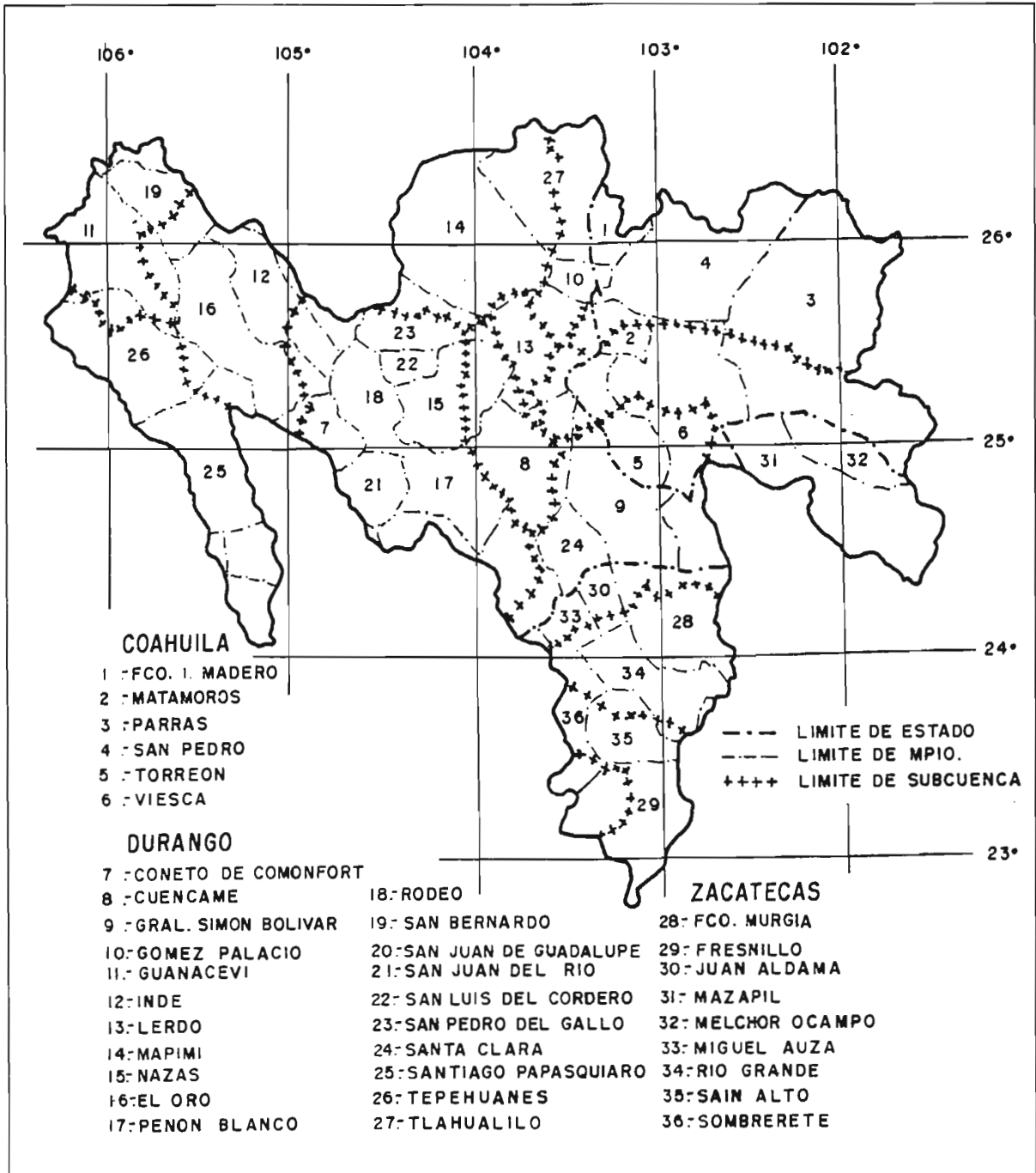


Figura 1

Municipios que integran la Región Hidrológica 36 a nivel de subcuencas.

Cuadro 1
Aspectos demográficos
de la RH 36.

Concepto	1970	1990	Variación %
Habitantes/km2	15.2	23	51
Pob. analfabeta	86,716	63,702	-27
Pob. total	1'066,392	1'615,340	52
PEA	640,746	1'101,351	72
PEA silvoagrop.	128,729	115,564	-10
No. viviendas	167,352	313,205	87
Ocupantes/vivienda	6.4	5.2	-19
Viv. con gas o elect. para cocinar	61,425	278,313	353

Las características demográficas entre **las áreas con escurrimiento ordenado (parte alta) y las de escurrimiento no ordenado (parte baja)**, muestran diferencias que son importantes desde el punto de vista de la presión que ejerce la población sobre el ecosistema. De aquí, una primera diferencia, como se aprecia en el Cuadro 2, es que el número de habitantes por kilómetro cuadrado para la parte baja es mayor que para la parte alta; el ritmo de crecimiento poblacional también ha sido mayor en la parte baja así como el número de viviendas. Por otra parte, el decremento de la población analfabeta es mayor en la parte alta; podría atribuirse esto al reflejo de la migración de la población rural hacia los centros urbanos de la parte baja. Su consecuencia es una mayor presión sobre los ecosistemas de la parte baja de la RH 36. El resto de las variables de demografía muestra un comportamiento similar.

Cuadro 2
Evolución porcentual
de algunas variables
demográficas de
la RH 36 entre
1970 y 1990.

Concepto	Variación %	
	Parte alta	Parte baja
Habitantes/km2 (actual)	16	40
Crecimiento poblacional	45	59
Decremento de analfabetas	- 46	- 21
Crecimiento de viviendas	78	98
Decremento de Hab/Vivienda	- 24	- 20
Decremento PEA Silvoagrop	- 11	- 9
Decremento de uso de leña	- 58	- 56

Relativo al número de personas dependientes de la población que trabaja, para 1990 fue de 2.4 para la parte baja de la RH 36 y de 3.7 para la parte alta con tendencia a disminuir más en las subcuencas de escurrimiento no ordenado.

Dentro de la parte alta, se pueden observar grandes diferencias entre ambas **cuencas del Nazas y Aguanaval** (Cuadro 3). De esta manera, una primera diferencia está referida a la densidad poblacional, la cual es tres veces mayor en la cuenca del Aguanaval; asimismo, se advierte que entre el período 1970-1990 su ritmo de crecimiento es más de tres veces superior.

Por otra parte, lo que concierne a ubicación de la población, la cuenca Nazas para 1990 registró el 57.5 por ciento de sus habitantes en la zona rural contra el 30.1 por ciento de la cuenca Aguanaval. Es decir, la cuenca Nazas es más rural que urbana.

Cuadro 3
 Evolución de algunas
 variables demográficas
 a nivel cuenca Nazas
 y Aguanaval, período
 1970-1990.

Concepto	1990		Variación % (70-90)	
	Nazas	Aguanaval	Nazas	Aguanaval
Habitantes/km2	9	26	23	73
Analfabetas	10,845	20,850	- 40	- 25
Población	241,691	563,120	7.4	69.8
PEA total	161,154	380,781	22	93
PEA silvoagropec.	26,892	37,008	- 26	4.5
Total viviendas	47,127	108,931	31	109
Ocupantes/vivienda	5	5	- 19	- 25
Viviendas con gas como combustible	35,485	98,612	387	377

Respecto a la tasa de crecimiento poblacional, mientras en la cuenca Aguanaval fue de 69.8 por ciento, en la del Nazas correspondió al 7.4 por ciento. Para la primera, tal crecimiento obedece a la atracción poblacional de parte de los municipios con ciudades en crecimiento como son en el estado de Zacatecas: Fresnillo, Río Grande, Miguel Auza y Sain Alto, y en el estado de Coahuila, Torreón, principalmente.

Para la cuenca del Nazas, el bajo crecimiento poblacional obedece a la falta de polos de desarrollo económico importantes; al no haberlos, la población emigra a otras regiones en busca de mejores perspectivas.

El analfabetismo en la cuenca Nazas ha decrecido a una tasa mayor que en la del Aguanaval; para aquel disminuyó un 40 por ciento y para éste un 25 por ciento. Ello posiblemente se debe a que en la cuenca Aguanaval el crecimiento poblacional es mayor que el de los servicios educativos.

En cuanto al aumento del número de viviendas, en la cuenca Aguanaval se duplicó, mientras que en la del Nazas creció solo una tercera parte. Como resultado de lo anterior, el número de ocupantes por vivienda en la cuenca Aguanaval pasó de 6.4 a 4.8, en el período de 1970 a 1990, mientras en la del Nazas lo hizo del 6.3 a 5.1.

La proporción de la PEA dedicada al sector silvoagropecuario en la cuenca Nazas pasó de 27 por ciento a 17 por ciento y en la del Aguanaval del 18 al 10 por ciento, lo que significa que en ambos casos hay la tendencia a disminuir las personas dedicadas al sector primario y concentrarse en actividades industriales y de servicios, más aún en la cuenca Aguanaval, donde como se indicó antes, la población rural constituye una tercera parte de la población total.

Relativo al índice de dependencia económica, es decir, personas que dependen de la PEA, para 1990 en la cuenca Nazas fue de tres personas y para el Aguanaval de 2.6. Esta diferencia puede ser consecuencia de las mayores oportunidades de empleo en la cuenca del Aguanaval.

Otro indicador que refleja de alguna forma el cambio habido en el período 1970 y 1990 a nivel de ambas cuencas, se refiere al tipo de combustible empleado para cocinar. Sin embargo, la variación porcentual es muy similar.

Las subcuencas del Nazas que registraron un decremento en su población, ordenadas de mayor a menor fueron: Palmito, Sardinias, Salomé Acosta y Agustín Melgar; sólo las sub-

cuencas Los Angeles y Cañón de Fernández registraron aumento en su población en los 20 años del período de análisis.

La mayor densidad de población la tiene la subcuenca Los Angeles, localizada en la parte más baja de la parte alta con 78 personas por kilómetro cuadrado y la menor densidad la registra Sardinas, localizada en la parte alta de la cuenca Nazas, con cuatro.

La PEA dedicada a las actividades agropecuarias ha decrecido en todas las subcuencas a una tasa promedio de alrededor del 30 por ciento, alcanzando su mayor decremento en la subcuenca Palmito. Sólo en el extremo inferior de la parte alta, subcuenca Los Angeles, es donde creció 6 por ciento durante estos 20 años.

Respecto a la **cuenca del Aguanaval**, la parte más habitada corresponde a la subcuenca La Flor, ubicada al Norte de la misma y la de menor densidad poblacional, El Sauz, en el extremo Sur. Tanto en esta cuenca, como en la del Nazas, se observó que los valores extremos de densidad poblacional se ubican en las subcuencas de altitud extrema, siendo las de mayor elevación las de menor densidad de población y viceversa.

A pesar de que la subcuenca Cazadero presentó en 1990 una densidad de población menor que La Flor, durante el período de estudio, la tasa de crecimiento poblacional fue mayor en el primero, de 99 por ciento, mientras para La Flor fue de 69 por ciento, lo que indica que aquella región mostró mayor concentración poblacional debido principalmente al crecimiento de centros urbanos importantes.

Concerniente a la población silvoagropecuaria, se observó un decremento del 1 y 23 por ciento para las subcuencas San Francisco y La Flor, respectivamente, y un crecimiento para Cazadero y El Sauz (50 y 12 por ciento respectivamente). En términos globales, en esta cuenca, a diferencia del resto, la población dedicada a estas actividades creció, lo que significa que la actividad agropecuaria ha mostrado mayor desarrollo.

Una primer diferencia demográfica intrasubcuencas de la **parte baja** de la RH 36, como se aprecia en el Cuadro 4 es la densidad de población por kilómetro cuadrado. La tasa de crecimiento de esta variable fue mayor para la subcuenca Viesca (71 por ciento) y la menor la de Mayrán (47 por ciento).

En la parte baja de la RH 36 se observó cierta homogeneidad en las variables analizadas en las tres subcuencas que la integran (Cuadro 4), de tal manera que el número de personas alfabetas para 1990 es mayor en la subcuenca Mayrán, de 13138, y similar para las subcuencas Bolsón y Viesca, superior a 9000 personas. El decremento de este sector de la población en el período de análisis fue superior para la subcuenca Viesca.

La población total ha crecido más en la subcuenca Viesca y menos en Mayrán. Este comportamiento poblacional puede tener su explicación en el hecho de que Viesca posee una mayor superficie de clima húmedo hacia sus partes altas. Sin embargo, tal planteamiento no resulta convincente si se toma en cuenta que la población silvoagropecuaria, que es la que en primer término se beneficia de los climas húmedos, durante el período de análisis es la que presenta mayor tasa de decremento, 14 por ciento, contra el 7 y 8 por ciento para las subcuencas Mayrán y Bolsón, respectivamente.

Al igual que su mayor crecimiento poblacional, Viesca ha presentado mayor tasa de crecimiento tanto en número de viviendas como en ocupantes por vivienda; sin embargo, tal crecimiento no parece ser paralelo a la penetración de bienes de origen industrial como las estufas de gas o electricidad para cocinar, ya que, como se aprecia en el Cuadro 4, es la subcuenca que presenta la menor tasa de crecimiento en viviendas con este tipo de combustible.

Cuadro 4

Evolución de algunas variables demográficas a nivel subcuencas de la parte baja de la RH 36.

Concepto	1990			Variación %		
	Bolsón (1)	Mayrán (2)	Viesca (3)	(1)	(2)	(3)
Habitantes/km ²	31	28	23	63	47	71
Analfabetas	9,094	13,138	9,773	-21	-19	-24
Población	273,287	280,262	256,979	62	51	65
PEA Total	188,233	193,785	177,396	84	71	87
PEA silvoagropec.	18,209	21,848	11,607	-8	-7	-14
Total viviendas	52,711	54,208	50,228	96	89	110
Ocupantes/vivienda	5	5	5	-18	-22	-22
Viv. con gas	50,486	48,175	45,554	347	348	298

Uso del Suelo.

Relativo al aspecto agropecuario, en el Cuadro 5 puede observarse que en esta Región predomina la superficie con pastos naturales, seguida por la superficie no apta para agricultura ni para ganadería; después la superficie de labor o agrícola y finalmente la superficie forestal. Es decir, de acuerdo a los recursos la Región en términos generales la actividad forestal no tiene importancia.

Cuadro 5

Uso del suelo en la RH 36, (1970).

Uso del suelo	km ²	Participación (%)
Sup. de pastos naturales	50,347	61
Superficie sin uso	16,851	23
Superficie de labor	9,519	12
Superficie forestal	3,283	4
Total	80,000	100

Considerando que el número de unidades de producción asciende a 21,709, para este año la proporción de unidades de producción con tierra de labor o agrícola fue del 70 por ciento, con un tamaño promedio de 62.8 ha. De la superficie de labor, 78 por ciento correspondió a tierras de temporal, 1.2 por ciento a superficie donde se sembró con humedad residual, y 20.8 por ciento a superficie bajo riego.

Recurriendo a la información censal de población y vivienda, el número de viviendas existentes por cada unidad de producción para 1970 fue de 7.7, correspondiendo a cada vivienda un promedio de 48 ha, y una superficie por individuo de 7.5 ha.

Si se considera que la superficie total permanece constante al pasar el tiempo y no así el número de viviendas y personas, para 1990 a cada vivienda correspondieron 25.5 ha y a cada persona 5.0 ha, es decir, la presión sobre los recursos naturales se incrementó en dos veces para cada vivienda y la disponibilidad de superficie por individuo decreció en una tercera parte en sólo 20 años (Cuadro 6).

Cuadro 6

Evolución de la distribución del suelo por vivienda e individuo en la RH 36.

	1970	1990	Variación %
Ha / Vivienda	48	25.5	- 47
Ha / Persona	7.5	5.0	- 33

La proporción de superficie que tiene la **parte alta** de la RH 36 es del 63 por ciento, el resto corresponde a la **parte baja**, con 29,920 km². Como punto de partida, y de acuerdo al Cuadro 7, se pueden establecer las aseveraciones siguientes: la parte baja de la RH 36 tiene menos superficie con pastos naturales que la parte alta y mayor superficie sin utilización. Ello como consecuencia de las bajas precipitaciones existentes; la superficie forestal, es por la misma razón, prácticamente inexistente.

Cuadro 7

Estructura porcentual del uso del suelo en las partes alta y baja de la RH 36, (1970).

	Parte alta		Parte baja	
	km ²	%	km ²	%
Sup. pastos naturales	37,432	74.7	12,915	43.1
Superficie de labor	6,620	13.2	2,900	9.7
Superficie sin uso	3,246	6.5	13,604	45.5
Superficie forestal	2,782	5.6	501	1.7

El número de unidades de producción en la parte baja de la RH 36, 3,604, representa el 17 por ciento del total. La proporción de las unidades de producción con tierra de labor en la cuenca baja para 1970, fue del 49 por ciento, menor que en la zona de escurrimiento ordenado, donde fue del 74 por ciento. El tamaño promedio para la parte baja o de escurrimiento no ordenado fue de 163 ha, superior más de tres veces al de la parte alta, que fue de 50 ha. Del total de la superficie de labor, 23 por ciento de las unidades de producción son de riego, con un tamaño promedio por unidad de 20 ha para la parte alta, mientras para la parte baja 62 por ciento de las unidades de este tipo tienen tierra de riego, con un tamaño promedio de 124 ha.

Con cultivos anuales se ocupa el 97.3 por ciento de la superficie de labor de la parte baja y el 99 por ciento para la parte alta. La distribución de la superficie de cultivos anuales a nivel de parte alta y baja de la RH 36, se ilustra en el Cuadro 8.

En la parte de escurrimiento no ordenado el clima es más seco y contradictoriamente donde se siembra mayor superficie bajo riego, cuyos recursos hídricos provienen de los vasos de almacenamiento superficial localizados en la parte alta y del acuífero de la parte baja. La

mayor concentración de la población en esta parte se debe al amplio desarrollo mostrado por la agricultura de riego, así como por la pujante industria aquí localizada, lo que ha traído como consecuencia el crecimiento de municipios importantes como Gómez Palacio, Lerdo y Tlahualilo en el estado de Durango y como Torreón, San Pedro, Matamoros, Parras de la Fuente, Francisco I. Madero y Viesca en el estado de Coahuila.

Cuadro 8

Situación de la superficie de cultivos anuales según parte alta y baja de la RH 36, (1970).

	Temporal		Humedad		Riego	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Parte alta	5,924	90	48	1	596	9
Parte baja	1,452	51	53	2	1,317	47

De acuerdo a la información del Censo de Población y Vivienda y del Censo Agrícola para 1970, en ese año el número de viviendas por unidad de producción para la parte baja de la RH 36 fue de 22, superior al de la parte alta, donde era de cinco. No obstante, la superficie promedio por unidad de producción fue mayor para la parte baja o de escurrimiento no ordenado.

Para dicho año a cada vivienda correspondieron 57 ha de superficie total en la parte alta y 38 ha en la parte baja y por individuo correspondieron respectivamente nueve y seis ha. La misma superficie de 1970 distribuída para 1990, muestra que por vivienda correspondieron 19 ha para la parte baja y 32 ha para la parte alta, lo que muestra que la presión social sobre los recursos naturales y la demanda de servicios en general ha sido mayor en la parte baja de la RH 36, Cuadro 9.

Cuadro 9

Evolución de la distribución del suelo por vivienda e individuo de las partes alta y baja de la RH 36.

	1970	1990	Variación %
Parte alta Ha / vivienda	57	32	- 43
Parte baja Ha / persona	38	19	- 50

Las dos cuencas de la parte alta presentan algunas diferencias. Una primer diferencia entre dichas cuencas es su tamaño; la cuenca Nazas concentra 40 por ciento de la superficie de la RH 36, con 28,040 km² y la Aguanaval el 31 por ciento, con 22,040 km². El uso del suelo para dichas cuencas se aprecia en el Cuadro 10.

Puede advertirse que para ambas cuencas, la superficie ganadera rebasa las dos terceras partes del total, sin embargo, es mayor en la cuenca Nazas. La tierra agrícola o de labor es mayor en la cuenca Aguanaval; ocurre lo contrario con la superficie forestal. La mayor superficie sin uso se localiza en la cuenca Aguanaval, lo que quizá se deba al clima y vegetación de dicha cuenca.

Las unidades de producción comprendidas en la cuenca Nazas es menor en casi dos veces que las ubicadas en la del Aguanaval, esto es, 6,118 contra 11,986. La proporción de unidades de producción con tierra de labor para la cuenca del Nazas es de 67.3 por ciento y para la del

Aguanaval del 77 por ciento, con un tamaño promedio de 54 y 47 ha, respectivamente. De la superficie de labor en la cuenca Nazas, el 89 por ciento se clasificó como de temporal, 1 por ciento de humedad residual y el 10 por ciento restante como de riego, proporciones muy similares se registraron para la cuenca del Aguanaval, lo que varía en todo caso es la superficie correspondiente.

Cuadro 10

Uso del suelo en las cuencas Nazas y Aguanaval de la RH 36, (1970).

	km ²		Participación (%)	
	Nazas	Aguanaval	Nazas	Aguanaval
Sup. pastos naturales	22,216	15,216	79.1	69.0
Superficie de labor	2,242	4,378	8.1	20.0
Superficie forestal	2,119	663	7.6	3.0
Superficie sin uso	1,464	1,782	5.2	8.0
Total	28,041	22,039	100	100

La superficie agrícola total registrada con cultivos anuales fue del 99.4 por ciento en la cuenca del Aguanaval, contra el 99 por ciento de la del Nazas, el resto lo destinaron a praderas y plantaciones.

De la superficie con cultivos anuales, el 89 por ciento correspondió a tierras de temporal, 0.1 por ciento con humedad residual y el 9.9 restante se hizo bajo riego para la cuenca Nazas. Para la Aguanaval dichos valores fueron respectivamente del 90.6, 0.6 y 8.8 por ciento. Las tierras bajo riego para el Nazas son 21,774 ha y para el Aguanaval 37,741 ha.

La proporción de unidades de producción con tierra de riego respecto a las unidades con tierra de labor, para la cuenca del Nazas fue de 20.3 por ciento, correspondiendo en promedio por unidad 26.8 ha. Para la cuenca del Aguanaval dichos valores fueron respectivamente 24.1 por ciento y 17.5 ha. Es decir, en la cuenca del Aguanaval existe mayor superficie de riego pero está más dividida entre unidades de producción de tamaño menor que en las del Nazas.

Bajo el supuesto que de las unidades censadas con tierra de labor bajo riego no hayan tenido tierra de temporal y/o de humedad residual, la proporción con este tipo de tierra correspondió al 79.7 por ciento para la cuenca del Nazas con un tamaño promedio de 61.5 ha y para el Aguanaval dichos valores fueron del 75.9 por ciento y 56.7 ha, respectivamente.

De acuerdo a la información del Censo de Población y Vivienda, el número de viviendas por unidad de producción para la cuenca Nazas correspondió este año a 27 y para la cuenca Aguanaval a 19 viviendas, sin embargo, como se pudo apreciar antes, en la cuenca Nazas el tamaño de las unidades de producción tanto de riego como de temporal es mayor.

En promedio para 1970 a cada vivienda correspondieron 78.1 ha y 42.4 ha, y a cada individuo 12.5 ha y de 6.6 ha para el Nazas y el Aguanaval, respectivamente.

La misma superficie total de 1970 distribuida entre el número de viviendas de 1990 dicta que a cada vivienda correspondieron 59.5 ha y 20.2 ha para la cuenca Nazas y Aguanaval y la superficie por individuo fue de 11.6 ha y 3.9 ha para ambas cuencas, respectivamente.

Ello significa que la presión sobre los recursos naturales por vivienda y por individuo para la cuenca Nazas ha crecido en 24 y en 7 por ciento respectivamente y para la del Aguanaval dichos valores han crecido en 52 y 41 por ciento.

Respecto al uso del suelo, de **las subcuencas que integran la cuenca Nazas**, la que se caracteriza por presentar mayor proporción de superficie de labor es la subcuenca Cañón de Fernández, localizada en la parte media baja de la cuenca Nazas, con 45 por ciento de su superficie total; las que registran mayor superficie con pastos naturales y que podrían por ello, caracterizarse como ganaderas son las subcuencas Palmito y Agustín Melgar, localizadas en la parte media de la cuenca en cuestión.

Aun cuando pudiera decirse que la actividad forestal es poco significativa en la RH 36, en la cuenca Nazas, tanto las subcuencas Salomé Acosta como Sardinas, ubicadas río arriba de la RH 36, destinan cada una el 64 y 43 por ciento de sus recursos a esta actividad; la subcuenca Los Angeles, no destina superficie alguna.

La presión social sobre los recursos naturales, al disminuir la población del área, se vió también disminuida. La que mayor tasa de crecimiento en cuanto a la disponibilidad de superficie por persona registró fue la subcuenca Sardinas, con una tasa de disponibilidad de superficie del orden del 20 por ciento, es decir, la superficie por persona, lejos de disminuir, creció.

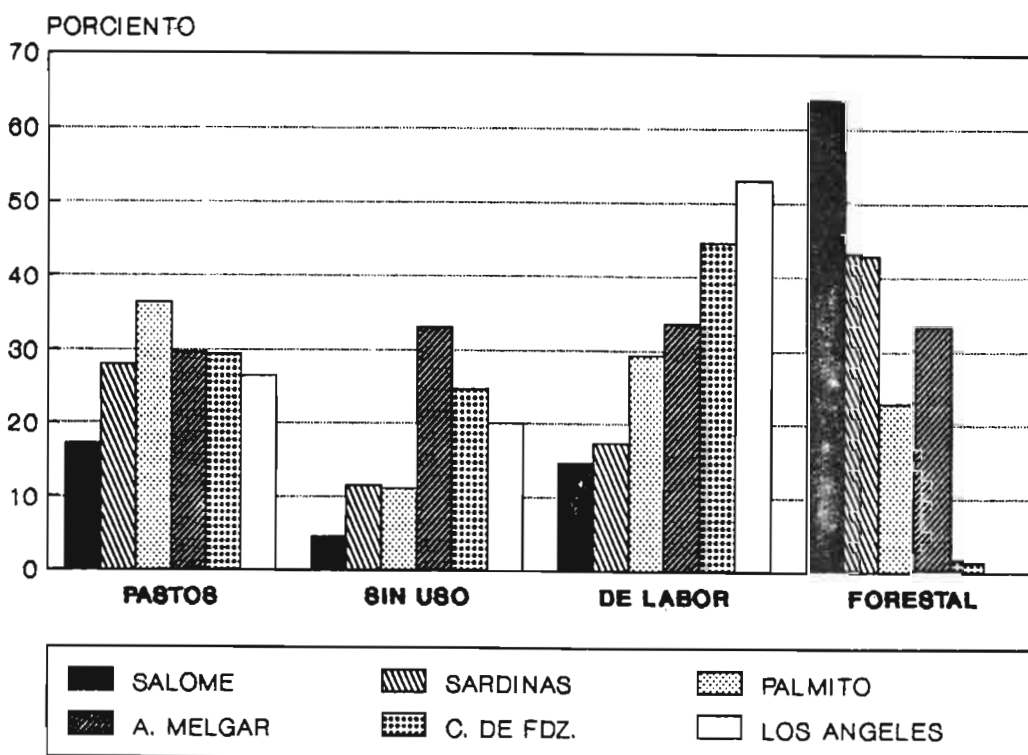


Figura 2
 Uso del suelo en las seis subcuencas del Nazas.

Las subcuencas que integran la cuenca Aguanaval muestran sin excepción dos terceras partes de superficie ocupada por pastos naturales en valles y llanuras. En cuanto a superficie forestal, destaca El Sauz, con 304 km², que representa el 4.1 por ciento de su superficie total, (se ubica en la parte alta del Aguanaval). El resto de las subcuencas posee poca superficie de este tipo, tal es el caso de San Francisco, con 55 km² (Figura 3).

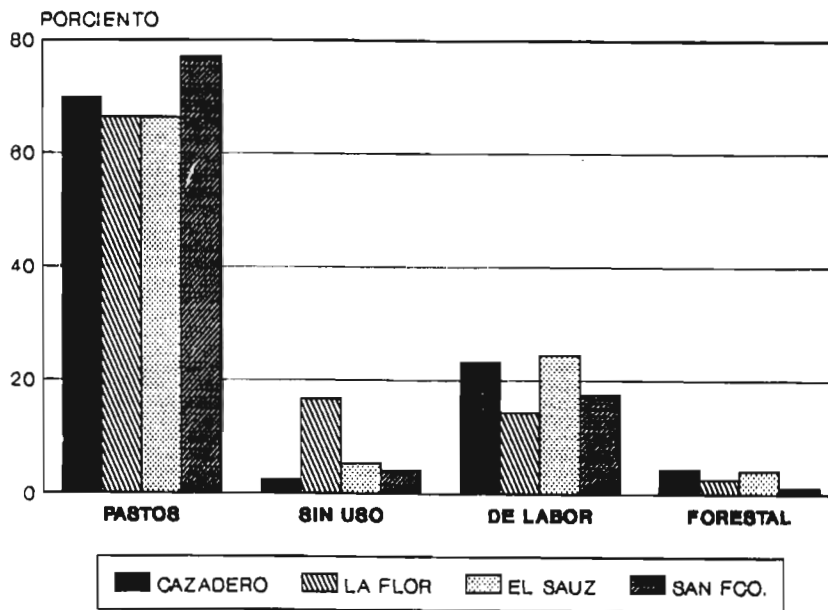


Figura 3

Uso del suelo en las subcuencas del Aguanaval.

La subcuenca con mayor superficie sin uso, 1,037 km², es La Flor, esto es, 17 por ciento de la superficie total, donde la precipitación es menor que hacia la parte alta de la cuenca. El Sauz posee la mayor superficie destinada a tierra de labor, ya que como se menciona en la parte de agricultura de temporal, esta subcuenca se localiza en las laderas y bajadas de sierras que permiten practicar la agricultura. La subcuenca con menor superficie de labor es Cazadero, por ubicarse en parte de relieve que impide el desarrollo agrícola, secundada por La Flor, cuya superficie de labor está limitada por las escasas precipitaciones más que por falta de valles y planicies.

La subcuenca que durante el período 1970 y 1990 presentó mayor presión sobre el recurso suelo, y con ello, sobre los recursos naturales fue Cazadero, donde la superficie total por persona disminuyó en 100 por ciento, al pasar de 5.4 ha a 2.7 ha. En esta área se localiza parte de los municipios de Río Grande y de Fresnillo, en el estado de Zacatecas, los que han visto un crecimiento demográfico fuerte en los últimos años.

En la parte baja, se aprecia una primer diferencia entre subcuencas en su tamaño; la mas grande, con 11,140 km² es la de Mayrán, la ocupación del suelo para las tres cuencas se

muestra en el Cuadro 11, a partir del cual se puede determinar que las cuencas con mayor superficie de labor son las de Viesca y Bolsón, con poco más de mil kilómetros cuadrados; la de Mayrán tiene sólo 760 km². La cuenca con más superficie sin uso es también la de Mayrán.

La subcuenca con mayor superficie de pastos naturales es la de Bolsón, seguida por la Mayrán y en último término la de Viesca. Finalmente, las cuencas con similar superficie forestal son las de Viesca y de Mayrán, observándose que aún cuando la superficie forestal es poco significativa, lo es en especial para la cuenca Bolsón.

Cuadro 11
.....
Uso del suelo en la
parte baja de la
RH 36, (1970).

	Bolsón Sur		Viesca		Mayrán	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Sup. pastos naturales	5,062	57.2	3,518	35.5	4,335	38.9
Superficie sin uso	2,740	30.4	5,050	51	5,814	52.2
Superficie de labor	1,036	11.9	1,103	11.1	760	6.8
Superficie forestal	38	0.5	232	2.4	231	2.1

Por otra parte, la proporción de unidades de producción con tierras de labor para las subcuencas Bolsón, Mayrán y Viesca fue de 45, 53 y 50 por ciento, respectivamente, con un tamaño promedio por cuenca por cada unidad de producción, de 175, 161 y 152 ha. La subcuenca con mayor superficie de temporal disponible para 1970 fue la de Viesca, con el 59 por ciento del total de las tierras de labor.

Para el período de 20 años de análisis que cubre la información censal, se pudo observar que la superficie total que corresponde a cada vivienda para cada cuenca disminuyó en 47, 49 y 52 por ciento para las subcuencas Mayrán, Bolsón, y Viesca, lo que significa que en esta última subcuenca, la disponibilidad de suelo ha decrecido a un ritmo mayor que en las otras dos. Actualmente cada vivienda dispone de 17, 18 y 22 ha de superficie para las cuencas Bolsón, Mayrán y Viesca, respectivamente.

La disponibilidad actual por persona es de 3.2, 3.5 y 4.3 hectáreas, en el orden Mayrán, Bolsón y Viesca y su disponibilidad ha decrecido a una tasa del 40, 32 y 40 por ciento, respectivamente, Cuadro 12.

Cuadro 12
.....
Evolución de la superficie
por vivienda y persona
en las subcuencas de
la parte baja de
la RH 36.

	1990			Variación %		
	Bolsón	Mayrán	Viesca	(1970-1990)		
	1	2	3	1	2	3
Ha/Vivienda	16	18	22	-49	-47	-53
Ha/Persona	3.5	3.2	4.3	-32	-40	-40

Ganadería.

En cuanto a la situación ganadera en la RH 36, en los 50,347 km² que ocupan los pastos naturales se encuentran distribuidas cinco especies animales (Cuadro 13).

Cuadro 13

Tipo y número de animales cuadrúpedos existentes en la RH 36, (1970).

Tipo de Ganado	No.	%
Ovicaprino	1'007,919	38.9
Vacuno	821,117	31.7
Mular y Asnal	274,909	10.7
Caballar	252,589	9.7
Porcino	235,271	9.0
Total	2'591,805	100

Puede apreciarse que el tipo de ganado predominante es el ovicaprino. La superficie de pasto natural por cabeza ovicaprina ascendió a 5.0 ha y por cabeza de ganado vacuno a 6.1 ha. El número de ganado mayor utilizado para los trabajos de campo fue de 182,296 cabezas y la superficie agrícola por animal de trabajo fue de 5.2 ha.

El Cuadro 14 ilustra la situación ganadera para las dos partes que integran la RH 36, del cual se mencionan los aspectos siguientes:

En cuanto al tipo de animales que predominan en la parte alta y baja, puede apreciarse que existen diferencias; así mientras en la parte alta predomina el ganado vacuno, en la parte baja domina el ganado ovicaprino, lo que muestra que el tipo de animal mayoritario existente, depende de las condiciones climáticas que predominan, esto es, como la parte baja se sitúa en donde la precipitación es más baja, el tipo de vegetación permite el desarrollo de ganado más rústico.

Cuadro 14

Estructura porcentual del tipo de ganado cuadrúpedo existente en las partes alta y baja de la RH 36, (1970).

Tipo de Ganado	Parte Alta		Parte Baja	
	No.	%	No.	%
Vacuno	725,791	36.9	95,326	15.3
Ovicaprino	616,607	31.3	391,313	62.7
Mular-Asnal	227,190	11.6	47,719	7.6
Caballar	214,487	10.9	38,103	6.1
Porcino	183,745	9.3	51,526	8.3

El número de animales de trabajo utilizados en la parte baja de la RH 36 ascendió a 21,407 contra 160,900 para la parte alta, es decir, considerando el número de unidades a nivel parte alta y parte baja, correspondieron 9 animales de trabajo por cada unidad de producción para la primera y 6 para la segunda.

Relativo a la situación ganadera en las **cuenca Nazas y Aguanaval**, la participación relativa del tipo de ganado es diferente; en la primera el que predomina es el vacuno y en segunda, el ovicaprino (Cuadro 15).

La superficie ganadera por unidad animal (vacuno) en la cuenca Nazas es de 5.2 ha y en la Aguanaval de 5.1 ha. En cuanto al ganado ovicaprino, dichos valores son respectivamente de 15.8 ha y 3.2 ha para cada cuenca, es decir, en el Aguanaval se tienen mas cabezas ovicaprinas por hectárea que en el Nazas.

Cuadro 15

Tipo y número de animales cuadrúpedos existentes en las cuencas Nazas y Aguanaval de la RH 36, (1970).

Tipo de Ganado	Cuenca Nazas		Cuenca Aguanaval	
	No.	%	No.	%
Ovicaprino	140,835	16.3	475,772	43.1
Vacuno	427,850	49.4	297,941	27.0
Caballar	107,884	12.5	106,603	9.7
Porcino	84,906	9.8	98,839	9.0
Mular y Asnal	103,388	12.0	123,802	11.2
Total	864,863	100	1'102,957	100

A continuación se presenta la descripción de las **subcuencas que integran la cuenca del Nazas** a fin de destacar el uso que se dá a los recursos a este nivel y conjuntamente con el estudio físico, a cargo de otras áreas, proponer un uso alternativo que resulte mejor a nivel subcuenca.

La cuenca del Nazas es la que mayores aportaciones hidrológicas hace dentro de la RH 36, sin embargo, de acuerdo a cifras del Censo de Población y Vivienda 1970 y 1990 esta cuenca registró un crecimiento en su población menor que el resto de las cuencas de la RH 36.

Como se aprecia en la Figura 4, que muestra la manera proporcional como se distribuye el número de animales, respecto a la ubicación del ganado ovicaprino, existe la tendencia de que a menor altitud, la proporción de este tipo de ganado se incrementa y ocurre lo contrario para el tipo de ganado vacuno. Tal tendencia se aprecia también para el caso del ganado caballar, no obstante, no es tan clara como las anteriormente descritas.

Los dos grupos de especies mostrados, esto es, porcinos y ganado mular-asnal, presentan una distribución sin mucha variación para las partes río arriba y río abajo de la cuenca Nazas.

Relativo a este rubro, en la **cuenca Aguanaval** para 1970 se presenta el mismo fenómeno de distribución de especies animales que para la del Nazas, ya que la mayor proporción de ganado ovicaprino se da en la parte baja de la cuenca, ocurriendo lo contrario con la distribución del ganado vacuno. La Figura 5 presenta el número de especies animales a nivel subcuencas.

La proporción del ganado caballar al igual que la de ganado mular y asnal, tienden a comportarse igual que la del ganado ovicaprino, es decir, se concentran proporcionalmente mas hacia la partes bajas. La fuerte presencia de este tipo de animales obedece a que se utilizan en la realización de las actividades agrícolas.

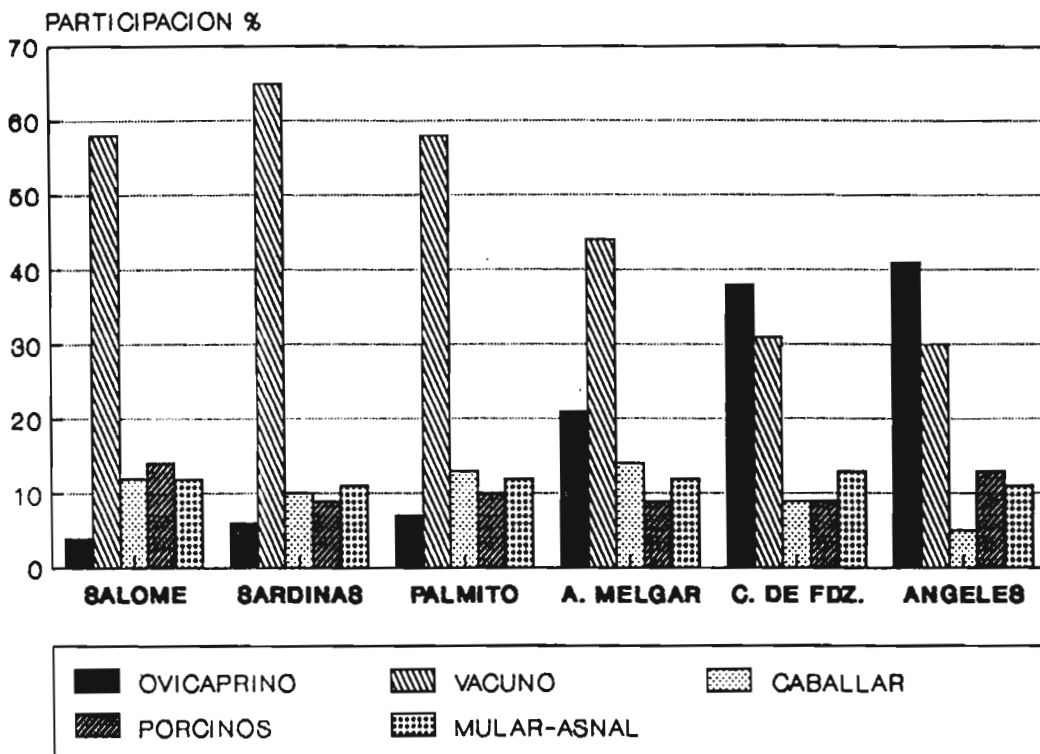


Figura 4

Distribución de animales en las subcuencas del Nazas.

Respecto a la superficie ganadera que corresponde a cada cabeza animal de tipo vacuno es de 10 ha para la subcuenca San Francisco y de 4.1 ha para la de Cazadero. Para las subcuencas La Flor y El Sauz tales superficies por cabeza animal son de 8 y 3.3 ha. Es decir a medida que se avanza hacia la parte baja de la cuenca Aguanaval, la disponibilidad de superficie con pastos naturales por cabeza animal se incrementa como resultado quizá de la menor disponibilidad de forraje, de tal forma que donde lo hay en forma suficiente se puede alimentar mayor número de animales y viceversa. Para el caso de especies ovicaprinas sucede un fenómeno similar pero en menor superficie por cabeza animal.

Respecto a la **parte baja de la RH 36**, en las tres subcuencas se aprecia el predominio del ganado ovicaprino, seguido por el ganado bovino. En último término queda el ganado asno-mular, antecedido por el caballar, el Cuadro 16 proporciona esta información a más detalle.

La superficie ganadera por unidad animal bovino en 1970 para Mayrán correspondió a 15 ha. Para ganado ovicaprino, considerando la misma superficie, fue de 1.72 ha por cabeza.

Para la subcuenca Bolsón fueron 14.2 ha y 1.4 ha, por animal, respectivamente. Para Viesca tales valores fueron de 12 y 0.7 ha, lo que significa que es la parte donde mayor densidad animal por superficie de pastos naturales existe. Donde dicha densidad es ligeramente menor es hacia la cuenca Mayrán.

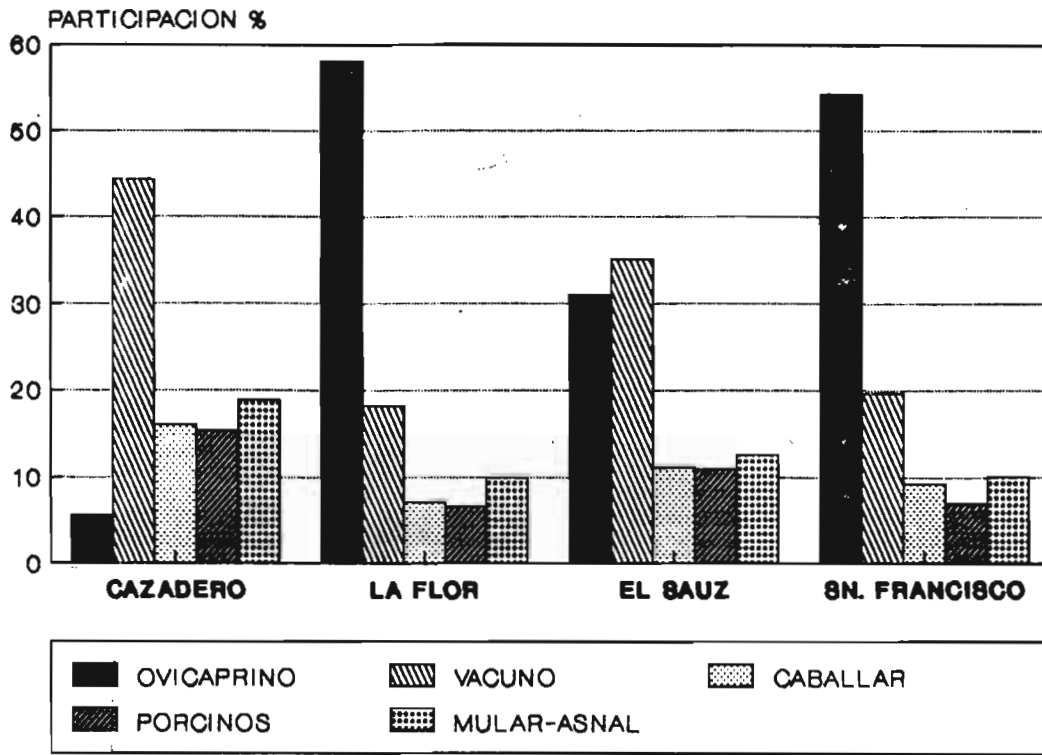


Figura 5
Distribución de animales en las subcuencas del Aguanaval.

Cuadro 16
Tipo y número de animales cuadrúpedos existentes en las cuencas de la parte Baja de la RH 36, (1970).

Tipo de Ganado	Bolsón Sur		Viesca		Mayrán	
	No.	%	No.	%	No.	%
Ovicaprin	63,137	16.1	204,366	52.5	123,810	31.4
Vacuno	35,646	37.4	36,157	37.9	23,521	24.7
Porcino	14,150	27.5	22,863	44.3	14,514	28.2
Caballar	13,103	34.4	11,992	31.5	13,006	34.1
Mular y Asnal	6,560	37.4	5,005	28.5	5,997	34.1

Tipo de energía empleada en las actividades agropecuarias.

A nivel global, en la RH 36, el 66.3 por ciento de las unidades de producción utilizó energía en sus predios en 1970 (Cuadro 17); la mayor parte de las unidades de producción dependen de la energía animal, correspondiendo al 60.6 por ciento de la superficie total y al 93 por ciento de la tierra laborable.

Finalmente, la superficie de labor por tractor existente en la región fue de 191 ha. El número de tractores registrados fue de 4,976.

Cuadro 17

Tipo de energía utilizada de la RH 36, (1970).

Tipo de energía	No.	%	Superficie km2	%
Energía animal	10,239	71.1	5,310.48	60.6
Energía mecánica	2,291	15.9	1,664.78	19.0
Energía mixta	1,871	13.0	1,783.94	20.4
Total	14,401	100	8,759.20	100

El 47 por ciento de las unidades de producción de la **parte baja** de escurrimiento no ordenado, utilizaron algún tipo de energía en sus trabajos agrícolas, contra el 70 por ciento de la **parte alta**. El tipo de energía utilizada se reporta en el Cuadro 18, donde se advierte que proporcionalmente, en la primera, es donde menor energía de tipo animal se utiliza (42 por ciento de las unidades de producción que usan algún tipo de energía, contra el 75 por ciento de las de la parte alta). En cuanto a superficie trabajada con este tipo de energía, representó el 34 contra el 72 por ciento promedio para la parte baja y alta, respectivamente.

Cuadro 18

Tipo de energía y unidades de producción que utilizan para las partes alta y baja de la RH 36, (1970).

Tipo de Energía	Parte Alta		Parte Baja	
	No.	km2	No.	km2
Animal	9,533	4,400.3	707	874
Mecánica	1,788	944.5	503	720
Mixta	1,394	787.2	476	997
Total	12,715	6,132	1,686	2,591

La energía de tipo mecánico se utilizó por el 30 por ciento de las unidades de producción de la parte baja, contra el 14 por ciento promedio para la parte alta. La superficie trabajada bajo este esquema para la primera parte fue del 28 por ciento, contra el 15 por ciento para la segunda.

Finalmente, cabe destacar que la superficie de labor por tractor existente es de 213 ha, y de 183 ha para las dos partes en el orden ya indicado, de donde se desprende que la mecanización del campo es ligeramente mayor en la parte alta, considerando sólo la superficie de labor.

Dentro de la parte alta, el total de ganado mayor utilizado en los trabajos agropecuarios en la **cuenca Nazas** fue de 66,861, mientras que para, la **cuenca Aguanaval** tal cifra fue de 94,036.

El 64 y el 73 por ciento de las unidades de producción de la cuenca Nazas y Aguanaval respectivamente utilizó energía en sus predios. El tipo de energía empleada para cada cuenca se muestra en el Cuadro 19.

Se aprecia que la energía que predomina en cuanto a número y superficie de las unidades de producción es la de tipo animal. Proporcionalmente, en la cuenca del Nazas su utilización es mayor. La energía de tipo mecánico se utiliza proporcionalmente más en la cuenca Aguanaval que en la del Nazas, al igual que el tipo de energía mixta.

Cuadro 19
 Tipo de energía
 utilizada en las
 cuencas Nazas y
 Aguanaval de la
 RH 36, (1970).

Tipo de energía	Cuenca del Nazas				Cuenca del Aguanaval			
	Número	%	Superficie	%	Número	%	Superficie	%
Animal	3,138	79.5	148,840	72.8	6,395	72.9	295,190	71.5
Mecánica	499	12.6	25,804	12.6	1,289	14.7	68,644	16.6
Mixta	310	7.9	29,783	14.6	1,084	12.4	48,932	11.9

Por último, en relación a la superficie de labor por tractor existente en cada cuenca cabe mencionar que para la cuenca Nazas es de 164 ha y para la Aguanaval de 234 ha.

Entre las subcuencas del Nazas, la que mayor superficie trabajada con energía animal concentró fue la de Agustín Melgar, seguida por Palmito. Ello se explica por el tipo de suelos y topografía que se dispone en estos lugares para la producción.

En proporción a la disponibilidad de superficie de labor, la subcuenca con mayor superficie trabajada con energía animal correspondió a Palmito, y la de menor superficie bajo este tipo de energía fue Los Angeles; se deriva de esto que uno de los factores que limitan el uso del tractor en la parte alta de la cuenca es el difícil relieve que presenta, lo que da lugar al uso de energía animal. La mayor superficie con energía mecánica se observó en la subcuenca Los Angeles, con 28 por ciento de su superficie; el caso opuesto fue Sardinias, con sólo 0.2 km². Finalmente, con mayor superficie bajo energía mixta, es decir, animales y tractores utilizados en el mismo predio para algunas labores uno y para otras los otros, correspondió también la subcuenca Los Angeles, con el 40.7 por ciento de su superficie; la de menor superficie bajo este tipo de energía fue Salomé Acosta, con el 10 por ciento de su superficie (Cuadro 20).

Cuadro 20
 Proporción sobre superficie
 por tipo de energía utiliza-
 da en las subcuencas
 del Nazas, (1970).

	Animal		Mecánica		Mixta	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Salomé A.	193	84.3	13	5.7	23	10
Sardinias	159	88	0.2	0	21	12
Palmito	375	92.6	13	3.2	17	4.2
A. Melgar	573	73.6	97	12.5	108	13.9
C. de Fdz.	158	43.6	109	26.3	95	30.1
Los Angeles	27	31.4	25	27.9	34	40.7

El uso de energía animal en las actividades productivas agrícolas en las **subcuencas del Aguanaval**, es mayor que en las del Nazas, tanto en términos proporcionales como absolutos. En la subcuenca Cazadero, el 77.4 por ciento de la superficie de labor total se trabajó con este tipo de energía y en El Sauz y La Flor tal superficie representó el 72 y 68.9 por ciento, respectivamente. Donde menor superficie se trabajó con este tipo de energía fue en la subcuenca San Francisco (25 por ciento de la superficie de labor total).

La energía de tipo mecánico tuvo mayor importancia en términos proporcionales y absolutos en la subcuenca San Francisco, con una superficie de 1,578 km², seguida por la subcuenca El

Sauz, con 281 km² (17.7 por ciento de su superficie de labor total). Las subcuencas con menor superficie laborada con este tipo de energía fueron La Flor y Cazadero con una superficie de 152 y 95 km², respectivamente. Información a más detalle la brinda el Cuadro 21.

Para apreciar el nivel tecnológico existente en la agricultura, un indicador que es posible utilizar con la información disponible es el número de hectáreas que a cada tractor corresponde atender. De esta forma, en la subcuenca San Francisco que es la que tiene el mayor nivel tecnológico, se aprecia que a cada tractor corresponden 127 ha, mientras a la de Cazadero (la de menor nivel tecnológico) corresponden 205 ha. Para las subcuencas La Flor y El Sauz dicha superficie por tractor es de 160 y 176 hectáreas.

Cuadro 24

Tipo de energía utilizada en la agricultura de las subcuencas del Aguanaval, (1970).

	Animal		Mecánica		Mixta	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
El Sauz	1,210	72.0	281	17.7	190	10.3
Cazadero	579	77.4	95	12.2	74	9.9
San Fco.	571	25.3	1,578	70.0	108	4.7
La Flor	592	68.7	152	17.6	118	13.7

En la parte baja, el tipo de energía empleada en las labores agrícolas, ganaderas y de recolección es muy variado y depende de la situación tecnológica de cada predio, de tal forma, que los más capitalizados normalmente emplean el tractor y los menos, la energía animal y humana, auxiliados por arados de madera o fierro.

En la cuenca Bolsón, de acuerdo a información del Censo Agrícola de 1970, el 40 por ciento de las unidades de producción emplearon energía de tipo mecánico, valor superior que el de Mayrán (29 por ciento), y Viesca (23 por ciento). Sin embargo, la superficie trabajada con este tipo de energía fue superior en la cuenca Viesca, con el 31.1 por ciento. Para las cuencas Bolsón y Mayrán correspondieron valores del 28 y 25 por ciento de dicha superficie.

La energía de tipo animal fue también más comúnmente utilizada en la cuenca Viesca, donde cubrió una superficie del 48 por ciento, contra el 44 y 26 por ciento de las cuencas Bolsón y Mayrán. El predominio de la energía mixta se manifestó en las cuencas Bolsón y Mayrán cubriendo una superficie para cada una de 956 y 939 km², respectivamente.

Principales Resultados.

- **A nivel de cuencas de escurrimiento ordenado**, constituidas por las partes altas de los ríos Nazas y Aguanaval, a partir del análisis a nivel monográfico realizado es posible inferir las siguientes conclusiones:

Existe mayor crecimiento económico y poblacional en la cuenca Aguanaval que en la del Nazas, debido principalmente a la presencia de polos de desarrollo importantes. Por tanto, en esta cuenca la presión por el recurso agua debe ser mayor.

Hay mayor tendencia en la cuenca Aguanaval hacia la ocupación en actividades ajenas al sector silvoagropecuario y como consecuencia una mayor población urbana.

A pesar de que el ganado ovinocaprino y porcino es mayor en la cuenca Aguanaval, ello no impide que sea más agrícola que la del Nazas, lo que se manifiesta en la superficie que destina a dicha actividad.

La cuenca Nazas presenta más de la mitad de su población en la zona rural, sin embargo, solo una tercera parte de ésta corresponde a población económicamente activa en actividades silvoagropecuarias, lo que aparentemente significa que falta una mayor creación de empleos de tipo rural en esta zona.

La penetración de bienes de origen industrial en cuanto al tipo de combustible utilizado en los hogares en la cuenca Nazas ha sido menor como consecuencia de la población rural que impera en ésta, lo que pudiera reflejar abundancia de recursos para utilizarse como combustible o bien, falta de dinero para adquirirlos.

La cuenca Nazas destina sus recursos más a ganadería que la cuenca Aguanaval, lo que se aprecia en la superficie que ocupa esta actividad y el número de ganado mayor que explota.

La evolución de la presión social sobre el uso del suelo es mayor en la cuenca Aguanaval pues aquí tanto el número de viviendas por unidad de producción como el número de hectáreas por persona es menor.

- **A nivel de áreas de escurrimiento ordenado y no ordenado** las conclusiones a que se pudo llegar fueron las siguientes:

Existe una mayor diferencia en el crecimiento de la población entre cuencas de escurrimiento ordenado (Nazas y Aguanaval), que entre éste y la cuenca de escurrimiento no ordenado.

Pese a que la densidad de población en la parte de escurrimiento no ordenado es mayor que la de la cuenca Aguanaval, la tasa de crecimiento poblacional en la cuenca Aguanaval fue mayor que la registrada en aquella, lo que significa que la cuenca Aguanaval ha tenido un mayor potencial de desarrollo, y lo que a su vez refleja una mayor capacidad de sostenimiento poblacional.

La parte baja cuenta con menor superficie de tierra de labor, aunque con mayor superficie bajo riego que la parte de escurrimiento ordenado del Nazas y que la parte del Aguanaval, sin embargo, tal superficie está concentrada en menor número de unidades de producción.

La presión social sobre los recursos naturales es mayor para la parte baja; así, el número de viviendas por unidad de producción agropecuaria es cinco y siete veces superior en esta parte que para la del Nazas y Aguanaval, ello, debido a la mayor concentración urbana.

La superficie requerida para sostener una cabeza de ganado bovino para la parte de escurrimiento no ordenado es 2.5 veces mayor que la requerida en la parte de escurrimiento ordenado.

do, como consecuencia de la menor disponibilidad de pasto natural durante el año en la parte baja de la RH 36.

El tipo de energía mecánica es dos veces más utilizada en la agricultura de la parte baja que en las cuencas del Nazas y Aguanaval.

- Las apreciaciones generales a que se llegó con la información disponible a nivel de **subcuencas de escurrimiento no ordenado**, ubicadas en la parte baja de la RH 36 son las siguientes:

Una primer observación es que las subcuencas Bolsón, Mayrán y Viesca tienen la mayor superficie de riego a pesar de ubicarse en la parte más árida. Aquí cobra especial importancia el riego por bombeo, mismo que es posible por la presencia de mantos acuíferos subterráneos (que por cierto presentan abatimiento excesivo anual), formados como consecuencia de ser ésta la parte más baja de la RH 36 y hacia donde por mucho tiempo descargaron sus aguas los ríos Nazas y Aguanaval.

A pesar de que la densidad poblacional es menor en la subcuenca Viesca, esta subcuenca presentó mayor crecimiento poblacional y de viviendas que Mayrán y Bolsón. Sin embargo, pese a esto, presentó menor crecimiento en viviendas que utilizan el gas como combustible, lo que hace pensar que dependen en mayor medida de otros combustibles como leña y petróleo que las otras dos subcuencas.

Aunque la presión sobre los recursos naturales ha sido ligeramente mayor en la subcuenca Viesca, es donde se dispone todavía de mayor superficie por vivienda y persona. Así también, es la subcuenca que registró mayor densidad de ganado bovino y ovinocaprino.

Aún cuando la subcuenca Bolsón registró una mayor proporción de unidades de producción con energía mecánica, la superficie trabajada con este tipo de energía fue mayor en la subcuenca Viesca, al igual que el uso de energía animal.

- Las conclusiones a nivel **subcuencas que integran la cuenca del Nazas son:**

Cuatro de las subcuencas localizadas de la parte media a la parte alta de la cuenca Nazas han registrado un éxodo poblacional paulatino, las que han crecido son las ubicadas en la zona baja, estas son: Cañón de Fernández y Los Angeles, donde se localiza la mayor densidad poblacional. Consecuentemente, la población económicamente activa del sector silvoagropecuario ha mostrado un comportamiento similar al mencionado. Creció solo en la cuenca Los Angeles en 6 por ciento durante los veinte años de análisis.

La distribución del uso del suelo para esta cuenca, de acuerdo a la información revisada es como sigue: uso forestal en la cuenca alta, constituida por las subcuencas Sardinias y Salomé Acosta; zona agrícola y ganadera en la cuenca media alta y media, integrada por Palmito y Agustín Melgar, y como zona agrícola la cuenca media baja y baja del Nazas, formada por las subcuencas Cañón de Fernández y Los Angeles.

Las subcuencas que utilizan mas energía animal en su actividad silvoagropecuaria son Palmito y Agustín Melgar, y las que usan mayor energía mecánica son Cañón de Fernández y Los Angeles.

Relativo a la distribución del ganado bovino, se advierte que se concentra más en la parte alta de la cuenca y el oviscaprinio hacia la parte baja.

- Las aseveraciones desprendidas de la monografía de las subcuencas que integran **la cuenca del Aguanaval** son como sigue:

Existe mayor densidad poblacional en la subcuenca La Flor, sin embargo en los veinte años de análisis, la subcuenca que registró mayor crecimiento poblacional fue Cazadero. Al mismo tiempo la PEA silvoagropecuaria creció a mayor ritmo en esta subcuenca y en la del Sauz, ubicadas ambas hacia la parte alta del Aguanaval; en la de San Francisco y La Flor, tal población disminuyó.

La menor disponibilidad de superficie de labor se ubica en las subcuencas Cazadero y La Flor, en la primera ello obedece al relieve escabroso que impide tal superficie y en la segunda a la falta de precipitaciones abundantes, es también la subcuenca con mayor superficie improductiva.

Obviamente, la subcuenca que presentó mayor presión sobre los recursos naturales fue Cazadero. Respecto a la distribución de las especies animales, Aguanaval presenta similitud con Nazas, es decir, el ganado vacuno se asienta más en la cuenca alta y el oviscaprinio en la baja de la cuenca.

La utilización de energía animal cobra especial importancia en la cuenca Aguanaval, ya que en dos subcuencas que son Cazadero y La Flor más de sus dos terceras partes de superficie de labor se trabajaron con este tipo de energía. Las subcuencas que cuentan con mayor superficie trabajada con energía mecánica fueron San Francisco y El Sauz.

Conclusión.

A nivel de este apartado pudo advertirse que el crecimiento poblacional fue mayor para la parte alta del Aguanaval debido a las mejores condiciones orográficas y de suelo para practicar la agricultura, como al crecimiento de zonas urbanas aquí ubicadas. Consecuentemente, la presión sobre los recursos naturales en esta área ha crecido más que inclusive en la parte baja de escurrimiento no ordenado, donde se presenta la mayor densidad poblacional.

La disminución de la población dedicada a la actividad silvoagropecuaria, sobretodo en la cuenca alta del Nazas y parte baja de la RH 36 puede ser explicada por tres factores: por el crecimiento urbano-industrial, que se abastece de mano de obra de este sector; por el desarrollo tecnológico habido en la agricultura, que desplaza mano de obra, y por los menores apoyos que se asignan vía crédito, subsidios y precios de mercado, donde a falta de ello los pequeños productores abandonan esta actividad. Sólo en la parte alta de la cuenca del Aguanaval es donde esta población ha crecido, debido a la ampliación de la frontera agrícola bajo esquemas tecnológicos poco intensivos en maquinaria e insumos modernos.

Sin duda, ante el panorama de explosión demográfica y frente a una disponibilidad de recursos en continuo deterioro, la realización de estudios que cuantifiquen, ubiquen y propongan formas alternativas en el manejo actual de lo que se tiene, en particular el agua, considerando al hombre como sujeto participante de cambio resulta impostergable para construir a la búsqueda de soluciones que hagan más sostenible y eficiente el uso actual de los recursos productivos.

Referencias.

SIC (Secretaría de Industria y Comercio), Dirección General de Estadística, (1971). IX Censo General de Población 1970 para el estado de Durango. México, D.F.

SIC (Secretaría de Industria y Comercio), Dirección General de Estadística, (1973). V Censo Agrícola Ganadero y Ejidal 1970 para los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas, México, D.F.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto), Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, (1983). X Censo General de Población y Vivienda, 1980, México, D.F.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística), Geografía e Informática, (1991). XI Censo General de Población y Vivienda, 1990, México, D.F.

Anexo

Cuenca Nazas		
Subcuenca		
Salomé A. :		
	Santiago P.	59.3
	Tepehuans	41.0
	Guanaceví	30.5
	El Oro	0.8
Sardinas :		
	Guanaceví	75.4
	San Bernardo	72.0
	Tepehuans	41.0
	El Oro	0.6
Palmito :		
	Guanaceví	13.0
	San Bernardo	44.8
	El Oro	86.7
	Indé	67.4
	Tepehuans	4.0
	Santiago P.	12.2
	Coneto de C.	17.3
Agustín Melgar :		
	Cuencamé	27.4
	Indé	32.6
	El Oro	9.4
	Coneto de C.	82.7
	Rodeo	100
	San Juan del Río	100
	San Luis del C.	100
	San Pedro del G.	50.0
	Peñón Blanco	100
	Nazas	64.0
Cañón de Fernández :		
	Cuencamé	55.0
	Nazas	36.0
	Lerdo	25.1
Los Angeles :		
	Cuencamé	1.6
	Lerdo	50.5

Anexo 1

Participación proporcional de superficie de municipios a nivel de cada subcuenca de la cuenca Nazas.

Cuenca Aguanaval		
Subcuencas		
El Sauz : Fresnillo		19.3
Sombrerete		13.9
Cazadero : Fresnillo		42.0
Río Grande		4.4
Saín Alto		77.6
Sombrerete		19.3
San Francisco : Fco. Murguía		53.1
Miguel Auza		57.3
Juan Aldama		13.6
Río Grande		95.6
Saín Alto		22.4
La Flor : Torreón		52.2
Viesca		30.2
Cuencamé		7.0
Simón Bolívar		96.3
San Juan de G.		100
Santa Clara		100
Juan Aldama		62.0
Fco. Murguía		19.1

Anexo 2

Participación proporcional de municipios a nivel de cada subcuenca de la cuenca Aguanaval.

Anexo 3

Participación proporcional de municipios a nivel de cada subcuenca de la parte baja de la RH 36.

Parte baja de la Región Hidrológica 36

Bolsón de Mapimí (Sur) : Lerdo	25.1
Mapimí	100
Gómez Palacio	84.2
San Pedro del G.	50.0
Tlahualilo	100
Mayrán : Gómez Palacio	15.8
Fco. I. Madero	19.4
Matamoros	51.7
Parras	72.9
S. Pedro de las C.	100
Torreón	14.6
Viesca	3.1
Viesca : Matamoros	48.3
Parras de las F.	37.6
Torreón	33.1
Viesca	66.7
Mazapil	35.2
Melchor Ocampo	100
Cuencamé	8.7
Lerdo	18.6
Simón Bolívar	3.7

AGRICULTURA DE TEMPORAL

Olivier VOISIN (1)

Ignacio ORONA CASTILLO (2)

Introducción.

Una de las actividades de aprovechamiento de los recursos naturales es la agricultura de temporal y por ende, su desarrollo tecnológico tiene relación con los procesos hidrológicos, considerando que en ella se usa el agua de lluvia en forma directa o por intercepción de pequeños escurrimientos. No obstante el régimen pluviométrico y las condiciones climáticas de la región, que ocasionan déficits de agua durante casi todo el año, existen algunas áreas donde se practica esta actividad.

La irregularidad de las lluvias, característica en estas zonas, repercute directamente sobre la cosecha. Las lluvias son impredecibles, y las heladas, granizadas y trombas amenazan la permanencia de los cultivos, los cuales se caracterizan por su carácter aleatorio.

En términos generales se distinguen dos tipos de sistemas de aprovechamiento de la lluvia en la agricultura de temporal que son (Verhulst, 1992):

- Temporal de medio riego, en el que se aprovechan los escurrimientos a escala de cuencas o microcuencas hidrológicas. Este sistema, aunque dependiente de las aguas de lluvia, no está ciento por ciento sometido a la aleatoriedad del temporal, ya que permite su regulación y distribución dentro de las unidades de producción.
- El temporal *in situ*, donde la actividad agrícola depende únicamente de las lluvias que ocurren en las unidades de producción, o de los eventuales escurrimientos que puedan ocurrir.

Los datos para la presentación de las superficies y cultivos de temporal que se describen en este apartado se tomaron del V Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal 1970 para los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas, que son los más recientes a nivel de los municipios que quedan enclavados dentro del área de la Región Hidrológica de este estudio. También se hace una descripción de los sistemas de producción temporaleros que predominan en el área.

(1) Estudiante del ISTOM Francia, Gómez Palacio; Dgo.

(2) Investigador del CENID-RASPA INIFAP, Gómez Palacio; Dgo.

Distribución espacial de las áreas de temporal.

En la Región Hidrológica 36, la precipitación media anual varía de 200 a 800 milímetros, y se distribuye de manera poco uniforme a lo largo del año, pues se concentra del 70 al 90 por ciento durante los meses de junio a septiembre. Esto causa gran incertidumbre en las prácticas agrícolas y es la causa principal de pérdida de cosechas.

En promedio se cultivan 11,020 km², que equivalen al 11.9 por ciento de la superficie total de la RH 36; de esta superficie, la agricultura de temporal ocupa el 79.6 por ciento y el resto, bajo riego. Los cultivos de temporal para 1970, cubrieron 6,831 km² y los de riego 4,189 km². Es decir, representaron el 7.4 y el 4.5 por ciento de la superficie total de la Región, respectivamente.

Como se observa en la Figura 1, las columnas "Nazas" y "Aguanaval" en conjunto representan el 95.3 por ciento y se localizan en la parte alta; el resto se ubica en la parte baja. En esta última, el régimen pluviométrico es inferior a los 300 milímetros anuales y temperaturas en verano superiores a los 24 grados centígrados, condiciones principales que limitan el desarrollo de los cultivos, y que hace que la agricultura de temporal se practique predominantemente en aquellas áreas de mayor precipitación y temperaturas más bajas en verano.

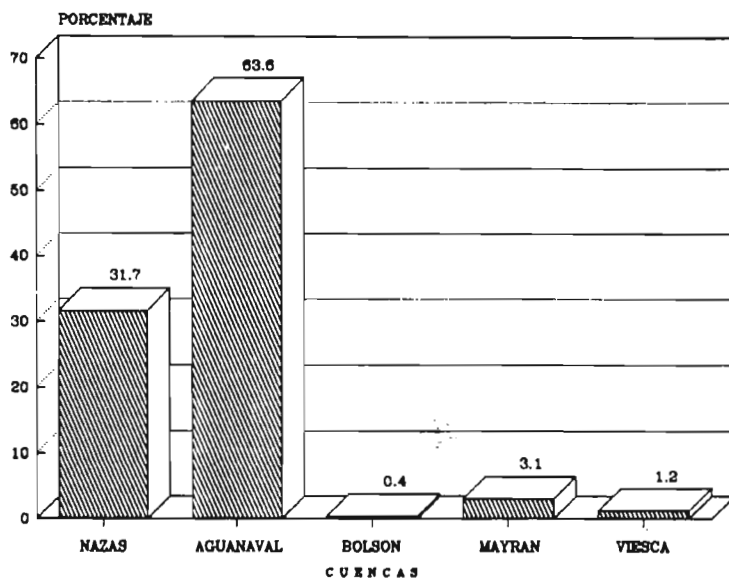


Figura 1

Distribución de los cultivos de temporal en la RH 36.

Del 95.3 por ciento de la parte alta, en la cuenca del Aguanaval se observa una mayor superficie, de 7,009 km², contra 3,493 km² en la del Nazas. Lo anterior obedece a que las condiciones de pendiente de los suelos en la cuenca del Aguanaval favorecen el desarrollo de las áreas de cultivos, no obstante tener menor precipitación durante el año.

La ubicación de los cultivos de temporal en la **cuenca del Nazas** permite identificar dos conjuntos.

El primero incluye las **subcuencas Salomé Acosta y Sardinias**, ubicadas en las vertientes de la Sierra Madre Occidental. Las zonas principales de cultivo se encuentran allende el río Santiago, en los alrededores de Tepehuanes, así como en los valles del río Sextín Nazas, cerca de Santa María del Oro, del Zape y de Indé.

En esta zona se observa relieve montañoso con precipitación media de 630 mm por año. Sin embargo, el promedio que reciben los cultivos en los valles es de 500 mm, lo que significa que el relieve no permite aprovechar óptimamente el agua en las zonas más húmedas. No obstante, las condiciones climáticas son favorables para los cultivos del ciclo primavera-verano: el 80 por ciento de las lluvias ocurren de junio a octubre. La tierra se encuentra en situación de déficit de humedad sólo durante abril y mayo; éste varía entre 150 y 200 mm por año. Al norte (subcuenca Sardinias), en los meses de septiembre y octubre se puede tener un excedente de agua.

A excepción de algunos valles que tienen buenos medios de comunicación, se trata de una región poco poblada, cuyas vías de comunicación están obstaculizadas por el relieve.

En el área referida la agricultura predominante es del tipo de subsistencia intermedio. La mayor proporción de las cosechas se destinan al consumo familiar y el excedente se comercializa en Tepehuanes y Santiago Papasquiario.

El segundo conjunto abarca las **subcuencas Palmito, Agustín Melgar, Cañón de Fernández y Los Angeles**. En éste, al igual que variedad en los paisajes, existe una gran diversidad en la ubicación de las áreas de temporal. La parte Sur de la subcuenca Agustín Melgar está constituida por una gran parte de bajadas elevadas, de 1,700 msnm (municipio de Peñón Blanco) hasta 2,000 msnm (Coneto de Comonfort), en donde el relieve permite grandes superficies de temporal. El resto son lomeríos con cañadas, donde sólo existen pequeñas unidades cultivadas muy localizadas.

Las bajadas del Sur ofrecen tierras abiertas, ubicadas bajo las isoyetas 400 a 600 mm, donde los suelos son rojos ú oscuros, fértiles y profundos. Se trata de agricultura de temporal *in situ* debido a que la ausencia de cerros no permite interceptar pequeños escurrimientos. La población es importante, reunida en núcleos poblacionales como Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero y San Juan del Río, por los cuales pasa la carretera a Durango.

Las tierras de temporal generalmente son ejidales y se puede identificar como una agricultura mecanizada, dedicada al cultivo del frijol y maíz.

La conjunción de los factores naturales y humanos definen esta parte como moderna y productiva. Cabe notar que el uso de agroquímicos y semillas mejoradas en esta área, es comparativamente mayor que en el resto del Estado.

Hacia el Norte, en las proximidades de Santa María del Oro, las bajadas se transforman en lomeríos, y el nivel de producción y la productividad van disminuyendo. Se trata de una agricultura de temporal de subsistencia. Tanto la precipitación como las tierras para la agricultura tienden a ser menores, lo que impacta negativamente los rendimientos de los cultivos de maíz y de frijol.

Los valles de Santa María del Oro ofrecen de nuevo buenas condiciones de suelo y clima, lo que permite el regreso a una agricultura de capitalización mecanizada.

Las subcuencas Cañón de Fernández y Los Angeles tienen en total 31.7 km² de áreas de temporal, ubicadas cerca de Cuencamé. En el mapa del uso del suelo a la escala 1:1'000,000 (INEGI,1990), no aparecen parcelas de temporal superiores a 100 ha en la subcuenca Los Angeles. Para este caso no es tanto el relieve el obstáculo a la agricultura, ya que el 40 por ciento de esta subcuenca es de llanuras y valles, sino el régimen de precipitaciones que ahí se tiene. En efecto, las precipitaciones medias de Cañón de Fernández y Los Angeles son de 343 y 277 mm. El 100 por ciento de las tierras no permanecen húmedas más de un mes por año, por ello, los esfuerzos de los productores están dirigidos al desarrollo de la agricultura de riego, suministrado por la presa Francisco Zarco.

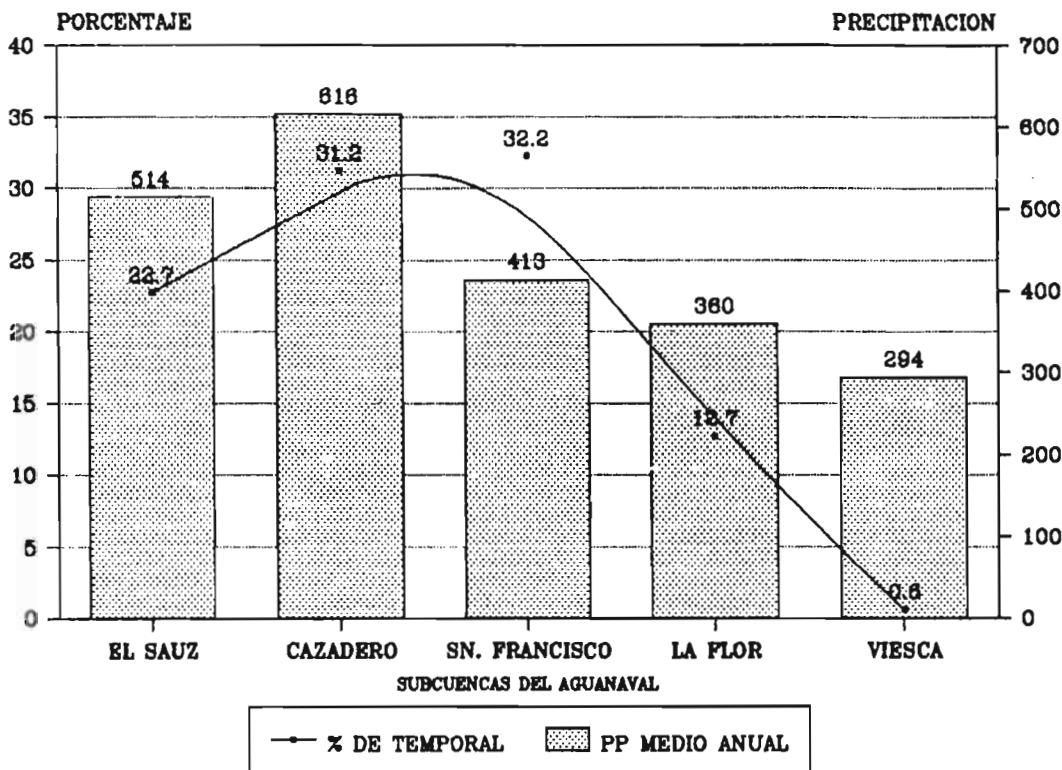


Figura 2

Distribución de los cultivos de temporal según el promedio anual de precipitaciones en las subcuencas del Aguanaval.

La distribución de las áreas de temporal en la **cuenca del Aguanaval** se hace según dos factores principales: precipitación y fisiografía. En la Figura 2 se presenta la distribución de la superficie de temporal con el promedio de las precipitaciones por subcuenca.

Las zonas más húmedas son también las más cultivadas, a diferencia de las subcuencas del Nazas donde el relieve no permite la utilización de las zonas más húmedas. El relieve de la cuenca del Aguanaval es suficientemente elevado (inicio del Altiplano Potosino) y bastante

húmedo para desarrollar una agricultura redituable. En la Figura 3, se compara la distribución del temporal con el porcentaje de valles, se observa una tendencia a aprovechar las condiciones del relieve de llanuras y valles.

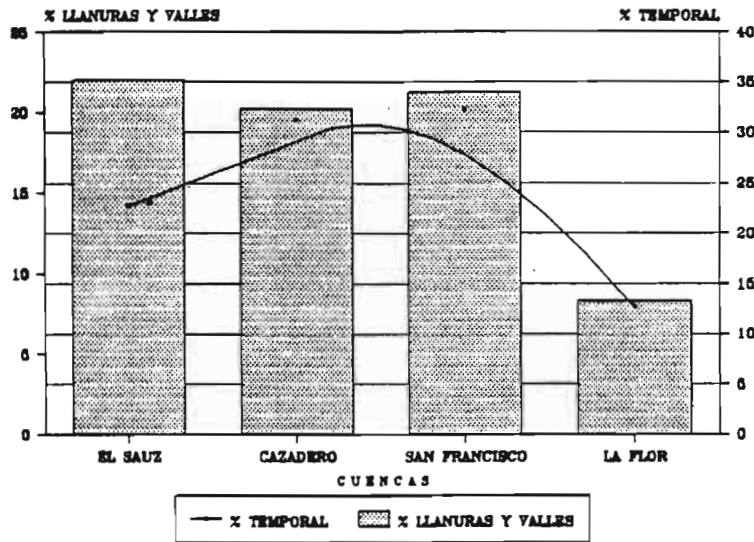


Figura 3

Distribución de los cultivos de temporal por llanuras y valles en las subcuencas del Aguanaval.

Al sur de la cuenca Aguanaval, donde se ubican las subcuencas Cazadero, El Sauz y parte de la de San Francisco, la presencia de unas sierras y cerros generan escurrimientos que pueden aprovecharse en las unidades de producción. El 90 por ciento de los suelos de la cuenca del Aguanaval son suelos medios o profundos, aptos para la agricultura.

Como consecuencia de los buenos escurrimientos que son aprovechados en el desarrollo de la agricultura de temporal, en esta parte se han formado importantes manchas urbanas (Fresnillo, Río Grande) y una amplia red de carreteras locales y nacionales que sirven para transportar los productos agrícolas obtenidos.

En la parte norte de la cuenca se localiza la subcuenca La Flor de Jimulco, la cual se ubica a menor altitud que la parte sur y donde las precipitaciones son menores. En esta subcuenca, la superficie de temporal se concentra en su parte sur. El resto de la cuenca Aguanaval está cubierto de valles y llanuras rodeadas por bajadas y sierras.

A pesar de que las **tres subcuencas de la parte baja** representan el 40 por ciento de la superficie total de la Región, sólo se encuentra aquí el 4.8 por ciento de los cultivos de temporal. El factor que limita la agricultura en esta parte, es la falta de agua, ya que el promedio de las precipitaciones medias anuales del Bolsón de Mapimí, Laguna de Mayrán y Laguna de Viesca son respectivamente 295.8, 243.1 y 293.9 mm. Sin embargo, para tener una mejor idea del temporal, conviene considerar las precipitaciones que caen en las unidades productivas y no la precipitación de toda la subcuenca.

En la Figura 4 se puede observar que en las subcuencas de Mayrán y de Viesca los cultivos de temporal reciben precipitaciones superiores al promedio. Pese a la aridez en estas zonas, los productores aprovechan mejor la escasa humedad. Esto explica que el temporal se encuentra

principalmente en la periferia de estas subcuencas, que son las partes más elevadas. Lo contrario se observa para la subcuenca Bolsón de Mapimí, donde es difícil para el productor aprovechar las zonas más húmedas porque las características fisiográficas y edafológicas lo impiden; las parcelas se ubican al pie de los cerros donde es más fácil aprovechar los escurrimientos superficiales.

Relación del temporal con los factores físicos.

En la Figura 4 puede observarse que el **factor precipitación** determina la presencia o no de superficie de temporal, apreciándose que la mayor proporción de temporal corresponde a las áreas de mayor precipitación.

Un análisis más profundo de las subcuencas de la parte alta conduce a la definición de dos subconjuntos, los que se muestran en la Figura 5, que presenta la proporción del temporal según la superficie de cada subcuenca:

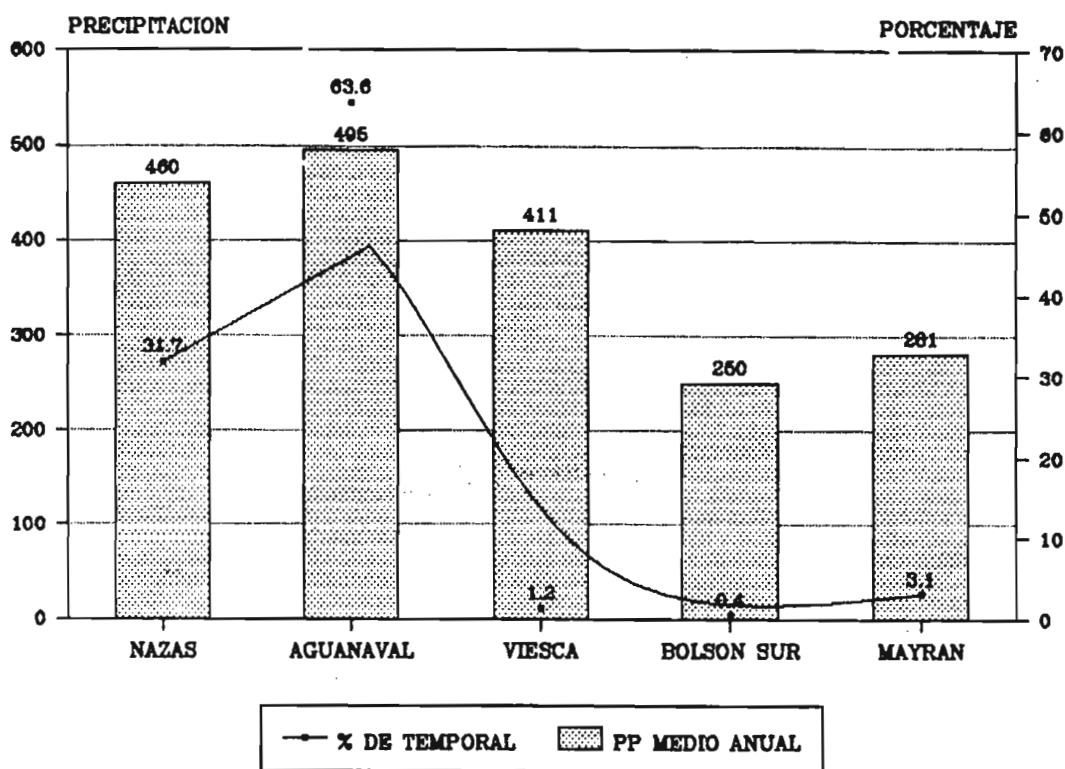


Figura 4

Distribución de los cultivos de temporal por rango de precipitaciones anuales en diferentes unidades de la RH 36.

- El primer grupo está constituido por la cuenca del Aguanaval. Se caracteriza por una fuerte proporción de temporal: del 12.7 por ciento en La Flor de Jimulco, hasta el 32.2 por ciento en San Francisco.
- El segundo grupo está formado por la cuenca del Nazas, cuyo porcentaje de temporal varía entre el 0.9 por ciento (Cañón de Fernández) hasta el 11.5 por ciento (Agustín Melgar).
- En la parte baja se aprecia que corresponde un 2.4 por ciento de temporal.

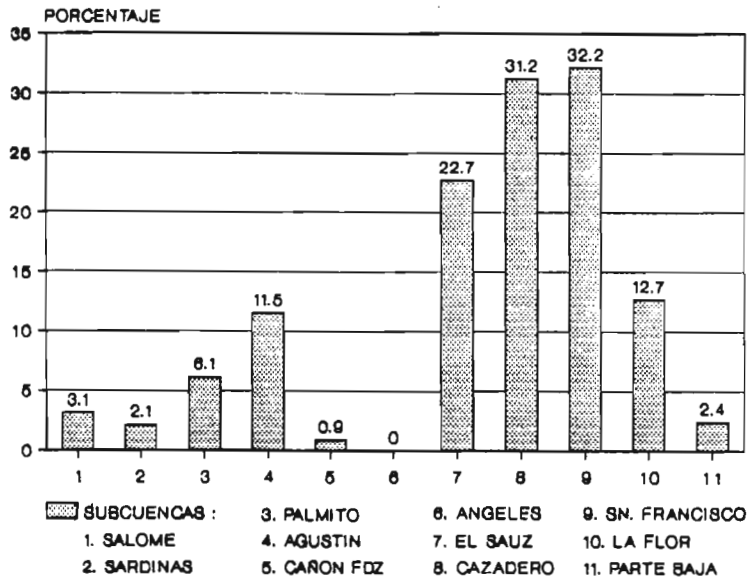


Figura 5

Repartición de los cultivos de temporal en las diferentes subcuencas.

Las cuencas Nazas y Aguanaval se destacan claramente por sus regímenes pluviométricos húmedos debido a que la mayoría del temporal recibe más de 300 mm. Al contrario, Bolsón de Mapimí (Sur) es más seco ya que la totalidad del área de temporal recibe menos de 300 mm precipitaciones pluviales, en promedio.

Para la subcuenca de Mayrán, pese a que los rangos de precipitación son muy variados, los cultivos de temporal se ubican en un ambiente seco, ya que el 90 por ciento de las superficies recibe menos de 400 mm. La subcuenca de Viesca es diferente por la diversidad de sus rangos de precipitación, que van de los 200 a los 600 mm.

Con relación a la temperatura, la clasificación del temporal es similar a la precedente: las zonas de temporal en las cuencas del Nazas y del Aguanaval están sometidas a temperaturas entre 14 y 16 grados centígrados, mientras que el 100 por ciento del temporal de la subcuenca Bolsón de Mapimí y gran parte de de Mayrán tienen más de 20° C. Igualmente, la subcuenca Viesca está sometida a una gran variedad de temperaturas: de 12 a 22 grados centígrados .

Las zonas de temporal de las cuencas del Nazas y del Aguanaval reciben la mayor parte de las precipitaciones anuales superiores a 400 mm. Sin tomar en cuenta el problema de la irregularidad de la distribución temporal de las lluvias, se considera que una cosecha está asegurada a partir de 400 mm por año. Resulta así que en los valles de Zacatecas y Durango, es donde la probabilidad de una cosecha regular es la más alta, ya que el 80 por ciento de la precipitación ocurre entre los meses de junio a septiembre (SARH-INIA, 1982).

En la parte alta donde las temperaturas medias anuales son las más bajas, la evapotranspiración y por tanto, el déficit hídrico son los más bajos y la permanencia de la humedad en el suelo es también la más larga.

Las subcuencas de Bolsón, Mayrán y Viesca están sometidas a un régimen pluviométrico más seco, y a temperaturas medias anuales más altas, por lo que la evapotranspiración y el déficit hídrico resultan elevados y en consecuencia, el número de meses húmedos por año sea bajo, lo que se traduce en que la seguridad de las cosechas se garantice recurriendo al riego.

El tercer factor físico a considerar es la **fisiografía**. Al igual que las condiciones climáticas, el relieve también es un factor explicativo importante en la distribución espacial de las áreas temporaleras.

Las partes de bajadas, llanuras y valles son las formaciones fisiográficas aptas para la agricultura. La cuenca del Nazas tiene un porcentaje de llanuras y valles más importante que la del Aguanaval, sin embargo, la superficie de bajadas con pendientes débiles es mayor para la cuenca Aguanaval, cuyas subcuencas ofrecen buenas condiciones para la agricultura por las precipitaciones satisfactorias y por la calidad de las tierras (suelos rojos y oscuros, medios o profundos y fértiles), por ello la cuenca Aguanaval tiene mayor importancia desde el punto de vista de producción agrícola.

Sistemas de producción temporaleros.

Existen 3 tipos de sistemas de producción temporaleros en la Región, que se diferencian según el nivel tecnológico y de utilización de insumos modernos y de acuerdo al destino de la producción obtenida.

- El primero corresponde a la **agricultura de subsistencia**, que tiene las siguientes características:

Son unidades de producción pequeñas (máximo de 5 ha), aisladas, diseminadas en el campo, donde las actividades de cultivo se realizan a base de tracción animal. El uso de semillas mejoradas y agroquímicos es nulo, pues la capacidad económica y cultural no les permite adquirirlos. Normalmente se seleccionan las mejores semillas criollas obtenidas en el ciclo anterior para la siembra en un ciclo determinado.

La economía está basada en la producción de maíz y/o frijol, aún cuando las condiciones climáticas permitan el desarrollo de otros cultivos. La desconfianza de los productores es un obstáculo a otras alternativas; su principal preocupación no es diversificar la producción sino asegurarla ya que dependen de ésta para subsistir.

Destinan su producción al consumo familiar; la mayoría de lo que consumen se produce localmente, el resto lo obtienen de miembros de su familia que trabajan fuera de ahí, normalmente en las ciudades.

El ganado y aves de corral que poseen es la forma que asume el ahorro, mas que tratarse de una ganadería para el mercado.

- Un segundo tipo de sistemas de producción es el sistema de **subsistencia intermedio**. Las características de este tipo de agricultura son las mismas que las precedentes, lo que difiere es el destino de la producción. Pese a que el objetivo es la subsistencia de la familia, los excedentes de producción se comercializan con intermediarios y locales comerciales o bien a la Compañía Nacional de Subsistencias Populares, CONASUPO, si las cantidades son suficientes.

Parte de los ingresos obtenidos, permite en algunos casos la compra de insumos o bien la renta de equipo de trabajo. El ganado tiene aquí también un papel de ahorro. Con frecuencia esta agricultura es la de los pequeños propietarios.

- El tercer tipo es **empresarial o de capitalización**, su nivel tecnológico, así como las superficies destinadas por unidad de producción son mayores que en los anteriores y el destino de la producción es el mercado más que el autoconsumo.

El uso de semillas mejoradas y agroquímicos es común y la utilización de energía mecánica es generalizado mediante el tractor y los implementos agrícolas como la rastra, el arado, sembradoras, equipo para combate de plagas y enfermedades, cosechadoras y otros. La ganadería que poseen estas unidades productivas es también destinada al mercado.

Las condiciones ambientales de la Región, a diferencia del temporal del Trópico húmedo en el Sur del País, no permiten una amplia diversificación de cultivos a lo largo del año, la agricultura de temporal se basa principalmente en los cultivos de maíz y frijol, y sólo en partes muy localizadas se realizan cultivos de humedad como la avena y el trigo, y algunos otros de menor importancia (Cuadro 1).

Cuadro 1
Principales tipos de
cultivos de temporal
en la RH 36.

Cultivos	Superficie	
	hectáreas	%
Maíz	99,741	47.7
Frijol	73,094	34.9
Otros Cultivos:	36,436	17.4
algodón	3,763	1.8
avena de grano	8,601	4.1
avena forrajera	3	-
cártamo	3,573	1.7
cebada forrajera	634	0.3
trigo	6,228	3.0
maíz forrajero	326	0.1
sorgo grano	3,919	1.9
sorgo forrajero	153	-
sorgo escobero	38	-
maíz intercalado	5,221	2.5
frijol intercalado	4,077	1.9
Total	209,271	100

Manejo de los cultivos temporaleros.

Con relación a los cultivos de temporal, los comprendidos de junio a septiembre son el frijol y el maíz, que ocupan el 82.6 por ciento del total de la superficie cultivada en la Región. A continuación se describen las labores culturales que normalmente se realizan a estos dos cultivos principales

Frijol. Para 1970 ocupó el 35 por ciento de la agricultura de temporal, con rendimientos que variaron de 400 kilos a 1.8 toneladas por hectárea, según la variedad y el grado tecnológico utilizado en el cultivo. Debido a que requieren de temperaturas más frescas que calientes, se cultiva más en la parte sur de la RH 36, que corresponde al inicio del altiplano potosino, así como sobre los piemontes de la Sierra Madre Occidental (Oeste de la RH 36).

La preparación de la tierra para la captación de humedad normalmente ocurre antes del inicio de la época de lluvias, esto es, antes del mes de junio, lo que se logra con un barbecho profundo, que se hace con tractor o con energía animal y humana, dependiendo de la capacidad económica del productor.

Las fechas límite para sembrar el cultivo son al 20 de julio en variedades precoces, después de esta fecha se corre el riesgo de perder el cultivo por heladas tempranas (ocurren a fines de septiembre o principios de octubre).

Para controlar las malezas, comunmente se dan dos escardas o cultivos, que al igual que el barbecho pueden ser con tractor o con animales de tiro; el primer cultivo se da a los 30 días de la siembra y el segundo a los 25 ó 30 días después de dado el primero.

Alcanzada la madurez fisiológica del grano, en las unidades de producción que poseen maquinaria y las condiciones del terreno lo permiten se dá un paso de cuchilla para aflojar el suelo y ello permita la cosecha fácil del cultivo. Colectada la planta con el grano, se amon-tona y se trilla para obtener finalmente el grano. El follaje que queda de la planta de frijol seca es utilizado como forraje para el ganado de trabajo.

Maíz. Al igual que el frijol, el maíz es parte importante de la alimentación mexicana, sin embargo, es utilizado también en la alimentación animal. En la RH 36, para 1970 éste cultivo ocupó el 47.7 por ciento de la superficie total sembrada en temporal.

Su distribución en la Región es similar a la del frijol, se encuentra principalmente, a partir del municipio de Cuencamé hacia el Sur, así como sobre los piemontes de la Sierra Madre Occidental (en el municipio de Tepehuanes). Los rendimientos varían entre 0.4 y dos toneladas por hectárea. Las labores culturales del maíz que a continuación se describen son similares a las del frijol.

La preparación del terreno para captar humedad que permita la siembra se realiza antes de que ocurran las primeras lluvias. Sólo variedades precoces de este cultivo tienen la posibilidad de ampliar el período de siembra hasta el 15 de junio, a partir de ahí se corre el riesgo que el cultivo sea afectado por heladas tempranas. El ciclo de producción de éste cultivo es de cuatro meses y no de tres como el frijol.

En las partes más húmedas de la Región (cuenca alta del Nazas), donde las condiciones de suelo lo permiten, después de cosechado el frijol o el maíz, lo que ocurre a fines de septiembre y principios de octubre, con la humedad residual en el suelo siembran cultivos de invierno como el trigo, la avena y la cebada, los que con las precipitaciones que ocurren de octubre a diciembre logran cosecharse en los meses de diciembre a enero.

Manejo de cultivo de temporal con captación de agua.

La agricultura de temporal mejorada o de medio riego, ya sea de maíz o de frijol, aprovecha los escurrimientos superficiales de dos formas:

- a) mediante la construcción de bordos de retención en las parcelas con pendiente perpendiculares a ésta, lo que permite la contención de los escurrimientos y la infiltración de agua, logrando con ello mejores cosechas. Existen casos donde la ubicación de los bordos no es la adecuada y lejos de ayudar a la captación de agua se convierten en lugar de albergue a roedores y serpientes, ocupando al mismo tiempo espacio que pudiera ser utilizado para aumentar la superficie sembrada.
- b) a través de la desviación de arroyos ubicados al lado de parcelas, mediante obras de contención, lo que permite al mismo tiempo aprovechar la materia orgánica arrastrada por la creciente.

Asimismo, los productores más innovadores, cuando no tienen posibilidad de las alternativas de captación descritas, hacen pequeños pozos al pie de cada planta para captar mayor cantidad de agua.

Al momento de ocurrencia de una lluvia es común ver a los productores en sus parcelas, guiando el agua a donde están sus cultivos y cuidando de su utilización, realizan captación de lluvia en su unidad de producción, de lo que depende que obtengan la producción suficiente para cubrir sus necesidades alimenticias.

Respecto al control de maleza, los productores que no pueden recurrir a métodos químicos, lo hacen manualmente, auxiliándose de un azadón, o bien recurren a la energía de tracción animal para escardar la tierra, lo que permite mantener limpio el cultivo y al mismo tiempo tener preparado el suelo para almacenar la mayor cantidad de agua al momento de ocurrir una lluvia.

Finalmente, cuando se hace la cosecha, se deja a raz de tierra parte del tallo de la planta, la cual se incorpora al suelo como materia orgánica al momento del barbecho que se realiza para recibir el nuevo período de lluvias.

Conclusión.

De acuerdo a la descripción de la agricultura de temporal presentada, los comentarios que pueden hacerse a manera de conclusión son los siguientes:

A nivel de distribución del temporal en la RH 36, se advierte que éste se concentra en la parte alta, integradas por las cuencas Nazas y Aguanaval. La parte baja posee solo el 4.7 por ciento del total.

Las partes alta y media de las cuencas Nazas y Aguanaval poseen buen temporal que se concentra en los cultivos de maíz y frijol. La cuenca del Aguanaval tiene dos veces más superficie agrícola que la del Nazas debido a que las condiciones de relieve de ésta última, pese a disponer mayores volúmenes de precipitación, no lo permiten.

La parte baja de la RH 36, aunque con gran disponibilidad de valles, llanuras y buenos suelos agrícolas profundos, carece de agricultura de temporal pues la escasa precipitación aunado a condiciones de temperatura elevadas no lo permiten, solo en algunas partes más húmedas.

Dentro de los sistemas de producción temporaleros, descritos para la Región, el de subsistencia se localiza más en las partes de relieve alejadas de centros de población importantes; el de subsistencia intermedia y el de capitalización se encuentran más en las partes de bajadas, llanuras y valles, donde las concentraciones humanas son mayores como producto del desarrollo agrícola.

Referencias.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), (1990). Guías para la interpretación de Cartografía Uso del Suelo, Edafología, Uso Potencial del Suelo, 2da. reimpresión, México.

SARH-INIA-CIANOC, (1982). Resúmenes de Investigación sobre el frijol. Publicación No. 8. Calera de Victor Rosales, Zacatecas, México.

SIC (Secretaría de Industria y Comercio), Dirección General de Estadística, (1971). V Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal 1970 para los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas. México, D.F.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, (1981). Carta de Uso Potencial Agricultura, Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Carta Edafológica, escala 1:1'000000 para Chihuahua, Guadalajara y Monterrey, México, D.F.

VERHULST Y., (1992). Las perspectivas de la agricultura en zonas áridas, un ejemplo en los municipios de San Juan de Guadalupe y Simón Bolívar, Dgo. México. P.A.I.R.-U.N.A.M. (Mimeo).

VOISIN O., (1992). Informes de algunos encuentros (SARH, Bermejillo - Delegación Estatal de Durango - Y. VERHULST - Th. LINCK). Proyecto CENID-RASPA y ORSTOM. Gómez Palacio, Dgo. p 10.



MANEJO GANADERO EN RELACION CON EL RECURSO AGUA

Henri BARRAL (1)
Ignacio ORONA CASTILLO (2)
Eva ANAYA (3)

Introducción.

La Región Hidrológica 36, se caracteriza por tener un gradiente pluviométrico de menos de 200 mm hasta 800 mm, o sea 7 bandas pluviométricas con 100 mm de diferencia cada una, coincidiendo la de menor precipitación con la zona de la Laguna de Mayrán (San Pedro de las Colonias 1,100 msnm, 174.4 mm de precipitación anual) y la de mayor precipitación con la Sierra Madre Occidental por encima de los 3,000 msnm. Dado que no existen poblaciones ni asentamientos humanos numéricamente significativos en esta última banda pluviométrica, debido a las condiciones orográficas, se definió como límite superior, para la caracterización de la ganadería en la RH 36, a la isoyeta promedio anual de los 700 mm, misma que coincide con la curva de nivel de los 2,500 msnm.

Para caracterizar la ganadería en la RH 36 se desarrollaron a nivel de banda pluviométrica dos breves estudios de caso de Unidades de Producción Ganadera (UPG), uno en un predio ejidal y otro en una pequeña propiedad, empezando con la de menos de 200 mm de precipitación promedio anual, siguiendo con la de 200 a 300 mm, la de 300 a 400 mm, y así sucesivamente hasta la banda de los 600 a 700 mm (11 UPG), (Figura 1). En cada caso se entrevistó a los comisariados ejidales, administradores o propietarios de los ranchos, quienes eran los mejor informados sobre los aspectos productivos. Cabe precisar que no se pretendió realizar una encuesta por muestreo estadísticamente representativa, sino que a través de un pequeño número de UPG elegidas al azar dentro de cada banda pluviométrica, se pretendió un acercamiento sobre las limitaciones existentes en cuanto (a recursos forrajeros) y conocer las posibilidades de abrevamiento para el ganado.

Finalmente es importante mencionar que esta encuesta se llevó a cabo a fines de febrero y principios de marzo de 1993, es decir, en temporada seca y después de un año de marcado déficit pluviométrico.

(1) *Investigador de ORSTOM en México.*

(2) *Investigador de CENID-RASPA, INIFAP, Gómez Palacio, Dgo.*

(3) *Tesista FAZ, UJED en ORSTOM.*

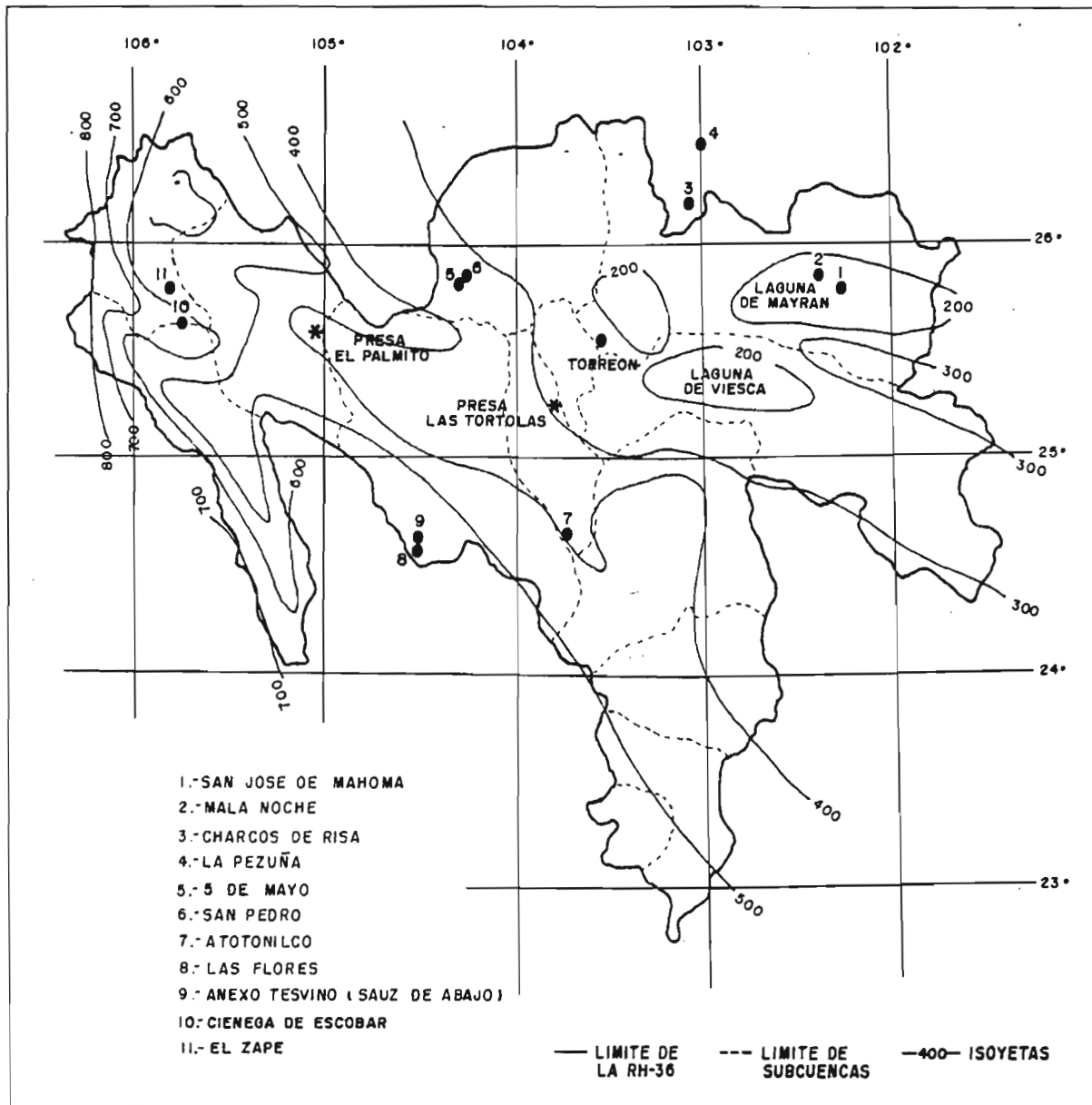


Figura 1

Situación geográfica de los puntos estudiados para la caracterización ganadera en función del recurso agua.

Resultados.

Banda pluviométrica menor de 200 mm de precipitación anual.

Esta banda coincide con el área de la Laguna de Mayrán, y con una parte del área periurbana de Torreón, al norte y noreste de dicha ciudad (entre Torreón y Francisco I. Madero).

- **El ejido San José de Mahoma** fundado en 1974, pertenece al municipio de Parras de la Fuente, Coahuila; su extensión es de 1,720 ha, de las que aproximadamente 100 ha se ubican en la loma conocida con el nombre de Mahoma; el resto se localiza en terrenos de tipo aluviones con una topografía totalmente plana. El ejido se integra por 24 ejidatarios registrados, de los cuales 18 residen permanentemente ahí.

La agricultura, exclusivamente de riego, ocupa 120 ha en las que se siembran sobre todo forrajes (avena y alfalfa) y ocasionalmente sandía. Las 1,660 ha restantes están destinadas a la ganadería extensiva de caprinos (200 cabezas) y de bovinos (30 cabezas).

Si se considera que una cabra lactante consume diariamente el 30 por ciento del peso de materia seca, que corresponde al consumo de una vaca de 350 kg, se puede calcular que 200 cabras equivalen a 60 vacas. De esta manera el total de Unidades de Bovinos (UB) es de 90. Así mismo, se puede estimar la carga soportada por los agostaderos del ejido en 1,600: 90, o sea 17.7 ha por unidad de bovino al año, lo que no parece corresponder a una situación de sobrepastoreo.

Las cabras en cambio, tienen que ser cuidadas y encerradas cada noche en sus respectivos corrales para protegerlas de los coyotes. Durante el día, el cuidado del ganado caprino se realiza por turnos de cada ejidatario diariamente, quienes las llevan a pastorear dentro de un radio no mayor a los 4 km.

Pese a la baja densidad del ganado con respecto a la superficie de agostaderos, durante todo el año se da a las cabras suplemento alimenticio en forma de forraje verde cultivado. En tanto, los bovinos se sostienen únicamente con la vegetación natural. Esta diferencia de cuidado del ganado se debe a que la venta de leche de cabra representa la mayor fuente de ingresos para los ejidatarios, lo que explica el hecho de que exista un mejor cuidado del ganado caprino en relación con el vacuno. El principal comprador de la leche de cabra es la empresa Chilchota, quien elabora quesos y cajetas con ella.

Los bovinos, son animales “revueltos” o sea de ninguna raza pura, la ganadería es de carne a través de la venta de becerros.

Abrevamiento: las cabras abreven tres veces al día en las acequias de riego, en cambio, a las vacas se les acarrea agua cada 3 o 4 días hasta la loma de Mahoma, ésto es aproximadamente cinco km. En este caso, el agua la llevan en una “pipa” y la vierten en bebederos móviles. Vale subrayar aquí que la baja pluviometría de esta zona, aunada a la topografía plana, no permite el abrevamiento en charcos o arroyos de temporal durante la estación lluviosa. Tampoco, los tanques de terracería almacenan agua por más de 15 días, por ello, los pocos que existen no tienen ningún papel significativo para el abrevamiento del ganado.

En resumen, la superficie de este ejido y la baja densidad de ganado que allí existe, aunadas a la posibilidad de realizar cultivos forrajeros y sobre todo a la existencia de un pozo profundo permanente con un eficiente sistema de bombeo, hacen que aparentemente exista una situación de relativo equilibrio con respecto a los recursos vegetación y agua. En efecto, no se mencionan problemas de mortandad en el ganado que pudieran estar relacionados con la malnutrición, ni tampoco pérdidas importantes de peso en temporada seca.

- *El ejido Mala Noche* pertenece al municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila y tiene una extensión de 46 000 ha, de las cuales en la mayor parte existe una topografía accidentada. Teóricamente existen 56 ejidatarios, pero realmente habitan 36 en la zona. Hay 50 ha de cultivos de temporal en las que se siembra maíz y frijol en cuanto llueve, ya que las posibilidades de riego son nulas. La recolección de candelilla para cera es otra actividad a la que se dedican los habitantes de este ejido, no obstante, la ganadería es su principal fuente de ingresos.

Existen aproximadamente 500 cabezas de ganado bovino, 121 de caprino, 130 caballos y 80 burros. Si se considera que 121 cabras equivalen aproximadamente a 36 UB, 130 caballos a 156 UB (1 caballo = 1.20 UB) y 80 burros a 32 UB (1 burro = 0.4 UB), el total teórico de bovinos o su equivalente en la zona sería de 724 UB, o sea 1 UB por cada 63.4 ha de agostaderos.

El ganado vacuno normalmente se encuentra en los cerros, donde hay mayor tranquilidad y abundancia de pastos; sin embargo debido a ello el ganado se vuelve "matrero". Para evitar lo anterior, dentro del ejido se ha cercado una "pasta" de un perímetro de 6 km, con el objeto de encerrar ahí al ganado que se ha vuelto "matrero" y poder así amansarlos. Con la excepción de unas 93 cabezas, que pertenecen a una misma persona, el ganado anda sin ser cuidado, hasta una distancia de 23 km del caserío.

La ganadería de bovinos que se practica en este ejido, es de carne tendiente a la producción de becerros que posteriormente son vendidos en San Pedro de las Colonias, Coahuila. La ganadería caprina es para la producción de leche y la equina para uso local y para su venta.

El ejido cuenta con **2 tipos de recursos hídricos**: presónes y pozos profundos. De los primeros hay cuatro, de los que el mas antiguo fue construido en 1910 por Francisco I. Madero, tiene una longitud de 500 m y está asentado entre 2 lomas de las que marcan el límite Noreste de la laguna de Mayrán. Por su situación geográfica, el sitio parece ideal para la construcción de una obra de este tipo, desafortunadamente hoy en día ésta se encuentra completamente ensolvada y de acuerdo con lo lugareños ha dejado de ser funcional desde hace 10 años. De hecho, actualmente el presón que abastece de agua a la población y al ganado del ejido es un clásico "bordo" de tierra dentro del mismo cauce del arroyo y a escasa distancia del caserío de Mala Noche (1 km). Según los lugareños este presón no se seca nunca, se llena cada año, incluyendo los años de déficit pluviométrico. Aparte de éstos, existe también un tanque que contiene agua hasta el mes de abril y un presón al pie de la sierra que conserva el agua 2 ó 3 meses después de la temporada de lluvias, o sea hasta noviembre o diciembre.

Existen dos pozos o norias, a una profundidad de 80 m. El agua es "un poco gruesa" o salada lo que lleva a la población a consumir el agua del presón, pese a su alto grado de contaminación por el ganado.

El abrevamiento de las cabras es cotidiano, ya que no se alejan mucho del pueblo ni del presón. En tanto que las vacas en su mayoría "tercean" durante gran parte de la estación seca, es decir que beben un día de cada dos. En cambio, a otros hatos se les lleva agua hasta la sierra, usando para ello bebederos portátiles durante la estación seca.

En conclusión, se puede suponer que dado la baja presión a la que están sometidos los agostaderos permiten el sustento satisfactorio del hato ganadero, pese a que durante la segunda mitad de la estación seca (a partir de abril) el gando recorre grandes distancias para abrevar. Muy probablemente en los días de abrevamiento estas distancias superan los 20 km de ida y de regreso entre las áreas de pastoreo y el presón.

Finalmente, vale subrayar que la única causa de mortalidad mencionada, que se pueda relacionar directamente con unas deficientes condiciones de abrevamiento al fin de de la estación seca es el "atascamiento" de las vacas, lo que significa que cuando baja significativamente el nivel de agua, se hunden en el lodo, propiciando su muerte por agotamiento o por "stress".

Banda pluviométrica de 200 a 300 mm de precipitación anual.

En esta banda se llevaron a cabo las encuestas en el ejido Charcos de Riza y en el rancho La Pezuña, situados respectivamente y en línea recta a 80 y 115 km al norte-noreste de Gómez Palacio, en una gran depresión aparentemente tectónica, limitada al Oeste por la sierra de Tlahualilo y al Este por la sierra de Las Delicias y por la sierra de Los Remedios (Figura 1).

- **El ejido Charcos de Riza** pertenece al municipio de Francisco I. Madero Coahuila; tiene una extensión de 36 000 ha con 70 por ciento de superficie en llanos de tipo "bajadas inferiores" y "playas" con sustrato calcáreo, y 30 por ciento de cerros y lomas calcáreas. Hay 60 ejidatarios registrados pero sólo 43 son residentes permanentes.

De las 36,000 ha del ejido, 200 están destinadas a la agricultura de riego y de ellas sólo 60 se usan cada año. Se produce únicamente maíz y avena para su venta. La principal actividad de este ejido es la recolección de la cera de candelilla, siendo esta especie todavía abundante en el área. En tanto, la ganadería es una actividad secundaria para los habitantes del ejido.

Existen 143 cabezas de bovinos, siendo esta ganadería de doble propósito (leche y carne). Existen además entre 500 y 600 cabras criadas para la producción de leche y para la venta de cabritos. El número de caballos es de 60 y el de burros de 150 a 200. Una buena parte de los burros se ha vuelto "ladino" o "bronco", es decir que han regresado a un estado semi-salvaje, volviéndose muy difíciles para capturar. En caso de capturarlos son vendidos al rastro, ya que su carne es aprovechada para la fabricación de chorizo. En total se puede estimar que los agostaderos del ejido soportan 475 UB, o sea una carga insignificante de 1 UB/75.4 ha.

Como en todas las partes bajas del Bolsón de Mapimí, la principal especie forrajera que ahí se encuentra es la "sabaneta" (*Hilaria mútica*) y en los cerros el principal forraje lo constituyen los nopales.

Al igual que en los casos anteriores se pudo observar que el ganado vacuno es una mezcla de ganado criollo con Cebú y últimamente con Beefmaster y Charolais, pero hay que señalar que

equivocadamente en este ejido también se introdujo ganado de raza Holstein. Este ganado, es ante todo buen productor de leche y no está adaptado a una ganadería de tipo extensivo en zonas desérticas. De hecho, las vacas de sangre Holstein son las que más padecen la sequía ya que no pueden alejarse más de 7 u 8 km del aguaje, lo que es insuficiente para que lleguen a los pastizales de sabaneta. En cambio, las otras vacas pueden beber solamente un día de cada 3 en temporada fresca, lo que les permite el acceso a las zonas de pastizales más lejanos.

El ejido cuenta con **tres tipos de recursos hídricos**: Pozos profundos, presones y fosas. Los pozos o norias para riego, cuyas dimensiones son de ocho pulgadas de diámetro y 105 m de profundidad son dos; uno de agua salada y el otro de agua dulce. Este último es el que se usa para consumo humano.

Los presones son tres y están ubicados en el lecho de un arroyo vecino. Uno de ellos conserva agua permanentemente y los otros dos sólo durante siete meses en promedio.

Finalmente, existen varias fosas de dos a tres metros de profundidad y de 10 m de diámetro, cavadas en el mismo cauce del arroyo para que de esta forma se pueda llegar al manto freático. Este tipo de agujajes se encuentra también en otras áreas áridas del mundo, especialmente en Africa. En el caso del ejido Charcos de Riza, estas fosas son aparentemente muy antiguas y actualmente poco utilizadas. Probablemente son las que dieron el nombre a esta zona. Debido a que estos charcos presentan agudas pendientes en sus paredes, ésto plantea un problema para el abrevamiento de vacunos, de ahí que aparentemente estos charcos sólo sean usados por las cabras.

Se ha señalado ya que las vacas -con la excepción de las cruzadas de Holstein- generalmente "tercean", en cambio las cabras suelen abrevar dos veces al día, y tanto las vacas cruzadas con Holstein como las cabras son utilizadas para la producción de leche. La empresa Chilchota es quien compra este producto.

La baja carga de animales hace que ni el pasto ni el agua representen fuertes factores limitantes para la ganadería de este ejido, con la excepción de las vacas de raza Holstein que incluso mueren de desnutrición por su incapacidad de caminar hasta las áreas de pastizales de sabaneta.

- **El rancho La Pezuña** pertenece también al municipio de Francisco I. Madero, Coahuila y alguna vez formó parte de la famosa hacienda de Acatita. Tiene una superficie de 18,000 ha y siempre se ha dedicado exclusivamente a la ganadería. Su topografía presenta una toposecuencia completa con dirección este-oeste, desde el pie de la sierra de Los Remedios hasta el pie de la sierra de Tlahualilo, incluyendo una parte de una zona de dunas movedizas que tiene una extensión de más de 10 km de Norte a Sur y de 2 a 3 km del Este al Oeste. Esta situación conlleva, dentro de los límites del mismo rancho, a la presencia de laderas y bajadas superiores con material volcánico de textura gruesa, luego de bajadas inferiores, con material más fino y finalmente "playas", vegas y arenales con materiales coluviales de textura fina; particularmente en la zona de dunas. Sin embargo, la mayor parte de la superficie del rancho corresponde a la zona de playas y vegas.

Dado que el propietario actual está apenas reiniciando la actividad ganadera, en la actualidad sólo existen en el rancho 70 vacas y 70 equinos. Las vacas son de raza Hereford y Charolais, mientras que la mayor parte de las yeguas son de raza "cuarto de milla", ya que el propietario está contemplando la posibilidad de dedicarse en el futuro a la cría de esta raza de caballos.

Si en la actualidad la carga soportada por los agostaderos del rancho parece insignificante, siendo de 1UB/117 ha al año, probablemente en el pasado hubo cargas mucho mayores. Existen grandes extensiones donde la especie dominante es la “gobernadora” (*Larrea tridentata*), lo que muestra un paisaje monoespecífico que podría ser la consecuencia de un sobrepastoreo antiguo, sobre todo en el caso de que hayan existido grandes cantidades de equinos en los siglos pasados, como probablemente haya sido el caso en la hacienda de Acatita.

La presencia de dunas movedizas, que incluso han provocado la destrucción de cercos de alambres de púa (cuyos postes han quedado medio sumergidos en la arena), puede también estar relacionada con la presencia de grandes cantidades de ganado bovino o equino en los siglos pasados. El ganado en este caso no fué el responsable de las acumulaciones de arena, pero pudo contribuir a desestabilizarlas mediante el efecto mecánico del pisoteo y a través de la destrucción de la vegetación.

Actualmente los recursos forrajeros del rancho parecen ampliamente suficientes para asegurar el sustento del escaso ganado presente, sobre todo por la presencia de grandes extensiones de pasto de sabaneta en las playas y vegas, y de zacate colorado (*Heteropogon contortus*) en las bajadas inferiores.

En este caso existen **tres tipos de abastecimiento hídrico**: Por manantial, presónes y charcos. El principal aguaje es un manantial que brota de la ladera de la sierra de Los Remedios, al pie de la cual está asentado el casco del rancho. Este manantial es permanente y el agua es almacenada en un estanque permanente a pequeña distancia del casco del rancho. Después hay un presón en la vega que conserva agua todo el año, con la excepción tal vez de los años de sequía muy marcada. Finalmente cabe mencionar que en temporada de lluvias se forman varios charcos naturales a los que les dura el agua 2 ó 3 meses después del fin de dicha temporada. Por lo general el ganado abreva todos los días, con excepción de la temporada fresca que es cuando “tercean”.

Este rancho, a pesar de la escasa pluviometría de la zona, tiene la ventaja invaluable de disponer de un manantial de agua permanente y, por su topografía, de tener una gran diversidad de formaciones vegetales que lógicamente permiten un aprovechamiento racional del recurso forrajero, de acuerdo con las variaciones estacionales de dicho recurso.

Banda pluviométrica de 300 a 400 mm de precipitación anual.

Esta banda abarca la zona de sierras y mesetas que delimitan al Oeste al Bolsón de Mapimí. Se puede decir que son zonas de transición entre la zona de cuencas endorreicas que caracterizan el Bolsón de Mapimí y los llanos más altos, y son las primeras estribaciones anunciadoras de la Sierra Madre Occidental. De hecho, la isoyeta de los 300 mm parece coincidir con las primeras curvas de nivel de 1,500 m snm al Oeste del Bolsón de Mapimí.

Dentro de esta banda pluviométrica se hicieron entrevistas en el ejido 5 de mayo y en el rancho San Pedro, situados en el camino de terracería que une San Pedro del Gallo con la carretera Bermejillo-Mapimí-La Zarca.

- **El ejido "5 de mayo "** pertenece al municipio de San Pedro del Gallo Durango y fué fundado en 1936. Anteriormente este predio perteneció a la hacienda de San Pedro del Gallo, que fué una de las más antiguas del Norte de México. Este ejido tiene una extensión de 7,015 ha y presenta una topografía bastante accidentada, con cerros de origen volcánico y hondonadas. Se puede estimar en 50 por ciento el área con lomeríos y en 50 por ciento con superficies llanas, con material volcánico de textura gruesa en los cerros y de textura fina en los bajíos. Son 56 los ejidatarios registrados y 35 los que están presentes.

De las 7,015 ha, 400 están destinadas a la agricultura y 6,615 a la ganadería. La agricultura es de riego y se siembra maíz y frijol para la venta.

La ganadería es de bovinos para producción de carne. Los 250 bovinos que existen pertenecen a 20 ejidatarios. El ganado aquí, al igual que en otros ejidos, presenta una mezcla de sangres en las que se pueden reconocer la Hereford, Cebú Brahaman, Holstein y últimamente Charolais. Además del ganado vacuno, existen 30 caballos, 40 mulas para el arado, 20 burros y 20 cabras, o sea un total de 100 UB. En estas condiciones, la carga soportada anualmente por los agostaderos es teóricamente de 6,615: 350, o sea 1 UB por cada 18.9 ha.

Pese a la diversidad forrajera existente, el pasto generalmente es insuficiente para el ganado y de acuerdo con las precipitaciones, dura hasta marzo-abril, o hasta mayo-junio, de tal modo que es necesario proporcionarles suplemento forrajero, como por ejemplo la paja de frijol. También, después de la cosecha del maíz, el ganado es llevado a los sembradíos para que consuma las hojas secas y los tallos.

Se puede decir que el sistema de producción es mixto, donde se procura asociar la agricultura y la ganadería. Desde 1975, este ejido se ha beneficiado en recurso agua de una presa con capacidad de almacenar 4' 000,000 m³ de agua, con el fin de irrigar 240 ha. Además existe un manantial con agua permanente que forma un arroyo que atraviesa el ejido y 2 presones que normalmente tienen agua hasta febrero o marzo. Vale mencionar también la presencia, en el caserío, de un pozo para abastecimiento de agua a la población humana.

En conclusión, en este caso el agua no es un factor limitante para la ganadería, puesto que ahí las vacas nunca recorren más de 3 km entre las áreas de pastoreo y los lugares de abrevamiento. Sin embargo, a pesar de que el agua está cerca, la mayor parte del año el ganado bebe agua un día de cada dos.

Actualmente, el problema de la ganadería en este ejido parece ser mas bien sanitario, puesto que nuestro informante mencionó una serie de síntomas en las vacas que murieron desde el principio de este año, evocando el "mal de paleta" o "carbón sintomático".

- **El rancho San Pedro** pertenece también al municipio de San Pedro del Gallo, Durango, tiene una extensión de 2,000 ha y probablemente estos terrenos alguna vez formaron también parte de la hacienda de San Pedro del Gallo.

Las condiciones geológicas y topográficas son muy semejantes a las del ejido 5 de Mayo, con 75 por ciento de lomeríos y 25 por ciento de bajíos. El rancho está totalmente cercado y no tiene divisiones internas. La ganadería es la única actividad a la que se dedican los propietarios del rancho.

En la actualidad (Febrero de 1993) existen en el rancho 200 cabezas de ganado vacuno, de las que 100 son vacas y 100 becerros comprados y traídos para engorda desde varios lugares (El Palmito, Santiago Papasquiario, etc.). Las vacas del rancho son de raza Cebú, Angus y Charolais. Además del ganado vacuno, existen 9 equinos (5 yeguas, 3 caballos y un burro), o sea unas 10 UB más.

Como los becerros son generalmente comprados en enero y vendidos en octubre, de hecho utilizan los pastizales del rancho sólo durante 10 meses al año, o sea 83.4 por ciento del tiempo. Por otra parte, se puede considerar que cada becerro corresponde a 0.5 UB, tomando como peso promedio 175 kg, ya que ingresan al rancho con un peso de 100 kg y salen del mismo con un peso de 300 kg. En estas condiciones se puede calcular en aproximadamente 150 UB/año la carga soportada por los agostaderos del rancho, o sea 13.3 ha /año por UB.

Los recursos hídricos del rancho consisten en un “jagüey”, es decir un tanque de terracería para almacenar el agua de lluvia y un estanque cavado en el lecho de un arroyo en el que aflora el manto freático. Estos dos aguajes son considerados como permanentes. Además existe un pozo o noria, de 35 m de profundidad que también contiene agua permanentemente y que está equipado con un papalote y con abrevaderos de lámina.

En estas condiciones, el ganado se desplaza muy poco y toma agua todos los días, siendo 3 km las distancias máximas entre los distintos cuerpos de agua del rancho y los agostaderos.

Llama la atención la diferencia de eficiencia de la ganadería en este último caso, en relación con la que se realiza en el ejido 5 de mayo en condiciones ecológicas prácticamente idénticas. En efecto, mientras que en dicho ejido, a pesar de tener una carga de 1 UB por cada 19 ha contra 1 UB para cada 13 ha en el caso del rancho San Pedro, es en el ejido donde se mencionan mayores pérdidas de animales y la ganadería parece ser poco productiva. En cambio, en el caso del rancho San Pedro no sólo no se mencionan pérdidas de animales, sino que cada año se engordan entre 100 y 150 becerros, mismos que aumentan su peso en 150 kg en promedio en un plazo de 10 meses para ser vendidos posteriormente en Ojinaga, Chihuahua, y eso sin que se les proporcione suplemento alimentario.

Banda pluviométrica de 400 a 500 mm de precipitación anual.

Esta banda pluviométrica abarca la mayor parte de las altiplanicies situadas al Este de la Sierra Madre Occidental, generalmente comprendidas entre 1800 y 2000 m snm, los estudios de caso que se han realizado dentro de dicha banda corresponden al rancho de Atotonilco, situado en las inmediaciones de Yerbániz, Durango, y a la Colonia menonita Hamburgo, ubicado en la carretera Durango-Santiago Papasquiario.

- **El rancho Atotonilco**, del municipio de Cuencamé, Durango, es uno de los más grandes de la República Mexicana y es parte de la antigua hacienda de Atotonilco de Campa, que perteneció al Conde de Campa y Cos. Cuenta con una extensión de 45,000 ha, es decir, poco menos de la mitad de lo que fué la hacienda de Atononilco de Campa. De las 45,000 ha, aproximadamente el 30 por ciento son lomeríos de origen volcánico y el 70 por ciento son hondonadas y lomeríos suaves. La única finalidad económica del rancho es la cría de ganado

Hereford, posiblemente el más puro que exista en toda la República Mexicana, con fines exclusivos de exportación hacia Estados Unidos.

En promedio existen aproximadamente 3,150 hembras, 230 toros y unos 50 más para la venta, o sea un total teórico de 3,430 cabezas de raza Hereford. Además de éstas, existe un lote de 160 cabezas de ganado Pardo Suizo para la producción de leche con fines de autoconsumo y para auxiliar a los becerros en épocas críticas. Considerando lo anterior, se puede estimar que en el rancho existe un total de 3,590 cabezas de ganado bovino permanente.

Los becerros por lo general nacen en febrero y marzo y son vendidos y exportados a Estados Unidos en noviembre, inmediatamente después del destete, cuando alcanzan un peso de 200 kg. En estas condiciones se puede considerar que los becerros y becerras no son consumidores del pastizal pero sí del recurso hídrico, y que por otra parte contribuyen al desgaste del pastizal por el efecto del pisoteo.

Dadas las condiciones de control del empadre y el alto nivel de competitividad de esta ganadería, es de presumir que existe una tasa de reproducción del orden de 80 por ciento al año, o sea, 2,520 becerros y becerras Hereford y 128 becerros y becerras Pardo Suizo, es decir, un total de 2,648 cabezas más. Si se suma esta cantidad a las 3,590 cabezas anteriores, se puede decir que durante 8 a 9 meses al año existen probablemente más de 6,200 cabezas de ganado bovino en el rancho de Atotonilco.

Tiene también 200 yeguas de la raza "Cuarto de milla", lo que representa teóricamente 240 UB más. Haciendo caso omiso de los becerros, la carga soportada por los agostaderos del rancho sería de 45,000 ha divididas entre 3,830 UB, o sea de 1 UB por 11.7 ha al año, mientras que el coeficiente de agostadero del área es teóricamente de 8 a 10 ha por UB.

Las principales especies forrajeras que se encuentran en el rancho son la navajita y la sabaneta y, en cuanto a leñosas, el mezquite y el huizache (*Acacia sp.*). Además existen nopaleras en las zonas de lomeríos.

Aparentemente no existen problemas de sobrepastoreo ya que el pastizal se reconstituye a las 2 ó 3 semanas después del inicio de la temporada de lluvias. Sin embargo, en los meses de estiaje, o sea de enero a junio, se le da al ganado suplemento alimenticio, ya sea alfalfa traída de Nazas y/o "Harinolina" con melaza y minerales fosforizados a las yeguas.

El recurso agua consiste de 46 pozos con papalote, las dimensiones de cada pozo son de una pulgada de diámetro y de 80 a 200 m de profundidad, encontrándose el espejo de agua a 35 metros de profundidad. Cada pozo abastece a 8 bebederos, lo que corresponde a 368 unidades, pero en realidad hay un total de 700 bebederos en el rancho, o sea, existen unos 332 más con otras formas de abastecimiento. Por ejemplo, en el casco del rancho existe un pozo de 16 pulgadas de diámetro con un flujo de 16 litros por segundo, y también hay tres ojos de agua que alimentan a un estanque, así como unas 12 represas diseminadas, mismas que guardan agua solamente 3 meses después del fin de la temporada de lluvias.

Cada bebedero tiene una capacidad de 7,000 litros, siendo el número promedio de vacas que abreven en un mismo bebedero de 30 cabezas diarias, con un consumo de 50 litros de agua por cabeza y por día, o sea de 1,500 l por bebedero. En efecto, contrariamente a la situación

que hemos descrito en casos anteriores, aquí el ganado no "tercea", el abrevamiento es cotidiano, a todo lo largo del año gracias a la multiplicidad de los bebederos, mismos que nunca se encuentran separados por distancias superiores a dos km y que se llenan por gravedad.

El consumo diario de agua por vaca parece relativamente elevado pero hay que recalcar que son vacas de 450 kg de peso promedio y a las que se les da sal mientras consumen forraje seco.

El rancho Atotonilco, es quizá uno de los más cuidados y mejor manejados de toda la República Mexicana, ya que el total de su producción se exporta hacia Estados Unidos. El manejo de los recursos vegetación y agua parece realmente optimizado, y en estas condiciones la tasa de mortandad anual no supera el dos por ciento. Sin embargo, a menudo el agua escasea al finalizar la temporada seca.

Banda pluviométrica de 500 a 600 mm de precipitación anual.

En esta banda pluviométrica aparecen los ámbitos de sierra ya que por lo general coincide con altitudes comprendidas entre los 2000 y 2500 msnm. Sin embargo, existen probablemente otros elementos que interfieren con la pluviometría, ya que las zonas de máxima pluviometría no coinciden siempre con las zonas de altitud máxima.

En esta banda, las dos UPG que se visitaron fueron el rancho Las Loras y el ejido Sauz de Abajo, anexo a Tesvino. El primero está ubicado a ambos lados de la carretera de Francisco I. Madero a San Juan del Río, aproximadamente 25 km en línea recta al Noroeste de Francisco I. Madero y a dos km al Norte del poblado de Adolfo López Mateos. El segundo se encuentra a dos km más al Norte en la misma carretera.

- **El rancho Las Flores**, municipio de Pánuco de Coronado, Durango, tiene una extensión de 900 ha. Está situado al pie de la sierra de La Silla, cuya altitud es de 2,820 msnm. Esta sierra es un pequeño macizo aislado al Sureste de la laguna de Santiaguillo. El terreno presenta una topografía suavemente ondulada con una textura arcillosa pero con elementos pedregosos de origen volcánico, y se extiende hasta el pie de la sierra.

De las 900 ha del rancho, 50 son usadas para cultivos de temporal y consisten principalmente en avena, maíz y forraje con miras a proporcionar suplementación alimenticia al ganado, mientras que las otras 850 ha son para uso de agostadero.

En el rancho, existen en promedio 400 cabezas de ganado bovino durante la mayor parte del año, de las que 13 son toros, 242 vacas y 145 becerros. Dado que los becerros después del destete son vendidos para exportación, en Chihuahua, se puede considerar que sólo los 255 animales adultos son consumidores del pastizal del rancho, a los que hay que sumar unos 10 caballos, o sea 12 equivalentes bovinos, esto es, un total de 267 UB. En estas condiciones, la carga soportada por los agostaderos del rancho es teóricamente de 850: 267; es decir, 3.18 ha por cabeza al año.

El ganado bovino es una mezcla de Hereford, Cebú, Charolais y Criollo. En temporada de lluvias se desplaza hasta la sierra, donde ramonean encino colorado, encino blanco (*Quercus sp.*) y huizache (*Acacia schaffneri*). Otras especies forrajeras que se encuentran en el rancho son el pasto navajita, el zacate colorado y el nopal duraznillo (*Opuntia sp.*).

De acuerdo con las condiciones pluviométricas que podrían permitir una producción de 2,400 kg de materia seca por hectárea, la carga no parece excesiva, sobre todo si se considera que al ganado, además de pasto natural se le proporciona suplemento alimenticio.

El abrevamiento del ganado no plantea ningún problema en este rancho, ya que cuenta con 7 presas con agua todo el año y con varios arroyos permanentes, de tal manera que la distancia de abrevamiento nunca es mayor de 1.5 km y que los animales beben todos los días.

En conclusión, este rancho parece muy productivo, con una población animal bien equilibrada con respecto al recurso forrajero e hídrico. En efecto, las condiciones pluviométricas y topográficas hacen mucho menos apremiantes estos 2 parámetros que en la mayoría de los casos anteriores.

- **El ejido Sauz de Abajo** perteneciente al municipio de San Juan del Río, Durango fué fundado en 1936. Actualmente está dividido en varios anexos que funcionan en forma autónoma. Tal es el caso del anexo Tesvino que se encuentra apenas a dos km al norte del rancho Las Loras y que presenta idénticas características de suelo y de vegetación.

La superficie del anexo Tesvino es de 400 ha y la población es de 40 ejidatarios. De las 400 ha, sólo 120 son para uso de agostadero, mientras que 280 están destinadas a la agricultura, principalmente al cultivo de maíz, de frijol y de avena para autoconsumo.

El agostadero se localiza al pie de la sierra de La Silla y es donde se encuentran encinos y huizaches que el ganado puede ramonear, así como nopales y pastos de navajita, ambos usados como alimento por el ganado. Existen aquí 600 cabezas de ganado vacuno tipo Cebú y del que se califica en la región como "corriente". Hay también 120 yeguas, o sea 144 UB, lo que arroja un total de 744 UB.

En estas condiciones el agostadero sólo puede asegurar el sustento del ganado durante algunos meses del año. De acuerdo a los informantes, el recurso forrajero natural dura 9 meses en promedio, de junio a febrero. Sin embargo, aún así la carga sería exageradamente elevada si al ganado no se le proporcionara al mismo tiempo pastura bajo la forma de hojas de maíz, de avena o de elementos industriales, de tal manera que se puede decir que el agostadero es en este caso el que representa una cierta forma de suplementación alimentaria, ya que al ganado se le debe suministrar pastura durante todo el año.

Las vacas y vaquillas son vendidas a compradores para los rastos locales, mientras que los becerros son llevados a Chihuahua para posteriormente ser exportados a Estados Unidos.

Si bien existe similitud entre las condiciones de suelo y de vegetación entre el rancho Las Loras y el anexo Tesvino, las **condiciones hidrográficas** difieren ya que éste último ocupa sólo la vertiente Este de la cuenca del arroyo principal que riega el rancho Las Loras, de tal manera que el Anexo no se beneficia de ningún escurrimiento de agua permanente. El único arroyo del Anexo tiene agua de junio a diciembre, y la principal fuente de abastecimiento de

agua para el ganado es un presón que se encuentra ubicado en el cauce de dicho arroyo, cerca del caserío. Este es considerado permanente, a menos que no llueva en diciembre o enero, lo que es poco frecuente.

En el caso del Anexo Tesvino, la presión a la que están sometidos los agostaderos y las diferencias en cuanto a la tasa de cobertura de herbáceas son mayores a las de los ranchos aledaños.

Por otra parte, también se pudieron observar las precarias condiciones de abastecimiento de agua de la población. De febrero a marzo, los habitantes cavan en el cauce del arroyo seco, pequeños hoyos de 20 cm de diámetro y de un metro de profundidad para poder satisfacer sus necesidades vitales, ya que los presones, aunque contienen agua, presentan un alto grado de contaminación aparente. Sin embargo estos hoyos abiertos a flor del suelo están expuestos a toda clase de contaminantes.

Finalmente, se puede decir que este tipo de ganadería semi-intensiva implica fuentes de ingreso externos para la compra de alimento para el ganado, y de hecho la mayor parte de los ejidatarios se dedican a trabajos diversos fuera del ejido durante la temporada seca.

Banda pluviométrica de 600 a 700 mm de precipitación anual.

Esta banda pluviométrica, coincide con las cuencas superiores de los afluentes del río Nazas, como son el río Tepehuanes y el río Sextín, localizados entre 2,000 y 2,500 msnm. La vegetación se caracteriza, en las zonas poco afectadas por las actividades agrícolas y ganaderas, por la presencia de bosques de pino-encino y por la desaparición de cactáceas.

Dos últimas Unidades de Producción Ganadera que han sido estudiadas dentro del marco de esta encuesta, han sido la comunidad Ciénega de Escobar y el ejido El Zape, ambas situadas en el camino de terracería que une Tepehuanes a Santa María del Oro.

- **Ciénega de Escobar** pertenece al municipio de Tepehuanes, Durango, y formó parte de la hacienda Miguel Aguirre. Posee 18,500 ha con un total de 230 comuneros, es decir, 230 lotes; sin embargo, el número de familias que residen permanentemente ahí es de 60.

La mayor parte del terreno son cerros y bajadas con pendientes medianas a suaves. La textura arcillosa del suelo, aunada a la deforestación y fuertes lluvias han hecho que existan zonas muy erosionadas.

De las 18,500 ha, sólo 1,000 ha son utilizadas para sembrar maíz, o avena en caso de que no llueva suficientemente, ya que no existe ninguna posibilidad de riego. Por este motivo, se destinan 17,500 ha para agostaderos, en las que crían aproximadamente 3,000 cabezas de ganado vacuno, 100 yeguas (o sea 120 UB) y 12 borregos, lo que da un total de 3,130 UB.

En el ganado bovino predomina la sangre Cebú, pero también se han introducido las razas Brangus, Simental, Santa Gertrudis y Pardo Suizo.

La carga soportada por los agostaderos es teóricamente de 1 UB por cada 5.6 ha al año, lo que de acuerdo con la pluviometría, debería permitir el sustento del ganado sin necesidad de suplementación alimenticia. Sin embargo, el recurso forrajero suele agotarse en abril o mayo, es decir, un mes antes del inicio de la estación lluviosa, y de hecho a partir del mes de febrero, al ganado se le da pastura sembrada (hojas de maíz secas y avena), y alimentos adquiridos en el mercado (pollinaza).

En las áreas que conforman los agostaderos, las especies forrajeras más representativas son; el pasto bandera (*Bouteloua sp.*), el pasto colorado, otra especie conocida como “pasto cola de zorra” y en los ámbitos de sierra, el encino.

La ganadería tiene como finalidad principal la producción de becerros para la venta. Estos son vendidos a los 6 meses de edad, es decir, inmediatamente después del destete que suele ocurrir en octubre. Hay que mencionar también, que algunas vacas son ordeñadas y que existe una producción de queso para venta.

Cada comunero tiene su propio corral para el destete. Los baños garapaticida, una báscula y un embarcadero son equipo de uso colectivo.

En esta comunidad, **el abasto de agua** no plantea ningún problema para la población ni el ganado, ya que existe un arroyo permanente alimentado por un manantial y un pozo para consumo humano de 17 m de profundidad, con una bomba eléctrica. Además existe un segundo pozo para abastecer de agua a la población humana y se usa sólo en caso de que se acabe el agua del pozo, lo que casi nunca sucede. Por otra parte, existen 15 presones y jagüeyes de pequeñas dimensiones, diseminados en los agostaderos, de los que sólo ocho pueden ser considerados como permanentes, incluso en los años de déficit pluviométrico. En estas condiciones, el ganado nunca camina más que 3 ó 4 km para abreviar. El abrevamiento es cotidiano todo el año.

Lo sorprendente, es el hecho de que el recurso forrajero natural es insuficiente para asegurar el sustento del ganado a todo lo largo del año.

Los fenómenos erosivos que se observan en varias partes del terreno, mismos que se presentan bajo forma de barrancos de 0.5 a 1.5 m de profundidad, de 2 a 4 m de ancho y de varias decenas de metros de longitud, son probables indicadores de un proceso de degradación antiguo de la vegetación y del suelo.

- **El ejido El Zape** formó parte de la hacienda de Santa Ana; pertenece al municipio de Guanaceví, Durango, y tiene una extensión de 11,300 ha con aproximadamente 9,000 ha de hondonadas y 2,300 ha de cerros. De hecho, una buena parte del terreno es aluvión fértil de origen volcánico que corresponde al valle del río Sextín, mientras que los cerros están constituidos por material volcánico duro, de tipo basáltico. Existen 121 ejidatarios debidamente registrados, de los cuales solamente 60 están presentes en forma permanente.

De las 11,300 ha que conforman el ejido, 4,000 se utilizan para la agricultura y 7,300 corresponden a agostaderos de uso comunitario.

Los principales cultivos son el maíz (que se siembra en abril después de las lluvias de invierno y que se cosecha en noviembre), y el forraje para el ganado. Cada ejidatario dispone,

además de su parcela para sembrar, de un potrero de 2 ha para apacentar el “tronco”, es decir, un par de caballos que se usan para arar.

Sin embargo, la principal actividad es la ganadería, siendo las existencias de ganado bovino de aproximadamente 2,000 cabezas, en su mayoría Cebú, Jersey y Charolais, a las que se deben sumar 200 equinos, entre yeguas y burros, o sea 240 UB más. En estas condiciones, considerando que existen en total 7,542 ha de agostaderos, o sea 7,300 ha de agostaderos comunitarios más 242 ha de potreros individuales (2 ha por ejidatario), la superficie disponible por cabeza de ganado bovino o equivalente es de 3.36 ha al año, lo que no permite el sustento del ganado sin suplementación. De hecho, de marzo a abril se suplementa con pastura.

Al igual que en el caso anterior, la finalidad de esta ganadería es mixta, es decir de carne y leche, siendo esta última producción de autoconsumo principalmente, incluyendo aquí también la fabricación de queso. Las vacas se ordeñan principalmente en temporada de lluvias, cuando tienen sus becerros, estos últimos son vendidos generalmente en diciembre, a los 10 meses de edad, a exportadores de Parral, Chihuahua.

Las principales especies forrajeras son el encino (*Quercus sp.*), el pino piñonero (*Pinus cembroides*) y el pasto navajita.

En cuanto al **recurso hídrico**, está representado principalmente por el cauce permanente del río Sextín, a la orilla del cual está asentado el poblado El Zape y tres manantiales que son también permanentes. Sin embargo, para limitar los desplazamientos del ganado, existen 5 presones para almacenar el agua que escurre de los cerros en temporada de lluvias, en áreas de agostadero. Estos presones se secan por lo general en enero, pero en los años con fuertes precipitaciones invernales pueden durar hasta mayo. Cabe mencionar también la existencia de un pozo de 8 m de profundidad con una bomba sumergible, cuya agua es para uso humano. Las condiciones de abrevamiento permiten que el ganado no reco-rra más que 2 ó 3 km diarios entre sus áreas de pastoreo y sus lugares de abrevamiento diario durante todo el año.

Finalmente, hay que señalar que el único factor limitante para la ganadería en este ejido son las condiciones sanitarias del ganado, ya que se han reportado casos de la enfermedad conocida como la “mancha” (carbón bacteridiano), aunque se le vacune dos veces al año.

Conclusión.

De esta breve reseña, si bien parece difícil sacar conclusiones generales en cuanto al uso de los recursos forrajeros e hídricos a nivel de la RH 36, resaltan ciertos hechos que se presentan como conclusiones provisionales.

En primer lugar, y como era de esperarse, la carga soportada por los agostaderos aumenta conforme aumenta la pluviometría. Aunque parezca evidente, los datos recabados permiten esbozar una primer tipología de la ganadería en esta región, basada en las cargas soportadas por los agostaderos.

De esta forma, tomando como muestra únicamente nueve unidades de producción ganaderas de las que se visitaron (quedando fuera el ejido San José de Mahoma, Colonia Hamburgo y el ejido el Sauz de Abajo por no ser representativos de la ganadería bovina de carne, o por información insuficiente), se aprecia que:

- Entre menos de 200 y 300 mm de precipitación anual, la carga promedio es de un bovino o equivalencia bovina por cada 85 ha al año.
- Entre 300 y 500 mm de precipitación, la carga promedio es de un bovino o equivalencia bovina por cada 14.6 ha al año.
- Finalmente, que entre 500 y 700 mm de precipitación anual, la carga promedio es de un bovino por cada 4.02 ha al año.

Considerando estos datos, se puede decir que en cuanto a ganadería, existe un gradiente que va de la extensiva a la semi-extensiva y finalmente la semi-intensiva. Esto se debe a que conforme se avanza a las zonas de mayor pluviometría, cada vez es más importante en la dieta del ganado la suplementación alimenticia, lo que se explica por el hecho de que con excepción de las zonas de riego, son las áreas de mayor precipitación las que brindan mas posibilidades de cultivar plantas forrajeras y al mismo tiempo las que presentan mayor disponibilidad de subproductos agrícolas.

Por otra parte, en estas mismas áreas, los ranchos y ejidos se caracterizan por tener menor superficie que los de zonas desérticas (menores a 300 mm de precipitación anual), debido a la mayor oferta forrajera que justifica la aplicación a los predios ganaderos de coeficientes de agostadero mas bajos que en las áreas desérticas. Por estos motivos, el ganado se desplaza menos, lo que hace mas fácil su control y el administro de suplemento alimenticio.

En cuanto a pastizales naturales se refiere, también se pueden identificar someramente las asociaciones de especies forrajeras características de los diversos ámbitos. Si se clasifican dichas especies en tres categorías: herbáceas, leñosas y suculentas, se advierte lo siguiente:

- Entre menos de 200 mm y 300 mm de pluviometría promedio anual, la herbácea forrajera predominante es la sabaneta o toboso (*Hilaria mútica*), la leñosa forrajera mas importante es el mezquite (*Prosopis glandulosa*) y las suculentas predominantes son el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*) y el nopal cegador (*Opuntia microdasys*).
- Entre 300 y 500 mm de precipitación predominan las gramíneas navajita (*Bouteloua gracilis*) y zacate colorado (*Heteropogon contortrix*), mientras que el huizache (*Acacia schoeffneri*) representa el principal recurso forrajero dentro del estrato de las leñosas así como el nopal cegador y el nopal duraznillo (*Opuntia liucotricha*) dentro del estrato de las suculentas.
- Entre los 500 y 700 mm de precipitación anual, se aprecia una mayor diversidad de gramíneas forrajeras, cuyas principales especies son, además del zacate colorado, otra especie de *Bouteloua* conocida como "pasto banderilla" (posiblemente *Bouteloua curtipendula*) y finalmente, el zacate palma o cola de zorra (*Chloris virgata*). Por otra parte, en estas dos últimas bandas pluviométricas, las leñosas están representadas por el encino blanco y por el encino colorado (*Quercus sp*). Las suculentas forrajeras en esta banda, desaparecen.

El recurso hídrico de temporada seca presenta aspectos muy diversos, así, los manantiales y arroyos con escurrimiento permanente se presentan a veces en áreas con apenas 400 mm de precipitación (ejido 5 de Mayo) e incluso con menos de 300 mm como es el caso del rancho La Pezuña, sin embargo, en éste último caso hay que recalcar que el manantial del que se beneficia, brota de la ladera de la sierra Los Remedios, que culmina a los 2,160 m snm, lo que implica una pluviometría mas elevada que la de las áreas circundantes.

A excepción de la presa localizada en el ejido 5 de Mayo, con capacidad de cuatro millones de metros cúbicos, las obras conocidas como presónes y jagueyes, o a veces simplemente como bordos, son simples obras de terracería. Algunos presónes cierran pequeños valles asentados generalmente entre dos lomas, pero también y con mas frecuencia, los presónes consisten en simples bordos edificados en el lecho de algún arroyo de temporal en zonas planas e inundables. Los presónes del primer tipo tienen una capacidad de almacenamiento superior a los del segundo, ya que se trata de obras mas importante, mismas que almacenan las aguas superficiales de una cuenca vertiente de mayor extensión. Sin embargo, parecen sujetos a mayor enzolvamiento que los presónes del segundo tipo.

Los jagueyes se caracterizan por tener una forma circular y por llenarse con las precipitaciones que ocurren en el área donde están edificados, puesto que por lo general captan las aguas de los escurrimientos laminares o las de los escurrimientos encauzados en pequeñas zanjas de erosión. Por tanto, son obras de pequeñas dimensiones pero facilmente multiplicables dado su bajo costo.

En cuanto a pozos y norias, se trata casi siempre de pozos profundos, equipados con bombas diesel o eléctricas, y en la mayoría de los casos sirven para sólo para el consumo humano, con la notable excepción del ejido San José de Mahoma, que usa agua de pozo para riego y abrevamiento de cabras y del rancho Atotonilco, que tiene numerosos pozos activados por "papalotes", destinados al abrevamiento del ganado.

En esta áreas con menos de 300 mm de precipitación, existen además problemas de salinidad de los mantos freáticos, como es el caso del ejido Charcos de Riza.

Además de los diversos tipos de cuerpos de agua mencionados, está la existencia de fosas en las que aflora el manto freático, o de pequeños hoyos cavados en el lecho de arroyos para conseguir agua para consumo humano.

En términos generales, parece preocupante el problema del abasto de agua para consumo humano, puesto que hay casos en que la gente toma agua del presón de donde abreva el ganado.

Finalmente, en lo concerniente al abrevamiento del ganado, vale subrayar que en todas las bandas pluviométricas menores a 400 mm de precipitación anual, el ganado bebe un día de cada dos, mientras que por encima de esta banda, el abrevamiento suele ser cotidiano. Este punto parece importante, pues está referido al bajo rendimiento de la ganadería de carne en esta área, debido a las grandes distancias que tienen que recorrer durante la mayor parte del año. A partir de la información estudiada, se ha estimado que existe en temporada seca un aguaje por cada 7,000 ha de agostadero, mientras que en las áreas con mas de 400 mm hay un aguaje en menos de 1,000 ha de agostadero (quedando excluidos los arroyos de escurrimiento permanente). Por este motivo, cualquiera que sea el programa que contemple una mejor distribución de aguajes en la Región, contribuiría significativamente a mejorar la productividad ganadera, y por ende, el nivel de vida de las familias que dependen de esta actividad.

Referencias.

ANAYA E., (1993). Los recursos forrajeros de un ecosistema árido: el papel de la ganadería extensiva sin manejo en la estructuración de la vegetación en la Reserva de la Biósfera de Mapimí. Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Biólogo. Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Dgo. México. 95 pp.

BARRAL H., (1985). El hombre y su impacto en los ecosistemas a través del ganado; pp. 241-268. En Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biósfera de Mapimí. C. Montaña, ed. Instituto Ecología, México.

BARRAL H. y L. HERNANDEZ, (1993). Reseña histórica del poblamiento y de la ganadería en el Bolsón de Mapimí. Memorias del Seminario Mapimí "Estudio de la relaciones agua, suelo-vegetación y ganado en una zona árida del Norte de México". Gómez Palacio, Durango, México, 1989.

HERNANDEZ L., E. ANAYA et H. BARRAL, (1992). Algunos aspectos comportamentales del ganado "mesteño" en la Reserva de la Biósfera de Mapimí. Seminario "Ecología de Ambientes Áridos y Semiáridos". Xalapa, Veracruz, México.

HERNANDEZ L., H. BARRAL et E. ANAYA, en prensa. Ganado mesteño en la Reserva de la Biósfera de Mapimí. Reminiscencias de un tipo de ganadería de la época de la Colonia. Seminario "Estrategias para las áreas protegidas de conservación de la biodiversidad en Iberoamérica". Reserva de la Biósfera de Mapimí, Durango, México, 1991.

PAGOT J., (1985). L'élevage en pays tropicaux. Techniques agricoles et productions tropicales. Editions G. P. Maissonneuve & Larose, Paris. 526 pp.

PLANTAS DE USO MULTIPLE Y POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO

Rodolfo JASSO IBARRA (1)
Ma. Guadalupe FERNANDEZ R. (2)
Claudia E. RUIZ GONZALEZ (2)

Introducción.

La estructura y densidad de la cubierta vegetal en general, es uno de los factores que determinan la tasa de escurrimiento superficial tanto por la interceptación de lluvia que produce, como por las modificaciones en el microrelieve superficial que resulta por la presencia de especies vegetales.

Las especies forrajeras son base de la alimentación de la ganadería que se practica en zonas áridas, manteniendo con ello el equilibrio de la fauna en esas regiones; entre estas destacan por su importancia los pastizales y los arbustos (Maldonado, 1979). Sin embargo, también existe un amplio grupo de especies útiles que son aprovechadas por las comunidades rurales en diversas maneras, como la alimenticia, construcción de viviendas, en la industria textil y otras.

En este capítulo dedicado a plantas de uso múltiple, además de mostrar estas especies, se presentan algunos resultados experimentales del potencial de producción de orégano al utilizar agua, lo que da una idea del potencial que tiene el uso de este recurso en especies desérticas de uso medicinal y forrajero.

En la actualidad ha habido un interés extraordinariamente grande sobre el estudio, investigación, desarrollo e integración de las zonas áridas en todo el mundo. En México, los estudios de vegetación son escasos y aislados; a nivel de Región Hidrológica, sólo se encuentran disponibles algunos documentos con los cuales se puede intentar caracterizar la diversidad vegetal y su aprovechamiento.

Los estudios particulares de aprovechamiento de la vegetación se pueden tipificar sobre ambientes naturales como **lechuguilla** (*Agave lecheguilla*) en Tamaulipas (Hernández y Jiménez, 1987); **Cactáceas** del Bolsón de Mapimí (Canela, 1988; Cornet, 1985); **Palmilla** (*Nolina spp.*) en Sonora (Sánchez, 1981) y en ambientes controlados en diversas especies (Guerrero, 1991) en los que se ha buscado la domesticación de las plantas de zonas áridas.

(1) M.C. Investigador del CENID-RASPA, INIFAP-SARH.

(2) Tesista de la Escuela Superior de Biología, U.J.E.D.

Considerando la cobertura de los trabajos correspondientes a la Región Hidrológica 36, se pudo conjuntar la información sobre plantas de uso múltiple que caracterizan las cuencas que comprende esta zona, así como detectar las áreas carentes de información.

Metodología.

Para establecer la relación de especies de uso múltiple a lo largo de la RH 36, se analizaron tres fuentes de información (que se describen en los puntos 1, 2 y 3), y se realizaron recorridos de campo. La información recabada fue concentrada en un listado de manera que esto facilite su consulta con fines de conocimiento de estos recursos (Figura 1).

1. Carta de Uso del Suelo y Vegetación (Esc. 1:250,000).

Las cartas disponibles fueron G-13-4 Guachochi, G-13-7 Pericos, G-13-8 Santiago Papasquiari y la G-13-11 Durango a cuyo reverso se encuentra un listado de especies y sus usos en sitios de muestreo basados en homogeneidad de unidades de vegetación previamente determinadas. En la Figura 1 se muestra la cobertura de las cartas editadas por (SPP) donde se puede observar que sólo una parte de la cuenca del río Nazas cuenta con esta información.

2. Los tipos vegetativos de Durango.

Publicación de la Universidad Juárez del Estado de Durango (Pámanes, 1981) en la que se reportan las especies vegetales de cada municipio del Estado; de este documento se obtuvieron las especies de uso forrajero para las subcuencas del Estado de Durango donde no existe cobertura de INEGI en este tema.

3. Síntesis Geográfica.

Publicación de INEGI-SPP (1981); de ella se obtuvo la información para las subcuencas localizadas en los Estados de Coahuila y Zacatecas. La información se encuentra clasificada por provincia fisiográfica y se identificaron las especies correspondientes a las subcuencas predeterminadas mediante sobreposición de las provincias correspondientes.

4. **Recorridos de Campo.** Se realizaron recorridos para verificación de campo sobre las delimitaciones de los diferentes tipos vegetativos y las especies determinadas por la información geográfica y los pocos documentos reportados para las dos cuencas del río Nazas y Aguanaval, recorriendo las diferentes subcuencas ya establecidas para posteriormente realizar entrevistas con los pobladores cuya información permitió llenar los formatos sobre las plantas determinadas por el método que propone Piña (1979). Cabe aclarar que en las subcuencas donde no existe información geográfica ni trabajos afines, se determinaron las especies *in situ* y también por medio de las encuestas a los pobladores sobre el uso de las mismas.

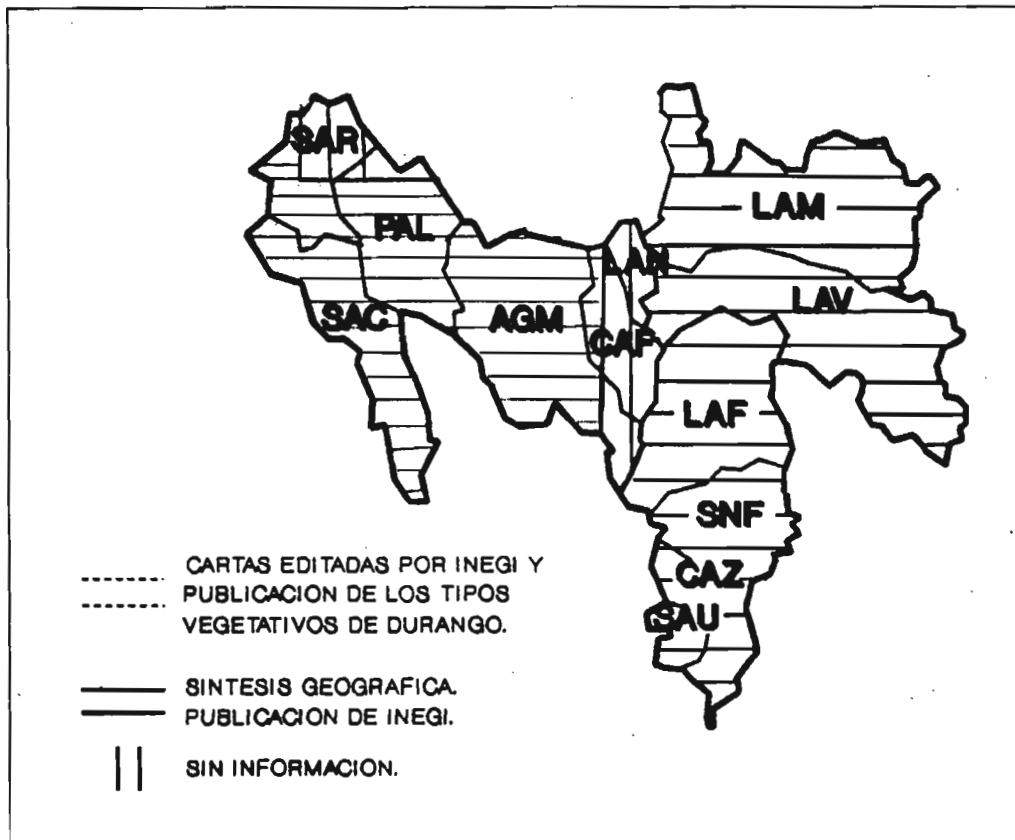


Figura 1

Principales fuentes de información por subcuenca (cf. clave abajo).

En base a lo anterior se concentraron todas las especies formulándose un registro con claves obtenidas del documento: Catálogo de Especies Útiles no Maderables con Importancia Económica (Piña, 1979); para facilitar el manejo de éstas, se tomaron los siguientes conceptos: Número, Nombre Científico, Familia, Nombre Común, Distribución, Usos, Parte útil y Epoca de floración. Las claves para son las siguientes:

CLAVES PARA LA CLASIFICACION DE LAS ESPECIES VEGETALES

FORMAS BIOLÓGICAS

CLAVE DESCRIPCION

- 01 Arbol
- 02 Arbusto

PARTE UTIL

CLAVE DESCRIPCION

- 01 Bulbo
- 02 Corteza

- 03 Hierba
- 08 Arbol o Arbusto
- 11 Rosetófilo

EPOCA DE FLORACION

CLAVE DESCRIPCION

- 02 Febrero
- 03 Marzo
- 04 Abril
- 05 Mayo
- 06 Junio
- 07 Julio
- 08 Agosto
- 09 Septiembre
- 10 Octubre
- 11 Noviembre
- 15 Después de lluvia
- 21 Indefinida

CLAVE USO

- 03 Comestible
- 04 Condimento
- 05 Forrajera
- 06 Industrial
- 08 Medicinal
- 11 Resinosa
- 13 Textil
- 16 Construcción
- 20 Bebidas alcohólicas
- 22 Cerífera
- 28 Maderable
- 29 Látex con hule
- 31 Otros usos

- 04 Flor
- 05 Fruto
- 06 Hoja
- 09 Semilla
- 10 Tallo o tronco
- 12 Toda la planta
- 13 Pulpa
- 14 Jugo
- 15 Ramas
- 16 Yemas o retoños

DISTRIBUCION ESPACIAL

CLAVE DESCRIPCION

- SAC Salomé Acosta
- SAR Sardinias
- PAL PALmito
- AGM Agustín Melgar
- CAF Cañón de Fernández
- LAN Los Angeles
- BOM Bolsón de Mapimí Sur
- LAM Laguna de Mayrán
- LAV Laguna de Viesca
- SAU El Sauz
- CAZ Cazadero
- SNF San Francisco
- LAF La Flor

Plantas de Uso Pecuario.

Se detectaron 211 especies debidamente identificadas y 46 aún no identificadas; el 80 por ciento de ellas pertenecen a las familias **Gramineae**, **Leguminosae** y **Fagaceae**, mientras que el 20 por ciento restante, a las familias **Cactaceae**, **Agavaceae**, **Rhamnaceae**, **Anacardiaceae**, **Chenopodiaceae**, **Compositae**, **Oleaceae**, **Cyperaceae**, **Cupresaceae**, **Verbenaceae**, **Ericaceae**, **Foquieriaceae** y **Scrophulariaceae**. En el Cuadro 1 se presenta la relación de las especies que se encuentran en más de diez subcuencas así como las características de cada una. En la Figura 2 se muestra una tendencia del número de especies encontradas de cada familia por subcuenca.

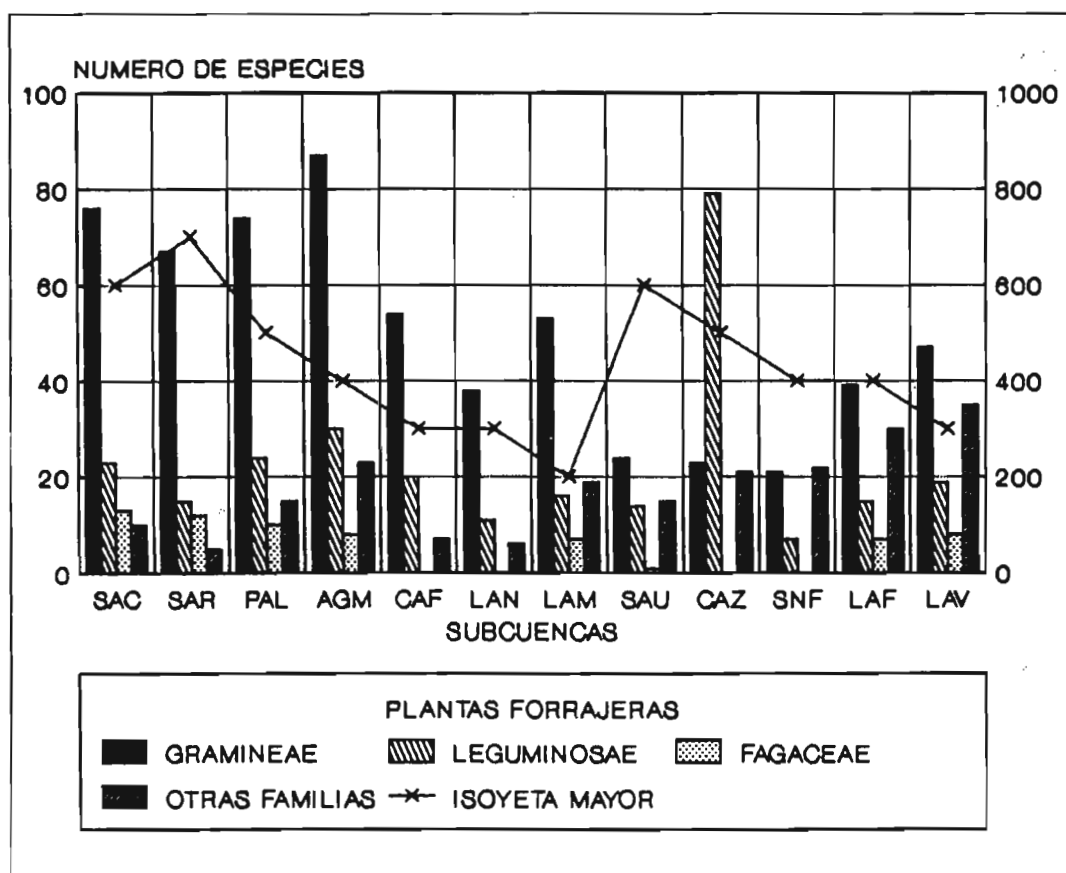


Figura 2

Número de especies de las principales familias por subcuenca y precipitación media típica.

Cuadro 1
 Distribución espacial de
 la incidencia de especies
 con usos diversos en la
 Región Hidrológica 36.

FAMILIA	ESPECIES POR SUBCUENCA								Total
	SAC	SAR	PAL	AGM	CAF	LAN	BOM	LAM	
FAMILIA	11	12	13	14	15	16	22	35	
Compositae	26	18	23	26	10	16	10	1	43
Pinaceae	30	26	26	15	1				31
Leguminosae	53	33	47	50	39	24	17	2	28
Cactaceae	7	4	8	10	9	8	7		20
Fagaceae	22	19	17	17					18
Euphorbiaceae	5	2	6	5	4	7	4	1	14
Liliaceae	6	6	6	8	5	4	4		11
Rhamnaceae	6	2	5	5	2	2	1		9
Solanaceae						9	1		9
Amarillidaceae	2	1	1	6	5	6	5		7
Malvaceae				2		7			7
Oleaceae	5	3	3	4	3	3	3		6
Scrophulariaceae	4	3	2	1	1	4	1	1	6
Verbenaceae	1		1	3	2	3	4		6
Amaranthaceae	3	1	3	4	1	2			5
Betulaceae	5	5	4	2					5
Ericaceae	5	5	5	4					5
Nyctaginaceae						5			5
Zigophyllaceae	1		1	2	2	5	1	1	5
Acanthaceae						4	1		4
Boraginaceae	2		1	2	2	2	2		4
Burseraceae	3		1	1					4
Otras	37	22	19	28	16	33	13	2	61
TOTAL	223	150	179	195	102	144	74	6	313

Discusión.

Las subcuencas de la porción sur, correspondientes a la cuenca del río Aguanaval, no obstante ubicarse sobre isoyetas mayores de los 400 mm, muestran una menor diversidad de especies en las familias predominantes, con un leve incremento de las especies pertenecientes al resto de las familias. Debe señalarse que la fuente de información para estas áreas difiere de gran manera de las fuentes para las áreas anteriores. Sin embargo, es posible que las prácticas de apacentamiento en esta cuenca hayan conducido a un deterioro del ecosistema de manera que las especies de mayor valor forrajero como las gramíneas y leguminosas estén siendo desplazadas por especies de otras familia.

En la RH 36 la gran diversidad de especies mencionadas, representan un potencial de aprovechamiento muy importante para la alimentación del ganado, y que en forma natural se han venido utilizando desde hace muchos años sin una planeación adecuada que permita mantener siempre productivos los frágiles ecosistemas de estas regiones.

De esta manera, el hombre, en su afán de producir grandes cantidades de alimentos, ha empleado todos los medios a su alcance para lograr su objetivo. Durante las últimas décadas la tendencia general ha sido intensificar cada vez más la artificialización del sistema natural, utilizándolo en cultivos intensivos o ecocultivos, los cuales son, usualmente, los más productivos.

El concepto de ecocultivo se plantea como una solución moderna al problema de la productividad en ambientes desfavorables. Es un estilo de agricultura que pretende diseñar arquitecturas ecosistémicas susceptibles de generar rendimientos moderados de productos de alto aprovechamiento por el hombre, sin destruir al ecosistema ni requerir de inversiones energéticas externas, en cantidades elevadas (Gastó, et. al. 1981).

Innumerables investigadores han tratado de combatir el proceso de desertificación por medio de resiembras con pastos y arbustos forrajeros con bastantes buenos resultados, aunque en algunos de los casos tenga que hacerse a altos costos, son indispensables para la recuperación de agostaderos y áreas degradadas; por métodos naturales podría tardar decenas de años en recuperarse o tal vez continuar su proceso de deterioro si no se emplea alguna técnica de manejo adecuada.

Tal es el caso de los estudios sobre especies forrajeras que se realizan en algunos campos experimentales, como lo reportado por Guerrero (1991) en la Región Lagunera, donde está evaluando *Atriplex canescens*, *A. numularia*, *A. halimus*, en tres densidades de población; también está evaluando el establecimiento de arbustos forrajeros en módulos de uso múltiple a través de trasplante y por tratamiento de semilla para siembra directa. No muestra resultados hasta la fecha de la publicación.

De esta manera, las especies que podrían someterse a ecocultivos para un mejor potencial de aprovechamiento en las cuencas estudiadas podrían ser:

Los diferentes pastos que existen, entre ellos los del género *Bouteloua spp.*, *Muhlenbergia spp.*, *Hilaria spp.*, y *Aristida spp.*, entre otros;

arbustos forrajeros como son los del género *Atriplex spp.* y *Opuntia spp.*, y el "Mezquite", *Prosopis spp.*, entre otros.

Todo esto con la finalidad de lograr un uso racional de los recursos naturales y así evitar el riesgo de erosión de los predios, ya que en la actualidad se considera que alrededor del 87 por ciento de éstos se encuentran erosionados y el 69 por ciento en condición muy pobre o regular.

En la zona baja de la RH 36, dentro de la cuenca del Aguanaval existe el Campo Experimental "La Ventana", donde se pudieran dirigir estudios encauzados al aprovechamiento del agua de escurrimiento y de manantiales en plantas cultivadas en pequeñas parcelas, pues las evidencias de productibilidad al aplicar agua son claras. Actualmente en este Campo Experimental se están evaluando las plantas forrajeras *Atriplex canescens*, *A. numularia* y *A. halimus* en tres densidades de población, también se está evaluando el establecimiento de arbustos forrajeros en módulos de uso múltiple a través de trasplantes y por tratamientos de semilla para siembra directa. A la fecha de esta publicación no se muestran resultados.

Incorporar el uso de agua de escurrimiento en estos experimentos mediante su conducción por borderías, seguramente modificaría los resultados de producción en forma positiva, lo que contribuiría a incrementar la disponibilidad de alimento para el ganado de la zona.

De esta manera, las especies que podrían someterse a ecocultivo para mejorar el aprovechamiento del agua de las cuencas estudiadas podrían ser los diferentes pastos que existen, como : *Bouteloua spp.*, *Muhlenbergia spp.*, *Hilaria spp.*, y *Aristida spp.*, entre otros; los arbustos forrajeros del género *Atriplex spp.* y *Opuntia spp.*, así como el "mezquite", *Prosopis spp.*, entre otros. Todo esto con la finalidad de lograr un mejor uso de los recursos naturales y contribuir a la disminución del riego de erosión.

Logrado lo anterior, los habitantes rurales de esta RH 36 podrían disponer de mayores beneficios económicos.

Plantas Útiles.

Se detectaron 313 especies reportadas con usos diversos. Estas especies pertenecen a 56 familias, de las cuales sólo 22 agrupan el 80 por ciento de la diversidad de estas especies. En el Cuadro 2 se muestran dichas familias con el número de especies que agrupan por subcuenca; debe notarse que en los Cuadros 2 y 3, el total por familia no corresponde a la suma de las subcuencas, esto es porque algunas especies se encuentran en más de una subcuenca.

Cuadro 2

Distribución espacial de la incidencia de usos de las especies vegetales en la Región Hidrológica 36

	INCIDENCIA POR SUBCUENCA								Total
	SAC	SAR	PAL	AGM	CAF	LAN	BOM	LAM	
USOS	11	12	13	14	15	16	22	35	
Maderable	39	33	34	24	4	3	3	1	141
Medicinal	16	8	12	16	11	10	10	3	86
Comestible	6	3	6	6	5	4	3	1	34
Bebidas alcoholicas	3	2	3	3	3	2	2		18
Textil	3	2	2	3	2	2	2	1	17
Látex con hule			1	2	2	2	2	2	11
Cerífera			1	2	2	2	2	2	11
Resinosa			1	2	2	2	2	2	11
Construcción			1	1	1	1	1	1	6
Condimento			1	1	1		1	1	5
Industrial			1	1	1		1	1	5
Otros usos	35	28	28	24	9	8	6	2	140
TOTAL	102	76	91	85	43	36	35	17	485

Cuadro 3

Especies importantes de uso forrajero en las diferentes subcuencas de la RH 36 (clave página 307 y 308).

No.	Nombre científico	Familia	Nombre común	Forma		Parte	Epoca de floración	Epoca de														
				Biológica	Uso			util	SAC	SAR	PAL	AGM	CAF	LAN	LAM	BOM	SAU	CAZ	SNF	LAF	LAV	
1	Acacia spp. 3	LEGUM.		8	5	6	5 - 11	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Bouteloua curtipendula 1	GRAM.	Banderita	3	5	12	8 - 9	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
3	B. gracilis 2	GRAM.	Navajita	3	5	12	8 - 9	x	x	x	x			x	x			x	x	x	x	x
4	B. hirsuta 2	GRAM.	Navajita velluda	3	5	12	8 - 9	x	x	x	x			x	x			x	x	x	x	x
5	Chloris spp. 3	GRAM.		3	5	12	8 - 9	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x		
6	Dalea spp. 3	LEGUM.		3	5	6	7 - 9	x		x	x	x					x	x	x	x	x	x
7	Enneapogon spp. 3	GRAM.		3	5	12	-	x	x	x	x	x	x	x							x	x
8	Mimosa biuncifera 2	LEGUM.	Gatuño	2	5	6	8 - 9	x	x	x	x	x			x	x			x	x	x	x
9	Opuntia cantabrigiensis 3	CACTA.	Cuijo	2	5	12	3 - 6											x	x	x	x	x
10	O. durangensis 2	CACTA.	Duraznillo	2	5	15	3 - 6	x		x	x		x									
11	O. leucotricha 3	CACTA.		2	5	15	3 - 6										x	x	x	x	x	x
12	O. rastrera 3	CACTA.	Nopal rastrero	2	5	15	3 - 6				x	x	x						x	x	x	x
13	O. streptacantha 3	CACTA.	Nopal cardón	2	5	15	3 - 6										x	x	x	x		
14	Prosopis juliflora 2	LEGUM.	Mezquite	1	5	5 - 6	7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15	P. spp. 3	LEGUM.	Mezquite	1	5	5 - 6	7	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16	Quercus grisea 2	FAGA.	Encino blanco	1	5	6	21	x	x	x	x				x						x	x
17	Q. spp. 3	FAGA.	Encino	1	5	6	21	x	x	x					x						x	x
18	Scleropogon brevifolius	GRAM.		3	5	12	-				x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
19	Sporobolus airoides 2	GRAM.	Zacate alcalino	3	5	12	8 - 9	x	x	x	x	x	x	x	x							x
20	Stipa eminens 2	GRAM.	Zacate peludo	3	5	12	8 - 9	x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x
21	Tridens spp. 3	GRAM.		3	5	12	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

En cuanto a los usos de estas especies, se detectaron por orden decreciente de incidencia a nivel global, maderable, medicinal, comestible, bebidas alcohólicas, textil, látex con hule, cerífera, resinosa, construcción, condimento, industrial y otros usos. En el Cuadro 3 se detalla la incidencia de estos por subcuenca.

Resultados.

Resultados de investigación hechos por Guerrero (1991), muestran que el **orégano** puede ser cultivado bajo condiciones de temporal y riego precario en sistemas de captación de agua de lluvia incrementando su producción, así, la producción promedio en plantas muestreadas en estado natural es de 125 gr por planta y 350 kg/ha, y mediante la aplicación de agua puede llegar a 1,000 kg/ha, que es aproximadamente tres veces más que la producción en estado natural.

Estos resultados pueden ser factibles también en otras plantas, lo que al mismo tiempo contribuiría a aumentar los ingresos de las poblaciones rurales a partir de un vivero comunal, por su valor alimenticio o comercial: *Opuntia imbricata*, *Aloe vera* (sábila) para su producción de cosmético, *simmondsia chinensis* (jojoba), *Acacia berlanderi*, *Atriplex canescens*, *A. nummularia*,. (CIAN, Matamoros, campo experimental La Ventana).

Discusión.

La falta de información documental en la cuenca del río Aguanaval no permite hacer un análisis completo de la diversidad de especies útiles en la Región Hidrológica 36. Sin embargo se pueden establecer algunos comentarios:

El uso de especies maderables se observa en las subcuencas Salomé Acosta, Sardinias, Palmito y Agustín Melgar, todas localizadas en la parte alta de la cuenca Nazas, con rangos de precipitación de 400 a 800 milímetros anuales, que combinado con las menores temperaturas, propicia el ambiente ideal para el desarrollo de las formas arbóreas.

El uso medicinal de la vegetación a lo largo de todas las subcuencas indica la estrecha relación de los habitantes de esta región con sus recursos naturales, ya que por tratarse de un ambiente árido y de baja densidad de población, son escasas otras alternativas de solución de problemas de salud. Por su uso medicinal sobresale la familia Cactaceae.

Después de los usos mencionados, otros usos tienen muy poca importancia, como el comestible, industrial, textil y otros, por lo que debe estimularse la investigación para ampliar la frontera del potencial de aprovechamiento de la vegetación en estas cuencas.

Conclusiones.

1 - Aunque la diversidad vegetal es amplia en la RH 36, el 42 por ciento de ésta se concentra en sólo cuatro familias: Gramineae, Compositae, Pinaceae y Leguminosae.

2 - El aprovechamiento de la vegetación se concentra fuertemente en tres usos: forraje, maderable y medicinal, por lo que es necesario ampliar las alternativas de uso mediante estudios específicos.

3 - La abundancia del forraje de gramíneas y leguminosas rastreras (de pastoreo), está condicionada a la época de lluvias, por lo que en la estación de sequía se tiene que recurrir a la utilización de otras fuentes de alimento para el ganado, como son, el aprovechamiento de árboles forrajeros propios de la región y/o la utilización de varias de las especies del género *Opuntia* ("nopales"): *Opuntia rastrera*, *O. durangensis*, *O. streptacantha*, y *O. leucotricha* entre otros.

4 - Dado que el potencial productivo de las plantas de uso múltiple esta limitado por falta de agua, una posibilidad de disminuir esta limitante estaría dada por su producción en parcelas que consideren obras de captación de escurrimientos superficiales así como del aprovechamiento del agua de manantiales en los lugares donde sea posible. Ello ayudaría sin duda alguna a elevar los niveles de ingreso a los moradores rurales que se dedican a la explotación de estos recursos.

Referencias.

CANELA D. D., (1988). Contribución al conocimiento de las Cactáceas del municipio de Mapimí, Dgo. Tesis Profesional de la Escuela Superior de Biología, UJED. Gómez Palacio, Dgo. pp 1-73.

CORNET A., (1985). Las cactáceas de la Reserva de la Biósfera de Mapimí. ORSTOM-INST. DE ECOLOGIA. México.

GAST C. J., R. NAVA C. y I. PEREZ R., (1981). Ecocultivo: Una alternativa de mejoramiento del ecosistema natural. Monografía técnico-científica. Vol.7 No.2. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp 69-130.

GUERRERO B. A., (1991). Arbustos forrajeros en condiciones de temporal. Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de la Región Lagunera. CENID RASPA INIFAP-SARH, Gómez Palacio, Dgo. pp 93.

GUERRERO B. A., (1991). Domesticación de orégano en La Comarca Lagunera. Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de la Región Lagunera. CENID RASPA INIFAP-SARH, Gómez Palacio, Dgo. p. 95.

HERNANDEZ S.L. y JIMENEZ P. J., (1987). Manejo y Comercialización de la Lechuguilla en Zonas Áridas de Tamaulipas. Estrategias de Clasificación y Manejo de Vegetación Silvestre para Producción de Alimentos en Zonas Áridas. INIFAP-SARH. México, D.F. pp 99-103.

MALDONADO A. L., (1979). Uso Múltiple de los Recursos Naturales de la Zonas Áridas. Ciencia Forestal. Revista No. 17 Vol. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales SARH. México, D.F. PP. 12-15.

PAMANES G. D. S., (1981). Los Tipos Vegetativos de Durango. Documento de circulación interna. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UJED. Durango, Dgo. pp 1-125.

PIÑA P. F., (1979). Catálogo de especies de plantas útiles no maderables con importancia económica. Centro de Investigaciones Forestales del Noroeste. INIFAP-SARH, México, D.F. pp 1-80.

SANCHEZ C. J., (1981). La Palmilla, una Planta de Interés Económico. Ciencia Forestal. Revista del INIFAP-SARH, Vol. 6 No.31 pp 3-17.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto), (1981). Síntesis Geográfica de los Estados de Coahuila y Zacatecas. INEGI. México, D. F.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto), (1981). Cartas de Uso del Suelo y Vegetación, Esc. 1:250,000. INEGI. G-13-4, G-13-7, G-13-8 y G-13-11. México, D.F.

PISCICULTURA

1. ANALISIS DE LA EXPLOTACION PISCICOLA EN LAS PRESAS DEL RIO NAZAS.

Guillermo VALADEZ MONTALVO (1)

Mario E. SOTO CALDERON (2)

Introducción.

El cauce del río Nazas como recurso se ha visto intensamente explorado, lo que ha originado en el aspecto piscícola, que sus presas sean objeto de explotación pesquera de varias especies, siendo necesario realizar evaluaciones que justifiquen acciones ya sea preventivas o correctivas, que minimicen los efectos del impacto ambiental ocasionado por el manejo pesquero, uso del agua, efectos de la agricultura, etc.. Asimismo, es indispensable estudiar la capacidad de soporte productivo con el objeto de establecer un parámetro de especies existentes y la manera en como éstas se desenvuelven en su medio. Esto es parte de la responsabilidad que se adquiere con los recursos naturales cuando hacemos uso de su capacidad productiva.

Con la información recopilada en este trabajo se forma el panorama general que actualmente presenta la situación pesquera en la Cuenca del Río Nazas, hablando propiamente de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco.

Diferentes Cuerpos de Agua.

Las presas Lázaro Cárdenas (Palmito) y Francisco Zarco (Tortolas) son consideradas las más importantes de la RH 36 debido a su capacidad de almacenamiento. La primera que tiene una función de captación puede contener un volumen total de $4,400 \times 10^6 \text{ m}^3$, de los cuales $3,500 \times 10^6$ son disponibles para la agricultura, mientras que la segunda puede almacenar hasta $430 \times 10^6 \text{ m}^3$. Estas presas se localizan sobre el **cauce del río Nazas** en los municipios de Indé y Lerdo Dgo., respectivamente.

(1) *Biólogo. Departamento de Piscicultura. SARH.*

(2) *Tesis de la UJED.*

Además de las dos anteriores presas, existen otras de menores dimensiones que se localizan sobre los afluentes del río Nazas tales como la presa Lic. Francisco González de la Vega, ($6 \times 10^6 \text{ m}^3$) ("Catedral" en Municipio Rodeo), o la presa Mercedes ubicada sobre el arroyo la Fe en Cuencame parte intermedia de la cuenca Nazas (Cuadro 1).

Cuadro 1
Principal infraestructura
hidráulica superficial
de la RH 36.

Nombre	Tipo	Capacidad de almacenamiento (Mm ³)
Lázaro Cárdenas	Presa Almac.	4,436
Francisco Zarco	Presa Almac.	436
5 de Mayo	Presa Almac.	4.7
Catedral	Presa Almac.	6
Mercedes	Presa Almac.	2.7
Los Naranjos	Presa Almac.	26 *
Leobardo Reynoso	Presa Almac.	76.1
Cazadero	Presa Almac.	30.9
Tanque Aguilereño	T. Almacen.	12
Tanque Genty	T. Almacen.	12
Total		5,042.4

* Actualmente sólo capta 6.0 Mm^3

En el caso de la **cuenca del río Aguanaval**, la presa de mayores dimensiones es la Leobardo Reynoso (El Sauz) con una capacidad de almacenamiento de $76 \times 10^6 \text{ m}^3$. Esta presa se ubica hacia la parte alta de la cuenca sobre el cauce del río de los lazos, uno de los formadores del río Aguanaval. Aguas abajo de esta presa se ubican otras de menores dimensiones tales como El Cazadero ($30.9 \times 10^6 \text{ m}^3$) ubicada sobre el cauce del río Aguanaval, y la presa los Naranjos ($26 \times 10^6 \text{ m}^3$) localizada sobre el Arroyo Santa Clara, sin embargo, esta última no se encuentra en funcionamiento actualmente y sólo puede almacenar $6 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Además de los anteriores vasos de almacenamiento, y mayormente en las **partes baja y media de la RH 36**, se cuenta con bordos, abrevaderos o presones que almacenan los escurrimientos generados en pequeñas áreas, así mismo con estanques alimentados con agua de pozo (extraída del subsuelo) que se almacena con fines agropecuarios. Aunque se carece de un inventario actualizado de los cuerpos de agua antes mencionados, hasta 1987 se contaba con 406, registrados por número de pozo ante SARH, y se considera que al menos existen 200 bordos, se puede mencionar un total aproximadamente a los 600. Estas estructuras son de forma y capacidad de captación variable, pero en forma general se pueden definir dos tamaños en función de la superficie inundada: 0.25 de hectárea (aproximadamente el 60 por ciento de los existentes) y 0.5 hectárea, aunque existen algunos de menores dimensiones.

Así mismo se puede considerar la superficie inundada del cauce del río Nazas y canales principales de riego durante el período que permanecen abiertos las compuertas de las presas. (Cuadro 2).

Cuadro 2
 Trayectos cultivables de la
 cuenca Nazas.

	Longitud	Capacidad
Cauce del río	230 km	-
Canales primarios	166 km	115 m ³ seg-1
Laterales, sublaterales ramal y subramal	2,266 km	-

Calidad del Agua.

La caracterización del agua con respecto a su calidad, incluye algunos factores fisicoquímicos; en la cuenca del Nazas se tienen algunos registros, en su mayoría están incompletos en lo que se refiere a las presas y río.

Los factores a considerar son: Turbiedad, Alcalinidad como carbonatos totales y a la fenolf-taleína, grasas y aceites, sulfatos, fosfatos, calcio, magnesio, detergentes, cloruros, sodio, potasio, mercurio, plomo, boro, arsénico y coliformes totales y fecales; (SARH. CONAGUA).

En lo que respecta a los cuerpos de agua englobados como estanques, sólo se cuenta con algunos registros en los laboratorios de CONAGUA de calidad de agua de pozo en proceso de organización, dándose una mayor importancia al factor arsénico.

Inventario de Especies Icticas en la Cuenca del río Nazas.

La ictiofauna del río Nazas en sus partes alta, media y baja, está representada por 19 especies, 15 géneros y 8 familias, mismas que a continuación se señalan:

Familia Atherinidae

Chirostoma sphyraena

Familia Catostomidae

Catostomus plebeius

Moxostoma austrianum

Familia Centrarchidae

Lepomis macrochirus

Micropterus salmoides

Pomoxis annularis

Familia Cichlidae

Cichlosoma sp

Familia Cyprinidae*Campostoma ornatum* (Girard)*Cyprinus carpio specularis**Dinoda episcopa* (Girard)*Gila conspersa* (Garman)(*) *Gila sp**Gila sp. A**Notropis Chihuahua* (Woolman)*Notropis lutrensis* (Baird y Girard)(*) *Notropis nazas* (Girard)**Familia Characidae***Astyanax mexicanus* (Fillippi)**Familia Ictaluridae***Ictalurus princei*

(*) Especies no colectadas, en el presente estudio, pero colectadas recientemente, se encuentran en el laboratorio de Ictiología de la Escuela Superior de Biología, U.J.E.D.

Producción Pesquera.

De acuerdo con la información obtenida de la Delegación Federal de Pesca de Durango (SEPESCA), archivos; de la ciudad de Durango, Dgo., se tiene que en las dos presas principales de la cuenca del Nazas su producción abarco el 70 por ciento del total estatal en el período anual 1992, con lo que su importancia para la producción pesquera estatal queda justificada. Los volúmenes capturados se indican en el Cuadro 3 de producción pesquera por unidad de producción. Como podrá observarse en la columna de valores totales en producción de kilogramos, de todas las especies, la presa El Palmito, tiene el doble de la producción de la Francisco Zarco, sin embargo, considerar que la capacidad de captación con la que fueron construidas, corresponde a las Tórtolas tan solo el 9.8 por ciento de la Lázaro Cárdenas, nos da idea de la capacidad productiva con respecto a volumen que muestra la presa reguladora Las Tórtolas.

Lo anteriormente comentado, puede observarse en las gráficas de producción pesquera por unidad de producción, donde se presentan los porcentajes, los valores se encuentran en el Cuadro 3 y la Figura 1.

Estructuras de Producción.

La susceptibilidad de que un cuerpo de agua sea aprovechado con fines piscícolas, radica en su capacidad de mantener vida acuática, esto es, su productividad, en dicho sentido, se necesi-

tará de una profundidad, recirculación o movimiento del agua y como alimento, integrantes de los primeros escalones de la pirámide alimenticia. Así, en la cuenca Nazas, no sólo las presas grandes, El Palmito (captadora) y La Zarco (reguladora) son capaces de sustentar una pesquería comercial, pues existen otros cuerpos de agua, aunque de momento sólo puedan cubrir el autoconsumo y por tal motivo carezcan de registros pesqueros que los avalen como unidades de producción.

Cuadro 3
Producción pesquera por unidad de producción del estado de Durango 1992.

	Tilapia	Carpa	Lobina	Bagre	Total
PRESA LAS TORTOLAS					
Unión de pesc.					
Emilio Carranza	85,050	83,650	21,450	43,850	234,000
SCPP Las Tórtolas	117,890	99,967	25,518	53,040	296,415
Total Fco. Zarco	202,940	183,617	46,968	96,890	530,415
PRESA EL PALMITO					
Unión de Pesc.					
SCPP E.J. Carperos de Indé Sol	240,378	269,100	45,231	29,407	584,116
Total L. Cárdenas	444,086	467,593	81,424	64,902	1'058,005
Total Presas kg.	647,026	651,210	128,392	161,792	1'588,420
Valor N\$	1'747,462	760,72	1'179,573	857,36	4'159,947
Totales en Estado	815,521	1'041,916	141,355	192,705	2'191,477
Produc. pesq. por especie:					
en kilogramos	815,521	1'041,916	141,355	192,705	2'191,477
en Nuevos Pesos	2'202,527	1'217,129	1'298,484	1'021,167	5'739,307
Precio por kg.	2.70	1.17	9.19	5.30	2.62

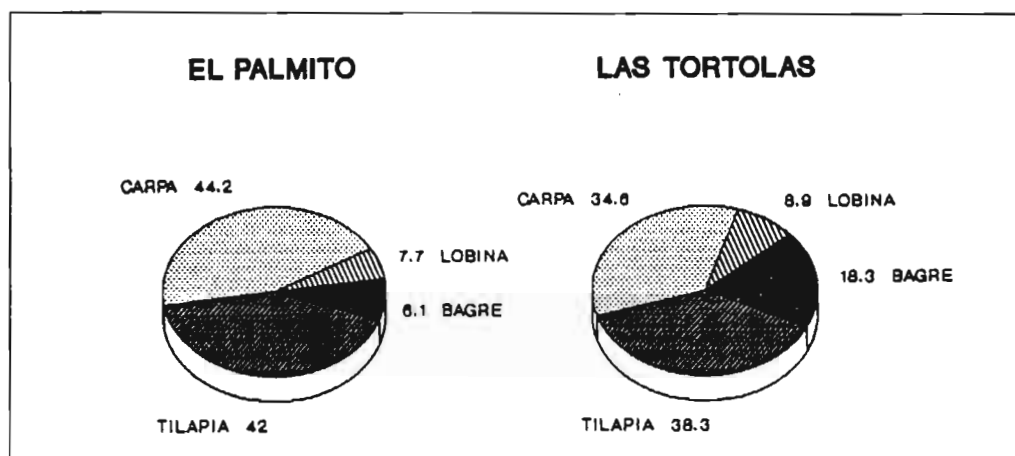


Figura 1

Porcentaje de producción pesquera por especie en las presas Palmito y Tórtolas (1992).

Se incluyen en este concepto, las presas grandes y pequeñas (Cuadro 1). Actualmente todas las unidades o estructuras, se manejan con piscicultura extensiva, consistente en la siembra de crías para su posterior captura, una vez que alcanzan tallas de consumo.

En la presa Francisco Zarco, se tiene registradas dos agrupaciones pesqueras de explotación comercial: "Unión de Pescadores Emilio Carranza" 15 integrantes, y "Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera, las Tórtolas" S.C.L. con 34 integrantes.

En el caso de la presa Lázaro Cárdenas, se registraron dos agrupaciones: "Unión de Pescadores El Palmito", 93 integrantes y "Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ejidal Carperos de Indé" S.C.L. con 199 integrantes.

En el resto de las estructuras de producción se tienen permisionarios y pescadores libres cuyos volúmenes de capturan carecen de registro oficial, además de los integrantes de las comunidades aledañas a los cuerpos de agua, de los cuales tampoco se tiene registro.

Los volúmenes y valor económico de la pesca comercial registrada en la presa de la cuenca Nazas, se pueden apreciar en el Cuadro 3.

Destino de la Producción y Comercialización.

Por carecer de los registros correspondientes al año 1992, se comenta la información referente a años anteriores.

La mayor producción pesquera de las presas regionales, se quedó precisamente en el mismo Estado de Durango, luego se destino a otros estados como Estado de México, Chihuahua, Coahuila, D.F., Zacatecas, y Puebla.

El cuadro 4 muestra en orden decreciente los Estados, a los cuales llegó la producción. Los datos fueron tomados del Anuario Estadístico del Estado de Durango.

Cuadro 4
Estados a donde llegó la producción pesquera.

Año	DESTINO DE LA PRODUCCION
1980	Estado de México, Chihuahua, Coahuila
1981	Estado de México, Chihuahua, Coahuila y se empieza a mandar producto al estado de Puebla
1983	Estado de México, Chihuahua, Coahuila y aparecen ahora el estado de Zacatecas y el D.F. pero no aparece el estado de Puebla
1984	Estado de México, Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, aparece el estado de Sinaloa, pero no aparecen los estados de Puebla y D.F.

Para el ciclo 1992, el precio promedio para cada una de las principales especies, se muestra en el Cuadro 3 de Producción Pesquera, y podemos apreciar que las especies con más alto volumen de producción son las que tiene un valor comercial más bajo; así tenemos, que el precio por kilogramo de Carpa, es de solo N\$ 1.17, y el de Tilapia N\$ 2.70. Los que logran un valor comercial promedio considerablemente mayor son el Bagre, con N\$ 5.30 y la Lobina con N\$ 9.19 (Nuevos Pesos) por kilo; siendo estos precios "pie de plaga", no de comercialización al público.

Producción Potencial.

De la capacidad de producción pesquera de la cuenca del Nazas, en cuanto a cuerpos de agua, ya se ha visto que en las presas, a pesar de no estar implementado un manejo biológico pesquero de las poblaciones de peces, arrojan producciones considerables, según los registros. Pero, ¿qué sucede en los otros cuerpos?, en el caso del cauce del río no se ha implementado un sistema de cultivo o manejo de las pesquerías, y a excepción de la parte del río que está directamente abajo de la presa Palmito, parece no ser aprovechado. Lo mismo sucede con los canales de riego, los canales alimentados con agua de pozo por bombeo, los bordos abrevaderos o presones que captan el agua de escurrimiento y de algunos manantiales que presentan grandes dificultades, que se comentan en el apartado de las conclusiones.

En la cuenca del río Nazas, no solamente en las partes media y baja, el desarrollo pesquero se ha visto favorecido en los últimos 20 años mediante la práctica extensiva de piscicultura, consistente en la siembra de crías para su pesca posterior sin suministrar alimento. Esta situación ha ocasionado, en las presas y el lecho del río, una explosión demográfica de especies exóticas con valor comercial, y cuyo impacto ambiental sobre las especies endémicas y nativas que sólo cuentan con valor ecológico aún no se determina formalmente. En este sentido se realizó un inventario de las especies existentes para efectuar una comparación con las reportadas hace 10 años y hace 20 años, y al parecer los cambios en esta composición de especies ícticas no son alarmantes a pesar de que se introdujeron especies mejor dotadas para la sobrevivencia. Sin embargo, para evaluar el grado de afectación, sería necesario determinar su abundancia y distribución espacial. Las especies principalmente cosechadas son Carpa y Tilapia, que dicho sea de paso, su producción a nivel nacional se equipará a la obtenida en pesquerías costeras de tiburón y cazón y a la de túnico, respectivamente (SEPESCA, 1992).

El potencial productivo del lecho del río y sus márgenes ha sido subexplotado (Figura 2), ya que se tienen las condiciones para el desarrollo del sistema de engorda en jaulas flotantes, sobre todo en la parte media de la cuenca donde se cuenta con escurrimiento durante todo el año, aunque de gasto variable, de la presa de captación (Lázaro Cárdenas) a la presa reguladora (Francisco Zarco). Con este sistema es factible incrementar la producción en los estados de la República carentes de Litoral (Durango ocupa el cuarto Lugar), resaltando la importancia económica y social de tal aprovechamiento.

En sentido ecológico, se puede comentar que aunque la composición de especies de la ictiofauna en la parte media y baja de la cuenca, se ha visto ligeramente mermada paralelamente

al desarrollo de las pesquerías de especies comerciales, de acuerdo a varios estudios, el factor de mayor influencia lo constituye la construcción de presas y represas a lo largo del trayecto del río (Contreras y Escalante, 1979).

Independientemente de la capacidad productiva del sistema de jaulas, solo superable por el sistema de estanques con corriente rápida, la seguridad de control sobre la población de peces sería razón suficiente para optar por este método de producción.

Es por lo tanto el cultivo en jaulas, una solución de aplicación inmediata para la optimización del uso del agua con fines piscícolas, sin riesgo de alterar cualidades y calidades de la misma, al diversificar los sistemas de producción aún y cuando se dieran las condiciones para regular los volúmenes de pesca no se verían afectadas las actividades de acuicultura.

Algunas consideraciones sobre la productividad acuícola de la cuenca del Nazas en sus aguas de escurrimiento y de las posibilidades de explotación del agua con fines de producción cárnica directa mediante el cultivo de peces en forma semi-intensiva o intensiva, ya que en forma extensiva sólo están siendo aprovechados los vasos de las presas, para la pesca comercial y minimamente deportiva.

Lo que concierne a superficies (Figura 2): La superficie del río casi equivale al 50 por ciento de la del Palmito, que produjo en forma extensiva poco más de 1,000 toneladas durante el año 1992. Bien aprovechada esta superficie podría cultivarse, al menos gran parte del trayecto El Palmito-Las Tórtolas. Aún suponiendo que las superficies factibles o la accesibilidad de los sistemas productivos por parte de las comunidades ribereñas fuera sobrestimada, la capacidad de producción no es en absoluto despreciable.

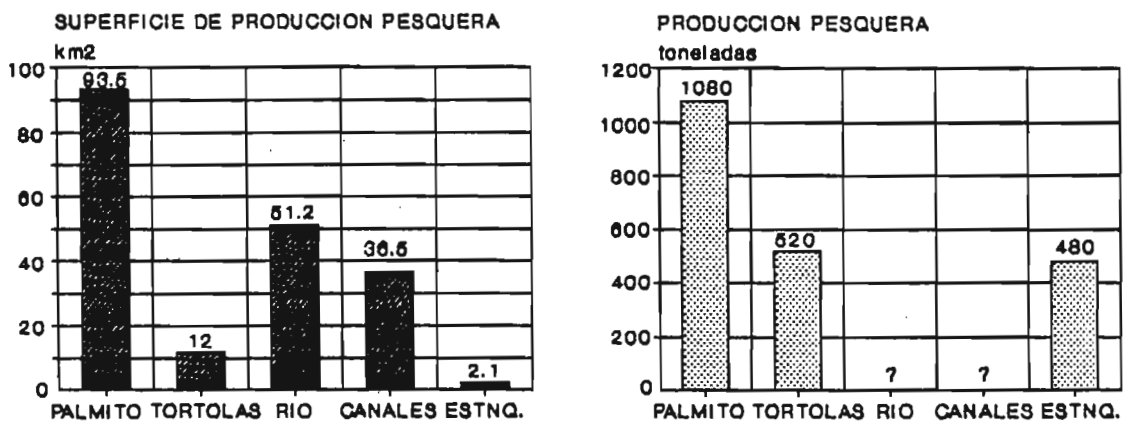


Figura 2

Superficies y producción de las unidades de aprovechamiento en la cuenca Nazas (estimaciones para el río, los canales y estanques).

Por último, la superficie correspondiente a los canales de riego que son de profundidad y ancho variable, y que se presenta en proporción a la presentada en Palmito de 30 por ciento aproximadamente con alto potencial de producción pero demasiados inconvenientes; el principal, es el hecho de que suele atravesar grupos de población que se sirven del agua y esto la hace altamente vulnerable a cambios en su calidad, otro de los inconvenientes es el tiempo de duración del riego, variable año con año, siendo en promedio 3 meses y 10 días ininterrumpidos que es cuando esta superficie se torna alternativa, factor altamente variable y dependiente, quedando así eliminada como posibilidad.

Aspecto Social.

En lo que se refiere al impacto social de la actividad pesquera, se puede aclarar que no ha sido evaluado; sin embargo, se considera que los pobladores ribereños, tanto de presas como márgenes del río, son beneficiarios de la producción piscícola, en mayor o menor grado, desde la pesca comercial hasta la de autoconsumo, aún y cuando la cultura regional no les facilita mucha variación en la forma de prepararlo.

Haciendo referencia a las estructuras de producción actuales y potenciales, se puede decir que en general son de impacto local, ya que en su mayoría apenas alcanzan a cubrir el autoconsumo de las comunidades o rancherías en que se encuentran. Es importante mencionar que el desarrollo del cultivo es mínimo, de tal forma que la producción pareciera no necesitar la intervención del hombre. Esto ocasiona una subexplotación de los cuerpos de agua debida a diferentes aspectos sociales y económicos.

Conclusión.

- Se ha visto que las presas Lázaro Cárdenas (El Palmito), y la Francisco Zarco (Las Tórtolas), proporcionan gran parte de la producción pesquera del Estado de Durango.
- La calidad del agua presente en la cuenca del río Nazas, permite que se desarrollen especies piscícolas comerciables.
- En la ictiofauna de las cuencas, alta, media y baja del río Nazas se encontró: Una especie no reportada, no sólo para la región, sino para el Edo. de Durango: *Pomnoxis annularis Rafinesque*.
- La potencialidad pesquera, está basada en el aprovechamiento de unas cuantas especies de valor comercial, Bagre, Carpa, Tilapia, Lobina y Mojarra Agallas Azules.

- De la producción estatal, el bajo nivel presentado tanto por el Bagre, como por la Lobina se debe principalmente a que se les considera especies deportivas, de tal forma que su introducción en las presas se realizó en forma mesurada; no obstante encontrarse presente en el sistema Nazas, una especie de "Bagre" local, el cual ha ido desapareciendo, y es considerado por algunos autores como extinto. El caso de la "Lobina", que se trata de otra especie exótica, se tiene como tal dos especies comúnmente llamadas "Robalo" y "Robaleta" que son diferenciadas como *Crappy blanco* y *Blackbass*, aunque existen estudios sobre su biología que indican que el comportamiento alimenticio del *Crappy* no es depredador. Más recientemente se introdujo, aún sin registro oficial de captura *Florida bass*. Por último, la especie de "Mojarra agallas Azules", que también tiene alguna representación en las capturas y de la cual no se consiguieron reportes.
- En suma total de las cuatro especies la que mayor producción presentó fue la presa El Palmito con 1,058 toneladas y en la presa Las Tórtolas fue a razón de 530 toneladas.
- La producción pesquera en ambas presas, quedó precisamente en el mismo Estado de Durango, luego se envió producto principalmente a los Estados de México, Chihuahua y Coahuila.

Por todo lo anteriormente explicado se puede comprender finalmente que las condiciones que presentan dichos cuerpos de agua es de calidad óptima, para que se desarrollen especies pesqueras importantes, (y con ellas saber darle un mejor uso al agua, en lo que a aprovechamiento piscícola se refiere).

- El valor comercial de las especies explotadas en la cuenca Nazas, de orden decreciente, es: Lobina, Bagre, Tilapia y Carpa.
- El orden por participación económica en los ingresos a pescadores organizados en las presas fué durante 1992: Tilapia, Lobina, Carpa y Bagre.
- La explotación en aguas de escurrimiento es incipiente y factible de optimizar mediante la práctica de técnicas de cultivo semi-intensivas e intensivas.
- El tramo del río Nazas, que se encuentra entre las presas Lázaro Cárdenas y Fco. Zarco (poco más de 100 km) es factible aprovecharlo mediante piscicultura en Jaulas.
- El uso de los 2,432 km de canales de riego no pueden ser aprovechados por estar ampliamente expuestos a contaminación antropogénica, además de que el medio es de corta duración en referencia al tiempo de engorda de los peces, y presenta variaciones térmicas, de gasto de agua y calidad de agua en general, ocasionando gran dificultad para su control.

Referencias.

La información que se presenta fue proporcionada por los siguientes organismos:

- a) Comisión Nacional del Agua. Gerencia Regional Norte. Dpto. de Información Ciudadana. Torreón, Coah. Res. de Conservación. Lerdo, Dgo.
- b) SARH-Comisión Nacional del Agua (Región Lagunera), Subgerencia de Administración. Dpto. de Calidad y Reutilización del Agua. Torreón, Coah.
- c) SARH-Dpto. de Agua de Riego y Manejo del Agua. Cd. Lerdo, Dgo.
- d) Oficinas de Delegación Federal, SEPESCA; Archivo, Durango; Dgo.
- e) Anuario Estadístico del Edo. de Durango, Gobierno del Estado.

SEPESCA, (1992). "Indicadores de la Producción Pesquera Enero 1992". SEPESCA-SIR. GRA. DE INF. Y REG. PESQ. México, D. F. 7 p.

SALVADOR CONTRERAS B. and MARCO A. ESCALANTE C., (1979). Distribution and known impacts of exotic fishes in México. *Distribution Biology and management of exotic fishes*, 6:102-130. The Johns Hopkins University Press/Baltimore and London.

LETICIA J. MACIAS CH., (1983). Ictiofauna del estado de Durango, México. Tesis profesional. F.C.B. UANL. 1-145 pp.

MARIA G. SALAS M., (1971). Ictiofauna del complejo de cuencas Nazas, Aguanaval, Parras y del Chorro de los estados de Durango, Zacatecas y Coahuila, México. Tesis Profesional. F.C.B. UANL. 1-117 pp.

2. LA PISCICULTURA: UNA OPCION PRODUCTIVA PARA LOS PRESONES DE LAS ZONAS ARIDAS.

Carlos RAMIREZ MARTINEZ (1)

Introducción.

El 53 por ciento del territorio que ocupa la República Mexicana lo conforman zonas áridas (22 por ciento) y semiáridas (31 por ciento) (Schmidt, R.H., 1991). En éstas regiones, el florecimiento de las actividades productivas practicadas por el hombre se ve menos favorecido, consecuencia lógica de las condiciones climáticas imperantes.

En general, en estas zonas la precipitación media anual es inferior a 500 mm y en amplias extensiones está comprendida entre 100 y 400 mm. La lluvia además de escasa, suele ser irregular, con fuertes diferencias de un año a otro. Haciendo cálculos, el número de meses secos generalmente varía de 7 a 12 por año, y de hecho no es raro que pasen hasta 18 meses sin lluvia apreciable; en las zonas más secas pueden sucederse varios años sin precipitaciones de importancia (Rzedowski, 1978). Lo cual provoca que exista una marcada escasez de agua.

Como respuesta a la necesidades de agua que padecen los pobladores de las zonas áridas y semiáridas, se ha fomentado el uso de los escurrimientos superficiales. Este importante recurso, han sido un vector fundamental para el desarrollo agropecuario, industrial y urbano del México árido al ser aprovechado a través de la construcción de una gran cantidad de obras hidráulicas de almacenamiento: presas y presones, principalmente.

Por otra parte, actualmente nuestro país enfrenta una grave crisis en el abasto de alimentos y materias primas, situación que condena a gran parte de su población, del medio rural principalmente, a sufrir año con año altos grados de desnutrición.

Por todo esto, la generación de alternativas de producción que permitan realizar un mejor aprovechamiento y conservación efectiva de los recursos naturales, principalmente el agua base de los sistemas de producción, deberán tener prioridad dada su importancia estratégica. En esta línea, la utilización de obras hidráulicas de almacenamiento para la implementación de programas que impulse el desarrollo de las actividades acuícolas es de especial interés por los múltiples beneficios que esto ofrece: a) optimizan el uso de agua, elevando así el rendimiento económico y productivo de las obras hidráulicas; b) responden a la necesidad nacional de generar alimentos de alto contenido proteínico, básicos para la dieta popular y c) por la influencia que tienen en la mejoría de los niveles de vida de quienes las practican.

(1) Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales (PAIR), Facultad de Ciencias (UNAM).

El objetivo del presente trabajo es analizar la problemática que envuelve al desarrollo de la piscicultura en pequeñas obras hidráulicas de almacenamiento, localizadas en zonas áridas, conocidas comunmente con el nombre de bordos o presones; de acuerdo con la experiencia obtenida a través de la realización de un estudio de prospección acuícola en una porción de la cuenca media del río Aguanaval, llevado a cabo por el área de Recursos Acuícolas del Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales (PAIR-UNAM), durante el período 1990-1992.

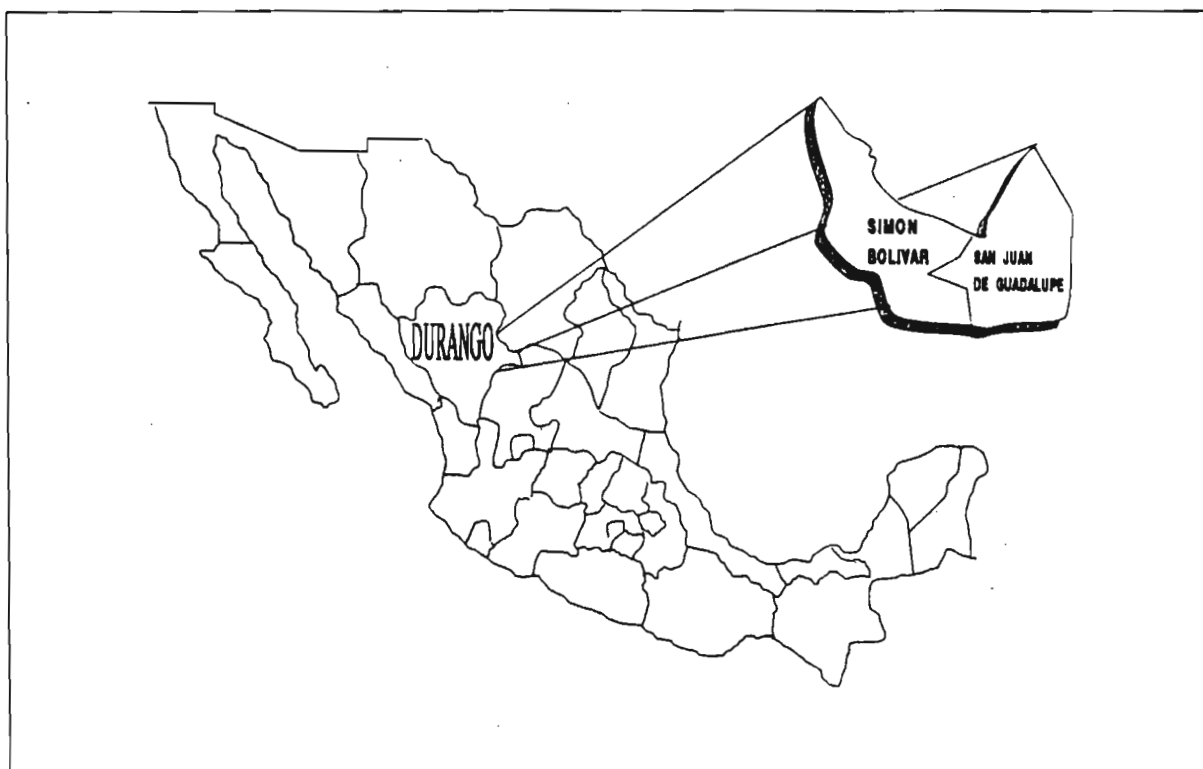
Caracterización del Area de Estudio.

La zona de estudio se localiza en la porción semi-árida del noreste del estado de Durango, México, a los 24° 20' y 25° 12' de latitud norte y entre los 102° 30' y 103° 30' de longitud oeste (Figura 1). Hidrológicamente, se encuentra dentro de la cuenca del río Aguanaval de tipo endorréico, (laguna de Viesca y subcuencas Camacho y Gruñidora), de acuerdo con las cartas de aguas superficiales 1:250 000 "Juan Aldama" y "Torreón" de SPP, (1981).

Esta se encuentra conformada en dos municipios: San Juan de Guadalupe y Simón Bolívar, los cuales colindan al norte con los municipios de Torreón y Viesca, Coah.; al este y sur con el de Mazapil y Fransisco R. Murguía, Zac., respectivamente y al oeste con el Cuencamé y Santa Clara, Dgo. En conjunto ambos municipios cuenta con una extensión territorial de 5,341 km² (2,998 km² de Simón Bolívar y 2,343 km² de San Juan de Guadalupe) y agrupan 78 comunidades (33 en Simón Bolívar y 45 en San Juan de Guadalupe) en donde en 1990 vivían 20,540 habitantes de acuerdo con (INEGI, 1991), la mayor parte de éstos en condiciones económicas de subsistencia.

En el interior de los municipios se pueden distinguir tres zonas climáticas, las cuales de acuerdo con la nomenclatura climática de Köppen, modificada por (García, 1973) corresponden a los siguientes subtipos climáticos: a) BWhw (e') clima desértico semicálido con invierno fresco y régimen de lluvias en verano ; b) BSohw (e) clima seco o estapario semicálido con invierno fresco y régimen de lluvias en verano ; c) BSokw (w) (e) clima semiseco, templado con verano fresco. El promedio anual de la precipitación pluvial varía de 250 a 400 mm.

Finalmente, los suelos de la región estudiada son típicos de las zonas áridas y de acuerdo con la clasificación FAO-UNESCO (INEGI, 1980) se presentan siete tipo de suelos, siendo los dos primeros los principales, con base en su mayor extensión territorial, abarcando aproximadamente un 80 por ciento de la superficie de ambos municipios: a) Litosol eútrico (le), b) Xerosol cálcico (Xx); c) Solonchak húmico (Zn); d) Solonetz háplico (Sn); e) Fluvisol cálcico (Jk); f) Yermosol cálcico (Yk) y g) Castañozem lúvico (Ki).

**Figura 1**

Localización geográfica de la zona de estudio (PAIR-UNAM).

Aprovechamiento de las Aguas Superficiales en la zona de Estudio.

Presas.

Con el fin de aprovechar en riego las aguas del río Santa Clara (Santiago), se construyó la presa Los Naranjos a 160 km al sureste de la ciudad de Torreón, Coah., y a 25 km aguas abajo del poblado de Santa Clara en el municipio de Simón Bolívar, Durango. Consta de una cortina de 48.0 m de altura desde su desplante y 52.0 m de longitud por la corona, de un vertedor u obra de excedencia de cresta libre canal lateral en la margen izquierdo y una obra de toma tipo tubería a presión en la margen derecha; su capacidad de almacenaje es de 29 millones de m³ y una tiene un área de inundación de 203 hectáreas. El área de la cuenca de captación de la obra es de 2,175 km² localizada en los estados de Durango y Zacatecas (SARH, 1987).

El aprovechamiento más importante de la presa Los Naranjos consiste en dar asistencia de riego a 2,193 hectáreas, distribuidas en cuatro ejidos del municipio de Simón Bolívar.

Lagunas.

En la parte central del municipio de San Juan de Guadalupe dentro de la subcuenca llamada "Laguna de la Mancha" (en la porción correspondiente a la cuenca Camacho-Gruñidora), se localizan dos paleolagunas: la de "La Mancha" y la de "Pajonal de los Pozos". La primera ocupa una superficie de alrededor de 1,200 ha., y la segunda de 250 ha., muy eventualmente llegan a captar agua, la cual es de mala calidad por ser salina.

Bordos o Presones.

Las obras hidráulicas de almacenamiento conocidas comunmente con el nombre de bordos o presones, son embalses artificiales alimentados por escurimientos o corrientes cercanas que han sido utilizados de manera tradicional para tratar de cubrir las necesidades de agua de los habitantes de la región, que en orden de importancia son: doméstico, pecuario y riego.

De acuerdo a un levantamiento censal de obras hidráulicas realizado en 38 comunidades de la zona de estudio, para 1990 se registró la existencia de 77 bordos o presones, con una capacidad de almacenamiento que fluctúa entre 10,000 y 1'000,000 de m³.

El tiempo que permanecen inundados este tipo de embales varía de tres a doce meses por año, dependiendo de la capacidad de almacenaje que tengan, el uso que se le dé al agua que almacenan y la precipitación pluvial que se presente a lo largo de cada año.

De acuerdo con los pobladores, en años de buen temporal (PP>350 mm) los cuerpos de agua pequeños (de 10,000 a 100,000 m³) y medianos (de 100,000 a 500,000 m³) permanecen con agua de 3 a 9 meses. El agua que contienen este tipo de presones se destina a cubrir necesidades de consumo humano, en el caso de los pequeños y los medianos además de cubrir éstas necesidades poseen excedentes que regularmente se utilizan para dar de beber al ganado. Mientras tanto, los embalses grandes (> 500,000 m³), normalmente permanecen con agua a lo largo de todo el año y funcionan como abrevaderos y/o pequeñas obras de regadío.

Estos ecosistemas acuáticos tienen un tiempo de vida corto, ya que evolucionan de manera rápida convirtiéndose en trampas que retienen gran cantidad de material sedimentario alóctono y autóctono, lo que propicia que la cubeta se azolve disminuyendo considerablemente su profundidad media. El impacto causado por la influencia de este material favorece al incremento de la productividad primaria y acelera el proceso de eutrofización natural que se observa en estos ambientes (Armengol, 1982).

Los presones como posibles unidades de manejo acuícola.

Durante los últimos años, se han realizado una buena cantidad de investigaciones sobre la posibilidad de utilizar a los presones, localizados en zonas templadas y tropicales principalmente, como posibles unidades de producción acuícola. De éstas, algunas que destacan por su importancia son las siguientes:

Las condiciones fisicoquímicas de los estanques temporales han sido estudiadas de manera amplia en otros países y, respecto al rendimiento pesquero en cuerpos de agua en general, es importante mencionar los trabajos de Henderson (1972, 1974) y Ryder et. al. (1974), citado en García Calderón, (1986). Arredondo, et. al. (1982), del Instituto de Biología de la UNAM, realizó un trabajo en el que establece un modelo de comportamiento de algunos parámetros fisicoquímicos en un típico estanque temporal tropical y considera la posibilidad de realizar estimaciones del rendimiento pesquero a través de la aplicación de un Índice Morfoedáfico (IME).

Otros investigadores, a nivel nacional, han enfocado sus investigaciones a cuerpos de agua temporales en zonas tropicales y templadas considerando los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las aguas con las que cuentan, e incluso desarrollaron proyectos de acuicultura a nivel piloto en busca de un mayor aprovechamiento de este tipo de cuerpos de agua (Rosas, 1976).

Un trabajo más reciente, evalúa el potencial productivo de dos bordos semi-permanentes, bajo las siguientes características: el empleo como estrategia del manejo de monocultivo de mojarra y el policultivo de esta especie con carpas en diferentes densidades de carga, el análisis del crecimiento y robustez de las especies y los rendimientos piscícolas. Asimismo, detecta las relaciones entre algunos factores abióticos-bióticos del embalse y el crecimiento de las poblaciones ícticas (Hernández-Avilés y Peña-Mendoza, 1992)

Finalmente, Arredondo y Flóres, (1992) realizaron un análisis de los pequeños cuerpos de agua epicontinentales de México, principalmente del sureste y de la Meseta Central, como generadores de proteína animal para consumo humano, su disponibilidad a nivel nacional, así como la descripción de las características limnológicas de algunos de ellos.

En el caso de los presones localizados en zonas áridas y semi-áridas la disponibilidad sobre estudios de prospección acuícola no es tan amplia. Debido a esto, el comportamiento productivo de este tipo de embalses y sus posibilidades para ser aprovechados como unidades de producción acuícola no se conoce lo suficiente.

Por esta razón, el área de Recursos Acuícolas del PAIR-Durango realizó un estudio de prospección acuícola en algunos de las obras hidráulicas de almacenamiento alimentadas por escurrimientos (presones) presentes en la zona de estudio, previamente descrita en el presente trabajo, durante el período 1990-1992. Algunas de las consideraciones mas importantes de esta investigación son las siguientes:

1) Morfología.

Tomando en cuenta la idea que propone que: "la morfología de las cubetas lacustres ejerce efectos importantes sobre prácticamente la totalidad de los parámetros físicos, químicos y biológicos de los lagos. Por lo que, con la determinación de este parámetro se puede conocer la naturaleza de su drenaje, la entrada de nutrientes en el lago, el volumen de agua que contiene y su productividad" (Wetzel, 1981); se realizó, un análisis sobre la morfometría que presentan las obras hidráulicas de almacenamiento alimentadas por las aguas superficiales (presas y presones) presentes en la zona de estudio.

Los resultados, muestran que a mayor parte de los presones se caracterizan por ser someros y tener una gran área de inundación en proporción a su capacidad de almacenaje, una profundidad media baja, un desarrollo de litotal (DI) mayor a 1, así como una muy desarrollada línea de costa. Por lo tanto, consideramos que muchos de los presones presentan una morfología que les permite alcanzar una alta productividad acuática. Consideración que está de acuerdo con lo expuesto por Hutchinson, (1957), (citado en Wetzel, 1981) "la productividad acuática responde a los siguientes principios: las cunetas en forma de "U" o "V" con márgenes de pendiente alta, muchas veces formados por fuerzas tectónicas, normalmente son profundas y poco productivas ya que el sedimento está en contacto con un volumen de agua proporcionalmente pequeño; por su parte, las depresiones someras, cuyo sedimentos presentan un mayor porcentaje de contacto con el agua, generalmente alcanzan productividades intermedias o altas". Sin embargo, cabe señalar que especialmente en regiones áridas los presones someros tienen el inconveniente de ser más vulnerable a los efectos causados por la evaporación, lo cual lógicamente disminuye el tiempo que este tipo embalses pueden permanecer inundados.

2) Parámetros físico-químicos del agua.

Por otra parte, durante el período 1990-1992 se realizaron una serie de muestros periódicos en campo de los siguientes parámetros físicoquímicos del agua: transparencia de la columna de agua, temperatura de la columna de agua, pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, alcalinidad dureza por calcio, dureza por magnesio, dureza total y productividad primaria. Del análisis de la información obtenida, podemos decir lo siguiente:

- a) En el caso del pH, en todos los casos, se registraron valores que fluctuaron entre 7.5 y 9.0, lo cual indica que el agua de este tipo de embalses tiende a ser alcalina, condición que no resulta extraña si consideramos que la zona de estudio se localiza dentro de cuencas de tipo endorréico, además, de que estos rangos se encuentran dentro de los más apropiados para la producción de peces de acuerdo con Swingle, (1961);
- b) los valores registrados de alcalinidad media se encontraban entre los 100 y 200 mg/l, lo cual de acuerdo con FONDEPESCA, (1988) se puede interpretar como un indicador de alta productividad para fines acuculturales;
- c) las valoraciones de oxígeno disuelto registradas durante el período de otoño e invierno, en la mayoría de los casos, estuvieron por arriba de los 5 mg/l, lo cual de acuerdo con Swingle, (op. cit.) permite un buen desarrollo y reproducción de los peces;
- d) los valores de la dureza, fluctuaron entre los 60 y hasta los 500 mg/l, condición que está dentro de los límites permisibles para el desarrollo de actividades acuculturales;
- e) no fueron registrados valores de penetración de la luz por debajo del 10 por ciento;
- f) las temperaturas de la superficie del agua más altas se registraron durante el verano (31° C) disminuyendo gradualmente hacia la llegada del invierno, época en la cual se registraron las temperaturas más bajas (13° C);
- g) la productividad primaria registrada, en todos los casos, presentó sus valores más bajos durante el verano aumentando paulatinamente con la llegada del invierno, continuando en acenso durante este período, de tal forma que durante la primavera, alcanzó sus valores más altos.

3) Componentes biológicos.

Por otra parte, en la investigación se consideró el estudio de algunos aspectos relacionados con el plancton de los embalses. De los resultados obtenidos, vale la pena mencionar los siguientes:

De acuerdo con Wetzel, (1981) las características de las asociaciones planctónicas (fito y zooplancton) identificadas muestran que:

- a) los presones pertenecen a embalses de tipo eutrófico con abundancia de materia orgánica disuelta;
- b) se encuentran libres de contaminantes de origen inorgánico;
- c) no presentan una perturbación evidente.

A través de un análisis preliminar de sucesión fitoplanctónica que se realizó, se pudo observar que durante el verano, y más específicamente durante la temporada de lluvias, la diversidad de especies que se presenta es alta, disminuyendo hacia la llegada del otoño (terminación de la temporada de lluvias y por lo tanto también de los aportes significativos de agua y sedimentos a los embalses) para finalmente presentarse una evidente dominancia de unas pocas especies, cianofíceas principalmente, durante la parte final del invierno y la primavera (Figura 2).

4) Aspectos climáticos.

Finalmente, se realizó un análisis sobre el comportamiento de los factores climáticos más importantes (evaporación, temperatura y precipitación pluvial) registrado en 9 estaciones climatológicas localizadas dentro y a los alrededores de la zona de estudio contando con un promedio de datos de aproximadamente 30 años. Los resultados de dicho análisis muestran lo siguiente:

- a) La precipitación promedio anual se encuentra entre los 250 y los 400 mm., presentándose principalmente en verano, aunque se existen lluvias aisladas durante todo el año. En los meses de mayo a septiembre se registran granizadas aisladas. Una característica muy importante de los patrones de lluvia en la zona, que se suma a los bajos registros que en general se presentan, es la fuerte variación de los volúmenes de un año a otro, lo cual se ilustra con los casos de las estaciones climatológicas de San Juan de Guadalupe y Simón Bolívar; en la primera de ellas se presenta una media anual de 357 mm., pero se han presentado años en que sólo llueva 173 mm. y otros en los que el volumen de precipitación ha llegado hasta los 655 mm. En el segundo caso, con una media de 395 mm. las variaciones van de 194 a 768 mm. anuales.
- b) Independientemente de la cantidad total de lluvia que se presente a lo largo del año, los meses con mayores posibilidades de que llueva son julio, agosto y septiembre (Figura 2).
- c) La temperatura ambiental y la evaporación alcanzan sus mayores valores durante los meses de primavera e inicio del verano, disminuyendo paulatinamente con la aparición de las primeras lluvias, alcanzando sus valores más bajos durante el invierno (Figura 2).

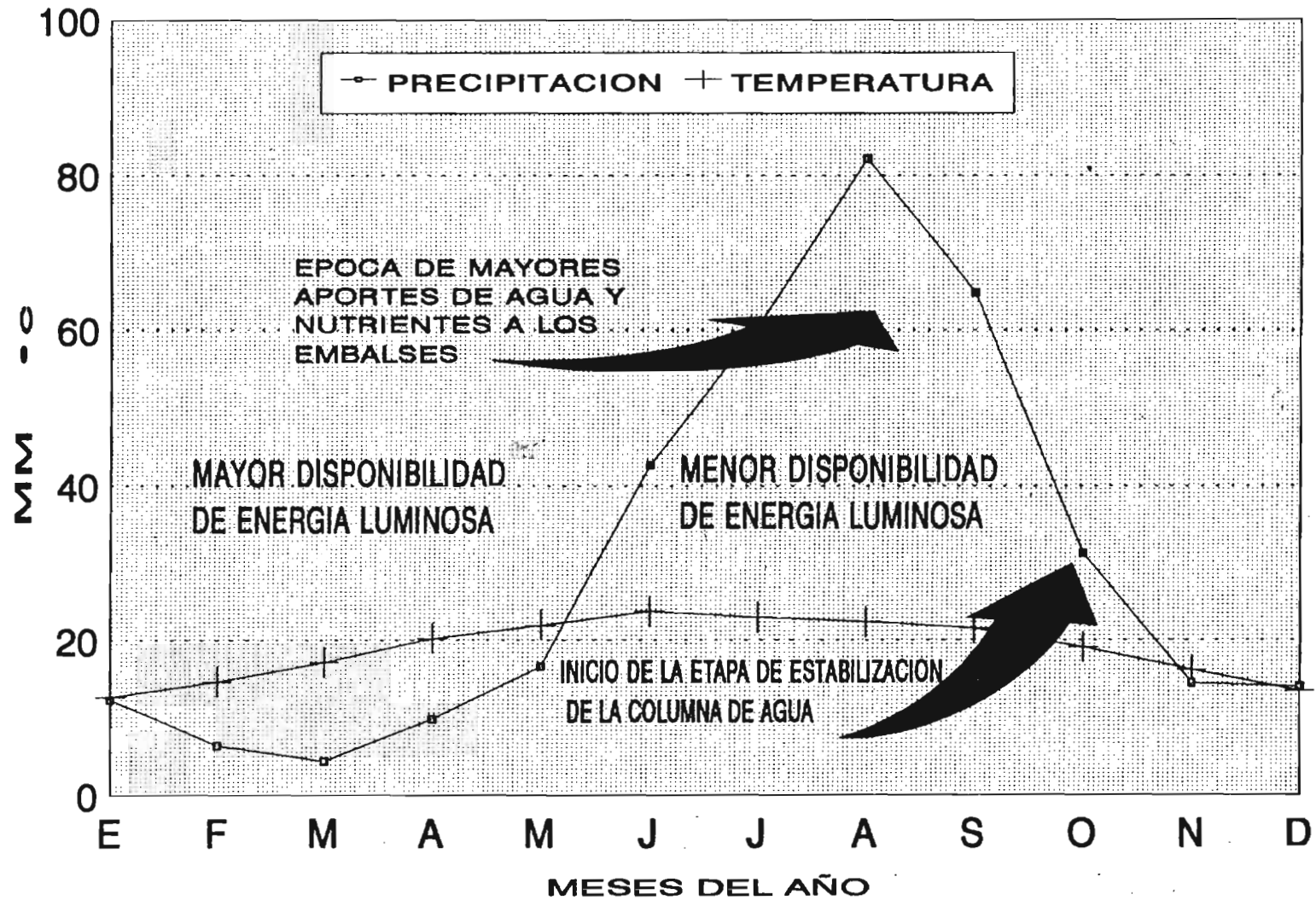


Figura 2

Factores físicos que influyen en el comportamiento productivo de los presones.

- d) El comportamiento que presentan los factores climáticos estudiados (precipitación, temperatura y evaporación) permite que en las obras hidráulicas estudiadas se presente una muy alta productividad acuática, debido a que: los mayores aportes de escurrimientos superficiales se registran durante el verano (Fase de dilución), disminuyendo hacia el otoño e invierno para desaparecer casi por completo durante la primavera (Fase de concentración), lo cual significa que únicamente durante un período muy corto del año (aproximadamente tres meses) se registren aportes principales de agua y nutrientes hacia los embalses, permitiendo que el medio se “estabilice” rápidamente.

Esta característica, sumada a la gran disponibilidad de energía luminosa que existe, gracias a la enorme cantidad de radiación solar que se presenta durante el resto del año, condición característica de las zonas áridas, es aprovechado por el fitoplancton para alcanzar tasas de crecimiento muy alta (muchas veces exponenciales), lo cual se traduce en una muy alta productividad primaria. Por su parte, las temperaturas ambientales que se registran en la región a lo largo de todo el año son las ideales para fomentar el crecimiento de las poblaciones biológicas presentes en los embalses, ya que su promedio mensual siempre se encuentra por arriba de los 15° C, aún durante los meses más fríos del año (Figura 3).

Conclusión.

La composición química de los suelos de la región, el tipo de materia orgánica (alóctona y autóctona), el comportamiento que presentan los indicadores biológicos estudiados (fitoplancton, zooplancton) así como su composición, la dinámica que presentan los diferentes factores físico y químicos del agua, la gran disponibilidad que existe de energía solar y eólica a lo largo del año, el bajo deterioro ecológico que presentan los embalses y el comportamiento que tienen algunos de los más importantes factores climáticos (precipitación, temperatura y evaporación) conjugadas, todas estas características, con la morfología que presentan los presones, dan como resultados que en este tipo de embalses exista muy alta productividad acuática.

El comportamiento hidrológico que presentan los presones estudiados, responde al modelo que propone la existencia de diferentes etapas de sucesión ecológica alternadas, que para nuestro caso, únicamente consta de dos etapas: una primera de dilución y una segunda de concentración. La primera de éstas, se caracteriza por presentarse durante el verano (época de lluvias) y por lo tanto es cuando: a) se da el mayor aporte de materiales y nutrientes a los embalses (a través de los escurrimientos), b) los presones alcanzan su nivel máximo de inundación, c) se presenta un intenso proceso de biodegradación de la materia orgánica en la columna de agua, d) es la etapa de mayor inestabilidad y e) es una época poco apta para llevar a cabo actividades acuaculturales; la segunda se caracteriza por presentarse durante el otoño, invierno y principios de la primavera (época de secas) y por lo tanto es cuando: a) se presenta un importante disminución del área de inundación de los embalses, producto de los altos índices de evaporación que se presentan, b) se da una concentración de materiales y nutrien-

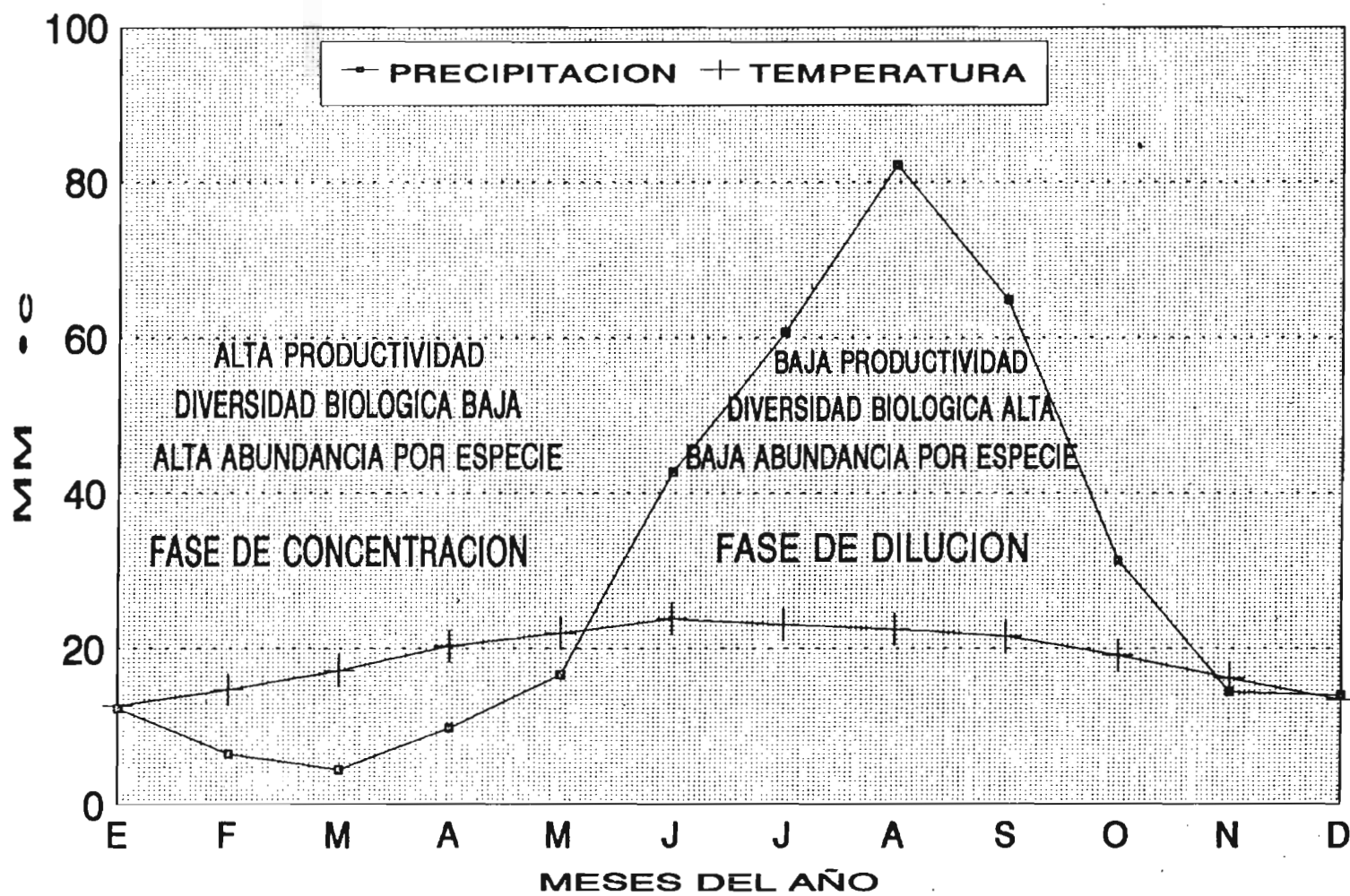


Figura 3

Comportamiento productivo de los presones a lo largo del año.

tes presentes en la columna de agua, d) el embalse entra en una etapa de estabilidad, e) la producción primaria alcanza sus niveles más altos y f) se presentan las mejores condiciones, desde el punto de vista de la calidad del agua, para el desarrollo de las actividades acuaculturales (Figura 3).

Con el fin de poder traducir dicha productividad acuática en beneficios para los habitantes de la zona deberá contemplarse el uso de los presones como unidades de manejo acuícola utilizando a la acuicultura de resiembra como estrategia de producción. Para lo cual, se sugiere sean tomadas en consideración las siguientes recomendaciones:

- a) El desarrollo de estos programas deberá responder a una ampliación en la dotación de los sistemas de producción con los que cuentan los habitantes de nuestros desiertos y semi-desiertos bajo un esquema congruente con el equilibrio regional, a través de tecnologías ambientales compatibles con la estructura de los ecosistemas y el medio rural.
- b) Para poder impulsar la práctica la acuicultura de resiembra dentro de la zona de estudio, es indispensable apoyar la operación de un programa de capacitación dirigido a los productores y personal técnico de las instituciones gubernamentales encargadas de apoyar el desarrollo rural de la región. Con esto se lograría impulsar el despegue de las actividades acuícolas, aprovechando así el alto potencial productivo que presenta una gran cantidad de obras hidráulicas de almacenamiento dentro de la zona de estudio. Además, de obtener importantes beneficios nutricionales para una gran cantidad de habitantes de la región.
- c) Se debe respetar la jerarquización del uso del agua establecida por las comunidades, eliminando toda posibilidad de practicar acuicultura en aquellas obras cuya agua se utilice para el consumo humano. Por tal motivo, únicamente deberán ser utilizados, con estos fines, los abrevaderos (al que no tengan acceso los cerdos) y las obras hidráulicas de regadío.
- d) El tiempo mínimo que deben permanecer inundados los presones que pretendan ser utilizados como unidades de producción acuícola es de 9 meses.
- e) Los altos niveles de producción primaria detectados, sugieren que no se requiere de la utilización de alimentos preprados para el establecimiento de cultivos piscícolas. Lo cual está de acuerdo con lo propuesto por Goodyear et al. (1972): "existe una relación casi directa entre la productividad primaria y la producción de peces, expresada en forma de kilogramos por hectárea, de tal manera que un incremento en la primera, se traduce por lo general en un aumento en la segunda".
- f) La falta de tradición acuícola y culinaria que existe en la zona, bien puede ser superada mediante la capacitación y las demostraciones de campo, gracias a la gran receptividad que los pobladores muestran por este tipo de actividades productivas.
- g) El época del año durante la cual se recomienda que se realice el establecimiento de los cultivos (siembra) es el otoño, dentro de período de tiempo contemplado entre la finalización de la temporada de lluvias (finales del mes de Septiembre) y la aparición de la primeras heladas (finales del mes de Octubre).

- h) El establecimiento de unidades de manejo acuícola en este tipo de regiones bajo ninguna circunstancia deberá darse de manera indiscriminada, ya que primero deberá realizarse estudios sencillos de prospección acuícola tomando en cuenta los aspectos básicos y metodológicos propuestos en la presente investigación o algunas otras similares.
- i) De acuerdo con nuestra experiencia, el policultivo de peces, compuesto por especies plantofágas (carpas), bentónicas (bagres y carpas) y omnívoras (Tilapias) es la estrategia de manejo más adecuada para este tipo de embalses, ya que a través de esta se optimizan el uso del alimento que se encuentra disponible. El número de individuos sembrados por metro cúbico deberá de ser de 1, tomando el volumen de agua que presentan el embalse durante la fase de concentración.
- h) Se recomienda que las obras hidráulicas que disponen del volumen suficiente para contar con agua a lo largo de todo el año, como la presa de "Los Naranjos", sean utilizados como centros de abasto, suplementarios, de crías y juveniles.

Por todo esto, el desarrollo de las actividades acuícolas en esta porción del semi-desierto del noreste del estado de Durango es una opción productiva importante, debido a los bajos costos que implica su desarrollo y los altos rendimientos que de ella se obtienen, que deberá ser considerada en todo programa de mejoramiento productivo cuyo objetivo sea elevar la calidad de vida de los productores a través de mejorar el uso y aprovechamiento de los recursos naturales con los que cuenta la región.

Referencias.

- ARMENGOL J., (1982). Ecología del zooplancton de los embalses. Mundo Científico (La Recherche). 2 (11): 168-178.
- ANONIMO, (1987). Informe del comportamiento observado en la presa "Los Naranjos" correspondiente a la Delegación Durango (Cd. Lerdo). S.A.R.H. México. 10 p.
- ARREDONDO F. J. L., GARCIA C. J. L. y MARTINEZ P. C., (1982). La conducta físico-química y el rendimiento pesquero de un estanque temporal tropical, utilizado para la piscicultura extensiva en el estado de Morelos. Rev. Lat. de Acuicultura (12): 1-12.
- ARREDONDO F. J. L., (1986). Criterios para el manejo de la calidad del agua, en estanques de piscicultura intensiva. Instituto de Biología. UNAM. 164 p.
- ARREDONDO F. J. L. y FLORES-NAVA A., (1992). Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. Hidrobiológica Vol. (3/4): 1-10.
- FONDEPESCA. (1988). Extensionismo, 25 Números. Volumen 1. SEPESCA. México, D. F.

- GARCIA C. J. L., (1986). Manual de prácticas de Limnología. Universidad Autónoma Metropolitana-I. Inédito. México, D.F.
- GARCIA A. E., (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. 2a. Ed. Instituto de Geografía. UNAM. 246 p.
- GOODYEAR C. P., BOYD C. E. and BEYERS R. J., (1972). Relationships between Primary Productivity and Mosquitofish. *Limnol. Oceanogr.*, 17: 445-450.
- HERNANDEZ-AVILÉS J. S. y PEÑA-MENDOZA B. (1992). Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el estado de Morelos, México. *Hidrobiológica* (3/4): 11-23.
- INEGI, (1991). Durango, resultados definitivos, XI censo general de población y vivienda. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- RZEDOWSKI J., (1978). Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- ROSAS M. M., (1976). Biología acuática y piscicultura en México. Secretaría de Educación Pública. Serie de Materiales Didácticos en Ciencia y Tecnología del Mar. México.
- SCHMIDT H. R., (1991). The arid zones of México: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *Memorias del V Congreso Nal. de Meteorología*. OMMAC. Cd. Juárez, Chih. 39-54 p.
- SWINGLE H. S., (1969). *Methods of Analysis for Water, Organic Matter and Pond Bottom Soils Used in Fishier Research*. Auburn University. Auburn, Alabama. 119 p.
- WETZEL G. R., (1981). *Limnología*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 673 p.

SINTESIS

DESCROIX Luc
ESTRADA AVALOS Juan
LOYER Jean-Yves
ORONA CASTILLO Ignacio

1. SINTESIS TEMATICA.

El análisis de todos los factores que influyen en el escurrimiento en la RH 36, muestra lo complejo que resulta un gran conjunto de ecosistemas distribuidos espacialmente.

La disponibilidad y el uso del agua en la RH 36 están sometidos a tendencias opuestas:

- * La región de mayor disponibilidad natural del agua es la que menos ocupación humana presenta y por tanto las necesidades de agua son las más bajas.
- * Por el contrario, la zona de mayor densidad de población y de uso del suelo y agua, se sitúa en condiciones áridas y semiáridas con altas tasas de evaporación.

Las condiciones orográficas de la zona más húmeda (Sierra Madre Occidental), son la principal limitante de la densidad de población. En la parte baja (Región Lagunera), donde se encuentran llanuras de grandes extensiones, la disponibilidad de agua depende enteramente de los escurrimientos generados en las zonas altas de la cuenca y de su frágil sistema de abastecimiento subterráneo.

Factores Físicos y Bióticos.

En la Sierra la mayoría de los factores favorecen un importante volumen de escurrimiento anual.

- Factores Físicos: la pluviometría en esta zona se presenta de forma regular e importante (hasta 900 mm en el parteaguas), existe una menor evaporación al disminuir la temperatura y las condiciones orográficas impiden el estancamiento de las aguas.

La geología no es tan favorable, sin embargo, existe capacidad de almacenamiento provisional en aquellos suelos situados sobre toba. Estos suelos, relativamente profundos y muy pedregosos, permiten la restitución posterior del agua regulando así el escurrimiento y limitando, finalmente, sus pérdidas.

- Factores Bióticos: su principal componente son las grandes extensiones de bosques que limitan el escurrimiento instantáneo y regulan el volumen total disponible. Esta forma de almacenamiento natural limita la evaporación. Hacia el Oeste de la RH 36, la cobertura forestal se mantiene en buenas condiciones dada la limitada capacidad de establecimiento de los cultivos y las condiciones climáticas favorables que permiten la reconstitución y un buen mantenimiento del bosque.

- Factores Humanos: estas actividades se limitan al fondo de los valles mediante la explotación agrícola y, con mayor importancia, al aprovechamiento de los recursos forestales que hasta ahora no ha dañado grandemente los bosques.

La situación en *la parte baja* (Región Lagunera) es totalmente contraria: los volúmenes de escurrimiento que se presentan son menores además de irregulares; dadas sus condiciones climáticas de aridez continental, las lluvias son escasas y su repartición espacial y temporal se presenta con gran variabilidad; la temperatura y evaporación son elevadas; existen grandes llanuras con poca vegetación. Esta zona es una región de alto consumo de agua.

La parte media se desarrolla en un clima semiárido que permite, aunque con ciertos riesgos, el establecimiento de la agricultura de temporal.

Los factores físicos son muy heterogéneos presentando condiciones particulares muy variables. Las temperaturas pueden ser elevadas y favorecer la evapotranspiración aunque en menor medida que en la parte baja).

Su litología sedimentaria muestra una alternancia de materiales endurecidos (caliza, por ejemplo), y materiales suaves (lutita). Esta alternancia presentan un comportamiento hídrico muy diferente en el cual el buzamiento de los estratos tiene una gran importancia. La sucesión geomorfomológica característica de esta zonas presenta relieves (cerros y piedemontes), en los cuales se desarrollan bajadas muy largas y llanuras a veces endorréicas. Un factor edafológico que influencia grandemente los escurrimientos es la presencia, ya sea en la superficie del suelo o dentro de este, de una capa de caliche impermeable. Los suelos de piedemontes y de bajadas en relación con relieves de caliza, son frecuentemente petrocálcicos al contrario de las unidades de la parte eruptiva de la RH 36. Este factor también reduce la profundidad y capacidad de retención del agua en los suelos.

- El tipo y la densidad de la vegetación se encuentra fuertemente relacionado con la pluviometría. El matorral y el pastizal son muy extensos compensando en parte la baja proporción de bosques. Existen escurrimientos en esta porción de la RH 36, sin embargo, su volumen total es pequeño en relación al volumen precipitado; una cantidad importante de esta agua se utiliza localmente a partir de derivaciones de los ríos y arroyos o mediante obras de captación como los numerosos presones que existen.

Las áreas de cultivos de temporal son extensas en esta zona y consumen parte de las lluvias. Considerando el área de ocupación, la ganadería es la actividad más importante aprovechando el recurso natural, aunque este se vea afectado por el sobrepastoreo y, en algunas partes de la cuenca media del Aguanaval, por la erosión.

Actualmente, las características naturales que condicionan el escurrimiento no se modifican rápidamente, sin embargo, se sabe que en caso de desequilibrio de estas, las consecuencias que se originan se presentan de forma inmediata. Considerando un adecuado manejo del estado del bosque así como de los pastizales (y de hecho, del agua), se puede esperar conservar las condiciones presentes del escurrimiento.

Las Actividades Humanas y el Uso del Agua.

Aún cuando se desconoce con precisión la distribución del uso del agua entre los diversos sectores de actividad en la RH 36, es posible afirmar que más del 90 por ciento se utiliza en la actividad agrícola, seguida por la destinada al uso doméstico y finalmente para uso industrial.

El deterioro ambiental que trae consigo el crecimiento poblacional y de servicios impacta la disponibilidad del agua, por lo que se requiere encontrar y practicar formas que permitan mayor disponibilidad y uso de este recurso a fin de hacer mas sostenible su permanencia.

Actualmente, las estrategias del uso de agua practicadas en las zonas de temporal se pueden ubicar bajo tres condiciones: situación de escasez, de excedentes y de disponibilidad normal de agua.

Bajo la primer condición, al inicio del año pueden ocurrir precipitaciones que permiten la siembra de maíz y frijol, sin embargo, al no presentarse oportunamente las lluvias esperadas, el productor pierde lo sembrado. Bajo esta situación canaliza sus esfuerzos a la producción ganadera que normalmente posee, procurando completar la alimentación del ganado con nopal chamuscado, frutos del maguey (quiote) y palmilla, pues los pastos y matorrales son escasos.

Cuando la sequía se acentúa, las represas de abrevamiento comienzan a agotarse al punto que para abrevar al ganado tiene que acarrear el agua en pipas o tanques, no obstante, cuando el difícil acceso impide al acarreo, el ganado empieza a morir.

De los que no poseen ganado, algunos se dedican a la extracción de leña, carbón y/o si lo permite el medio, a la extracción de plantas útiles (medicinales, comestibles o industriales como candelilla y lechuguilla), con lo que obtienen por la venta de estos productos sufragan sus gastos; otros deciden emplearse en actividades ajenas al sector, emigrando temporalmente a los centros urbanos en busca de empleos temporales, y algunos otros deciden emigrar a los Estados Unidos, donde con suerte llegan a ahorrar dinero para sembrar al siguiente año.

Cuando hay agua en exceso se presenta otro tipo de situaciones. Al ocurrir las primeras lluvias se aprovechan de inmediato para la siembra de maíz y frijol; como el agua es abundante, los cultivos se desarrollan sin problemas, pero con el exceso, aunque ambos cultivos disminuyen sus rendimientos, el frijol se ve más afectado. En todo caso los excesos de lluvia acarrearán más beneficios que problemas.

Bajo la situación de exceso de agua, la actividad ganadera se ve sumamente beneficiada, los pastos y matorrales son abundantes y las represas y estanques disponen de suficiente agua. Así mismo, donde se tienen grandes obras de captación y almacenamiento de lluvia, se puede asegurar la siembra de algún cultivo para el ciclo que viene, como ocurre con presas de tamaño regular que existen en la región. Y donde no existen, de alguna forma la humedad almacenada por el suelo permite la siembra de cultivos de invierno como el trigo y la avena. Bajo esta situación es posible que el fenómeno de emigración disminuya un poco.

Al presentarse el caso de precipitaciones normales, el aprovechamiento del agua tiene lugar mediante la canalización de los escurrimientos o bien de la desviación de arroyos para aprovechar el agua tanto en las parcelas de temporal como en el abrevamiento del ganado.

Otra situación es que a las margenes de ríos que alimentan las presas principales de la RH 36 ocurre el aprovechamiento de los escurrimientos. Para ellos existe una organización social e institucional encargada de hacerlo.

Donde el temporal es suficiente, (parte alta de la zona de estudio), se practica una ganadería con problemas de sequía menos graves que los que se presentan en la parte baja; lo mismo ocurre para la producción agrícola, sin embargo, para la parte alta la limitante al respecto es la baja disponibilidad de superficies aptas para sembrar y hacia la parte baja lo es el agua. Lo que explica la ubicación actual de las presas Lázaro Cárdenas (alimentadora) y Francisco Zarco (derivadora) en la cuenca del Nazas, y las presas Leobardo Reynoso, Cazadero y Los Naranjos, en la cuenca del Aguanaval.

La actividad piscícola se concentra permanentemente en las principales presas de la Región Hidrológica, y cuando las precipitaciones y captación de agua lo permiten, en contados estanques alimentados con agua de ríos y arroyos, utilizándose estas mismas aguas para abrevar ganado y auxiliar el riego de cultivos agrícolas, práctica que podría ser mas difundida mediante programas de sensibilización hacia la producción y consumo de este tipo de productos.

Desde una perspectiva social y económica, lo que faltaría en todo caso, aparte de rehabilitar las obras de captación existentes, sería encontrar nuevas alternativas de uso del recurso que complementen actividades ganaderas, agrícolas y piscícolas, que permitan obtener una mayor productividad del agua, sin olvidar un elemento importante en el ahorro del recurso como es la tecnología disponible sobre sistemas de riego por aspersión, por goteo y producción por acolchados.

Balance Global del Agua.

El Cuadro 1 señala el problema del balance entre uso y disponibilidad total del agua, en la RH 36: un 43.8 por ciento del volumen consumido ($1,013 \text{ Mm}^3$) se consigue con sobreexplotación de las aguas superficiales y sobre todo del acuífero.

El consumo se divide así:

Uso industrial y doméstico: 5%

Uso agrícola, incluyendo pérdidas en conducción: 95%

Pero esta proporción esta cambiando, pues la sobreexplotación del acuífero obliga a disminuir el consumo del agua agrícola. Por el contrario, el crecimiento de la población y del nivel de vida así como de la industrialización en la Laguna, origina un crecimiento acelerado del volumen de agua para uso no agrícola.

Cuadro 1

Balance global del agua en la RH 36.

ABASTECIMIENTO	APROVECHAMIENTO						
<p>AGUAS SUPERFICIALES (Mm³/año).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promedio anual para el período 1946-1990. <ul style="list-style-type: none"> Río Nazas: 1,038 Río Aguanaval: 131 Total anual: 1,169 - Volumen anual disponible en el río Nazas en 9 de cada 10 años: 900 Mm³ <p>AGUAS SUBTERRANEAS (Mm³/año).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promedio anual para el período 1982-1991. <ul style="list-style-type: none"> En el perímetro de riego de la Laguna: 1,134 - En 1950. <ul style="list-style-type: none"> Para el mismo perímetro: 1,700 - Recarga subterránea: 300 Mm³/año. 	<ul style="list-style-type: none"> - El riego en la Laguna, utiliza un promedio anual de 2,199 Mm³. Este volumen incluye pérdidas en conducción. - El volumen total de uso local se desconoce, aunque existen algunas presas y varios centenares de obras de captación y retención de agua. - Los usos domésticos e industriales ascienden a 114 Mm³/año. 						
<p>BALANCE GLOBAL (Mm³/año)</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Volumen total utilizado</td> <td>2,313</td> </tr> <tr> <td>Volumen renovable</td> <td>1,310</td> </tr> <tr> <td>Sobreexplotación</td> <td>1,003</td> </tr> </table>		Volumen total utilizado	2,313	Volumen renovable	1,310	Sobreexplotación	1,003
Volumen total utilizado	2,313						
Volumen renovable	1,310						
Sobreexplotación	1,003						

2. SINTESIS POR SUBCUENCA

La RH 36 viene dividida en 13 subcuencas: diez de ellas están determinadas por las estaciones de aforo de la CONAGUA, de las cuales seis componen la cuenca alta y media del Nazas (sin su parte endoreica de la Laguna), y cuatro la cuenca alta y media del Aguanaval. Las tres últimas (Bolsón Sur de Mapimí, Mayrán y Viesca), en la parte baja y con el mayor régimen evaporativo de la RH, no tienen estaciones de aforo debido a la falta de un escurrimiento ordenado y significativo.

- Las tres primeras subcuencas (Salomé Acosta, Sardinas y Palmito) conforman la cuenca alta del Nazas, la cual es una región con gran disponibilidad del agua, pero que poco se utiliza localmente. El agua se almacena principalmente en el vaso de la presa Lázaro Cárdenas con la finalidad de irrigar la zona agrícola de la Laguna, porción central de la parte baja de la RH 36.

- Las siete subcuencas del medio Nazas y Aguanaval tienen una disponibilidad inferior del agua, y su uso se hace localmente por medio de presones, presas y represas que sirven en perímetros de riego de menor tamaño pero que tienen gran importancia local (Nazas y Rodeo). Esta zona tiene mayor potencial de desarrollo agrícola ya que posee grandes extensiones de pastizales, y suelos de poca pendiente. La pluviometría en esta porción permite el desarrollo de cultivos de temporal, existiendo aprovechamientos locales de los escurrimientos para fines de riego.

- Las tres últimas subcuencas, parte baja de la RH 36, tienen poca disponibilidad en agua superficial debido a la poca cuantía de sus escurrimientos. En esta parte emplea la casi totalidad del agua, almacenada y manejada en las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco, en el perímetro de riego de la Laguna (150,000 ha). Este no se puede extender más según el balance hidrológico actual; ya se utiliza todo el agua de escurrimiento, y las aguas subterráneas están además sobreexplotadas.

A continuación se presenta la síntesis de cada subcuenca en materia de parámetros hidropluviométricos (Cuadro 1 y 2), físicos, bióticos y socioeconómicos, que influyen en los escurrimientos, y que a medio término, deben permitir un conocimiento fino y procesado de los escurrimientos a la escala regional, para cada una de las dos cuencas (Nazas y Aguanaval), y para toda la RH 36.

Cuadro 1

Principales características de las 10 subcuencas de la parte alta.

Subcuencas	Salomé A.	Sardinas	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	Los Angeles	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor
Superficie km ²	7,128	4,660	7,288	11,777	3,335	1,389	1,328	3,756	5,109	9,607
Pendiente media %	13.7	13.8	11	7.7	9.5	11.6	5.7	5.4	2.3	4.4
Temperatura media C	13.5	13.3	15.9	17.4	19	19.9	15.7	16.8	17.1	18.6
ETR mm	531	542	477	413	342	286	544	502	414	364
No. de meses con humedad en el suelo	8.7	8.4	4.7	2.9	1.7	1.2	5.8	4.5	2.8	2.2
No. de meses con suelo a cap. de campo	3.5	3.5	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1
Déficit anual mm	202	190	399	486	632	724	269	327	522	562
Vegetación natural	99	98	92	96	93	88	77	70	68	87
% de superficie Agricultura	1	2	8	4	7	12	23	30	32	13
% de superficie Densidad de población hab/km ²	6.5	3.6	4.8	7.4	15.4	78.3	5.4	37	18	49
has disponibles por individuo	15.5	27.6	21	13.5	6.5	1.3	18.7	2.7	5.5	2
% de población en el sector silvoagropecuario	45	63	61	60	37	26	41	44	46	12

Cuadro 2

Principales características hidroluviométricas de las 10 subcuencas de la parte alta.

Subcuenca	Salomé A.	Sardinas	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	Los Angeles	El Sauz	Cazadero	San Fco.	La Flor
Pluvio mm										
INEGI	636	344	504	408	347	-	639	505	405	362
THIESSEN	504	546	481	389	317	278	455	445	445	356
Pluvio 10 x 6 m3										
INEGI	4,421	3,002	3,511	4,848	1,146	-	818	1,929	2,109	3,460
THIESSEN	3,504	2,546	3,374	4,628	1,045	387	583	1,698	2,316	3,406
Coefficiente de capacidad	2.08	1.55	1.35	1.39	1.23	1.4	1.44	1.47	1.13	1.2
Gasto específico l/s/km2	2.31	2.45	1.25	(*)	0.17	(*)	0.86	0.5	(**)	0.12
Densidad de drenaje	0.33	0.29	0.24	0.3	0.31	0.18	0.29	0.27	0.24	0.27
Coefficiente de escurrimiento	15.1	17.2	9	- 1.1	4.4	- 22.6	8.3	6.6	3.5	2
K % (Thiessen)				(*)		(*)			(***)	(****)
Coefficiente de avenida max m3/seg	8.4	26.8	19.1	-	-	-	7.5	-	-	-

NOTAS:

- (*) Gastos influenciados por la tomas de los perímetros de riego.
 (**) Datos faltantes (1 año de datos solamente en la estación San Francisco).
 (***) Estimación (el promedio conocido de las 2 subcuencas juntas, es 2.8).
 (****) Gastos y avenidas influenciados por existencia de una presa agua arriba.

Cuenca del río Nazas.

LA SUBCUENCA SALOME ACOSTA

La parte más alta de la cuenca del río Nazas (subcuencas Salomé Acosta, Sardinias y parte de Palmito) constituye la zona más favorecida de la RH 36 en cuanto a la pluviometría, humedad y su potencial hidráulico.

De hecho, la subcuenca Salomé Acosta tiene una cubierta forestal del 78 por ciento de su superficie, la cual se puede explicar por la importancia de su sierra: muchas partes son inaptas para los cultivos (pendiente media: 13.7 por ciento), y los principales usos del suelo que se desarrollan en estas partes montañosas son la explotación forestal y ganadera. En varios lugares, el bosque permanece con densidad normal, pero hay pruebas de sobrepastoreo por debajo de estos. En algunas pendientes fuertes, a pesar de la cubierta forestal, se forman pequeñas terrazas originadas por el pisoteo del ganado.

La consecuencia principal de la importante proporción de superficie con bosques, es su potencial hidráulico: el coeficiente de escurrimiento (K), calculado con un volumen precipitado a partir de polígonos de Thiessen, es de 15 por ciento, uno de los más elevados de la RH36. En realidad, si se calculara con la pluviometría total a partir de isoyetas, método mucho más riguroso pero para el cual faltan datos en el presente, el coeficiente K sería menor (alrededor de 10 ó 12 por ciento); ya que los polígonos de Thiessen, generados a partir de las estaciones ubicadas en los valles, atribuyen a los parteaguas (en los que la pluviometría supera 700 mm y hasta 800 mm), una precipitación anual de solo 450 ó 500 mm correspondiente a las ciudades de Santiago Papasquiario de Tepehuanes, las cuales se ubican en el valle. Pero, a pesar de esto, las tres subcuencas ya determinadas, contribuyen el 89 por ciento del total del escurrimiento que entra en la Laguna por los dos ríos mayores (con sólo 20 por ciento de la superficie total de la RH 36). La pluviometría media es de 504 mm (según los polígonos de Thiessen) o de 636 mm (determinado, con pocos años y sólo considerando algunas estaciones, por el método de las isoyetas), con un máximo de 897 mm en la estación de El Tarahumar (en el parteaguas con el Pacífico), y precipitaciones de sólo 450 mm en el fondo de los valles (Tepehuanes y Santiago Papasquiario).

Estas buenas condiciones naturales también vienen comprobadas por los otros datos disponibles: un déficit anual de pluviometría de 200 mm en relación con la evaporación potencial, una buena capacidad de campo (Thurtwaite) durante tres meses y medio en promedio. La temperatura anual media de 13.5 °C, limita la evaporación. La humedad en el suelo también se queda unos 8.7 meses en promedio.

El bosque y los suelos profundos constituyen el mejor regulador de escurrimiento posible; de hecho, el coeficiente de avenida máxima A, (gasto instantáneo máximo por la raíz cuadrada de la superficie de la cuenca), sólo alcanza 8.4, a pesar de una litología favorable al escurrimiento instantáneo por ser impermeable (bancos de riolita). Lo que se puede notar es que en la categoría de "toba ácida" (cartas geológicas de INEGI), pueden contener rocas y materiales de comportamiento hidrológicos muy diferentes y que probablemente muchas de estas son permeables (entre ellas brechas no cementadas), lo que puede explicar la buena disponibilidad del agua y el débil coeficiente de avenida A.

Con una densidad de drenaje bastante fuerte (0.33), debida a las pendientes y en parte a la litología, el gasto específico es de 2.3 l/s/km², que a pesar de ser poco a nivel mundial correspondiendo a regiones áridas o semiáridas, es una de las tasas más elevadas de la RH 36.

La subcuenca, con 7,128 km² de superficie total, presenta una forma muy irregular, ya que sus dos ríos más importantes, el Santiago y el Tepehuanes, confluyen a unos kilómetros solamente aguas arriba de la estación hidrométrica Salomé Acosta. Su índice de compacidad es de 2.08: la avenida de ambos ríos puede acumularse, y en realidad la subcuenca se comporta como una cuenca de forma regular en la que todos los afluentes unen sus avenidas.

La densidad de población es de 6.5 hab /km², y de hecho, la agricultura sólo ocupa el 1 por ciento de la superficie total (sin tomar en cuenta el pastoreo). La explotación forestal es racional, y no daña demasiado la cubierta vegetal, sin embargo, el pastoreo empieza a causar formación de cárcavas en las partes más llanas (dado que son las más utilizadas y que corresponden a la parte constituida de conglomerados, más accesibles y frágiles que la sierra), sobre todo cerca de los poblados, y en la zona de los conglomerados del graben de Tepehuanes-Santiago. La densidad de población rural disminuye, y la superficie disponible por habitante aumenta, lo que lógicamente debe permitir una alza del nivel de vida promedio. El incremento en el consumo de gas debe también explicar una disminución del consumo de leña: actualmente el principal uso de la madera es para la carpintería.

La subcuenca Salomé Acosta, con su gasto medio anual de 16.6 m³/s, es una de las mayores proveedoras de agua de la RH 36. Sus aguas son muy poco cargadas, y en promedio tienen una tendencia bicarbonatada sódica y cálcica, por influencia de la presencia de rocas eruptivas.

LA SUBCUENCA SARDINAS

La subcuenca Sardinias tiene una superficie de 4,660 km² y presenta condiciones similares a la de Salomé Acosta por ser la otra subcuenca enteramente ubicada en la Sierra Madre: es totalmente montañosa, culminando a 3,310 metros de altitud. La drenan importantes arroyos que conforman el río Sextín o del Oro. Varias características presentan similitudes con la subcuenca anterior, particularmente los parámetros más importantes en relación al escurrimiento: pendiente media de 13.8 por ciento y una superficie forestal del 78 por ciento. Estos dos parámetros se encuentran ligados, ya que se explotan menos los terrenos con pendientes fuertes conservándose mejor los bosques en estos. Estos dos parámetros explican en gran parte el importante coeficiente de escurrimiento K de 17.2 por ciento, el mayor de la RH 36. Este valor supera al de Salomé Acosta, dado que la precipitación es más elevada (546 mm según polígonos de Thiessen, 644 mm según isoyetas INEGI), y la litología, similar, está únicamente compuesta de toba riolítica, con quizás más bancos riolíticos impermeables y favorables a los escurrimientos. Esta litología eruptiva también influencia la calidad de las aguas que son, en promedio bicarbonatadas cálcicas.

En los factores climatológicos, resalta que también la evaporación es importante (por ser abundantes las precipitaciones), así como la humedad del suelo (que dura 8.4 meses en

promedio anual), y la capacidad de campo, que permanece durante 3.5 meses en los suelos. El déficit hídrico anual es el menor de la RH 36, con 190 mm, así como su temperatura media anual de 13.3 °C.

Los parámetros humanos se pueden también comparar con los de la subcuenca Salomé Acosta, con una densidad de población aún menor (3.6 hab /km², la más baja de la RH 36): de hecho, la agricultura sólo ocupa un 2 por ciento de la superficie, siendo la explotación forestal y ganadera las más importantes.

Todos estos factores naturales y socio-económicos explican el comportamiento hidrológico de la subcuenca, con el K elevado debido a la importancia del almacenamiento natural del agua, y por la infiltración en los bosques hacia los mantos freáticos.

La densidad de drenaje es de 0.29, el gasto específico de 2.45 (el mayor de la RH 36); la forma de la subcuenca es compacta (Coeficiente de compacidad C=1.55) lo que ayuda a comprender el fuerte coeficiente A máximo (26.8) que supera por mucho al de Salomé Acosta; este se debe también en parte a una litología más impermeable (y posiblemente al buzamiento de la riolita), y a su pluviometría más elevada.

Con la subcuenca anterior, ésta es la que permite el mejor aprovechamiento del agua para las zonas ubicadas aguas abajo. También se presenta el problema del sobrepastoreo, pero se mantiene la cubierta vegetal; siendo preciso que se conserve, y que se intente reducir la presión ganadera, para asegurar el porvenir de esta zona como región de equilibrio natural. Además, sin que aún se pueda comprobar aquí, se supone que los bosques pueden a largo plazo, ser un factor de conservación y tal vez de incremento de la pluviometría; es necesario conservarlos en su estado actual, y obrar a su extensión; limitar el pastoreo para salvar su capacidad de aprovechamiento hídrico.

LA SUBCUENCA PALMITO

En la subcuenca Palmito se unen las aguas de las dos subcuencas precedentes; éstas son almacenadas en el embalse de la presa Lázaro Cárdenas. El vaso tiene una capacidad de más de tres años de volumen promedio anual escurrido en su cuenca vertiente (3,500 x 10⁶ m³).

Se puede definir esta subcuenca de 7,288 km², como una zona intermediaria entre la Sierra Madre y la parte media al nivel del comportamiento hidrológico. De hecho, el coeficiente K disminuye considerablemente (9 por ciento), pudiéndose explicar este hecho con los parámetros naturales y humanos que presenta esta región.

La pluviometría disminuye por estar esta zona más lejana del Pacífico y del parteaguas de la Sierra Madre: el promedio es de 501 mm, llegando está por debajo de los 400 mm en el embalse de la presa. Las pendientes son menores con un promedio del 11 por ciento.

Las condiciones climáticas se hacen, entonces, más secas (clima semi-seco templado), con una ETR de 477 mm, un déficit anual de pluviometría de casi 400 mm, y, sobre todo, lo que

influye más en la permanencia de escurrimientos en estación seca, la capacidad de campo en el suelo no dura más de un mes, y sólo quedan 4.7 meses en promedio con suelo húmedo. La temperatura media anual se incrementa a 15.9 °C, originando una mayor ETP. La forma compacta de la cuenca ($C = 1.35$) debe favorecer una concentración rápida de los escurrimientos. La menor pluviometría, así como de la altitud global y las pendientes inferiores (7.7 por ciento en promedio), explican la baja densidad de drenaje (0.24). La litología está dominada aún por la toba. Siendo la zona menos montañosa, la proporción de pastizales aumenta, al mismo tiempo que disminuye la proporción de bosques (34 por ciento de la superficie). Estos bosques están constituidos de pinos y encinos en las partes altas, y de mezquites y acacias (con *Prosopis* y *Tamarindos*) en la subcuenca baja, que se presenta más como la zona intermedia de la RH 36 incluida entre las isoyetas 300 y 500 mm; la agricultura se incrementa al 8 por ciento de la superficie total de la subcuenca.

La densidad de población sigue siendo baja (4.8 hab/km²) pero se observan en muchas partes señales de sobrepastoreo. El gasto específico es de 1.25 l/s/km², o sea la mitad del de las cuencas superiores, y el coeficiente A de avenida máxima es de 19.1; aunque este último no es representativo ya que desde el 1946 el escurrimiento es influenciado por la presencia del lago artificial del Palmito. En esta presa se conoce un azolve de 5 a 10 millones de m³ por año, lo que no impide su buen funcionamiento ya que su volumen total es de 4,200 Mm³, de los cuales 1,500 Mm³ están previstos para almacenar este azolve; de esta forma la presa tiene teóricamente a lo menos 100 años de utilización normal posible.

En el presente análisis se definió a la isoyeta de los 350 mm como el límite inferior promedio de las zonas con escurrimiento regular: incluyéndose de esta manera toda la subcuenca del Palmito dentro de este límite, siendo las zonas cercanas de la presa que menor disponibilidad de agua presenta en comparación con el resto de la subcuenca.

En estas aguas superficiales, la proporción de calcio aumenta relativamente a la de sodio; su facies está todavía bicarbonatada en relación con la litología eruptiva.

LA SUBCUENCA AGUSTIN MELGAR

Aguas abajo del Palmito, prácticamente toda la cuenca está incluida en el rango de precipitaciones inferiores a 500 mm. Del punto de vista de las topofomas, el sistema montañoso se transforma paulatinamente en un sistema de llanuras, mesetas y lomerío, limitadas por pequeñas pero elevadas, cadenas de montañas.

Del punto de vista geológico, alejándose del eje de la Sierra Madre, la toba ácida viene acompañada con cada vez más conglomerados. En esta subcuenca se hace el contacto entre rocas eruptivas y sedimentarias de origen detrítica con elementos gruesos (conglomerados esencialmente).

La pendiente media en esta subcuenca es de 7.7 por ciento, los bosques son muy pocos, pero el matorral xerófilo, tipo de vegetación natural adaptado a las condiciones semi áridas, representa un 54 por ciento de la superficie.

La superficie de esta subcuenca es de 11,777 km², con una precipitación media de 408 mm, sin embargo, gran parte de la superficie recibe precipitaciones inferiores a los 350 mm. La temperatura media anual se incrementa (17.4 °C) al igual que la ETP, dado que predominan las condiciones más secas. De hecho, el déficit anual de precipitaciones alcanza los 486 mm.

A pesar de una densidad de drenaje elevada (0.3) y de un buen coeficiente de compacidad ($C=1.39$), el coeficiente de escurrimiento K es muy bajo: en lo absoluto, es negativo, es decir que el total de los escurrimientos a la salida de la subcuenca (en la estación de aforo Agustín Melgar), es inferior al volumen que entra por el río Nazas en la estación de aforo del Palmito. Claro que no se puede concebir un coeficiente K negativo, sin embargo, este valor (- 1.1 por ciento) indica la disminución del gasto en la subcuenca. Esto se debe en gran parte a los perímetros de riego de Rodeo y Nazas que consumen cada año $5,4 \times 10^6 \text{m}^3$ de agua, explicando la disminución en el gasto entre Palmito y Agustín Melgar; la existencia de fracturas al nivel del contacto rocas eruptivas/rocas sedimentarias puede también ser una explicación. En realidad, con la pluviometría y los otros parámetros de esta subcuenca, el coeficiente K debe estar próximo a 3 ó 4 por ciento.

Los escurrimientos se utilizan localmente (mediante numerosos presones) y no hay aportaciones significativas al cauce del río Nazas. El volumen escurrido desde el Palmito atraviesa la subcuenca y su utilización sobre todo se realiza en la Laguna. Aquí sólo se usa en el perímetro Rodeo-Nazas.

Las condiciones predominantes se acercan más a las existentes en la parte baja y seca de la RH 36; en materia de humedad en el suelo (con menos de 3 meses de suelo húmedo) y con un período más corto de capacidad de campo en el suelo (menor a 1 mes).

De hecho, la agricultura de temporal sí es posible, pero con bajos rendimientos. La agricultura ocupa el 4.3 por ciento de la superficie total siendo esta sobre todo de temporal, incluyendo, sin embargo, las 8,000 hectáreas del perímetro de riego.

La densidad de población es de 7.4 hab /km², y la superficie disponible por individuo de 13.5 ha. Los pastizales son más importantes que en la sierra, con un 35 por ciento de la superficie que sirve para este uso.

Esta subcuenca presenta condiciones climáticas similares, en forma global (clima semiseco templado), a las de la cuenca del Aguanaval siendo representativa del rango medio de precipitación de los 300 a 500 mm, de la parte intermedia entre la montaña y el desierto.

La tendencia de las aguas superficiales muestra, a partir de esta subcuenca, un cambio ligado a la presencia de rocas sedimentarias (facies sulfatado sódico).

LA SUBCUENCA CAÑÓN DE FERNANDEZ

La cuenca media del río Nazas y la Laguna (parte baja de la RH 36), están separadas por unas cadenas de montañas paralelas, típicas del relieve plegado que caracteriza toda la parte Sur del Altiplano ubicado entre las dos Sierras Madres. Estas cadenas dominan las dos subcuencas Cañón de Fernández y Los Angeles (así como, en el Aguanaval, el Norte de la subcuenca La Flor); el río Nazas y sus afluentes deben franquear estas cadenas por quebradas que hacen comunicar entre ellas las partes más anchas del valle.

A pesar de su aspecto montañoso, la subcuenca es aún más seca (clima seco semi-cálido), dada la cercanía que presenta con respecto a la Laguna. Su pluviometría media alcanza los 347 mm; la temperatura aumenta en relación con las subcuencas más altas (19 °C) de manera que la ETP también se incrementa al igual que el déficit anual de lluvias estimado en 632 mm. En forma contraria la ETR disminuye a 342 mm, y el número de meses con suelo húmedo es de 1.7, siendo menos de un mes en el año, los días en los que se puede tener capacidad de campo.

La litología comprende únicamente rocas sedimentarias (lutita y caliza): esta zona de caliza permite la recarga parcial del acuífero terciario que se supone esta comunicado con el manto freático cuaternario lagunero.

Con estas cadenas aumenta de nuevo la pendiente media (9.5 por ciento), que puede compensar parcialmente la permeabilidad del suelo calcáreo y favorecer el escurrimiento: de hecho, la densidad de drenaje permanece elevada (0.31) y el coeficiente K es de 4.4 por ciento, superando al de la subcuenca Agustín Melgar, aún si se considera en esta el volumen utilizado por el perímetro de riego Rodeo-Nazas. La forma de esta subcuenca es muy compacta ($C = 1.23$), y tiene una superficie aproximada de 3,335 km².

El clima (seco semicalido) permite la presencia maciva del matorral xerófilo (85 por ciento) como vegetación natural; los suelos con pendientes fuertes predominan, sólo 5 por ciento de la superficie lleva pastizales.

La densidad de población aumenta (15.4 hab /km²), debido probablemente a su proximidad con las ciudades de Lerdo, Gómez Palacio, Dgo. y Torreón, Coah. y a la ciudad de Cuencamé que se ubica al Sur de la subcuenca. El uso agrícola del suelo ocupa el 7 por ciento de su superficie total; el embalse de la Presa Francisco Zarco (construida en 1968) tiene un volumen útil de 400 x 10⁶m³, y tiene por objeto regular los escurrimientos provenientes de la presa Lázaro Cárdenas así como los que pueden ser generados en esta subcuenca como en la de Agustín Melgar. Ubicado en medio de estas cadenas de caliza, el lago tiene un uso turístico y la pesca se ha desarrollado con buen provecho.

Se puede decir que esta subcuenca, y aguas abajo, estando incluida en el rango de precipitaciones inferiores a los 350 mm, presenta un escurrimiento organizado y continuo sólo en aquellos eventos paroxísmicos. En esta subcuenca se pueden comparar las condiciones geográficas con las de las sierras calcáreas incluidas en la Laguna.

La facies de las aguas superficiales es de tendencia bicarbonatada-sulfatada cálcica.

Aunque se desconoce gran parte de la hidrología en esta región, es posible que el escurrimiento karstico sea proveedor de abundantes recursos en aguas subterráneas de buena calidad, pero frágiles, ya que la contaminación es mucho más fácil en este tipo de acuíferos.

LA SUBCUENCA LOS ANGELES

Esta pequeña subcuenca de 1,389 km², se ubica prácticamente al final de río Nazas; es la última porción del lecho que conduce el agua en forma natural. Dos kilómetros río abajo de la estación hidrométrica Los Angeles, el agua es derivada hacia los canales de distribución, permaneciendo seco su cauce a partir de este punto, a excepción de aquellos años con avenidas extraordinarias (1968 y 1991).

Las condiciones climáticas son más áridas: el clima es muy seco semi cálido; se tiene una pluviometría de 278 mm en promedio anual. La temperatura media anual es 19.9 °C, implicando una mayor ETP. Debido a la sequía, la ETR sólo es de 286 mm, con un déficit anual de lluvia de 724 mm. De hecho, la humedad del suelo sólo dura 1.2 meses con una capacidad de campo en el suelo inferior a un mes.

Las condiciones hidrológicas son directamente dependientes de estos últimos datos, y del relieve, que, como en la subcuenca Cañón de Fernández, es montañoso con cerros de caliza dominante; la pendiente media es de 11.6 por ciento; el matorral xerófilo ocupa un 79 por ciento del espacio:

El coeficiente K es negativo (- 22.6 por ciento) debido al aprovechamiento del agua que se realiza aguas arriba de la estación Los Angeles. El perímetro de riego en la Laguna empieza en esta subcuenca (León Guzmán, La Loma, Juan E. García, Los Angeles), pero son sobre todo canales que salen para alimentar la Laguna los que hacen disminuir el gasto medio entre Cañón de Fernández y Los Angeles. La densidad de drenaje es muy baja debido a la predominancia de la caliza (infiltración), a pesar de que existen pendientes fuertes.

La densidad de población es mayor debido a la proximidad de las ciudades de Lerdo y Gómez Palacio, Dgo.

La agricultura ocupa el 12 por ciento de la superficie total, comenzando a tener importancia la agricultura debido a los buenos rendimientos del perímetro de riego.

Cuenca del río Aguanaval.

LA SUBCUENCA EL SAUZ

La cuenca del río Aguanaval es mucho más meridional que la del Nazas. También es globalmente más elevada en altitud, lo que contribuye a explicar su clima más templado y subhúmedo.

La pequeña cuenca de El Sauz (1,328 km²), ubicada completamente al Sur de la RH 36, tiene una altitud media elevada, y, a pesar de su aspecto llano, trae las características de una cuenca montañosa: con mesetas y sierras semejanteras a la alta cuenca del río Nazas.

La pendiente media es de 5.7 por ciento, pero la pluviometría, con 639 mm, es similar a la que se presenta en las dos subcuencas más altas del Nazas. También la importante cubierta forestal hace comparable esta alta cuenca con las otras: el 52 por ciento de la superficie total es ocupado por los bosques.

De hecho, el coeficiente K es de 8.3 por ciento, siendo el mayor de toda la cuenca Aguanaval. La forma compacta ($C = 1.44$) puede ayudar a una rápida concentración de los escurrimientos, pero a pesar de esto, la avenida máxima tuvo un gasto instantáneo de $274 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que corresponde a un coeficiente A de avenida de sólo 7.5. La densidad de drenaje es bastante elevada (0.29).

La construcción de la presa Leonardo Reynoso (finalizada en 1948), influencia todo el régimen del río aguas abajo. Los otros datos hidrológicos confirman la buena disponibilidad de agua: el gasto anual medio es de 1 ó $2 \text{ m}^3/\text{s}$ (según los períodos de observación), con un gasto específico de 0.85 ó 1.7 l/s/km^2 . Se puede explicar con los datos climáticos, que además de una pluviometría elevada, esta subcuenca se caracteriza por una temperatura moderada de 15.7°C en promedio anual, una ETR de 544 mm/año , y de hecho una ETP moderada con un déficit anual de agua de sólo 269 mm. La humedad del suelo permanece durante 5.8 meses en promedio, y la capacidad de campo en el suelo 1 mes.

Las pendientes moderadas que limitan el escurrimiento instantáneo, están en parte compensadas por la presencia predominante de toba con bancos de riolita.

En esta pequeña cuenca se presentan condiciones naturales aptas para el desarrollo de la agricultura (debido a la presencia de suelos Feozems). El uso del suelo para esta actividad es del 23 por ciento del total de la superficie, lo que es elevado sabiendo la altitud media.

La baja densidad de población (5.4 hab/km^2), permite una mayor disponibilidad de tierra por individuo. El clima templado permite el desarrollo y producción de los cultivos temporales; dentro de esta subcuenca no existen zonas importantes de riego, siendo las subcuencas aguas abajo las que aprovechan el almacenamiento del embalse de la presa Leonardo Reynoso.

En relación con el alto Nazas, la altitud compensa aquí las pendientes en la moderación del clima y la buena disponibilidad de agua: esta subcuenca es mucho más característica de la parte sur del altiplanicie Central-Norte por tener realmente condiciones templadas. De hecho, en el alto Nazas, los valles tienen condiciones menos favorables para la agricultura, disminuyendo la pluviometría debido a la posición de sotavento: más bajos en altitud, estos valles tienen en el verano la mayor evaporación, lo que origina una disminución en el volumen de la presa, que puede almacenar hasta $75 \times 10^6 \text{ m}^3$, y por tanto una disminución del gasto total anual aguas abajo de esta subcuenca.

LA SUBCUENCA CAZADERO

A excepción de la subcuenca anterior, todos los escurrimientos del resto de la cuenca Aguanaval se encuentran influenciados por la presencia de las presas. La subcuenca Cazadero se caracteriza por su altitud media elevada, que disminuye hacia el Norte. La subcuenca tiene una superficie de $3,756 \text{ km}^2$, observándose elevaciones considerables que influyen el clima (semi seco templado) y los escurrimientos.

Siendo una zona con montañas de elevaciones similares, la pendiente media sólo es de 5.4 por ciento. La mayor diferencia con la subcuenca El Sauz es su menor cubierta forestal, ya que sólo alcanza el 17 por ciento, dado que el clima se va haciendo mucho más seco hacia el Norte.

La pluviometría media anual es de 505 mm con una temperatura de 16.8 °C. La ETR disminuye alcanzando un valor de 502 mm anuales, incrementándose la ETP y en consecuencia también el déficit de agua con 327 mm anuales.

Las consecuencias en la capacidad agrícola son contradictorias, dado que sólo presenta 4.5 meses con humedad de suelo suficiente y menos de un mes con capacidad de campo. Sin embargo, se incrementa la proporción de superficies con uso agrícola (30 por ciento): esta zona tiene también vocación ganadera muy marcada, ya que, como en la cuenca media del Nazas, se observan grandes extensiones de pastizales naturales de suficiente calidad.

Alejándose de las zonas más altas compuestas de toba, se vuelve importante la proporción de materiales sedimentarios endurecidos que pueden favorecer los escurrimientos. Los materiales sedimentarios poseen una fase lítica así como los suelos Feozems, Castañozems, que presentan la fase petrocálcica.

De hecho, el coeficiente de escurrimiento K sigue siendo bastante elevado (6.6 por ciento), que se ve favorecido por la evaporación moderada que se presenta debido a la altitud. La subcuenca tiene una forma bastante compacta ($C = 1.47$), lo que facilita la concentración de los escurrimientos; se observa una densidad de drenaje elevada de 0.27.

El gasto específico hasta la estación de aforo de Cazadero (a la salida del embalse de la presa), es de solo 0.51 l/s/km², siendo este un gasto que corresponde a zonas semiáridas. Sin embargo dado que se localizan perímetros de riego aguas arriba de la presa, se puede suponer que este valor se vería incrementado si no presentara este tipo de aprovechamientos.

La densidad de población es elevada (37 hab /km²), lo que se debe en gran parte a la ciudad de Fresnillo (100,000 hab), incluida en la subcuenca. El embalse de la presa Cazadero tiene una capacidad máxima de 30×10^6 m³, y debe influir en la evaporación y el gasto aguas abajo.

LA SUBCUENCA SAN FRANCISCO

Aguas abajo de Cazadero, el río Aguanaval drena con dirección Norte, dentro de la subcuenca San Francisco (5,109 km²), acercándose a condiciones más áridas, rumbo a la Laguna. El escurrimiento sobre el cauce se encuentra muy influenciado por las dos presas que fueron construidas en las dos subcuencas precedentes (El Sauz y Cazadero).

Los parámetros físicos contribuyen a la aridez del clima, dado que la pendiente media sólo es de 2.3 por ciento, lo que facilita la infiltración. Por el contrario, el índice de compacidad ($C = 1.13$) y la densidad de drenaje (0.24), pueden ser factores de concentración rápida de las aguas, así como la presencia de una costra de "caliche" a media profundidad en numerosos suelos. Pero, en cambio, la diferencia principal entre esta subcuenca y las dos más altas es la

desaparición de los bosques. Con estas condiciones más áridas el matorral predomina en la subcuenca.

La pluviometría media anual es de 405 mm y una temperatura de 17.1 °C, incrementándose la evaporación al igual que la ETP. De hecho, la ETR disminuye a los 414 mm; la humedad del suelo sólo permanece durante 2.8 meses, y la capacidad de campo menos de un mes. El déficit anual de lluvia es de 522 mm en promedio.

A pesar de esto, la densidad de población es elevada (18 hab /km²), ocupando la agricultura el 33 por ciento de la superficie total, siendo esta esencialmente de temporal sobre suelos de buena calidad (Castañosems y Feozems).

La estación de aforo de San Francisco, sólo existe desde 1976; por lo que los datos de esta subcuenca se analizan con los de la estación La Flor ubicada aguas abajo.

De esta forma, conociendo el coeficiente K global de La Flor y San Francisco, y observándose el gradiente de aridez que se presenta hacia el Norte, se puede estimar en forma aproximada un coeficiente de escurrimiento K, de 4 por ciento para la subcuenca San Francisco. Este valor también se puede observar en la cuenca media del Nazas, por ejemplo en la subcuenca Agustín Melgar, con el mismo rango de precipitación.

LA SUBCUENCA LA FLOR

Esta subcuenca de 9,607 km² de superficie, se ubica hacia el final del río Aguanaval antes de que este desemboque en la Laguna de Viesca. Sobre el cauce del río se ubican las presas derivadoras de Sombreretillo y la Flor, constituyendo estas el aprovechamiento del agua en la Laguna.

La cuenca del Aguanaval se encuentra separada de la Laguna de Viesca por una elevada cadena montañosa (Sierra de Jimulco). Esta sierra además de otras incrementan la pendiente media, que a pesar de esto es de sólo 4.4 por ciento, ya que la mayor parte de la subcuenca presenta condiciones llanas. Como la subcuenca San Francisco, esta tiene una forma muy compacta ($C = 1.2$). La presencia de importantes afluentes por su margen izquierda incrementan la densidad de drenaje que alcanza un valor de 0.27. Como en la subcuenca anterior, en esta se presentan condiciones semi-secas, condicionando la temperatura media para un clima semi-cálido.

Ya que la pluviometría sigue disminuyendo con sólo 362 mm en promedio anual y se tiene una temperatura media de 18.6 °C, la evaporación y la ETP se ven incrementadas. La ETR disminuye a los 364 mm por lo que se definen mayores condiciones de aridez: sólo durante 2.2 meses la humedad del suelo es suficiente, y la capacidad de campo durante menos de un mes en el suelo, se estima el déficit de agua en 562 mm.

Los bosques son inexistentes, y el matorral xerófilo representa el 78 por ciento de la superficie total. Las condiciones para la agricultura de temporal se vuelven menos favorables, y sólo

un 13 por ciento de la superficie tienen uso agrícola, a pesar de las grandes extensiones de bajadas y planicies con Xerosoles profundos. Como en la subcuenca San Francisco, esta región se tiene potencial para la ganadería extensiva. La cantidad del agua de infiltración, por sus pendientes moderadas, genera un flujo subsuperficial y un manto freático relativamente abundantes, los cuales son aprovechados en La Flor, ya que aguas arriba de esta zona, cerca del poblado Barrial de Guadalupe, aflora este recurso durante todo el año.

Sin embargo, se puede estimar el coeficiente K de sólo 2 por ciento en La Flor; el gasto específico es muy débil con 0.12 l/s/km², acercándose a los valores de los países muy secos.

La alta densidad de población se debe a las poblaciones de Santa Clara y Juan Aldama, ya que las zonas rurales son poco pobladas. En la parte más baja de esta subcuenca se desarrollan importantes perímetros de riego alrededor de La Flor y del Barreal de Guadalupe.

Parte baja de la RH 36.

Cuadro 3
Principales características
de las tres subcuencas
de la parte baja.

Subcuencas	Bolsón Sur	Mayrán	Viesca
Superficie km ²	7,552	15,172	13,604
Pendiente media %	3.1	3.3	8.2
Pluviometría			
INEGI	296	253	299
Estaciones	311	227	220
Temperatura media	19.4	20.3	18.8
ETR mm	295	282	311
Meses de humedad en el suelo	1.1	1	1.3
Meses a capacidad de campo	< 1	< 1	< 1
Déficit medio anual de agua	668	826	650
Vegetación natural	93	76	94
% de superficie			
Agricultura	7	24	6
% de superficie			
Densidad de población hab/km ²	31	28	23
has disponibles por individuo	3.5	3.2	4.3

SUBCUENCAS BOLSON SUR, MAYRAN Y VIESCA

La porción sur del Bolsón de Mapimí y las subcuencas de Mayrán y Viesca, constituyen la "parte baja" de la RH 36; esta zona árida y endorréica funciona como una serie de lagunas de evaporación en las cuales se pierden las aguas de escurrimiento procedentes de la parte alta.

Tienen en general una pluviometría inferior a los 300 mm, pudiendo llegar en algunas zonas a valores inferiores de los 200 mm. En las sierras que vienen incluidas en las lagunas, la precipitación puede ser mayor, como en Parras, donde se llega a los 354 mm anuales. La pluviometría va aumentando también en dirección del Noroeste, y, de hecho, el Bolsón Sur de Mapimí recibe lluvias cercanas de 300 mm en promedio. Las partes más secas son las del centro de las grandes lagunas: las estaciones pluviométricas de Viesca, El Cuije, Las Nieves, San Pedro y Estanque de León sólo reciben alrededor de los 200 mm en promedio.

Como consecuencia de lo anterior, en esta porción se carece de un escurrimiento organizado y jerarquizado. En la sierra de Parras, que separa las dos grandes lagunas, recibe mayores precipitaciones, las cuales pueden ser aprovechadas mediante la construcción de presones no obstante de lo aleatorio que puedan ser los escurrimientos. En esta se presentan los más fuertes coeficientes de variación interanual de las lluvias, además de la más elevada ETP. La ETR alcanza los 300 mm anuales dada la escasez de la lluvia. La temperatura media es de 19 a 20 °C, (18.8 °C en Viesca, 19.4 °C en Bolsón y 20.3 °C en Mayrán). El clima es, en ambas partes, muy seco semiárido. En las tres subregiones de la parte baja, no existen áreas que logren mantener un mes al año el suelo a capacidad de campo. La aridez es muy elevada con apenas más de un mes con humedad en el suelo, y aún menos en Mayrán. El déficit medio anual de agua va de 650 mm en el Bolsón de Mapimí y 668 mm en Viesca hasta los 826 mm en Mayrán, que se confirma así como la porción más árida de la RH 36; este último punto se explica fácilmente por ser la altitud media de la laguna inferior a 1,100 metros.

Siendo las condiciones naturales muy secas, la vegetación dominante es el matorral xerófilo (74 por ciento de la superficie en Mayrán, 93 por ciento en Bolsón, 94 por ciento en Viesca); en los suelos predominan Xerosoles y Litosoles (60 a 82 por ciento de la superficie), ocupando los suelos salinos una gran parte sobre todo en la Laguna de Mayrán.

Dado que el escurrimiento no tiene organización ni jerarquía, su valor es solo relativo; el índice de compacidad (C: 1.41 en Bolsón, 1.57 en Mayrán, 1.93 en Viesca), ni la densidad de drenaje (0.11 a 0.13) que se explican por la intensa evaporación.

De hecho, además del fuerte régimen evaporatorio, la geología (caliza y caliza-yeso) incrementan la escasez de escurrimiento: ya que las lagunas, muy llanas (menos de 1 por ciento de pendiente), están rellenas de aluviones cuaternarios, que, a excepción de la capa superficial, deben ser en su mayoría muy permeables. Las sierras en esta región están constituidas esencialmente de calizas, lo que contribuye a la reducción del escurrimiento a pesar de tener fuertes pendientes (20 ó 30 por ciento).

La pendiente promedio de cada subcuenca depende más de la proporción de sierras; en el Sur del Bolsón de Mapimí la pendiente media es de 3.1 por ciento, en Mayrán de 3.3 por ciento, y 8.2 por ciento en Viesca. Dadas estas condiciones y al hecho de ser una región endorréica, el coeficiente de escurrimiento tiene un valor de cero.

Esta parte baja tiene como vocación el uso pecuario extensivo (se puede poner una vaca para 35 a 50 hectáreas), y el matorral sirve de pastizal.

La densidad de población es mucho más baja en las lagunas y en las sierras que lo indican los promedios (31 hab /km² en Bolsón, 28 hab /km² en Mayrán y 23 hab /km² en Viesca), esto se debe a que las cifras incluyen parte de municipios urbanos centrales de la Laguna. A pesar de la aridez y de la gran escasez de agua, se pueden realizar obras para el aprovechamiento de los escurrimientos alrededor de los relieves, sin embargo, el problema siempre será la rentabilidad de estas inversiones debido a lo aleatorio de las lluvias.

Al nivel hidrológico, lo más importante en las lagunas, es que son el colector final de los dos ríos provenientes de la parte alta (Nazas para Mayrán y Aguanaval para Viesca); desde la construcción de las presas en ambas cuencas, han dejado de llegar escurrimientos a las lagunas por sus cauces naturales, a excepción de aquellos años en los que se presentan avenidas extraordinarias. Se destaca también en esta región el grave problema de la sobre explotación de los acuíferos, dada la extracción que se realiza para complementar las aguas superficiales que se encuentran íntegramente utilizadas. De esta forma, el porvenir del perímetro de riego en la Laguna (150, 000 hectáreas) se encuentra amenazado a mediano plazo, a menos que se tomen las medidas pertinentes en su sistema productivo.

CONCLUSION GENERAL

La RH 36 tiene un sistema complejo de escurrimientos de las aguas, pero sí es bastante representativa de las regiones semi-áridas endorréicas del Norte de México. Su ubicación en el altiplano continental la hace completamente dependiente, en términos de abastecimiento del agua, de sus zonas más elevadas de la Sierra Madre Occidental y de otras sierras de menor tamaño.

De las observaciones que se acopiaron en este reporte, se puede concluir que las subregiones geoclimáticas tienen cada cual su comportamiento propio, y su forma de aprovechamiento del agua (Figura 1):

- La parte alta, que es la cuenca alta del río Nazas (arriba del Palmito), es antes de todo una zona de abastecimiento del agua; su pluviometría más elevada (de 500 a más de 800 mm, sus fuertes coeficientes de escurrimiento, debidos en parte a los pendientes, la litología y a una importante cubierta forestal, la hace proveedora de una gran parte de las aguas superficiales de toda la Región Hidrológica: del volumen total que entra en la Laguna (parte baja), un 89 por ciento proviene de esta zona; por ser esta región más húmeda, poco poblada y con pendientes bastante fuertes, hay poco uso local del agua, sino a las orillas de los ríos principales (ríos Santiago, Tepehuanes, Sextín y Matalotes);

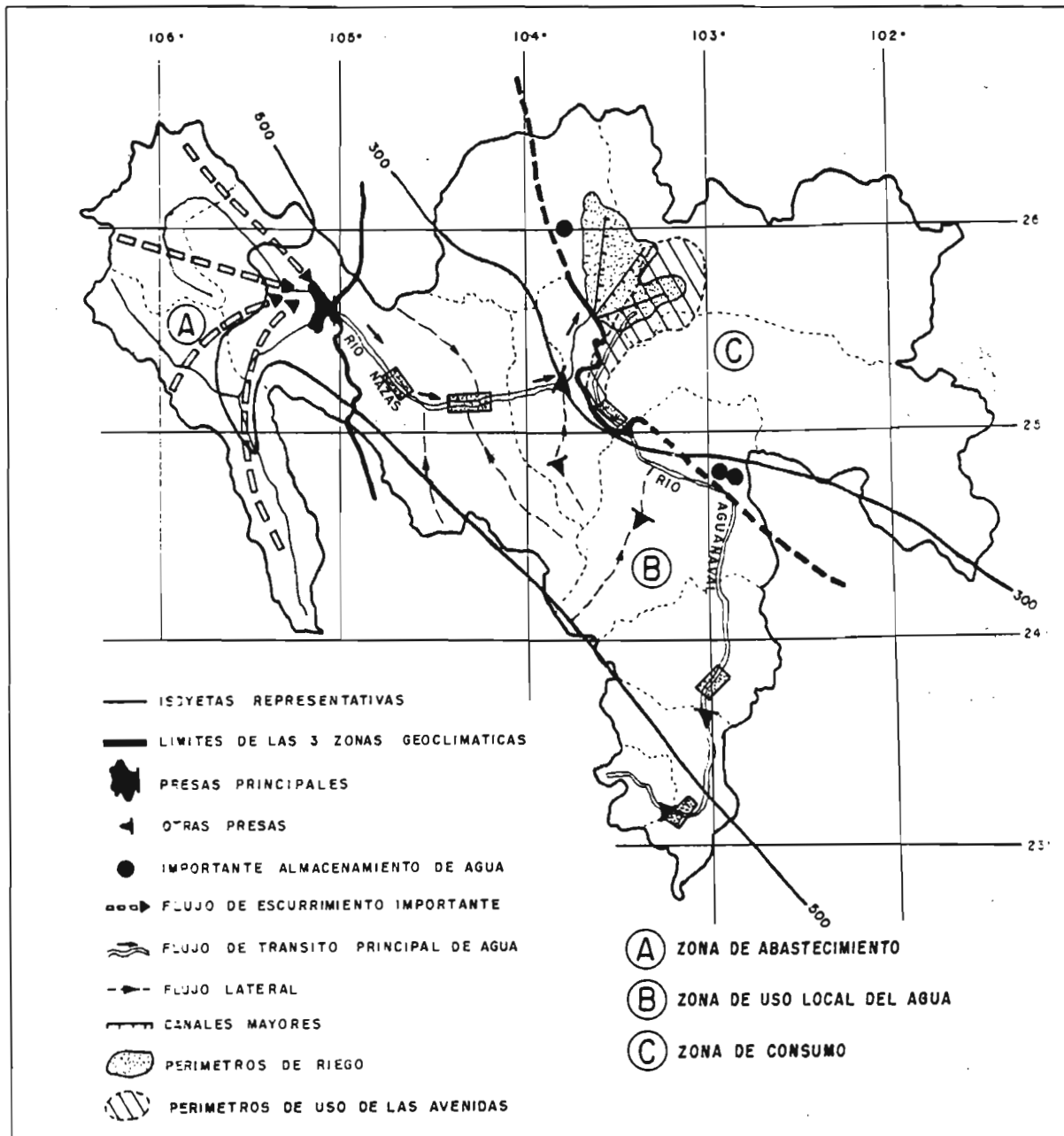
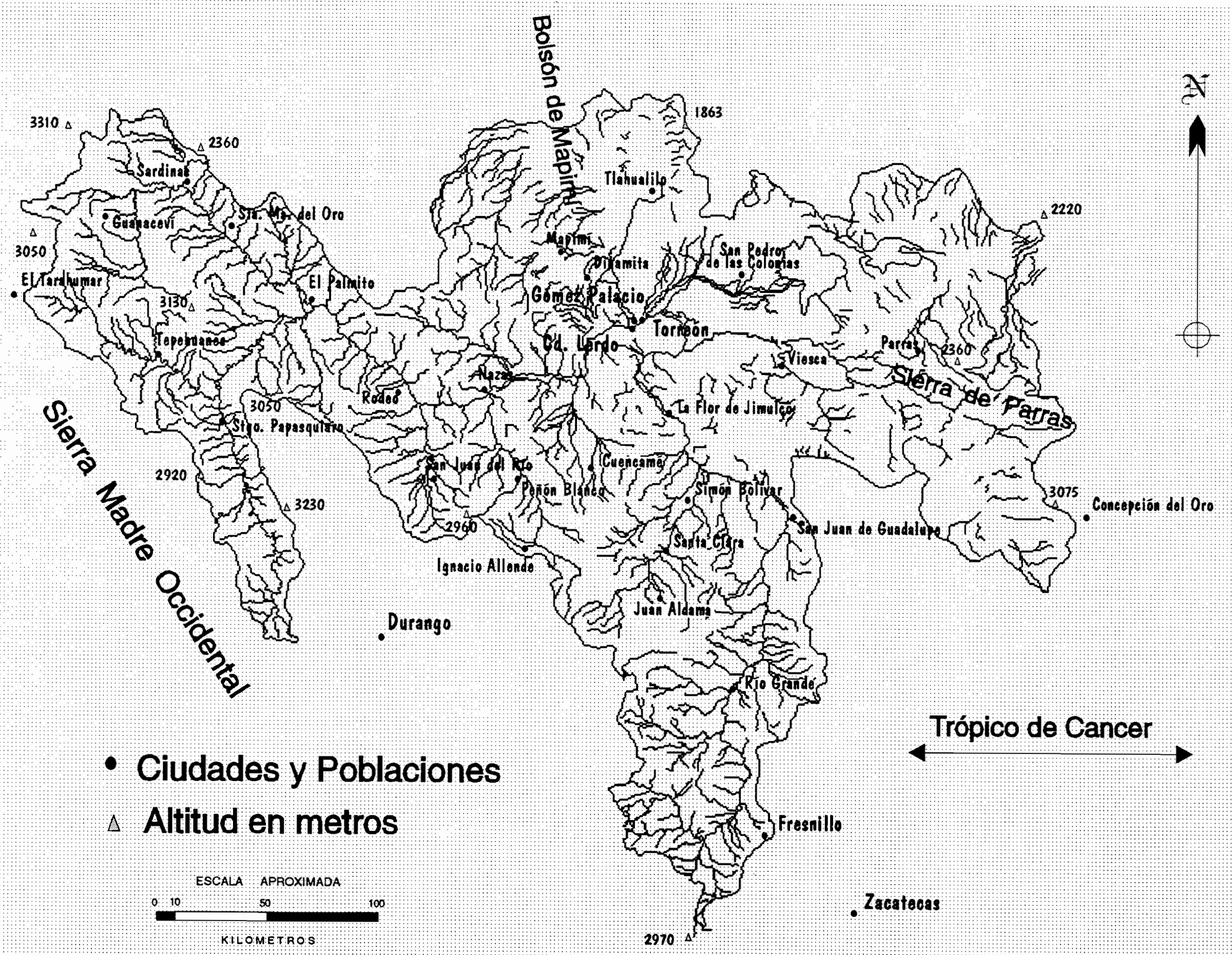


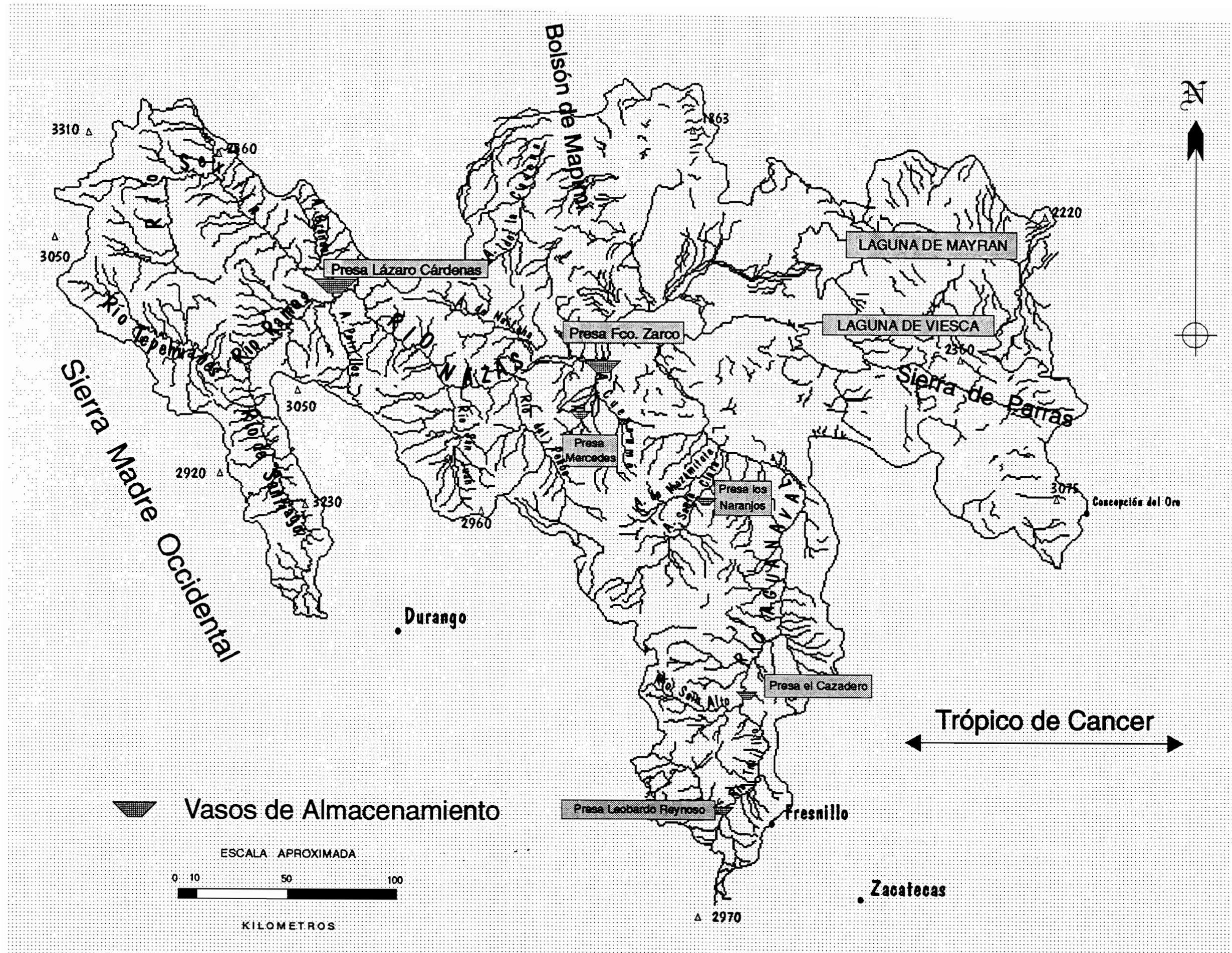
Figura 1

Regionalización del abastecimiento y del aprovechamiento del agua en la RH 36.

-
- La parte intermedia, que se compone de la cuenca del río Aguanaval y de la cuenca media del río Nazas, es una región en que sí se usa la mayoría de las aguas superficiales; la pluviometría ya baja mucho (de 300 a 500 mm), pero permite en muchas partes los cultivos de temporal; los escurrimientos se escasean y por esto se trata de sacar el mejor provecho de las aguas superficiales, construyendo presones y presas, que tienen antes de todo un uso local. Esta zona provee en parte a un flujo lateral de agua que entra en el sistema global de la RH 36, sobre todo con el río Aguanaval, que tiene escurrimientos más irregulares aún que el río Nazas, pero que sí trae agua a la Laguna; pero la vocación de esta zona es antes de todo el temporal y la ganadería; el río Nazas atraviesa esta subregión sin ver crecer su gasto pues una parte se consume en el perímetro de Rodeo-Nazas; así que es también zona de tránsito del agua;
 - La parte baja, de las Lagunas de Mayrán y Viesca y del Bolsón Sur de Mapimí, es una zona endorréica de intensa evaporación en la que antes se perdían las aguas de escurrimiento; desde más de un siglo se aprovecha de las aguas de escurrimiento para el riego, y esto con más seguridad y regularidad desde la construcción del vaso de almacenamiento de El Palmito en 1946; pero hace cincuenta años ya no bastando el volumen total de agua de la cuenca, se bombean grandes cantidades de aguas subterráneas, así que el nivel piezométrico hoy día baja de más de un metro por año. Esta parte baja tiene escasos escurrimientos, que se pueden difícilmente aprovechar; es pura zona de consumo de agua de la sierra.
-



Situación Geográfica de Localidades y Puntos de Elevación en la RH 36



Principales Cauces y Presas de la RH 36

Esta publicación se terminó de imprimir el mes de Diciembre de 1993
en los Talleres Gráficos del CENID-RASPA
km 6+500 Canal Sacramento
Gómez Palacio, Dgo. México.

Tiraje 250 ejemplares



CRSTOM