



2

Caracterización de la diversidad biológica del archipiélago cubano

Diversidad genética y su importancia

Como quedó definido en el capítulo anterior, la diversidad genética es la variación de los genes en las especies, expresado en cambios entre subespecies, razas de animales domésticos, variedades de plantas e individuos. Ahora se ampliará todo lo planteado en ese capítulo. La diversidad genética contenida dentro de una especie determinará el éxito de su respuesta frente a los disturbios naturales o antropogénicos en el medio ambiente, de modo que los individuos más variables presentan mejores condiciones para enfrentarse a tales cambios. Es necesaria para la evolución con fines de adaptación de las especies.

Toda la diversidad genética tiene lugar al nivel molecular y está íntimamente ligada a las propiedades físico-químicas de los ácidos nucleicos, que son de dos tipos: el ARN o ácido ribonucleico, y el ADN o ácido desoxirribonucleico. Este último es el material hereditario de la mayoría de los organismos. La nueva variación es producto de las mutaciones en esta molécula. La diversidad genética en la naturaleza es el resultado de la acumulación de mutaciones, muchas de las cuales han sido moldeadas por la acción de la selección natural (mutaciones selectivas), otras son incorporadas al genoma por procesos que ocurren al azar (mutaciones neutrales). Las variantes genéticas encontradas en la naturaleza están integradas no solo a funciones

fisiológicas, bioquímicas y conductuales de los organismos, sino también a sus relaciones ecológicas con el ambiente abiótico (suelo, clima, etc.) y con el biótico (competidores, depredadores, comensales y parásitos).

A pesar del auge del empleo de las técnicas moleculares, fundamentalmente con ADN en los últimos tiempos para la determinación de la diversidad genética, esta resulta desconocida en muchos casos. También se conoce poco de las potencialidades de su uso. Por tanto, solo se enfatizará en aquella diversidad genética que es utilizada como recurso natural en el territorio cubano.

Recursos genéticos en Cuba

Los recursos genéticos vegetales o animales son todos aquellos materiales de origen vegetal o animal con unidades funcionales de la herencia y con un valor actual o potencial. Tales recursos pueden estar en un país porque son oriundos de él, y se les denominan *autóctonos* o *endémicos*, o pueden provenir de otros países, y se les llama *foráneos*. Estos últimos pueden haber llegado hace cientos o miles de años, y se les considera prácticamente como parte de su flora o fauna, máxime cuando han sido utilizados y mejorados. Se les denomina entonces *domesticados* o *naturalizados*.

Un grupo muy importante dentro de la flora cubana son las plantas arbóreas, que están representadas por 627 especies autóctonas que componen el patrimonio forestal del país, y son uno de los recursos de mayor amenaza de pérdida debido a la indiscriminada explotación a que han sido sometidos durante casi cinco siglos.

Las investigaciones realizadas en el país mostraron como resultado que las culturas precolombinas cubanas no cultivaron plantas autóctonas, por lo que no existen progenitores silvestres de plantas cultivadas. Los colonizadores españoles, durante su dominio que duró cuatro siglos, domesticaron unas pocas ornamentales y medicinales autóctonas, pero no especies comestibles silvestres porque no las había. Es decir, todas las plantas comestibles que se han cultivado en Cuba, desde 1492 hasta la actualidad, fueron traídas de los continentes o de las islas del Pacífico occidental; no obstante, se pueden encontrar parientes silvestres relacionados, como por ejemplo *Oriza perennis*, pariente silvestre del arroz, originado a partir de este últi-

mo cereal, después de su introducción por los españoles. Estos son recursos de altísimo valor que pueden ser usados en el mejoramiento de los cultivos.

Por la posición geográfica del archipiélago cubano, este se encuentra en las rutas migratorias de floras australes tropicales y boreales extratropicales. Por otra parte, la condición del país, separado del continente durante decenas de millones de años, ha ocasionado la evolución independiente de los vegetales. Esta es, en parte, la razón por la cual hay una amplia gama de taxones relacionados con plantas cultivadas; así, por ejemplo, podemos mencionar que existen 32 especies del mismo género de la papa (*Solanum tuberosum*), de las cuales nueve son endémicas. Otro tanto se puede decir del boniato (*Ipomoea batatas*), con 54 especies, y 25 de ellas endémicas; pero no hay ninguna especie estrechamente relacionada con la papa, y solo tres son posibles especies hermanas del boniato.

Hasta el presente hay 1170 especies con propiedades medicinales comprobadas, de ellas 97 son endémicas. Las especies medicinales de uso humano o veterinario en el país provienen de cultivos específicos o de recolecciones a partir de la flora silvestre.

Las variedades de plantas locales son aquellas que se desarrollaron en un lugar y sus características responden muy bien al medio donde viven. A partir de muchas de ellas se han obtenido las principales variedades comerciales actuales. Por ejemplo, en el caso del tabaco, a partir de los estudios de variedades locales cubanas se rescató el tipo de tabaco *havanensis*.

Los resultados de las recolectas que se han realizado nos indican que es posible todavía encontrar nueva variabilidad en plantas cultivadas en Cuba. El gran potencial de los parientes silvestres sugiere que se deben realizar estudios más detallados en la estructura de los diferentes fondos genéticos. Por ejemplo, se han encontrado 50 parientes silvestres del boniato. También se han referido en frijoles (*Phaseolus*), habichuela, frijol de carita (*Vigna*), calabazas, pepinos (Cucurbitáceas) y especies afines, en ajíes (*Capsicum*) y tomates (*Lycopersicon esculentum*).

A la llegada de los españoles no existían gramíneas pratenses; sin embargo, la introducción apresurada por los colonizadores de animales de pastoreo trajo aparejada la entrada rápida de especies de pas-

tos. Las especies de *Panicum*, *Brachiaria*, *Pennisetum*, *Hyparrhenia* y otras fueron evolucionando y sufriendo una selección natural a través de los años, y hoy forman verdaderas fitocenosis de especies domesticadas o naturalizadas que presentan una rica diversidad en el país. Por ejemplo, en yerba de Guinea (*Panicum maximum*) el país cuenta con una colección de más de cuatrocientas formas o ecotipos recolectados, nacionalmente.

Los recursos genéticos vegetales (fitogenéticos) pueden ser almacenados en bancos de germoplasma, como se verá más adelante en el capítulo 4. También pueden ser conservados en colecciones vivas en el campo o en los propios ecosistemas naturales donde se encuentran. De cualquier modo, es indudable la necesidad de su conservación, tanto por el valor intrínseco que atesoran como por las potencialidades de su uso en la búsqueda de variedades que contengan características deseadas.

El mantenimiento por los campesinos en sus propios ecosistemas de las variedades locales o tradicionales con fines de utilización es una garantía para la seguridad alimentaria y para la conservación de esta valiosa parte del patrimonio nacional.

En Cuba la mayor parte de los recursos genéticos animales (zoo-genéticos) que se han utilizado tradicionalmente en la producción de alimentos provienen de especies no autóctonas; sin embargo, para la producción de fármacos son las especies de invertebrados autóctonos los que brindan sus genes para tal fin. Por ejemplo, determinados genes de la anémona *Stichodactyla heliantus* de las costas cubanas producen moléculas inhibitoras de las enzimas proteasas, ampliamente utilizadas en los tratamientos médicos.

La fauna considerada doméstica es de vital importancia para la alimentación del hombre, por lo que resulta incuestionable la necesidad de conservar el patrimonio genético de las diferentes razas de animales que viven en el país, hayan sido desarrolladas en Cuba o introducidas, sobre todo aquellas que poseen genes de resistencia a las condiciones climáticas del país, pues ello asegura una mayor producción de los animales con esos genes. El ejemplo clásico es el cruce de bovino de la raza Holstein –alto productor de leche pero no adaptado al clima cubano– con el cebú, con poca producción de leche pero sí adaptado al clima cubano.

Diversidad de especies y su importancia

El nivel específico de la diversidad biológica ha sido el más trabajado desde el punto de vista científico, y el más conocido popularmente. En el mundo se han descrito, hasta el presente, 1,75 millones de especies, y se estima que aún están por descubrir 12 millones. Esta enorme variedad de organismos vivos o extintos, conocidos o no, conforman lo que denominamos *biota*. La mayor parte de la biota mundial está representada por los insectos, seguidos de los hongos y las bacterias, mientras que los vertebrados solo ocupan una mínima porción de esta, no obstante constituir el grupo mejor estudiado.

Como se explicó en el capítulo anterior, todas las especies, de acuerdo con sus características propias y sus relaciones con otras, pueden ser ubicadas en un sistema de clasificación jerárquico que incluye las siguientes categorías principales: dominio, reino, *phylum*, clase, orden, familia, género y especie.

Para la categoría de Reino se han propuesto diferentes sistemas de clasificación que van desde tres, cinco y hasta trece. Aquí se ha seguido la que actualmente se utiliza en el sistema nacional de enseñanza de Cuba, en la cual se reconocen cinco reinos:

1. *Monera*: Son organismos procariotas. En este Reino se ubican las bacterias verdaderas, las cianobacterias y actinobacterias.
2. *Protoctista*: Reúne a los eucariotas, que no forman tejidos y que no son, estrictamente, hongos, ni plantas, ni animales. Incluye a las algas, protozoos, protozoos análogos a hongos y cromistas análogos a hongos.
3. *Fungi*: Están integrados por eucariotas con nutrición por absorción. Aquí se encuentran los hongos verdaderos.
4. *Plantae*: Son eucariotas con nutrición por fotosíntesis. Reúne a las briofitas y traqueofitas.
5. *Animalia*: Incluye a los eucariotas con nutrición por ingestión. Compuesto por poríferos y metazoos.

Los organismos procariotas son aquellas que carecen de núcleos verdaderos o de materia nuclear envuelta en una membrana, mientras que los eucariotas poseen un núcleo verdadero, bien organizado.

En estudios recientes se plantea que existen grupos de organismos que no se ajustan a la clasificación anterior. Otros, como los virus, también quedan excluidos de estos reinos, dadas sus peculiaridades. Las especies cubanas pueden ser, de acuerdo con su origen y distribución geográfica:

- **Autóctonas:** Son oriundas de Cuba, pero también se pueden encontrar en otros sitios del mundo.
- **Endémicas:** Cuando son exclusivas del país y no se encuentran en ningún otro lugar del planeta, por lo que tienen gran importancia patrimonial. Entre estas encontramos varios niveles de endemismo: las endémicas nacionales (viven únicamente en Cuba pero distribuidas por todo el territorio nacional), las endémicas regionales (habitan en una región dentro del país) y las endémicas locales (exclusivas de una localidad).
- **Alóctonas o introducidas:** Aquellas especies que surgieron y evolucionaron en otros lugares del planeta y que, por diferentes medios, intencionalmente o no, llegaron a Cuba. Algunas no tuvieron éxito en la colonización de los hábitats naturales, otras fueron tan exitosas que se pueden considerar parte de la flora y fauna actual, las hay además domesticadas. También se les puede llamar *exóticas* o *foráneas*.

En el territorio cubano la distribución de las especies no es uniforme, ya que se concentra en las regiones más antiguas y estables, como son los macizos montañosos de occidente, centro, norte oriental y sur oriental de la isla, así como en áreas de condiciones extremas, como las colinas y llanuras serpentinosas, las costas semiáridas surorientales y las llanuras de arenas silíceas del occidente.

En el mar la vida está condicionada por la estrecha interrelación de numerosos factores físicos, químicos y biológicos, entre los que se encuentran la luz, la temperatura, la salinidad, el oxígeno, el pH y las múltiples y complejas conexiones recíprocas que se establecen entre las comunidades bióticas marinas. La zona litoral es la que alberga la mayor diversidad de organismos en todos los mares del mundo. Esta se subdivide a su vez en tres subzonas: supralitoral (por encima del nivel máximo de las mareas hasta donde llega la influencia marina

en las costas), mesolitoral (nivel comprendido entre las mareas más bajas y las más altas) y la infralitoral propiamente dicha, que se extiende desde el nivel más bajo de las mareas hasta unos treinta o cuarenta metros de profundidad en el caso de Cuba, lo que generalmente coincide con el inicio del talud de la plataforma insular.

Si se comparan las formas actuales de la flora y la fauna marinas con las terrestres, se observan algunas diferencias que merecen ser destacadas:

- Menor número de especies marinas que en los ecosistemas terrestres.

Los procesos de especiación han ocurrido con mayor intensidad en los ecosistemas terrestres que en el mar, favorecidos estos por una mayor heterogeneidad en las condiciones ambientales, que han generado el surgimiento de innumerables hábitats y microhábitats terrestres, cuyos diversos nichos ecológicos han podido ser aprovechados por las más variadas formas de vida. Solamente los insectos, el grupo animal más diverso y de mayor éxito en la Tierra, de unas setecientas mil a ochocientas mil especies conocidas y miles pendientes de inventariar, son esencialmente terrestres.

Esta situación no siempre ha sido así. En eras geológicas pasadas la biodiversidad marina fue muy superior a la terrestre; incluso durante los cinco grandes períodos de extinciones que ha sufrido la vida en la Tierra, en al menos los tres o cuatro primeros las especies marinas fueron las más perjudicadas. El mayor de ellos, ocurrido al final del período Pérmico, hace 360 millones de años, afectó a cerca del 60 % de las especies marinas, y el último, el más conocido y famoso, debido a la extinción de los dinosaurios, ocurrido en el Cretácico terciario (65 millones de años atrás), implicó la desaparición del 40 % de las especies marinas, y sus consecuencias negativas a nivel de géneros y familias fueron aún superiores.

- Gran diversidad de grupos zoológicos de los más primitivos en la escala evolutiva.

Actualmente en el mar se encuentran representadas muchas formas primitivas de organización de la vida, que no existen en los ecosistemas terrestres, desde primitivos organismos unicelulares hasta aquellos grupos evolutivamente carismáticos como las es-

ponjas, los cnidarios, los anélidos poliquetos y muchos otros gusanos, los sipuncúlidos, los equinodermos y los peces cartilaginosos (tiburones y rayas), por solo citar algunos.

■ **Bajo endemismo.**

Una característica distintiva de los organismos marinos es su pobre endemismo. Existe una notable continuidad e interrelaciones múltiples en el medio acuático, por lo que las provincias biogeográficas están muy poco definidas. Las especies marinas raramente viven confinadas en pequeñas áreas o hábitats limitados, por ello también la extinción de especies es menos probable que en los ecosistemas terrestres.

Cálculos muy conservadores establecen en unas nueve mil las especies marinas inventariadas en la actualidad para Cuba, y estos mismos cálculos señalan que, aproximadamente, del 30 al 40 % de las especies marinas cubanas están aún sin relacionar, por lo que el estimado global rondaría las doce mil trescientas especies; sin embargo, estos estimados se hacen comparando estos inventarios con las especies registradas para el resto de la provincia caribeña, también insuficientemente evaluada, y sobre la base de los grupos más estudiados; por tanto, es presumible que el desconocimiento de la flora y fauna marina cubana pueda ser aún mayor, sobre todo cuando se incluyan grupos muy diversos y poco conocidos, generalmente los más primitivos y de menor tamaño como los virus, las bacterias, los hongos, los protozoos y los nemátodos, entre otros. No es posible presentar inventarios precisos de todos los grupos taxonómicos representados en los hábitats marinos, sino solamente resumir el conocimiento de los inventarios generales de la biodiversidad de algunos de los más conocidos, y que por lo general coinciden con los más importantes, ya sea por la riqueza de especies que contienen o por su importancia evolutiva, ecológica y económica.

¿Cómo ha evolucionado el conocimiento de la biota cubana en los últimos años?

El Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica (ENDB) de la República de Cuba fue la primera y mayor compilación y actualización de la diversidad de la biota cubana que se hubiera realizado hasta 1996. En 2002

una información actualizada se integró en el tabloide del curso «Diversidad biológica» del programa «Universidad para todos». Paralelamente las cifras, para algunos grupos, se renovaron en los informes anuales a la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) para su publicación en el Anuario Estadístico. A partir de 2005 el Centro Nacional de Biodiversidad del Instituto de Ecología y Sistemática (CeNBio-IES) ha venido realizando el reajuste de las cifras referidas al número de especies de diversos grupos de la biota del país. En 2009 se presentó el IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba en el que se incluyó la *Tabla 1*.

De 1998 a 2008 se evidencia un incremento de 3091 en la cifra total de especies conocidas, sobre todo en los reinos Animalia y Plantae, con 1255 y 1167 nuevos registros, respectivamente, tanto en aquellos Phyla que ya se habían mencionado en el ENDB: Bryophyta (Plantae), Crustacea, Cnidaria, Annelida, Arachnida, Platyhelminthes y Peces (Animalia), como también en los nuevos adicionados a la lista de cifras de diversidad biológica cubana (CenBio), por ejemplo Foraminífera, Ochrophyta, Rhodophyta y Dinoflagellata.

No obstante, existen Phyla donde estudios más recientes reducen su número de especies, como ocurre en Coniferophyta y Cycadophyta (Gimnospermae), Chaetognata, Nematoda y Echinodermata. Las bacterias y protozoos marinos, luego del estudio de la biodiversidad marina de Cuba, solo reúnen 185 y 978 especies, respectivamente, contra las 533 y 1273 que menciona el ENDB. Esto puede estar relacionado con la profundización de los estudios taxonómicos en estos grupos, lo que hace que algunas especies descritas pierdan validez, o con otros arreglos sistemáticos.

También se evidencian incrementos en el número de especies en todos los hábitats, con aumentos de 2624 especies terrestres, 323 marinas, 144 dulceacuícolas o palustres, o que pueden aparecer en hábitats marinos o palustres, indistintamente.

De 2008 al presente han proseguido los estudios sistemáticos, ecológicos y los inventarios de la diversidad biológica en diferentes áreas del país; pero esta información se encuentra dispersa en varias publicaciones y algunas de ellas permanecen aún inéditas. Precisamente entre los objetivos de este libro está compilar y actualizar el conocimiento sobre la biota cubana hasta la fecha.

Tabla 1. Diversidad de la biota cubana en número de especies, 1998 (ENDB) y 2008 (CeNBio)

Vales y col., 1998 (ENDB)	Clasificación actual	Phyla/División	Conocidas		Terrestres		Marinas		Dulceacuícolas (palustres)	
			ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio
No incluida	Archaea	Euryarchaeota		2			2			
<i>Archaea</i>				2			2			
Cyanophyceae	Bacteria	Cyanobacteria	64	108			44	64	64	64
Bacteriae	Bacteria	Firmicutes	554	27	21		533	27		
Bacteriae	Bacteria	Actinobacteria		7			7			
Bacteriae	Bacteria	Bacteroidetes		3			3			
Bacteriae	Bacteria	Proteobacteria		104			104			
<i>Bacteriae</i>			618	270	21	21	533	185	64	64
Algae	Eukaryota	Cryptophyta	1632	3			760	1	872	2
Algae	Eukaryota	Haptophyta		25			25			
Algae	Eukaryota	Ochrophyta		289			288			1
Algae	Eukaryota	Sagenista		4			4			
Algae	Eukaryota	Bacillariophyta		85			83			2
No incluida	Eukaryota	Oomycota		39			33			6
Algae	Eukaryota	Rhodophyta		262			262			
<i>Reino Chromista</i>			1632	707			760	663	872	11
Algae	Eukaryota	Dinoflagellata		199			199			
Protozoa	Eukaryota	Ciliophora		62			62			
Algae	Eukaryota	Euglenozoa		4			1			3
Algae	Eukaryota	Foraminifera		694			694			
No incluida	Eukaryota	Plasmodiophoromycota		2			2			
Protozoa	Eukaryota	Protozoa	1616	365			1273	22	343	343

Caracterización de la diversidad biológica del archipiélago cubano

Vales y col., 1998 (ENDB)	Clasificación actual	Phyla/División	Conocidas		Terrestres		Marinas		Dulceacuicolas (palustres)	
			ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio
Myxomycota	Eukaryota	Myxomycota	29	114	29	114				
Reino Protozoa			1645	1440	29	116	1273	978	343	346
Fungi + líquenes	Eukaryota		3699	5844	3655	5697	44	39		108
Reino Fungi			3699	5844	3655	5697	44	39		108
Algae	Eukaryota	Chlorophyta		1069				200		869
Bryophyta	Eukaryota	Hepatophyta		500		500				
Bryophyta	Eukaryota	Anthocerotophyta		7		7				
Bryophyta	Eukaryota	Bryophyta	921	411	921	411				
Pteridophyta	Eukaryota	Monilophyta	500	557	476	548			24	9
No incluida	Eukaryota	Lycophyta		44		44				
Gimnospermae	Eukaryota	Coniferophyta	19	11	19	11				
Gimnospermae	Eukaryota	Cycadophyta		8		8				
Angiospermae	Eukaryota	Magnoliophyta	6500	6500	6038	6038	12	12	450	450
Reino Plantae			7940	9107	7454	7567	12	212	474	1328
Porifera	Eukaryota	Porifera	250	280			250	280		
No incluida	Eukaryota	Ctenophora		6				6		
Coelenterata	Eukaryota	Cnidaria	160	370			160	370		
Chaetognata	Eukaryota	Chaetognatha	21	9			21	9		
Annelida	Eukaryota	Annelida	285	481	35	51	250	430		
Mollusca	Eukaryota	Mollusca	2947	2913	1405	1300	1479	1545	63	68
No incluida	Eukaryota	Bryozoa		84				84		
No incluida	Eukaryota	Sipunculida		8				8		
No incluida	Eukaryota	Acanthocephala		14		11		3		

Caracterización de la diversidad biológica del archipiélago cubano

Vales y col., 1998 (ENDB)	Clasificación actual	Phyla/División	Conocidas		Terrestres		Marinas		Dulceacuícolas (palustres)	
			ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio	ENDB	CeNBio
Platyhelminthes	Eukaryota	Platyhelminthes	176	290	176	193				
Nematoda	Eukaryota	Nematoda	616	561	278	473	338	76		12
	Eukaryota	Arthropoda								
Arachnida	Eukaryota	- Clase Arachnida	1 300	1 422	1 287	1 417	1		12	5
NO INCLUIDA	Eukaryota	- Clase Pycnogonida		12				12		
Crustacea	Eukaryota	- Superclase Crustacea	1 181	1 548	60	60	981	1 348	140	140
Chilopoda	Eukaryota	- Clase Chilopoda	43	43	43	43				
Diplopoda	Eukaryota	- Clase Diplopoda	83	94	83	94				
Insecta	Eukaryota	- Clase Insecta	7 493	7 493	6 813	6 813			680	680
Equinoderma	Eukaryota	Echinodermata	393	387			393	387		
	Eukaryota	Chordata								
Ascidiacea	Eukaryota	- Clase Ascidiacea	76	62			76	62		
Pisces	Eukaryota	- Clase Cephalochordata		2				2		
Pisces	Eukaryota	- Clase Myxini		2				2		
Pisces	Eukaryota	- Clase Elasmobranchii		78				78		
Pisces	Eukaryota	- Clase Holocephali		1				1		
Pisces	Eukaryota	- Clase Actinopterygii	963	982			906	908	57	74
Amphibia	Eukaryota	- Clase Amphibia	46	62	36	48			10	14
Reptilia	Eukaryota	- Clase Reptilia	121	153	112	142	7	6	2	5
Aves	Eukaryota	- Clase Aves	350	366	200	214	84	83	66	69
Mammalia	Eukaryota	- Clase Mammalia	42	78	38	56	3	21	1	1
Reino Animalia			16 546	17 801	10 566	10 915	4 949	5 818	1 031	1 068
TOTAL			32 080	35 171	21 725	24 349	7 571	7 894	2 784	2 928

Fuente: CeNBio, 2008.

Los orígenes de la biota cubana

La vida comenzó en el océano hace unos seiscientos millones de años, y muchas de las algas, medusas y gusanos actuales son muy similares a los que florecieron en el antiguo mar de Tethys, mucho antes de que la deriva de los continentes fragmentara al supercontinente Pangea y la Tierra adquiriera su configuración actual. «El océano es fuente de todo», señaló Homero, el gran poeta de la antigüedad. El mar ha sido la cuna y la fuente de donde se ha nutrido la vida en este planeta, y hasta el desarrollo de la propia sociedad humana ha estado muy vinculada con el medio marino, en cuyas márgenes se asienta la gran mayoría de su población actual.

Cuando se mira alrededor de los campos de Cuba, según sea una playa, o un cayuelo, o una montaña, se encuentra un conjunto de hongos, algas, plantas y animales peculiares de esos ambientes; sin embargo, ¿por qué están aquí esos animales y plantas, mientras faltan otros como por ejemplo tigres, elefantes o pingüinos?

Esas mismas dudas les surgieron a los científicos que estudiaron la biota cubana desde el mismo siglo XVIII. Ellos notaron que en cada montaña, cueva o playa se encontraba un grupo de organismos propios, algunos que vivían allí solamente (endémicos), como el caracol *Polymita*, que se presenta solo en Cuba oriental; sin embargo, descubrieron animales que habitaban hasta en los continentes vecinos, como la araña viuda negra.

Aquellos organismos primitivos llegaron mucho antes que el hombre hiciera su debut en las islas. Para establecerse, debieron trasladarse desde los continentes gracias a su capacidad de migrar, de colonizar un terreno determinado y de evolucionar para adaptarse a los nuevos ambientes donde se asentaron.

Por eso la biota cubana actual no es la misma que existía antes de la llegada del hombre, pues muchas especies se han extinguido para siempre y otras han sido traídas como alimento y fuerza de trabajo. Tal es el caso del ganado vacuno, equino, aviar y otros. Para tratar de entender cómo llegó a conformarse la biota actual, los estudiosos se han hecho algunas preguntas: ¿de dónde proceden los antepasados de los hongos, algas, plantas y animales actuales?, ¿cómo llegaron hasta estas tierras?, ¿cuándo lograron asentarse los primeros repre-

sentantes de esos organismos?, ¿por qué algunos animales se extinguieron? Estos asuntos se van a examinar brevemente.

¿De dónde procede la biota cubana actual?

Las investigaciones más recientes demuestran que los ancestros de la biota cubana actual pueden proceder de las Antillas Mayores, Islas Caimán y Bahamas, de Centroamérica, América del Norte y América del Sur. Por ejemplo, las jutías, iguanas, jicoteas, y un gran número de insectos y plantas, tienen sus parientes más cercanos en América del Sur. Muchas aves, y el almiquí, tienen sus antepasados en América del Norte, en tanto que algunos reptiles se sabe que sus parientes más cercanos están en América del Sur y Central; sin embargo, hay algunas arañas y plantas que están estrechamente emparentadas con especies africanas, tanto de tierra firme como de Madagascar. Por eso se puede decir que la biota cubana tiene muy diversas procedencias.

A esto se añade que desde los aborígenes, seguidos por los europeos, africanos y asiáticos, hasta el mismo presente, se han ido introduciendo en Cuba numerosas especies exóticas de animales y plantas, sin contar las bacterias, hongos, virus e infinidad de otros microorganismos que llegan junto con las cargas y los pasajeros desde el exterior. Aunque las especies introducidas juegan un papel importantísimo en el equilibrio y supervivencia de los ecosistemas, en lo adelante solo se referirán las plantas y animales originarios de Cuba.

Evolución y extinciones

Hoy se sabe que en el pasado algunas de las islas antillanas compartían una población similar que, por causa de las extinciones y la evolución, se fueron diferenciando hasta hoy. Esto lo ejemplifica el cocodrilo cubano (*Crocodylus rhombifer*), cuyos restos fósiles se encontraron en las Islas Caimán y Bahamas, donde se extinguió hace algunos siglos. También en Cuba y La Española habitaron varias especies similares de perezosos, insectívoros, monos y aves, que se extinguieron hace pocos miles de años reduciendo la biodiversidad de ambas tierras.

La diferenciación entre la fauna de las islas ocurre también a causa de la evolución. Podemos suponer que una especie A queda sepa-

rada en dos o más poblaciones: A1, A2..., An. Esta separación tiene lugar cuando una isla grande se subdivide en dos o más islas menores, o cuando una isla que estuvo unida al continente queda aislada por alguna causa geológica. En estos casos, cada una de las poblaciones A1, A2..., An evolucionan por separado, sin intercambio genético. Entonces de cada población se derivan especies distintas a la original, o alguna se extingue. Como resultado de este proceso, a partir de una especie original A, que pudo llegar hasta cierta isla en el pasado, se forman varias especies hermanas (A1, A2..., An) a consecuencia del aislamiento genético y la evolución. Por ejemplo, las iguanas *Cyclura cornuta* de La Española, y *Cyclura nubila* de Cuba, tuvieron un antepasado común, del cual evolucionaron en especies independientes. Otro ejemplo es el tocororo, que tiene una especie hermana muy semejante en La Española.

¿Desde cuándo existe la biota cubana?

Es conocido que las islas son por lo general más jóvenes que los continentes. Por eso es obvio que, al surgir del fondo del mar en el pasado, estas islas estuvieran despobladas, fueran puros terrenos de fango y rocas que a partir de su emersión comenzaron a ser colonizadas por organismos procedentes de otras islas y continentes.

Por eso se admite que para que exista una biota terrestre, tiene primero que existir una tierra emergida. Lo difícil es determinar desde cuándo un terreno ha estado emergido de manera permanente hasta hoy. Las investigaciones paleogeográficas del Caribe (Fig. 4) sugieren que las primeras tierras insulares surgieron hace unos ciento cuarenta millones de años; pero aquellas islas no eran permanentes, pues desaparecieron, surgieron otras y así sucesivamente, hasta hace unos cuarenta millones de años atrás, cuando del fondo del mar antillano se elevaron diversas islas que han permanecido emergidas hasta hoy.

Al examinar estos mapas en detalle se evidencia que las dimensiones de las tierras emergidas han ido cambiando con el tiempo. También es importante notar que las tierras antillanas estuvieron unidas entre sí y con el continente sudamericano de treinta y tres a treinta y cinco millones de años para quedar separadas posteriormente. De acuerdo con estos estudios, la biota terrestre cubana actual no debería tener más de cuarenta millones de años.

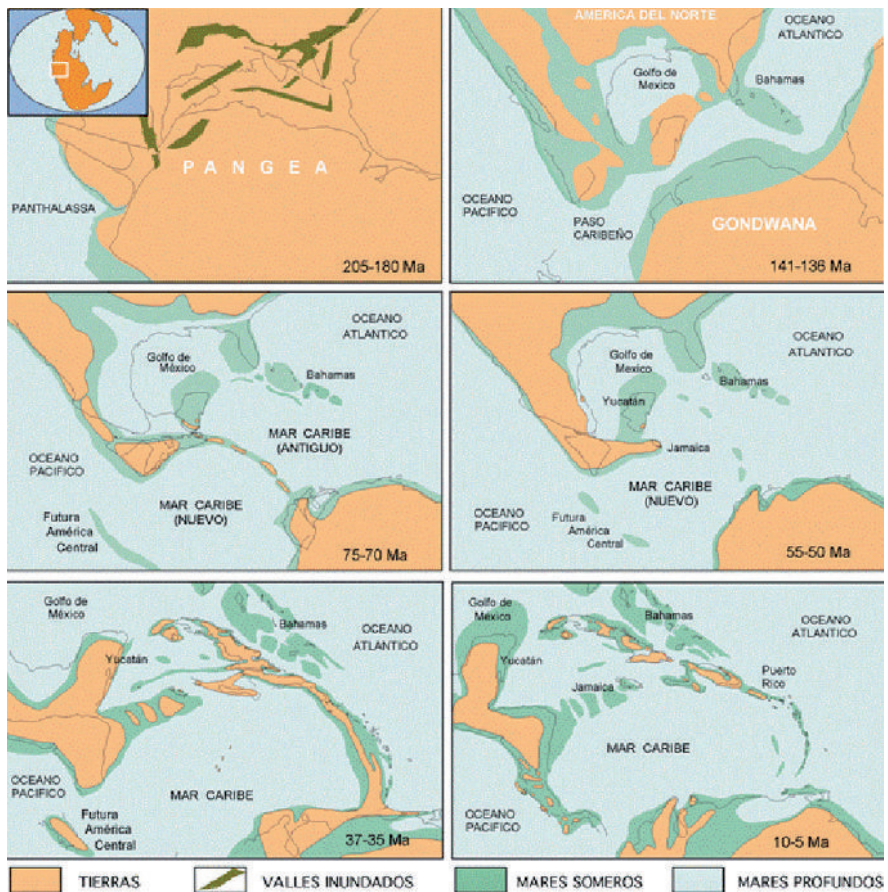


Fig. 4. Formación y evolución paleogeográfica del Caribe.

Para comprobar esta hipótesis los científicos se han valido de la Paleontología, es decir, de la presencia de restos fósiles de animales o plantas terrestres en las islas. Por ejemplo, en algunas rocas de la provincia de Pinar del Río se encuentran los más antiguos restos de animales y plantas terrestres de Cuba, que habitaron en un continente ya desaparecido, denominado Pangea, desde hace ciento cincuenta millones o ciento ochenta millones de años; pero estos organismos se extinguieron y no tienen representantes en la biota actual de Cuba.

En la provincia de Sancti Spíritus se encontró un yacimiento fosilífero con restos de monos, perezosos, jutías, cocodrilos y quelonios, que ya estaban en las islas cubanas de quince millones a veinte millo-

nes de años atrás. De los mismos grupos de animales han aparecido fósiles en las cuevas cubanas, en depósitos que tienen hasta diez mil años de antigüedad, e incluyen restos de búhos gigantes, cóndores, halcones, palomas, grullas, monos, perezosos, jutías, murciélagos, cocodrilos, tortugas, lagartos, serpientes, anfibios, insectos y peces de agua dulce. Muchas de aquellas especies están hoy extintas; pero hay algunas cuyos descendientes se encuentran en nuestros bosques de hoy. Estos datos nos permiten afirmar que, al menos desde hace veinte millones de años, ya había en Cuba animales terrestres emparentados con los actuales, y el archipiélago cubano, probablemente, tenía mayor biodiversidad.

Otro método de estimar cuándo llegaron a estas tierras los antepasados de los animales actuales son los «relojes» moleculares, técnica recientemente desarrollada que aún requiere de perfeccionamiento. Según este método, algunos de los reptiles, anfibios y mamíferos de Cuba tienen sus congéneres en el continente americano, de los cuales se separaron hace sesenta millones de años y más. Estos datos contradicen los obtenidos mediante la Paleogeografía y la Paleontología, de modo que se mantiene la vieja interrogante a resolver en el futuro: ¿cuál es la mayor antigüedad de los animales cubanos?

¿Cómo llegaron hasta estas tierras los ancestros de la biota actual?

Hay muchas maneras de trasladarse de un lugar a otro, de acuerdo con el animal, hongo o planta de que se trate. Por ejemplo, se puede imaginar una isla de piedra y lodo que está surgiendo del fondo del mar. Es probable que los primeros en poblarla sean hongos, algas y plantas costeras, como el mangle rojo. Después, los vientos pueden traer bacterias, virus y otros microorganismos (incluidas arañas e insectos), como es el caso de los vientos del Sahara, que atraviesan el Océano Atlántico y llegan hasta Cuba cargados de microorganismos vivos. Ya establecida esta primera capa de vida, puede comenzar a formarse suelo con *humus*, donde pueden proliferar otras plantas, cuyos retoños y semillas son traídos flotando por las corrientes marinas o llegan en los excrementos de las aves migratorias.

En estas condiciones ya la isla puede presentar algunos ambientes vegetales, que son el potencial refugio para insectos, aves, tortugas,

lagartijas, iguanas y sus respectivos parásitos. Estos son los vertebrados más comunes de las islas oceánicas, incluso del continente-isla Oceanía. Por eso se puede suponer que las primeras tierras cubanas estaban pobladas por esos componentes de la vida terrestre, quizás de treinta y tres millones a cuarenta millones de años atrás.

Debido a que ciertas especies de insectos y aves pueden trasladarse volando entre las islas y los continentes cercanos, algunas de sus poblaciones pudieron mantener un intercambio genético estable con las poblaciones continentales y de otras islas, y así se explica que aparezcan las mismas especies en ambas tierras separadas por barreras marinas. En contraste, aunque los murciélagos vuelan, para ellos el mar representa a menudo una barrera infranqueable. El caso de los moluscos terrestres, los insectos cavernícolas, los peces de agua dulce, los anfibios, algunos reptiles y los mamíferos terrestres es diferente. En general, estos no pueden trasladarse tan fácilmente entre las islas, pues no son buenos nadadores, no pueden vivir en el agua salada o no soportan largas exposiciones al sol y al salitre.

Por eso los científicos no se han podido poner de acuerdo para explicar de qué manera llegaron algunos anfibios y mamíferos a estas tierras. Lo interesante es que una teoría no excluye a la otra, sino que se complementan entre sí, y que son: 1) llegaron a las islas migrando a través de puentes terrestres; 2) llegaron a las islas flotando en balsas procedentes de los continentes cercanos (dispersión por mar).

La teoría del puente terrestre ha sido fundamentada en investigaciones paleogeográficas, las cuales nos enseñan que en el lugar de las Antillas Mayores y la Cresta de Aves, en el pasado, hace 37-35 millones de años, existió una cresta, generalmente emergida, que comunicó la América del Sur con las Antillas, hasta Cuba Central (Gaarlandia). Después, hace unos treinta y dos millones de años, este puente quedó interrumpido definitivamente, y las islas antillanas fueron creciendo y alejándose las unas de las otras. Este puente terrestre pudo ser utilizado por diversos organismos para migrar desde el continente hasta Cuba; sin embargo, su existencia no elimina la posibilidad de que algunos animales y plantas hayan llegado a las costas cubanas flotando en balsas de terreno, arrastradas por las corrientes marinas desde la desembocadura de los ríos Amazonas, Orinoco y Magdalena en América del Sur.

Delimitación geográfica de Cuba y la formación de sus ecosistemas marinos y terrestres

La forma actual de Cuba y su plataforma insular es un hecho geográfico extremadamente joven, pues los contornos del archipiélago se han delimitado en los últimos seis mil años. Este proceso comenzó hace unos cuarenta millones de años, cuando la tendencia general de la evolución del territorio de Cuba ha sido al ascenso e incremento de su área. Por esto se considera que el factor principal de la formación del relieve de la isla, tanto de las zonas terrestres como marinas, son los movimientos del terreno. En este marco, las oscilaciones del nivel del mar han modulado la velocidad con que tiene lugar la ampliación o reducción de las tierras emergidas y la extensión de la plataforma insular (Fig. 5).

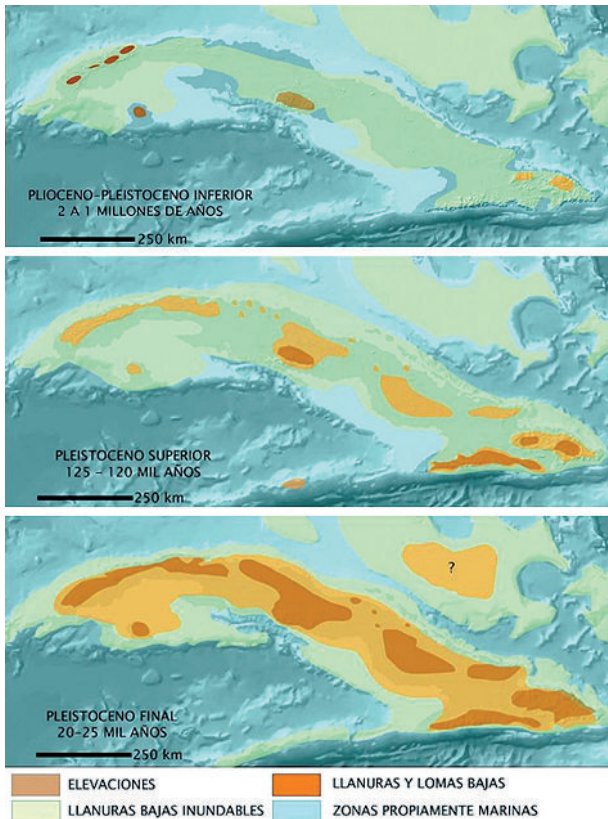


Fig. 5. La formación de Cuba.

El mapa del escenario geográfico de hace 20 000-25 000 años atrás representa el tiempo cuando el nivel del mar descendió hasta 120 m por debajo del nivel actual, y la mayor parte del área cubana, limitada por el «canto del beril», quedó expuesta a la intemperie y se desecó. En aquella época se podía caminar desde Cuba hasta lo que sería después la Isla de la Juventud y los cayos. Las grandes extensiones terrestres estaban rodeadas por una llanura, temporalmente inundada, que ocupaba una franja estrecha en el borde de la plataforma insular actual, incluyendo los territorios de las cayerías, la península de Zapata, el tercio septentrional de la Isla de la Juventud y la península de Guanahacabibes, entre otras. Las consecuencias de esta retirada de los mares fueron enormes, pues toda la vida marina de la plataforma insular cubana desapareció. Es posible que esta situación durara algunos miles de años.

Desde entonces y hasta hoy el mar ha ido conquistando los terrenos anteriormente emergidos, inundando los territorios bajos que hoy comprende la plataforma insular. Esto quiere decir que los arrecifes coralinos se han acomodado a su posición actual, apenas en los últimos ocho mil años.

Todas estas modificaciones de la geografía tuvieron consecuencias para la biota marina y terrestre. Se puede afirmar que la plataforma insular de Cuba se debe haber formado en los últimos veinte mil años, y que la posición actual de los principales arrecifes de corales cubanos debe tener menos de ocho mil años. La configuración de las costas y humedales costeros se alcanzó en los últimos ocho mil años y sigue cambiando, con la elevación del nivel del mar debido al cambio climático. Por eso, durante el Cuaternario, y particularmente durante el Holoceno (últimos ocho mil años), se puede concluir que se alcanzó la distribución moderna de los ecosistemas que conforman la base de la biodiversidad cubana actual. Un resumen de la historia geográfica y biológica del Caribe se sintetiza en la *Tabla 2*.

Los virus

Los virus son pequeñas partículas de nucleoproteínas capaces de reproducirse solamente en el interior de una célula viva específica u hospedante. Su incapacidad de metabolizar los hacen parásitos obligados para su subsistencia en la naturaleza, y muchas veces se duda de si son verdaderos seres vivos.

Tabla 2. Principales eventos paleobióticos y paleoambientales del Caribe que ejercieron su influencia en el origen de Cuba y su biota (Ma: millones de años)

<i>Etapa y duración</i>	<i>Sucesos principales</i>
Fracturación de Pangea y origen del Caribe (200-150 Ma)	La fracturación de Pangea origina un canal oceánico que se extiende de este a oeste, del cual el Mar Caribe constituye su porción occidental. En el Caribe primitivo habitan invertebrados, peces y reptiles marinos, ninguno de los cuales tiene descendientes en la biota cubana actual
Evolución del Caribe I (150- 65,1 Ma)	En el Mar Caribe habitan numerosas especies de animales y plantas acuáticas. Eventualmente aparecen islas volcánicas de distinta magnitud que se hunden pocos millones de años después, de modo que los animales y plantas que eventualmente las habitaron se extinguieron sin dejar descendientes
Catástrofe ambiental (65 Ma)	La Tierra es interceptada en su órbita por un bólido espacial de grandes dimensiones que impacta en la península de Yucatán, provocando una crisis ambiental global y la muerte de muchísimas poblaciones. En el Caribe y sus islas el efecto es mayor, de modo que probablemente toda la biota terrestre es extirpada, así como una gran parte de la biota marina, si no toda
Evolución del Caribe II (64,9-40 Ma)	Las aguas e islas del Caribe se pueblan de nuevo con una biota más moderna, que evoluciona con los cambios climáticos y geográficos que se suceden. Los animales marinos dejan descendientes que alcanzan la actualidad, pero solo alguno que otro terrestre, pues las islas, volcánicas o coralinas, tienen una duración efímera. Al hundirse las islas en el mar, solo sobrevivieron aquellas plantas o animales que fueron capaces de migrar a otra isla cercana
Primeras poblaciones realmente antillanas (40-35 Ma)	Hace cuarenta millones de años surgen los núcleos terrestres antillanos, que como tierras emergidas durarán hasta la actualidad. Se establecen las primeras formas de vida terrestres, incluyendo plantas e invertebrados. De 37 a 35 Ma atrás se forma una cresta de terreno (Gaerlandia) que se extendió desde América del Sur hasta lo que hoy es Cuba Central. Por esta comunicación terrestre pudieron llegar los ancestros de las biotas antillanas desde la América del Sur

Etapa y duración	Sucesos principales
Evolución de las tierras y biotas antillanas (35 Ma-6000 años)	Los núcleos terrestres antillanos varían de dimensiones a lo largo del tiempo, incluida su altura y su extensión. Se rompe la comunicación con América del Sur hace 30-32 Ma, y se forman muchas islas que con el tiempo se convierten en las Antillas Mayores. Las biotas ya establecidas evolucionan tanto por diversificación como por extinción. Nuevos elementos son añadidos a la biota de las islas, que llegan volando o traídos por el viento, por las corrientes marinas, o viajando sobre animales voladores
Reducción de la biodiversidad en el Holoceno (6000-500 años)	Los sucesivos cambios del clima en los últimos 3 Ma, unido a los continuos cambios en la forma y tamaño de las islas antillanas, alcanzó un punto de crisis a inicios del Holoceno, cuando Cuba, por ejemplo, se subdividió en multitud de archipiélagos menores. Esto, unido a la llegada de las primeras oleadas de humanos entre 10 000y 5000 años atrás, provocó una fuerte reducción de las biotas terrestres antillanas. Se extinguieron progresivamente los perezosos, los primates, los pequeños insectívoros, las aves gigantes, algunos murciélagos y muchos otros animales y plantas
Aceleración de la pérdida de biodiversidad en el Holoceno tardío (500-0 años)	En los últimos quinientos años, desde la llegada del hombre europeo, se incrementa el proceso de pérdida de la biodiversidad indígena de las islas antillanas, al acelerarse el proceso de extinción natural que sufría la biota. Esto se relaciona con la introducción de especies exóticas, que como la mangosta, el ratón y el marabú se convierten en verdaderas plagas. La reducción de la biodiversidad natural también se deriva de la agricultura, el urbanismo, la explotación minera y maderera

Los virus no respiran, no crecen ni poseen irritabilidad. Al no tener metabolismo no son considerados seres vivos y no forman parte de ninguno de los reinos establecidos en las clasificaciones de estos. Estas partículas, altamente organizadas, difieren de los microorganismos por:

- *Su composición química:* Los virus están formados, fundamentalmente, por ácidos nucleicos y proteínas, estas últimas algunas veces acompañadas de lípidos.
- *Su organización:* Es muy simple, ya que no poseen ningún tipo de enzima ni metabolismo propio.
- *Su mecanismo de reproducción:* Es una replicación a partir de su ácido nucleico.
- No son susceptibles frente a los antibióticos.

En el momento activo de la partícula viral, es decir, cuando se encuentra dentro de la célula hospedera, se reproduce, y en estos instantes es susceptible a la alteración hereditaria o mutación.

Se conocen más de cuatro mil especies de virus agrupados en 184 géneros y 74 familias. Todos los seres vivos pueden ser infectados por los virus, que les ocasionan desde lesiones leves, tumores y hasta la muerte.

Desde 1925, en la Convención de Ginebra, se emitió una resolución que prohíbe el uso de las armas biológicas como las virales; pero el imperialismo yanqui, con su prepotencia característica, hizo caso omiso a ella y ha continuado utilizándolas a lo largo de la historia.

Clasificación de los virus

El comité internacional para la taxonomía de los virus ha planteado un sistema universal de clasificación viral que no se corresponde con el sistema binomial linneano, que utiliza una serie de nomenclaturas jerárquicas como se indica a continuación.

Clasificación jerárquica de los virus: orden-familia-subfamilia-género-especie-cepa y tipo.

Orden: Con sufijo *virales* (Mononegavirales, Nidovirales y Cudovirales).

Familias: tienen sufijo *viridae* (*Poxviridae*, *Herpesviridae*, *Parvoviridae*, *Retroviridae*).

Subfamilias: tienen el sufijo *virinae* (Alphaherpesvirinae).

Géneros: tienen el sufijo *virus*.

La familia *Picornaviridae* tiene cinco géneros:

1. Enterovirus (tracto digestivo) (poliovirus 1, 2, 3).
2. Cardiovirus (neurotrópicos) (mengovirus).
3. Rinovirus (Rinovirus 1^a).
4. Aftovirus.
5. Hepatovirus (virus Hepatitis A).

Los virus se clasifican sobre la base de su morfología, composición química y modo de replicación. El nombre de los virus obedece a distintas consideraciones. Algunas veces se debe a la enfermedad que ellos producen o el órgano que afectan. Así, el virus polio se llama así porque produce la poliomiелitis, y los virus de las hepatitis por-

que ellos dañan el hígado. También se puede deber al nombre de los descubridores como el virus del Epstein-Barr, o a sus características morfológicas como los Coronavirus. Algunos poseen un nombre derivado del lugar donde se los halló por primera vez. Tal es el caso de los virus Coxsackie, Norwalk, virus del Nilo Occidental. En otros casos se nombran de acuerdo con el sitio del organismo donde se hizo el aislamiento por primera vez, como Adenovirus, Enterovirus, Rinovirus.

Virus en las plantas (tomado del tabloide del curso «Diversidad biológica»)

Actualmente se reconoce la existencia de 35 grupos de virus en vegetales, y no hay una sola familia de plantas que no sea afectada por al menos uno de ellos. De forma general se manifiestan ciertos síntomas en plantas que son comunes para la mayoría de los virus: amarillamiento, arrugamiento y moteado de las hojas y frutos, disminución del tamaño de las plantas, entre otras (Fig. 6). Estos síntomas, sumados a los que de manera específica produce cada virus en su hospedero (planta capaz de replicar al virus) conducen, en su mayoría, a la pérdida de las cosechas o incluso a la muerte de la planta.



Fig. 6. Síntomas de moteado del fruto del tomate ocasionados por el virus del bronceado del tomate (TSWV).

Las plantas son además afectadas por un grupo de fitopatógenos cuya organización subviral es muy simple. Estos agentes, presentes de manera única en plantas, se denominan *viroides*, y a ellos se asocian, igualmente, síntomas y pérdidas similares a la de los virus.

Teniendo en cuenta la importancia de las pérdidas ocasionadas por los virus y viroides, y además, que una vez que la planta es infectada estos permanecen en ella durante toda la vida, el diagnóstico de la presencia de estos fitopatógenos adquiere vital importancia dentro de los mecanismos de control.

Cuba ha tenido que enfrentarse al desafío de virus que dañan, severamente, a los cultivos de importancia económica. La caña de azúcar, por ejemplo, fue afectada hacia los años treinta del pasado siglo por el virus del mosaico (VMCA), por lo que fue necesario eliminar dos variedades de esta planta de los programas de siembra.

Actualmente muchos cultivos son perjudicados por disímiles enfermedades virales. Dentro de ellos se encuentra el tomate, que es atacado por geminivirus transmitidos por la mosca blanca, y que ha ocasionado pérdidas de hasta el 43 % de la producción. En la papa se encuentran los virus Y y X (PVY y PVX), cuya transmisión depende además de la presencia de vectores. Este último virus puede afectar a otros cultivos como el tabaco, el tomate y el pimiento. En Cuba se han descrito las mayores afectaciones en la frutabomba, producidas por el virus del mosaico y amarillamiento de la papaya. También son atacados por los virus los árboles frutales, y dentro de ellos el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) es uno de los que ocasiona los daños más severos.

En el intenso propósito del hombre por transformar el medio que le rodea se ha logrado convertir a estos enemigos de las plantas en herramientas de la acción humana. De esta manera se emplea un grupo de viroides de los cítricos, sin llegar a provocar el desarrollo de enfermedades, para la obtención de plantas de tamaño reducido, facilitando los trabajos de cosecha sin afectar la producción por parcelas. Asimismo, en los métodos más novedosos de la biotecnología para la producción de moléculas con fines biológicos se utilizan algunos tipos de virus. Actualmente se trabaja en estudios que permitan ampliar el espectro de utilidad que brindan las potencialidades de los virus.

Virus en los animales (tomado del tabloide del curso «Diversidad biológica»)

En Cuba, por ser un archipiélago, se observa una frecuencia relativamente baja de enfermedades virales. Por otra parte, existen cientos de virus que no han podido ser clasificados aún. En la *Tabla 3* se relacionan los virus que afectan a los animales en Cuba.

Tabla 3. Relación de grupos taxonómicos de virus que afectan a los animales

<i>Categoría taxonómica</i>	<i>Virus conocidos</i>	<i>De ellos afectan a los animales</i>
Órdenes	3	2
Familias	74	26
Subfamilias	9	8
Géneros	184	76
Especies	> 4000	> 3600

Dentro de cada familia existen virus que dañan a algún tipo de animal en específico, y otros con un entorno más amplio de hospederos. La enfermedad viral más importante de las aves, en nuestro medio, es la conocida como de gumboro (su nombre oficial es enfermedad infecciosa de la bolsa). El resto de las enfermedades virales aviarias se controlaron por vacunación desde hace más de veinte años, y otras, entre las más graves, jamás han sido reconocidas en nuestro país. En los equinos la más importante es la anemia infecciosa equina; en el cerdo, el cólera porcino o peste porcina clásica (*Fig. 7*).



Fig. 7. A: Virus causante del cólera porcino. B: Cerdo afectado con cólera porcino.

Virus que afectan a los seres humanos

Las enfermedades humanas más conocidas, causadas por virus, son las hepatitis, el VIH-sida, la gripe o influenza, sarampión, dengue, fiebre amarilla, encefalitis, paperas, etc. Actualmente se conoce que algunos tumores cancerosos son también de origen vírico. Los virus de papiloma humano (VPH), por ejemplo, son capaces de producir verrugas genitales de origen benigno (condilomas) o lesiones malignas de la región anogenital y cuello uterino. Las infecciones víricas en general no pueden ser tratadas con antibióticos. Existen algunos medicamentos antivirales para combatir algunas de las infecciones por virus, como el Aciclovir, que se utiliza para combatir las lesiones por virus de herpes simple; el Interferón, producto biológico sintetizado por los tejidos invadidos por un virus, es activo contra infecciones causadas por el virus de hepatitis B y C, entre otros.

Los virus que infectan a humanos se agrupan frecuentemente en 21 familias, reflejando solo una pequeña parte del espectro de la cantidad de diferentes virus, cuyo entorno de huéspedes van desde los vertebrados a los protozoos, y desde las plantas y hongos a las bacterias.

Importancia del estudio de las infecciones virales

Las infecciones virales son altamente prevalentes y transmisibles, y son capaces de originar grandes epidemias y pandemias con elevada morbilidad y mortalidad, como los virus de la influenza, virus del dengue, virus de la inmunodeficiencia humana. Muchas de estas infecciones son inaparentes o subclínicas, y sin embargo, importantes causas de muerte. Solo el VIH y la hepatitis B producen más de cuatro millones de muertes cada año en el mundo. Algunas son prevenibles por vacunas o tratables con antivirales.

En las *Tablas 4 y 5* se muestra la clasificación de los virus más importantes y algunas de las enfermedades que ellos producen en humanos.

Vías de transmisión de los virus

Existen características específicas de los virus que van a determinar el mecanismo que ellos emplean para infectar al humano, y que pueden ser transmitidos de las siguientes formas (*Tabla 6*).

Tabla 4. Clasificación de los virus con genoma de ADN

Familia	Género o subfamilia	Ejemplo	Enfermedades que producen	
Herpesviridae	<i>Alphaherpesvirinae</i>	Herpes simple 1	Estomatitis aguda, llaga labial, encefalitis como complicación	
		Herpes simple 2	Herpes genital, encefalitis	
		Virus varicela zóster	Varicela y herpes zóster	
		<i>Gammaherpesvirinae</i>	Virus Epstein Barr	Mononucleosis, hepatitis, algunos linfomas y tumores
			Herpesvirus asociado al sarcoma de Kaposi (VHH8)	Sarcoma de Kaposi (SK) y algunos linfomas de células B
		<i>Betaherpesvirinae</i>	Cytomegalovirus humano	Mononucleosis, hepatitis, pneumonitis, infección congénita
			Herpesvirus humano 6	Roseola infantil, pneumonitis
		Herpesvirus humano 7	Algunos casos de roseola	
Papillomaviridae	<i>Papillomavirinae</i>	Papillomavirus humano	120 especies; verrugas en piel y genitales (condilomas) y lesiones malignas (cáncer anogenital)	
Hepadnaviridae	<i>Hepadnavirus</i>	Virus de la hepatitis B	Hepatitis (crónica), cirrosis, tumores hepáticos	
Parvoviridae	<i>Parvovirus</i>	B19 parvovirus	Exantema infeccioso. (5ª enfermedad), crisis aplásica, pérdida fetal	

Tabla 5. Clasificación de los virus con genoma de ARN

Familia	Género	Ejemplo	Enfermedades que producen	
Picornaviridae	<i>Enterovirus</i>	Poliovirus 1, 2, 3	Poliomielitis paralítica	
		Echoviruses	32 tipos; meningitis aséptica, Rash	
	<i>Coxsachieviruses</i>	29 tipos; meningitis aséptica, miopericarditis	<i>Hepato-virus</i>	Hepatitis aguda (propagación fecal-oral)
	<i>Rinovirus</i>	115 tipos; resfriado común	<i>Calicivirus</i>	Enfermedad gastrointestinal
<i>Hepevirus</i>	Hepatitis aguda (propagación fecal-oral)	Paramyxoviridae		Resfriado común, bronquiolitis, neumonía
<i>Paramyxovirus</i>	Virus parainfluenza 1, 2, 3, 4		<i>Rubulavirus</i>	Paperas, meningitis aséptica (raro: orquitis, encefalitis)
		Virus de la parotiditis		

Familia		Género	Ejemplo	Enfermedades que producen
Paramyxoviridae	<i>Morbilivirus</i>		Virus del sarampión	Sarampión: fiebre, exantema (raro: encefalitis)
	<i>Pneumovirus</i>		Virus sincitial respiratorio	Resfriado común (adultos), bronquiolitis, neumonía (niños)
Orthomyxoviridae	<i>Influenzavirus A</i>		Influenza virus A	Flu: fiebre, mialgias, malestar general, tos, neumonía. Grandes epidemias y pandemias
	<i>Influenzavirus B</i>		Influenza virus B	Flu: fiebre, mialgias, malestar general, tos, neumonía. Pequeños brotes
	<i>Influenzavirus C</i>		Influenza virus CB	Flu: fiebre, mialgias, malestar general, tos, neumonía. Casos aislados
Rhabdoviridae	<i>Lyssavirus</i>		Virus de la rabia	Rabia: incubación larga y después enfermedad del SNC y muerte
Filoviridae	<i>Filovirus</i>		Virus de Ebola y Marburgo	Fiebre hemorrágica, gran mortalidad

Familia	Género	Ejemplo	Enfermedades que producen
Retroviridae	<i>Deltaretrovirus</i>	Human T-lymphotropic virus type 1	Leucemia de células T del adulto (ATL), Paraparesia espástica tropical (TSP)
	<i>Lentivirus</i>	Virus type 1 y 2 de la inmunodeficiencia humana	Sida, enfermedad del SNC y otras infecciones oportunistas
Togaviridae	<i>Rubivirus</i>	Virus de la rubeola	Exantema; malformaciones congénitas
	<i>Alpha-virus</i>	Virus de la encefalitis equina (WEE, EEE, VEE)	Transmitida por mosquitos; encefalitis
Flaviviridae	<i>Flavivirus</i>	Virus de la fiebre amarilla	Transmitida por mosquitos; fiebre y daño del hígado
		Virus del dengue tipos 1, 2, 3, 4	Transmitida por mosquitos; fiebre hemorrágica con <i>shock</i>
	Virus de la encefalitis de San Luis	Transmitida por mosquitos; encefalitis	
	<i>Hepacivirus</i>	Virus de la hepatitis C	Hepatitis (con frecuencia: crónica), cáncer hepático

1. *Transmisión directa de una persona a otra:* mediante gotitas o aerosoles (virus de la influenza), por vía fecal-oral (poliovirus, rotavirus, virus de la hepatitis A, por contacto sexual (virus de la inmunodeficiencia humana, virus del herpes simple, virus de la hepatitis B), por contacto mano-boca (virus del herpes simple), mano-ojo (enterovirus 70, que produce la conjuntivitis hemorrágica), o boca-boca (virus de Epstein-Barr), por intercambio de sangre contaminada (virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), virus de la hepatitis B) y por vía transplacentaria (virus de la inmunodeficiencia humana, virus de la hepatitis B).
2. *Transmisión de un animal a otro con el ser humano como huésped accidental.* Puede ser por mordedura como ocurre en el caso del virus de la rabia, o porque el hombre se ponga en contacto con aerosoles o excreciones infectantes en sitios contaminados por los animales, como es el caso de los hantavirus.
3. *Transmisión por medio de un vector artrópodo (mosquitos, garrapatas).* Ocurre, por ejemplo, con los virus del dengue y el de la fiebre amarilla.

Tabla 6. Vías de transmisión de los virus

<i>Transmisión directa</i>	<i>Transmisión indirecta</i>
Contacto directo: <ul style="list-style-type: none"> • Besos • Relación sexual • Otros contactos: parto, procedimientos médicos, lactancia, inyección de drogas • Transmisión aérea a corta distancia (gotitas, tos, estornudos) • Transfusiones de sangre • Transplacentaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión por vehículo (alimentos contaminados, agua, toallas, herramientas agrícolas, etc.) • Transmisión por vector (insectos, animales) • Transmisión por el aire a larga distancia (polvo, gotitas)

Historia natural de las infecciones virales

A pesar de la gran variabilidad existente entre los virus y seres humanos, hay características comunes de la infección viral que se pueden agrupar en fases o etapas (*Fig. 8*). Una vez que el virus es transmitido de un huésped a otro, lo cual es el primer evento de la infección viral o entrada, lo siguiente sería la multiplicación de este virus en el sitio de entrada. Posteriormente ocurre su diseminación en

el organismo seguido de la multiplicación en los órganos que este virus afecta. Esta diseminación ocurre, fundamentalmente, de dos maneras:

1. Solo localmente, limitada a afectar un determinado órgano (infecciones localizadas), como ocurre en las infecciones del tracto respiratorio (influenza) o del tracto digestivo (rotavirus).
2. La diseminación a distancia mediante la sangre o la linfa (infecciones sistémicas o diseminadas) que lo llevarán al órgano específico que va a afectar (los virus de las hepatitis van al hígado, el virus del dengue afecta varios órganos y llega a la piel produciendo *rash*). A continuación se desarrollará la respuesta inmunológica o de defensa del huésped dirigida a eliminar la infección. En la mayoría de los casos esta respuesta de defensa del organismo es suficiente para eliminar el virus, pero en otros casos es insuficiente, dando lugar a la aparición de infecciones crónicas que van a afectar al individuo de por vida, como el virus VIH-sida.

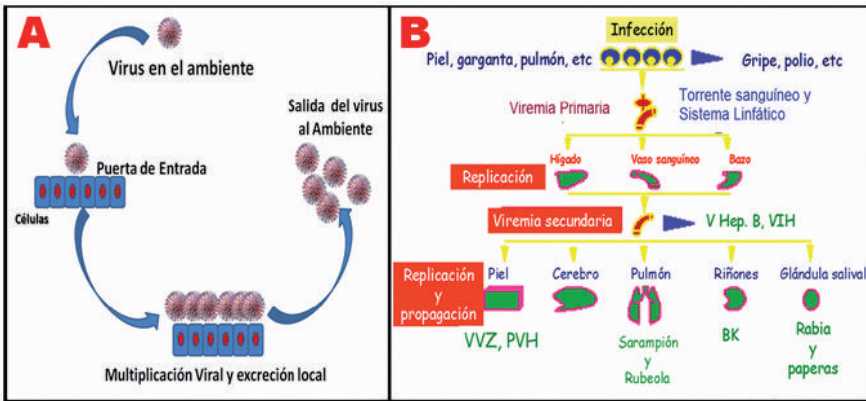


Fig. 8. Fases o etapas de la multiplicación de los virus en el hombre. A: Infecciones localizadas, B: Infecciones sistémicas o diseminadas.

Una vez que el virus ha entrado a la célula, el curso de la infección viral puede seguir diferentes patrones. La mayoría de las infecciones virales son subclínicas, o sea, que pasan inadvertidas sin producir síntomas; en el caso contrario, es decir, donde se producen síntomas, podemos distinguir cuatro patrones fundamentales de infección viral (Fig. 9).

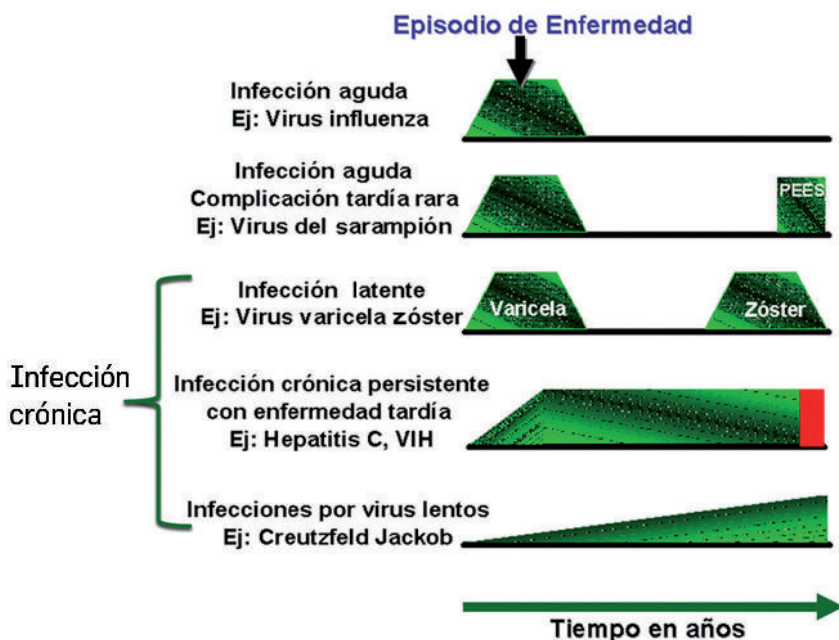


Fig. 9. Patrones de evolución de las infecciones virales.

Estos patrones de infección viral se dividen en:

1. Infección aguda, seguida de la eliminación viral por el sistema inmunológico (virus de la influenza, rotavirus, virus sincitial respiratorio).
2. Infección latente, en la cual el virus persiste en forma no infecciosa dentro del individuo, sin producir daño, pero con períodos de activación y excreción viral que se acompañan o no de manifestaciones clínicas (virus del herpes simple, virus de la varicela zóster).
3. Infección crónica persistente, en la cual el virus se mantiene activo y se excreta continuamente. Se halla en los tejidos infectados, dañándolos de manera continua (virus de las hepatitis B y C, y virus de la inmunodeficiencia humana).
4. Infección crónica lenta, sin infección aguda. Este patrón es observado, solamente, con agentes no convencionales, como los de las encefalopatías espongiformes producidas por priones.

Ejemplo de algunas afecciones virales de importancia para el hombre:

Virus dengue

Se ha producido un incremento global en el número de casos registrados con dengue en los últimos años. Aproximadamente 2,5 billones de personas en áreas urbanas, periurbanas y rurales de trópicos y subtropicos se encuentran en riesgo. Los casos de fiebre hemorrágica por dengue (FHD) y síndrome de *shock* por dengue (SSD) ocurren en alrededor de cien países, y se ha estimado que anualmente ocurren 50 millones de infecciones, 500 000 hospitalizados y más de 25 000 fallecidos.

Clasificación del virus

Familia *Flaviviridae*; género *Flavivirus*; tipos Complejo Dengue: *Den-1*, *Den-2*, *Den-3* y *Den-4*

Características clínicas y epidemiológicas:

- La forma clínica más común del dengue es el cuadro asintomático o la fiebre indiferenciada.
- El virus se transmite a un ser humano a través de la picadura del mosquito *Aedes aegypti* infectado.
- Los casos severos pueden presentar fiebre hemorrágica y síndrome de *shock* del 5 al 10 % de mortalidad.
- La FHD/SSD aparece con más frecuencia en pacientes previamente infectados por un serotipo diferente de dengue, sugiriendo un mecanismo inmunológico.

Virus influenza

Enfermedad respiratoria viral, generalmente leve, altamente contagiosa, que se transmite por el contacto directo de una persona a otra través de las gotitas de saliva o del estornudo, y también de manera indirecta mediante objetos contaminados. Esta enfermedad tiene una corta duración, aunque se puede agravar en personas de alto riesgo, como por ejemplo niños, ancianos, personas con padecimientos pulmonares crónicos y mujeres embarazadas.

Clasificación del virus

Familia *Orthomyxoviridae*, género virus de influenza A, virus de influenza B, virus de influenza C.

Los virus de influenza tienen proteínas en su superficie que se denominan *Hemaglutinina* (HA) y *Neuraminidasa* (NA), las que partici-

pan en la infección del virus a la célula, así como en la salida. Se han descrito diferentes tipos de HA y NA que han sido identificados con números diferentes, existiendo actualmente en el virus de Influenza A, 15 HA y 9 NA.

Características clínicas y epidemiológicas :

- *Influenza A*: Causa enfermedad al hombre e infecta también animales (aves, cerdos), afectando a todos los grupos de edades. Causa epidemias y pandemias.
- *Influenza B*: Perjudica solo a humanos. Produce brotes pequeños.
- *Influenza C*: Produce solo casos aislados.

Se han registrado epidemias y pandemias de influenza desde 1510. La más conocida fue la influenza española de 1918-1919, producida por el virus A (H1N1), que ocasionó unos veintiún millones de defunciones, principalmente adultos jóvenes. La influenza asiática ocurrió en 1957, y en esta ocasión el virus responsable fue el A (H2N2). Esta epidemia cobró la vida a 69 800 personas en Estados Unidos, y los afectados fueron mayormente ancianos y enfermos crónicos. En 1968-1969 se produjo la influenza de Hong Kong, ocasionada por el virus influenza A (H3N2), que causó 33 800 muertes, principalmente entre ancianos y enfermos crónicos.

Anualmente se registran epidemias de influenza conocidas como *gripe estacional*, que producen alta morbilidad, pero baja mortalidad, y frente a las cuales se preparan vacunas anuales que son administradas generalmente a la población de riesgo; sin embargo, debido a que este virus es capaz de infectar, además de humanos, a las aves y cerdos, puede ocurrir que en ciertos momentos coexistan varios virus de diferentes especies en un mismo huésped (casi siempre el cerdo). Estos virus diferentes se pueden mezclar y dar origen a un nuevo virus que, como no ha circulado antes, el humano no tiene defensas contra él. Son estos virus los que generan las grandes pandemias (Fig. 10). En 2009 ocurrió la última pandemia por un virus influenza A H1N1. Se trataba de un nuevo virus que contenía fragmentos de virus de influenza porcino, aviar y humano; produjo gran morbilidad, pero la mortalidad fue baja.

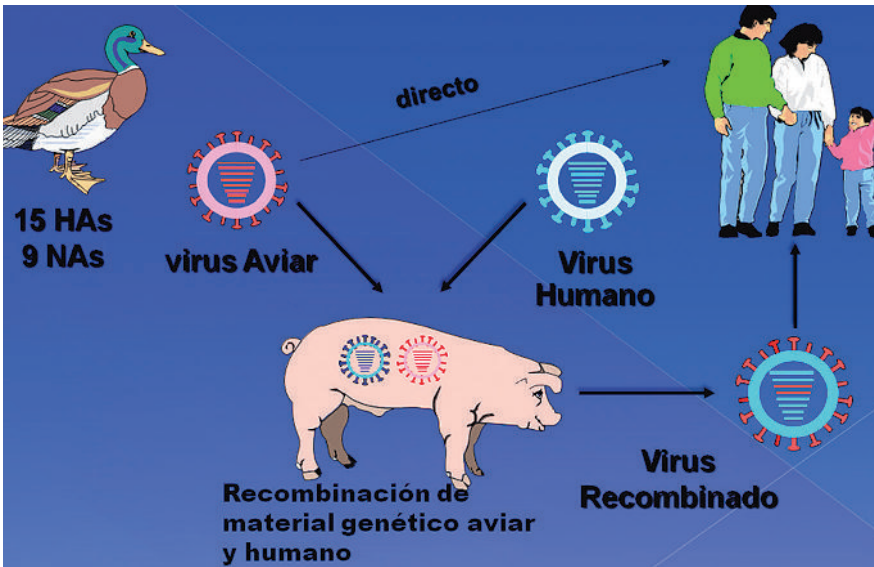


Fig. 10. Diferentes tipos de virus de influenza A que se pueden mezclar en el cerdo, originando un nuevo virus recombinante con potencial pandémico.

Epidemias y pandemias

Las poblaciones amerindias fueron devastadas por enfermedades contagiosas, especialmente la viruela, llevada a América por los colonos europeos. No se conoce exactamente el número de nativos americanos muertos por enfermedades extranjeras después que Colón llegara a tierras americanas, pero se ha estimado que fue el 70 % de la población indígena. Los estragos causados por esta enfermedad contribuyeron significativamente a los intentos de los europeos de ahuyentar o conquistar la población nativa. Una pandemia es una epidemia global. La pandemia de gripe de 1918, que se extendió hasta 1919, a menudo llamada *gripe española*, fue provocada por un virus de la gripe A inusualmente grave y mortal. Las víctimas a menudo eran adultos y jóvenes sanos, en contraste con la mayoría de brotes de gripe, que afectan predominantemente pacientes jóvenes y ancianos débiles. Las estimaciones más antiguas dicen que ocasionó la muerte entre 40 millones y 50 millones de personas, mientras que las más recientes sugieren que podría haber muerto hasta 100 millones de personas, o un 5 %, de la población mundial en 1918.

La mayoría de investigadores consideran que el VIH se originó en el África subsahariana durante el siglo XX, y actualmente es una pandemia, con un número estimado de 38,6 millones de enfermos en todo el mundo. El Programa Conjunto de Naciones Unidas sobre el VIH/sida (UNAIDS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estiman que el sida ha provocado la muerte a más de veinticinco millones de personas desde que fue reconocida por primera vez el 5 de junio de 1981. Es una de las epidemias más destructivas de la historia.

Algunos patógenos víricos muy letales son miembros de la familia de los *Filoviridae*. Los *Filovirus* son virus similares a filamentos que causan la fiebre hemorrágica vírica con muy elevada mortalidad y transmisibilidad, e incluyen el virus Ébola y los virus de Marburgo. El virus de Marburgo atrajo la atención de la prensa en abril de 2005 por un brote en Angola. Este comenzó en 2004 y se propagó hasta 2005, y fue la peor epidemia del mundo de cualquier tipo de fiebre hemorrágica vírica.

En 2009 surgió en México una supuesta pandemia de virus influenza A (H1N1) conocido como *virus AH1N1/09 pandémico*. El origen de la infección fue una variante de la cepa AH1N1 con material genético proveniente de una cepa aviaria, dos cepas porcinas y una humana, que sufrió una mutación y dio un salto entre especies de los cerdos a los humanos, con contagio posterior de persona a persona. Aproximadamente murieron más de catorce mil personas en todo el mundo a causa de esta enfermedad.

Cáncer y virus

Los virus son una causa establecida de cáncer en los humanos y otras especies. Los cánceres virales son raros y solo ocurren en algunas personas o animales. Los virus que producen cáncer pueden provenir de muchas familias, tanto de virus con genoma ADN como ARN. El desarrollo del cáncer se puede deber a gran cantidad de factores, como la debilidad inmunitaria del huésped y mutaciones en este. Los virus más importantes asociados con cánceres humanos son el papilomavirus humano, el virus de la hepatitis B, el virus de Epstein-Barr y el virus T-linfotrópico humano. El más reciente descubrimiento de un virus que causa cáncer es el poliomavirus (*Merkel cell polyomavirus*), que es la causa de un raro cáncer de piel denominado *carcinoma de células de Merkel*.

Los virus de la hepatitis pueden causar una infección crónica que ocasiona cáncer de hígado. Los papilomavirus humanos son una causa establecida de cáncer de cérvix, piel, ano y pene. Dentro de los *Herpesviridae*, el Herpesvirus humano 8 causa sarcoma de Kaposi y linfoma de las cavidades corporales, y el virus de Epstein-Barr provoca linfoma de Burkitt, enfermedad de Hodgkin, trastorno linfoproliferativo de los linfocitos B y carcinoma nasofaríngeo.

Prevención

Dado que los virus utilizan la maquinaria de una célula huésped para reproducirse y residen en su interior, son difíciles de eliminar sin matar la célula huésped. Los enfoques médicos más eficientes para enfrentarse a las enfermedades víricas, conocidos hasta ahora, son las vacunas, que ofrecen resistencia a la infección, y los medicamentos antivirales.

Vacunas

La vacunación es una forma barata y eficaz para la prevención de las infecciones causadas por los virus. Las vacunas se han utilizado para prevenir las enfermedades virales desde mucho antes al descubrimiento de los virus. Su uso ha dado lugar a una gran disminución de la morbilidad y mortalidad asociadas a infecciones virales como poliomielitis, sarampión, paperas y rubeola. La viruela ha sido erradicada. En la actualidad se dispone de vacunas para prevenir más de trece infecciones virales en los seres humanos. El proceso de vacunación se basa en la idea de que se puede lograr inmunidad específica contra una enfermedad en particular si se provoca en condiciones controladas, de manera que el individuo no padece los síntomas asociados con esa enfermedad, y el sistema inmune reacciona produciendo un arsenal de anticuerpos y células inmunes, con capacidad para destruir o neutralizar cualquier otra invasión por parte del mismo agente infeccioso, como los linfocitos T, responsables de coordinar la respuesta inmune celular.

Las vacunas pueden consistir en virus vivos atenuados o en virus muertos, o en solo las proteínas virales (antígenos). Las vacunas vivas contienen formas debilitadas del virus que causa la enfermedad y pueden ser peligrosas cuando se administran a las personas inmunodeficientes, puesto que en estas personas, incluso el virus debilitado

puede causar la enfermedad original; sin embargo, existen muchas vacunas (vacuna contra virus de la fiebre amarilla, vacuna contra la polio...) obtenidas a partir de cepas atenuadas de virus y que han sido durante muchos años seguras y eficaces.

Medicamentos antivirales

Los virus no son sensibles al tratamiento con antibióticos. Para combatirlos se emplean medicamentos antivirales. El primer fármaco que se presentó como agente antiviral, verdaderamente selectivo y con éxito, fue el Aciclovir, utilizado como tratamiento del herpes genital y cutáneo, y también en el tratamiento de las lesiones causadas por *herpes zóster*. Durante los últimos veinte años el desarrollo de fármacos antivirales continuó aumentando rápidamente, impulsado por la epidemia del sida. Los medicamentos antivirales, de manera general, actúan deteniendo alguno de los pasos de la multiplicación viral, por tanto eliminan o mantienen controlada la infección.

La hepatitis C es causada por un virus de ARN. En el 80 % de las personas infectadas la enfermedad es crónica y sin tratamiento, por lo que continúan siendo infecciosas para el resto de sus vidas; sin embargo, ahora existe un tratamiento efectivo con el fármaco Ribavirina, en combinación con Interferón. Actualmente se está desarrollando una estrategia similar con Lamivudina para el tratamiento de los portadores crónicos de hepatitis B.

Para combatir la infección por VIH y evitar el desarrollo del sida se emplean combinaciones de al menos tres diferentes medicamentos, conocidos como *terapia antirretroviral de alta eficacia* (TARVAE). Estos medicamentos tienen diferentes mecanismos de acción, y por tanto actúan deteniendo diferentes pasos de la multiplicación del VIH, lo que potencia la acción entre ellos; sin embargo, a pesar de que logran controlar la infección, no logran eliminarla, por lo que se deben tomar durante toda la vida.

Bacterias

Las bacterias integran el tercer grupo de organismos más abundantes en la naturaleza. Debido a sus pequeñas dimensiones, fuera de la resolución del ojo humano, no se observaron y describieron

hasta 1684 con el comienzo del desarrollo de la microscopía. Constituyen la biomasa más abundante en la Tierra y una importante reserva de nutrientes esenciales para la vida.

Las bacterias son organismos unicelulares procariotas, cuyo material genético se localiza en un área del citoplasma llamado *nucleoide*. Los nuevos métodos moleculares han cambiado de forma importante la clasificación de las bacterias. La tendencia actual es ubicar a los organismos que presentan células procariotas en dos dominios: bacteria y Archaea. Esta definición se basa en la comparación de las secuencias de las bases del ARN 16 S. El dominio bacteria se subclasifica en phylum, clase, familia, género y especie. Este dominio tiene 23 phyla según el Manual de Bergey.

De acuerdo con el sistema de clasificación seguido en este libro, las bacterias se ubican en el reino Monera, donde están los organismos que presentan células procariotas. Las bacterias tienen pocas complejidades morfológicas, a diferencia de los otros organismos que pueblan el planeta (*Fig. 11*).

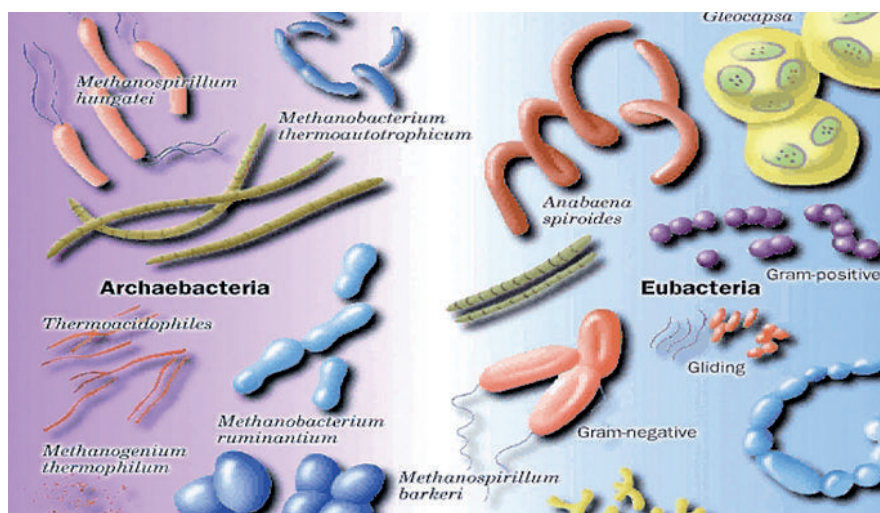


Fig. 11. Formas de diferentes especies bacterianas pertenecientes a Archaea y Eubacteria (bacterias verdaderas). Cada especie tiene su morfología propia determinada genéticamente.

Se estima que solo el 0,1-1 % de las bacterias que existen en la naturaleza se han cultivado; otras se han detectado por métodos mo-

leculares. Aproximadamente diez mil especies bacterianas han sido descritas a partir del cultivo puro. La dificultad del cultivo se debe, probablemente, a que en un ecosistema se establecen relaciones entre los organismos, y se forman los productos de la nutrición de una población de bacterias, y estos pueden servir de nutrientes para otras especies. Igualmente influyen factores del ambiente como son la temperatura, el pH, la salinidad y otros. Las relaciones entre las comunidades pueden ser beneficiosas, perjudiciales y no aparentes.

Toda sustancia de origen biológico es degradada por algún tipo de bacteria. Debido al metabolismo tan diverso que poseen, su expresión en la naturaleza puede ser beneficiosa o perjudicial y, por ende, definen objetos de estudio en las disciplinas que conforman la Microbiología.

De este conocimiento el hombre explota a las bacterias en su beneficio. *Brevibacillus laterosporus* se utiliza con el fin de eliminar colorantes utilizados en la industria textil, que son contaminantes de lagos y ríos. Igualmente las bacterias se utilizan para la extracción de iones como cadmio y zinc, tóxicos para el hombre y los animales.

Las bacterias son capaces de habitar en condiciones extremas, consideradas no óptimas para la vida. En lugares que se encuentran a 0 °C o menos hasta 100 °C o más. *Thermus aquaticus*, bacteria extremófila, es capaz de vivir a más de 80 °C (Fig. 12A y B). A partir de ella se obtuvo la taq polimerasa, enzima termoestable de utilidad en la realización del método PCR (reacción en cadena de la polimerasa), de gran utilidad en el desarrollo de la Biología Molecular y la Ingeniería Genética.

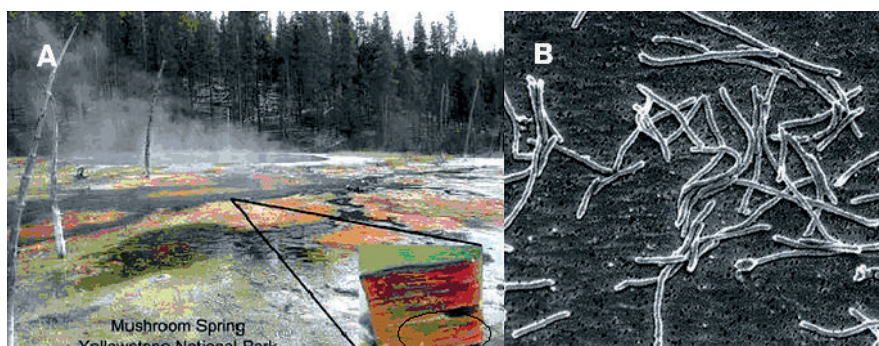


Fig. 12. A: Géiser del parque Yellowstone en Estados Unidos, lugar donde se aisló *Thermus aquaticus*; B: Microfotografía electrónica de *Thermus aquaticus*.

El nitrógeno molecular es el principal componente nitrogenado del planeta. Este compuesto solo puede ser utilizado por las bacterias fijadoras del nitrógeno, quienes lo metabolizan y lo ceden en formas asequibles a otros microorganismos, plantas y animales. El estudio de la fijación biológica del nitrógeno permitió utilizar a las bacterias nitro fijadoras como biofertilizantes, lo que es favorable para la agricultura y el medio ambiente.

Las bacterias han tenido un papel protagónico en la formación de la Tierra. Debido al pequeño tamaño que presentan no es posible evaluar, como se realiza con animales y plantas, cuáles están en peligro de extinción, ni predecir si desaparecen.

Los grandes cambios ambientales producen variaciones en la diversidad de las bacterias, y por lo tanto en sus funciones de contribuir al equilibrio ambiental del planeta.

Por la abundancia de estos procariotas en la biosfera y por sus diversas funciones se han organizado colecciones bacterianas para conservar las especies y cepas de importancia económica o social; sin embargo, las cifras de bacterias aisladas y guardadas en los ceparios nacionales solo reflejan una pequeña parte de las especies existentes. En Cuba el número de especies aisladas no sobrepasa las seiscientas.

Las bacterias verdaderas y las cianobacterias se encuentran en hábitats tan diferentes como el suelo, el mar y el agua dulce, los alimentos, las plantas y los animales, incluyendo al hombre.

Bacterias del aire

La población bacteriana del aire no es propia ni permanente, ya que en este medio no se pueden desarrollar los microorganismos. A través del aire las bacterias pueden ser desplazadas, adheridas a partículas de polvo, hasta kilómetros y permanecer en él, en las capas inferiores y superiores de la atmósfera.

La proporción de las poblaciones bacterianas del aire en ambientes interiores está condicionada por factores como el grado de ventilación, la aglomeración y la actividad social del hombre. En las capas inferiores y superiores de la atmósfera se han aislado bacterias que provienen del suelo y del mar. En Cuba se han aislado del aire interior especies como *Micrococcus roseus*, *M. lylae*, *M. agilis*, *Bacillus megaterium* y *B. subtilis*, entre otras.

La presencia de algunas bacterias en el aire como *Micrococcus* sp. y *Bacillus* sp. resulta importante debido a sus características celulolíticas (que degradan la celulosa) y proteolíticas (que degradan las proteínas), respectivamente.

Bacterias edáficas

Pocos ecosistemas de la biosfera están habitados por una variedad tan grande de microorganismos como el suelo. La población bacteriana edáfica (del suelo) es superior a la del resto de los grupos de microorganismos, tanto en número como en diversidad, y puede alcanzar cifras de varios millones por gramo de suelo.

Más de trescientas cincuenta especies han sido aisladas del suelo, y si a esta cifra se agregan las asociadas a las raíces de las plantas (Fig. 13) y a los restos vegetales, el número de especies bacterianas reconocidas supera las ochocientas.

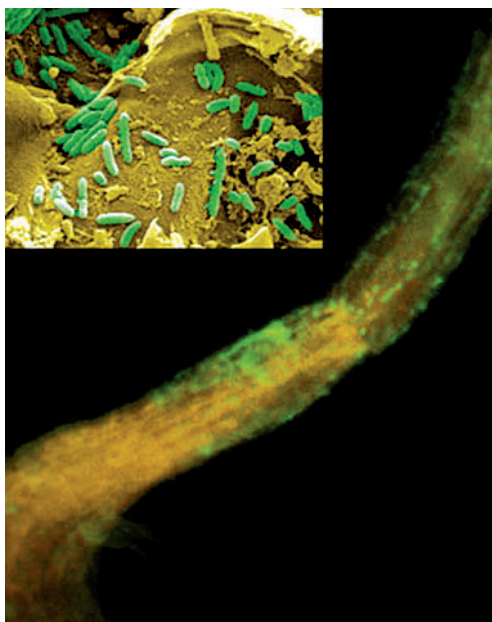


Fig. 13. Interrelación entre la bacteria *Pseudomonas fluorescens* y la raíz de una planta (microfotografía electrónica).

La diversidad de grupos fisiológicos de las bacterias edáficas permite, mediante su actividad metabólica, realizar los ciclos bio-

lógicos de los elementos en el suelo, influyendo marcadamente en su fertilidad.

La diversidad bacteriana está dada fundamentalmente por la utilización de las fuentes de carbono y nitrógeno. Existen géneros capaces de asimilar los compuestos inorgánicos, denominados *quimiolitotrofos*, y otros que utilizan los compuestos orgánicos, a los que se clasifican como *quimiorganotrofos*.

A su vez las bacterias pueden ser diversas en relación con la fuente de nitrógeno que utilizan para la biosíntesis proteica, de enzimas y compuestos nitrogenados. Existen géneros bacterianos que utilizan nitrógeno orgánico y otros consumen fuentes inorgánicas. De estas últimas las más comunes son el nitrato y el amonio, aunque pueden ser utilizadas otras como el cianuro, cianato, tiocianato, nitrito y nitrógeno atmosférico, entre otros.

A nivel mundial se ha estudiado la utilización de las bacterias fijadoras de nitrógeno por el aporte que realizan de este elemento químico a los ecosistemas. Este proceso bioquímico es exclusivo de algunos géneros bacterianos y de las cianobacterias, de forma tal que toman el nitrógeno del aire y lo fijan con elementos como el hidrógeno, y así este elemento químico pasa de forma inerte a ser aprovechable por los organismos vivos.

En Cuba se ha investigado intensamente en estos grupos de bacterias por su importancia en la agricultura, y se han encontrado cepas autóctonas de géneros como *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Burkholderia*, *Herbaspirillum*, *Acetobacter* y *Bacillus*, entre otros (Fig. 14).

Entre los biopreparados agrícolas de índole bacteriano que más se han empleado en la agricultura se destacan los elaborados con *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Pseudomonas* y *Azospirillum* sp., los cuales han sido probados en cultivos de importancia económica como caña de azúcar, arroz, vegetales, tubérculos, frijol, tabaco, cítricos, plátano y soya.

Las cianobacterias fijan nitrógeno atmosférico, y generalmente se asocian con hongos, helechos, gimnospermas y angiospermas, a las que donan hasta el 30 % del nitrógeno que han fijado del aire.

Los actinomicetos son menos abundantes en el suelo que las bacterias verdaderas, con los géneros dominantes *Streptomyces* y *Nocardia*. Todas las actinobacterias son heterótrofas y poseen un lento crecimiento en el suelo. Este grupo puede producir sustancias probió-

ticas como las vitaminas, así como participan en la síntesis de sustancias antibióticas, influyendo en el equilibrio ecológico del suelo.



Fig. 14. Nódulos formados en raíces por bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*.

Bacterias en los alimentos

Entre las bacterias asociadas a los alimentos se encuentran algunas especies que causan su descomposición, entre ellas *Bacillus subtilis*, *Serratia marcescens*, *Aerobacter* sp., *Erwinia* sp. y *Pseudomonas* sp. Estas infectan alimentos como el pan, frutas, carnes crudas y curadas, pescado. Otras como *Shigella*, *Salmonella* y *Staphylococcus* contaminan los alimentos, y su ingestión puede producir enfermedades al consumidor, aunque el producto a simple vista no se observe afectado. Como representantes máximos con esta característica se encuentran las del grupo coliforme.

Otros géneros bacterianos se inoculan durante la fabricación de alimentos para utilizar sus atributos metabólicos en la obtención de

un producto determinado, como por ejemplo *Lactobacillus* sp., el cual, mediante la fermentación ácido-láctica, a partir de lactosa, produce el yogur, quesos y leches acidificadas. Otro producto es el vinagre, resultado del metabolismo de las bacterias ácido-acéticas, con su exponente máximo *Acetobacter aceti*.

Bacterias asociadas a las plantas

La patogenicidad es la capacidad de un parásito de causar daño a un hospedero. Es un atributo de numerosas especies de bacterias y una expresión de la diversidad de estos procariontes en la naturaleza. La importancia de conocer las bacterias fitopatógenas, su diversidad y acción está dada por la incidencia negativa sobre la agricultura, que se puede cuantificar por las pérdidas en las cosechas.

La afectación de un cultivo por una bacteria fitopatógena está dada por diversos factores, no solo los propios de la bacteria, sino también los de la planta y la interacción con el ambiente. De forma general las bacterias que afectan a las plantas no lo hacen ni a los animales ni al hombre.

En Cuba los géneros fitopatógenos que más inciden son *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Clavibacter* y *Erwinia*, los cuales infectan cultivos de importancia económica como la caña de azúcar, tabaco, plátano, papa, arroz, frijol, col, tomate, entre otros. Recientemente se identificó la bacteria *Candidatus liberobacter asiaticus*, causante de la enfermedad conocida como *Huanglongbing*, *dragón amarillo* o *greening*. Esta bacteria es transmitida por un insecto y causa severos daños, tanto a las plantas como a los frutos (Fig. 15).



Fig. 15. Síntomas causados por *Candidatus liberobacter asiaticus* en frutos y follaje de cítricos.

La agricultura moderna utiliza las bacterias para el control de los patógenos de plantas. Es posible encontrar bioproductos patentados con buenos resultados sin afectar al medio ambiente y con buena efectividad.

Bacterias asociadas a los animales

El estudio de las bacterias patógenas a los animales tiene gran significación socioeconómica, dada por las pérdidas directas en los animales de importancia económica, en los domésticos o mascotas y por la producción de zoonosis (enfermedades infecciosas de los animales que pueden contagiar al hombre). Se reconoce a nivel mundial que más de cien enfermedades de los animales vertebrados son transmisibles al hombre por medio de las bacterias. Algunos géneros habitan como saprofitos el suelo o el agua, como *Bacillus*, *Listeria*, *Clostridium*, *Mycobacterium* sp.; otros se encuentran localizados en algún órgano de los animales que infectan, como son *Brucella*, *Leptospira*, *Staphylococcus*, *Escherichia*, *Salmonella* sp.

Es importante destacar que la zoonosis puede ser producida por infección directa del patógeno al hombre, o como *Listeria* sp., que se han informado infecciones en niños que consumieron leche contaminada.

Bacterias asociadas al hombre

Numerosas bacterias son capaces de producir enfermedades en el hombre, al que pueden infectar por el aire, los alimentos, el agua, o mediante los animales. A su vez existen géneros que forman parte de la microbiota normal de una zona del cuerpo humano, pero que al pasar a otra producen enfermedades.

La gama de bacterias patógenas al hombre es muy amplia, y su acción es muy diversa, dado por su metabolismo y componentes, lo cual se puede expresar por la invasión de la bacteria propiamente, o por la producción de toxinas dañinas al hombre.

Entre los patógenos más importantes se encuentran *Corynebacterium diphtheriae*, *Streptococcus* sp., *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *P. cepacea*, *Diplococcus pneumoniae*, *Neisseria meningitidis*, *N. gonorrhoeae*, Vi-

brio comma, *Brucella* sp., *Clostridium botulinum*, *Treponema pallidum*, *Leptospira* sp., *Clostridium tetani* y bacterias entéricas como son *Shigella*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Klebsiella* y *Proteus*.

Los géneros de más incidencia en un país determinado están en dependencia de su estado higiénico-sanitario y del desarrollo en la atención médica y de salud que posea. En Cuba los agentes causales de enfermedades con mayor incidencia son *Streptococcus pyogenes* (produce úlceras en el pie), *Streptococcus pneumoniae* (neumonía), *Staphylococcus aureus* (contaminación de alimentos, infecciones de la piel como impétigo, forúnculos y otras), *Pseudomonas aeruginosa* (infecciones en los quemados) y bacterias entéricas (diarreas agudas). La disminución de los agentes causales con mayor incidencia no significa que no existan en diferentes hábitats, sino que debido a un trabajo esmerado de las autoridades sanitarias se evita su transmisión. El programa de vacunación cubano ha conducido a que, aunque existen las bacterias, estas no producen las enfermedades, ya que la población se encuentra inmunizada.

Existen bacterias que en determinadas concentraciones pueden causar diversas enfermedades en el hombre, por lo cual se utilizan como indicadores del estado higiénico-sanitario del lugar. Entre ellas las más utilizadas como indicadores en Cuba son los coliformes fecales *Streptococcus* y *Escherichia coli*, esta última abundantemente representada en el intestino, y de uso como hospedante en experimentos de ingeniería genética (Fig. 16).

Bacterias marinas

Se considera que las bacterias fueron de las primeras manifestaciones de la vida marina, surgidas entre quinientos millones y seiscientos millones de años atrás. La mayoría de los trabajos sobre la distribución y abundancia de estos microorganismos tratan acerca de las bacterias heterótrofas, es decir, aquellas que requieren de compuestos orgánicos como fuente de carbono.

De Cuba se han registrado unas ciento treinta especies y más de cuarenta géneros de bacterias marinas, aunque se conoce la existencia de muchas otras aún no identificadas.



Fig. 16. Microfotografía electrónica de la bacteria *Escherichia coli* responsable de la contaminación fecal por formar parte de la población del intestino grueso del hombre. Se encuentran dentro de esta especie algunas cepas patógenas.

La mayor parte de las que han sido aisladas e identificadas proceden de la región occidental de nuestra plataforma y de las aguas oceánicas adyacentes, con miembros de una amplia diversidad genérica como *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Photobacterium*, *Planococcus*, *Pseudomonas*, *Sarcinas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Flavobacterium* sp. Algunas especies son cosmopolitas y pertenecen a géneros muy conocidos como *Bacillus* y *Vibrio*.

En el océano las bacterias contribuyen a mantener el equilibrio entre el material vivo y el muerto, intervienen en la descomposición de los compuestos orgánicos, facilitando su reciclaje en el medio, por lo que actúan en el proceso de autodepuración del mar. Ellas re-

presentan una biomasa rica disponible como alimento de otros organismos de la cadena alimentaria, actuando como descomponedores primarios. Participan además en el ciclo de los elementos oceánicos.

En Cuba bacterias que pertenecen a los géneros *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Bacillus* y *Achromobacter* son capaces de degradar los hidrocarburos, y se pueden utilizar en los pozos de petróleo para mejorar la calidad de su extracción. Son además de gran utilidad en la disminución de los efectos de los derrames de petróleo que afectan a la vida marina. En el país hay una buena experiencia en el uso de bacterias autóctonas con el fin de eliminar los niveles de contaminación por derrames de hidrocarburos en los mares.

Otras bacterias como *Saurina* spp. están presentes en la piel de los peces túnidos (albacoras, atunes y bonitos), y pueden causar intoxicaciones histamínicas en los seres humanos si se consumen estos peces manipulados de forma indebida (expuestos al sol y al calor). También las hay nocivas para numerosos organismos de interés comercial como peces, langostas, camarones y ostiones. Algunas bacterias son luminiscentes debido a la presencia de la enzima luciferasa, la cual es utilizada para el marcaje de anticuerpos y en ensayos de toxicidad.

Las bacterias marinas responden rápidamente a los cambios ambientales tanto a los producidos por el desarrollo socioeconómico en la zona costera como a los asociados al cambio climático, por lo que se consideran buenos indicadores de la calidad ambiental. La proliferación de cianobacterias es una de las alteraciones, comúnmente relacionada con la eutrofización y el incremento de la temperatura de los océanos. En aguas marinas cubanas, tanto costeras como oceánicas, se ha detectado un incremento del número de taxones de cianobacterias en los últimos años, lo que pudiera estar relacionado con el incremento entre 0,6 y 0,2 °C de la temperatura superficial del mar en las costas.

Deterioro de materiales por las bacterias

Las bacterias son muy dañinas en la producción y mantenimiento del papel. En el proceso productivo la pulpa de papel puede ser ata-

cada por bacterias celulolíticas, produciendo que esta tenga aspecto defectuoso. En el papel terminado el ataque de este grupo fisiológico puede ocasionar su deterioro total con las pérdidas económicas que causa.

Estos organismos desempeñan un papel muy importante en los objetos de diferente naturaleza debido a la producción de enzimas (proteasas, celulasas y lipasas) que generan la destrucción de obras de valor patrimonial, como las pinturas al óleo, murales y libros, entre otros. En Cuba se han aislado los géneros *Micrococcus*, *Kytococcus* y *Bacillus*, los cuales pueden provenir del ambiente.

Algas, protozoos, protozoos análogos a hongos y cromistas análogos a hongos

Algas

Las algas pueden ser macroscópicas y microscópicas. Estas últimas forman parte del fitoplancton, que es la comunidad vegetal microscópica que vive en la columna de agua hasta donde penetra la luz, y se mueve a la deriva por el viento. El fitoplancton es el primer eslabón de la trama alimentaria en el mar, aporta oxígeno para la respiración, alimento para los recursos pesqueros y algunas especies son fuente potencial de fármacos.

Las algas macroscópicas en Cuba se encuentran representadas por los tres grupos taxonómicos que se hallan distribuidos por todo el mundo. La mayoría son bentónicas y se pueden fijar a superficies duras o poseen estructuras que les permiten «anclarse» en el sedimento (arena o fango), y crecen en abundancia en las zonas intermareal y submareal, aunque se han encontrado hasta una profundidad de 268 m, según la transparencia del agua. Muchas se desprenden de su base y flotan en masas arrastradas por las corrientes. Las algas pueden adoptar formas muy variadas: filamentosa, foliosa o membranosa, tubular, arbustiva, etc. Los colores varían en dependencia de los pigmentos predominantes: verde, pardo, rojo, amarillo, violeta, rosa, gris, etc. En todos los grupos de algas se puede producir reproducción asexual (vegetativa o por esporas), así como reproducción sexual. Se distinguen tres phyla:

Phylum Chlorophyta. Son conocidas como *algas verdes* por su coloración, que se debe a la predominancia de clorofila *a* y *b* en sus células. Este carácter, y el tener almidón como material de reserva, hacen que se asemejen a las plantas superiores. Las algas verdes incluyen desde organismos de una célula (móviles o sésiles) hasta formas coloniales (generalmente sésiles), y filamentos pluricelulares (sésiles o bentónicos). Dentro de las más desarrolladas, varios géneros tienen las paredes celulares impregnadas con carbonato de calcio.

Las algas verdes están presentes en agua dulce, marina y salobre, pero también se conocen representantes terrestres y aéreos. Este phylum presenta la mayor diversidad entre las algas marinas, con alrededor de seis mil a siete mil especies en todo el planeta. Se considera un grupo importante por tener especies que forman parte del fitoplancton, por actuar en la purificación de aguas residuales, por ser utilizadas como alimento en la cría artificial de peces, camarones y aves, y por formar asociaciones simbióticas con hongos formando los líquenes. Dentro de las algas verdes, el criterio más generalizado reconoce tres clases: Chlorophyceae, Conjugatophyceae y Charophyceae.

En la clase Chlorophyceae se incluyen organismos unicelulares libres y en agrupaciones no filamentosas, que no producen esporas móviles y que están ampliamente representados en el fitoplancton, como los géneros de agua dulce *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Pediastrum*.

Otros representantes de esta clase se presentan como filamentos y talos laminares, y se reproducen por esporas móviles, como en el género *Ulothrix*, común en agua dulce, y el género *Ulva*, que crece en zonas enriquecidas por nutrientes. En esta clase también se encuentran ejemplos con gran desarrollo morfológico, y en su estructura interna como los géneros *Codium*, *Caulerpa* y *Halimeda* (Fig. 17).

En la clase Conjugatophyceae se presentan aquellas algas verdes con reproducción sexual por conjugación. Aquí se incluyen organismos unicelulares, como el género *Cosmarium*, y otros filamentosos como el género *Spirogyra*.

La clase Charophyceae agrupa unos pocos representantes que viven en agua dulce o ligeramente salobre, sumergidas y fijadas al fondo, que exhiben su talo diferenciado en nudos y entrenudos. Un ejemplo típico es el género *Chara*.



Fig. 17. Algas del género *Halimeda* desempeñan un importante papel en la producción de arena de la cual se nutren las playas.

Phylum Phaeophyta. Estas algas carecen de clorofila *b*, pero tienen clorofila *c* y el pigmento llamado *fucoxantina*, que enmascara el color verde de la clorofila en las células, por lo que su coloración varía entre amarillo y pardo. Por esa coloración característica son conocidos como *algas pardas* (Fig. 18).

En este phylum no se presentan organismos unicelulares. Las formas más simples son filamentosas, y lo más frecuente son los talos tanto de apariencia laminar como macizos, estos últimos a veces muy diferenciados con partes similares a raíces, tallos y hojas.

Las algas pardas pueden ser alimento de ciertos animales marinos y del hombre, ofrecen protección para la puesta de huevos de ciertas especies de peces y se emplean para obtener productos de utilidad en la fabricación de pinturas, jabones, champús, cremas de helados, tinta de imprenta y laxantes, entre otros.

Muy pocas especies se desarrollan en agua dulce, pues prefieren las aguas oceánicas. Un ejemplo bien conocido en Cuba es el género *Sargassum*, el cual presenta especies flotantes que aparecen en grandes masas en algunos lugares de la costa.



Fig. 18. Algas pardas.

Phylum Rhodophyta. Este phylum se caracteriza por tener ciertos pigmentos que enmascaran el color verde de las clorofilas y que son los responsables de las tonalidades rojizas que presentan los individuos. Debido a ello se conocen como *algas rojas* (Fig. 19). Son muy escasas las algas rojas unicelulares, algunas son filamentosas y abundan las que presentan talos en forma de láminas o macizos.



Fig. 19. Algas rojas.

Muy pocas algas rojas viven en agua dulce. La mayoría de las especies crece cerca de las costas tropicales y subtropicales debajo de la línea intermareal. Existen varios géneros de algas rojas que incorporan carbonato de calcio en sus paredes celulares, las que juegan un papel muy importante en la consolidación de los arrecifes coralinos y en la formación de sedimentos arenosos.

Se utilizan como alimento humano, fundamentalmente en el continente asiático en diversos preparados. También a partir de ciertas especies se obtiene el agar que se utiliza en laboratorios microbiológicos para solidificar los medios de cultivo de hongos y bacterias, en la preparación de laxantes y en la confección de cápsulas para medicamentos muy sensibles, como algunos tipos de antibióticos. Este grupo de algas incluye alrededor de tres mil especies en el mundo.

Algunas algas verdes y rojas son importantes en la formación de los arrecifes y el sedimento arenoso. Otras se emplean como alimento directo o como fuente de vitaminas y minerales para la alimentación animal (cultivo de peces, crustáceos y moluscos) y humana (aunque no hay tradición en Cuba).

Las algas rojas y pardas contienen en sus paredes celulares polisacáridos y péptidos (alginatos, carrageninas, agar, etc.), que por sus propiedades suspensivas, emulsionantes, estabilizantes y gelificantes se utilizan en las industrias alimentarias, cosmetológica, farmacéutica, textil y en tipografía. Los arribazones de algas se emplean como fertilizante natural en los cultivos. Muchas especies poseen sustancias biológicamente activas, útiles para la producción de medicamentos, pigmentos y cosméticos.

Las investigaciones en diversos grupos de algas demuestran la importancia de la conservación de los ecosistemas de arenas blancas silíceas de Pinar del Río e Isla de la Juventud, porque muchas especies solo pueden vivir en esas condiciones, y es principalmente allí donde se refieren una buena parte de los endemismos conocidos de algas cubanas.

Protozoos (tomado del tabloide del curso «Diversidad biológica»)

Los protozoos son organismos que se caracterizan por ser eucariotas, unicelulares, y en su mayoría microscópicos. Son un grupo muy heterogéneo que ha logrado explotar cualquier tipo de hábitat donde quiera

que exista humedad, o al menos una película de agua presente. Tienen la capacidad de enquistarse cuando las condiciones del medio se tornan desfavorables. Su reproducción puede ser asexual y sexual.

Su importancia es enorme. Los de vida libre son habitantes comunes de agua dulce, marina o terrestres; se distribuyen desde los polos (donde incluso pueden vivir en la fina capa de agua que forma la nieve al fundirse, parcialmente, como *Chlamydomonas nivalis*) hasta los trópicos, y existen algunas especies capaces de sobrevivir en aguas termales donde la temperatura sobrepasa los 60 °C.

Algunos poseen cubiertas protectoras (conchas) como los foraminíferos, que al morir el organismo sedimentan y pasan a formar parte de los lechos marinos. Estos últimos se pueden utilizar como índices estratigráficos para conocer, según la especie de que se trate, la antigüedad de los fondos, e incluso, detectar posibles yacimientos petroleros. Otros, como los dinoflagelados, abundan en el plancton marino junto a muchos otros microorganismos, formando el primer eslabón fundamental en la economía del mar.

Los protozoos de vida libre son parte integrante de cualquier ecosistema. Últimamente se ha descubierto que algunos ciliados se emplean como indicadores biológicos de la contaminación ambiental.

También pueden existir diversas asociaciones simbióticas entre los hypermastigidos (*Triconympha*) y las termitas (comejenes); de parasitismo alojándose en células, tejidos y cavidades de invertebrados, vertebrados e incluso en otros protozoos.

El subreino Protozoa lo integran un total de siete phyla, de ellos tres son los de mayor distribución y abundancia en Cuba y en el resto del mundo.

Phylum Sarcocystophora. Son aquellos organismos que su locomoción es mediante flagelos y pseudópodos. Generalmente su reproducción es asexual. Presentan uno o más núcleos iguales (homocariotas). Se divide en dos subphylum: Sarcodina y Mastigophora

En el Sarcodina se agrupan aquellos organismos que su locomoción es por pseudópodos, que son prolongaciones del cuerpo celular a modo de pies, cuerpo con forma irregular, pueden presentar conchas o no, de vida libre, generalmente solitarios y parásitos, como *Naegleria* sp., *Entamoeba histolytica* (parásitos) y *Arcella* sp., *Mayorella* sp., foraminíferos, entre otros de vida libre.

En el Mastigophora lo representan protozoos en los que su locomoción es por flagelos, y pueden ser de vida libre, solitarios, coloniales y párasitos. Se dividen en dos clases: Phytomastigophorea (características semejantes a las plantas por la presencia de cromatóforos), como dinoflagelados, *Euglena* sp., *Volvox*, etc., y Zoomastigophorea (carecen de cromatóforos, semejanza con los animales), como *Tripanosoma* sp., *Giardia* sp., *Leishmania* sp., *Bodo* sp., etc.

Phylum Apicomplexa. Todos parásitos, forman esporas, por lo que carecen de orgánulos locomotores. Tienen ciclo biológico complejo con alternancia de generaciones. Parásitos del hombre y animales domésticos, como *Plasmodium*, *Toxoplasma*, *Eimeria*, etc.

Phylum Ciliophora. Son considerados los protozoos más complejos. Presentan cilios como orgánulos locomotores. Tienen dos núcleos: un macronúcleo y un micronúcleo (heterocariotas), con boca celular o citostoma. La reproducción más frecuente es la sexual. Son de vida libre en su mayoría, como *Paramecium*, *Euplotes*, *Vorticella*, que por sus hábitos, preferencias alimentarias y niveles de tolerancia, se utilizan como indicadores biológicos de la contaminación ambiental. Solo se registra *Balantidium* como único ciliado parásito del hombre (Fig. 20).



Fig. 20. Protozoos.

Protozoos análogos a hongos.

Los representantes de las divisiones Myxomycota, Plasmodiophoromycota y Acrasiomycota son llamados popularmente *hongos mucilaginosos* por el aspecto viscoso o gelatinoso que ellos tienen en algunas fases macroscópicas o microscópicas de su ciclo de desarrollo. Su posición taxonómica ha sido, tradicionalmente, discutida por botánicos y zoólogos, ya que poseen características tanto de plantas como de animales. Actualmente son tratados como protozoos análogos a hongos. Este grupo resulta muy poco conocido, por lo cual no se tiene información del número de especies que existe en Cuba.

División Myxomycota. Conocidos como *hongos mucilaginosos verdaderos* o como *hongos mucilaginosos acelulares*, son mayormente saprobios y viven en lugares húmedos y sombríos, sobre sustratos muy húmedos, como troncos caídos y hojas muertas, mientras que algunos se desarrollan sobre estiércol de animales. Pocos son parásitos. El plasmodio es el estado vegetativo típico del grupo, que se caracteriza por ser una masa protoplasmática multinucleada diploide, carente de pared celular y de forma variable. En algunos representantes el plasmodio es microscópico durante toda su existencia, mientras que en otros es macroscópico y llamativo por sus colores brillantes. Durante el ciclo de vida de los Myxomycota están presentes también estados vegetativos unicelulares y haploides de células desnudas ameboidales (myxamebas) o flageladas (myxoflagelados) con flagelos lisos. Los plasmodios dan origen a fructificaciones, sésiles o pedunculadas, las cuales en su mayoría producen esporas en el interior de estructuras reproductoras, los esporangios, cuya capa estéril o pared es llamada *peridio*. Al ser liberadas y germinar, ellas dan origen a myxamebas o myxoflagelados, que posteriormente actúan como gametos y se copulan, dando lugar a cigotos diploides, que pueden crecer por divisiones mitóticas sincronizadas de sus núcleos o por fusión con otros cigotos o plasmodios jóvenes hasta transformarse en plasmodios.

División Plasmodiophoromycota. Se encuentran en el suelo o en hábitats de agua dulce y viven como parásitos intracelulares de plantas, algas y hongos. La fase vegetativa de sus representantes es un plasmodio, en el cual se desarrollan esporangios o se divide en quistes de paredes gruesas, los cuales darán origen a zoosporas biflageladas con dos flagelos anteriores lisos de igual longitud.

División Acrasiomycota. Sus representantes, llamados *hongos mucilaginosos celulares*, se desarrollan sobre excremento, suelo, y han sido aislados a partir de una gran variedad de material vegetal y de macromicetes. La fase vegetativa de los Acrasiomycota está representada por myxamebas unicelulares y haploides, las cuales se reproducen asexualmente por simple división celular, y al alcanzar un número considerable de individuos se agregan, dando lugar a estructuras de aspecto plasmodial, los pseudoplasmodios o plasmodios de agregación. Estos son diferentes de los plasmodios verdaderos por su estructura celular. Ellos no representan un estado vegetativo, pues son una fase del ciclo de desarrollo de estos organismos. La reproducción sexual en este grupo se desconoce. Sus fructificaciones no son conspicuas, son sésiles o pedunculadas con pedúnculos celulares, y ramificadas o no. Las esporas se agrupan en los extremos y carecen de peridio, formándose así soros de esporas. Ellas al germinar originan nuevas myxamebas (Fig. 21).



Fig. 21. Protozoos análogos a hongos.

Cromistas análogos a hongos

Los representantes de las divisiones Labyrinthulomycota, Hyphochytriomycota y Oomycota, tratados indistintamente como hongos o protozoos, son incluidos actualmente en el reino Chromista debido a la presencia de flagelos provistos de procesos o estructuras parecidos a pelos, llamados *mastigonemas*, y a la presencia de celulosa como componente principal de la pared celular cuando está presente.

División Labyrinthulomycota. Los representantes del grupo pueden estar presentes tanto en corrientes de agua dulce como en el mar, se asocian con plantas y ciertas algas y algunos son patógenos. Han sido tratados como hongos mucilaginosos por el aspecto viscoso o gelatinoso que les confieren los filamentos que forman su fase vegetativa o trófica, y que se disponen formando una red con células en forma de huso o esféricas, las cuales se deslizan en su interior. Las zoosporas tienen dos flagelos, uno liso y otro con mastigonemas. En algunas especies se refiere la presencia de reproducción sexual.

División Oomycota. Los miembros del grupo son organismos terrestres o acuáticos, tanto en hábitats dulceacuícolas como marinos, saprobios o parásitos; algunos de gran importancia económica en plantas superiores como es el caso de las especies *Peronospora tabacina*, causante de la enfermedad conocida como *moho azul del tabaco*, y *Phytophthora infestans*, que produce la enfermedad del tizón tardío de la papa. El talo puede ser unicelular o micelial, con hifas diploides carentes de septos (cenocíticas) y pared de glucano-celulosa. Se caracterizan por la presencia de zoosporas, con dos flagelos en posición anterior o lateral, uno liso y otro con dos hileras de mastigonemas. Las zoosporas se forman en el interior de esporangios, más o menos diferenciados de las hifas que los producen, o sostenidos por hifas especializadas, denominadas *esporangióforos*. En algunos grupos los esporangios no dan origen a las zoosporas, sino que germinan directamente con una hifa, en dependencia de las condiciones ambientales; en otros las esporas no se forman en el interior de esporangios, sino exógenamente, y se conocen como *conidios*, y son conodióforos las hifas especializadas que los portan. La reproducción sexual es por contacto gametangial, gametangia.

División Hyphochytriomycota. Pueden vivir en el suelo o en aguas dulces como saprobios o parásitos de algas y hongos. También pue-

den ser saprobios sobre restos de plantas e insectos. El talo de estos organismos es unicelular, más o menos globoso, y puede presentar o no filamentos ramificados, rizoides. En la etapa de reproducción los talos carentes de rizoides se transforman completamente en una estructura reproductora: talos holocárpicos, mientras que en los talos rizoidales se mantienen, a la vez, las funciones vegetativas y reproductivas: talos eucárpicos. Las zoosporas poseen un flagelo anterior con mastigonemas.

Representantes marinos del reino Protocista

Microalgas. Las microalgas incluyen organismos marinos, mayoritariamente unicelulares y de vida planctónica (fitoplancton), aunque algunas formas se encuentran sobre el fondo o viven asociadas sobre otros organismos marinos. Hasta la fecha, de Cuba se han señalado unas cuatrocientas cuarenta especies de microalgas, y son las diatomeas, los dinoflagelados y las cianobacterias (pertenecientes al reino Monera) los grupos con mayor riqueza de especies, sin olvidar seres como las zooxantelas por el importante papel que desempeñan en la supervivencia de los corales.

La intensa actividad fotosintética del fitoplancton produce un aporte considerable para el mantenimiento del ciclo del carbono y de la producción del oxígeno respirable en la Tierra, además de ser la base de toda la trama trófica que sustenta la alta productividad de los mares. Las microalgas pueden resultar tóxicas como algunos dinoflagelados, cuya proliferación en determinadas condiciones ambientales ocasiona las mareas rojas. También son reconocidas como responsables de la ciguatera, mientras que muchas otras han sido ampliamente utilizadas con fines farmacológicos y en la fabricación de cosméticos.

Muchas especies de dinoflagelados son de amplia distribución geográfica y algunas cosmopolitas. Entre estas últimas están las especies de *Ceratium* como *C. furca* y *C. tripos*, caracterizadas por la peculiar estructura de sus caparazones.

Macroalgas. En Cuba se han registrado algo más de cuatrocientas especies de macroalgas, las cuales viven por lo general directamente sobre el fondo o en los múltiples sustratos inorgánicos y biológicos que existen en los hábitats marinos. En estos estimados no se inclu-

ye la vegetación costera, que se trata en los ecosistemas terrestres, con la excepción del particular hábitat marino que forman las partes sumergidas del mangle rojo.

Las algas rojas o rodofíceas son las más diversas de la flora marina de Cuba, con algo más de doscientas treinta especies citadas. Destacan por su abundancia e incidencia algunas especies como *Bryothamnion triquetrum*, *Gracilaria domingensis*, *Ochtodes secundiramea* –de coloración iridiscente muy llamativa–, varias especies del género *Laurencia* y coralinas como *Jania adherens*, *Amphiroa fragilissima* y *Neogoniolithon spectabile*, entre muchas otras.

De Cuba se han señalado más de sesenta feofíceas o algas pardas, entre las que se señalan varias especies del género *Dictyota* (como *D. cervicornis* y *D. linearis*), *Lobophora variegata*, *Sargasum hystrix*, *Styopodium zonale* y *Turbinaria turbinata*. Muchas de ellas viven preferentemente asociadas a los arrecifes coralinos y las costas rocosas en general.

Un hábitat muy singular son los grandes parches de sargazos flotantes (*Sargasum natans* y *Sargasum fluitans*), no solo por la diversidad de animales singulares de los más variados filos, asociados a ellos, adaptados a vivir en un minibosque flotante, que se mueve a merced de las corrientes, sino también por el gran aporte de nutrientes que suponen sus arribazones a las costas, las que ocurren generalmente durante el invierno con la llegada de los frentes fríos.

Las algas verdes (clorofíceas), representadas por unas ciento veinte especies, por lo general viven en lugares bien iluminados y poco profundos, como los seibadales, entre las que abundan numerosas especies como *Caulerpa prolifera*, *C. mexicana*, *C. compressoides*, *C. paspaloides*, *Anadyomene stellata*, *Peniculus capitatus* y *Udotea flabellum*. Algunas son indicadoras de la contaminación orgánica y salinidades bajas (*Ulva* spp.), mientras que varias algas calcáreas del género *Halimeda* (*Halimeda incrassata*, *H. lacrimosa*, *H. goreau*, *H. tuna* y otras) son las máximas responsables de la producción de las arenas de nuestras playas.

Los campos de *Caulerpa* son pobres en riqueza de especies y no es frecuente encontrar otros animales que no sean los fitófagos especializados que se alimentan de ellas, y que reutilizan la caulerpina

de estas algas como sustancia defensiva. Es tal la pobreza de especies asociadas a los caulerpales, que la invasión reciente del Mediterráneo europeo por dos de ellas, *Caulerpa taxifolia* y *C. a. racemosa*, ha causado gran alarma social por la pérdida de la biodiversidad que esto implica.

Entre las algas verdes las más fotogénicas son sin duda las especies del género *Acetabularia*, o sombrillitas chinas, comunes sobre los sustratos duros, como piedras, raíces de mangle y hasta gorgonias.

Los seibadales y los arrecifes coralinos son los hábitats marinos de mayor diversidad de macroalgas, mientras que su riqueza de especies decrece en los manglares, lagunas costeras y en los ambientes estresados, en general. La macrovegetación bentónica contribuye a la estabilización de los fondos marinos, al reciclaje de los nutrientes y la materia orgánica, interviene decisivamente en la producción de la arena biogénica y sirve de refugio y alimento para numerosas especies, muchas de valor comercial, sustentando las pesquerías de importantes recursos marinos como las langostas.

Los foraminíferos. Los foraminíferos (phylum Granuloreticulosa) se incluyen dentro de los protozoos, que comprenden varios filos con representantes, principalmente marinos y de agua dulce. Estas formas de vida se caracterizan por ser unicelulares, por lo general solitarios y con locomoción, aunque existen algunas formas coloniales, y su alimentación puede ser heterótrofa o autótrofa (fitoflagelados provistos de cloroplastos).

Con la excepción de los foraminíferos, de los que se han registrado unas setecientas especies recientes para nuestras costas, el resto de los protozoos marinos están muy poco estudiados en Cuba, señalándose solo unas cuarenta especies entre sarcodinos, cilióforos y mastigóforos.

Los foraminíferos son uno de los grupos más importantes en la producción de bioclastos debido a la alta densidad relativa que presentan en los biotopos donde se originan las arenas biogénicas de las playas. No menos importante son los foraminíferos planctónicos del género *Globigerina* como constructores de fondos marinos. Aproximadamente la tercera parte de todo el fondo del mar (80,5 millones

de kilómetros cuadrados) está cubierta por los caparazones de estos animales.

Sin embargo, los estudios dirigidos a determinar la riqueza de especies y las características estructurales de las poblaciones de foraminíferos no son frecuentes en zonas litorales, tal vez porque la mayor diversidad y abundancia de este grupo se alcanza en zonas más profundas (entre 90 y más de 100 m de profundidad). También pueden ser utilizados como indicadores de las condiciones ambientales, y las formas fósiles se usan en los estudios de bioestratigrafía en las exploraciones petroleras.

A pesar de ser organismos unicelulares, muchos foraminíferos tienen un tamaño relativamente grande (macroforaminíferos), por lo que pueden ser observados, con facilidad, en los hábitats donde viven. Una de las mayores sorpresas que puede ofrecer el examen de una muestra de arena, recolectada a 40 m de profundidad en algunas zonas de Cuba, como María la Gorda, Guanahacabibes, por ejemplo, es la gran riqueza de especies de foraminíferos que presenta, hasta más de treinta especies en unos 200 g de sedimentos.

Hongos

Breve reseña histórica

Los hongos y el hombre han evolucionado al mismo tiempo desde el inicio de la historia de la humanidad. Estos organismos han sido usados, tradicionalmente, como alimentos, para generar nuevos alimentos y bebidas, para curar enfermedades, e incluso se han utilizado en fiestas y ceremonias religiosas por las propiedades alucinógenas de algunas especies.

Existen evidencias que demuestran el uso que les daban a los hongos las culturas prehistóricas, las cuales los usaban como yesca para producir fuego y como alucinógenos en sus fiestas y ritos religiosos. En África es donde se ha hallado la documentación, al parecer más antigua, que existe sobre el conocimiento y uso de los hongos por el hombre. Las poblaciones que habitaron lo que hoy es el desierto de Sahara dejaron maravillosas pinturas rupestres que se conservaron gracias al proceso de desertificación. Como ejemplo se pueden men-

cionar las figuras de hongos halladas en Tin-Tazafif, en Tasilí (Argelia). En estas pinturas se reconocen, con facilidad, seres antropomorfos que danzan, llevan una máscara y empuñan un objeto en forma de hongo.

Los egipcios usaron las levaduras en diferentes procesos fermentativos para obtener cerveza, vino y pan (lo cual consideraban un don de Osiris); pero además, posiblemente, emplearon los hongos con fines rituales. En una pintura mural egipcia de la tumba del faraón Amenemhet (Ameni-En-Hete) que data de 1450 a.n.e., está representada una seta, que Wasson, en 1958, identificó como *Amanita muscaria*.

La civilización griega ha dejado múltiples pruebas de los usos que les dieron a los hongos. Probablemente la más antigua sea la leyenda sobre el héroe griego Perseo, que narra que su nuevo reino recibió el nombre de Mecenas, como consecuencia de utilizar una seta como vaso improvisado para calmar su sed. En un fresco de Pompeya se ha encontrado lo que parece ser la representación de *Lactarius deliciosus*. Los griegos también producían pan, vino y cerveza, y estos procesos de fermentación eran consecuencia de la intervención de hongos microscópicos.

Algunos autores griegos hacen referencia en sus narraciones a intoxicaciones por hongos. Teofrasto (327-287 a.n.e.), filósofo y naturalista, en su *Historia Plantarum* refiere, que «a pesar de no poseer raíces, ni tallos, ni hojas, ni frutos, los hongos pertenecen al reino vegetal».

Nicander de Colofón (185 a.n.e.) expresaba en su libro *Alexifarmaca* que «los hongos se originan del suelo por acción de la lluvia», y esta es una de las primeras referencias a la micología.

En el Imperio Romano era frecuente el uso y consumo de los hongos. Los romanos celebraban las Bacanales, en honor a Baco, dios del vino. Incluso, algunas setas de exquisito sabor deben su nombre a la degustación de los propios césares romanos, y como prueba de ello recibieron su nombre, como es el caso de la *Amanita caesarea*.

En su obra *Naturalis historia*, Plinio el Viejo (3 a.n.e.-79 n.e), considerado el mayor naturalista de la antigüedad, hizo recomendaciones sobre qué especies de hongos podían usarse como comestibles. Con-

temporáneo de Plinio fue Dioscórides, médico turco del siglo I a.n.e. que sirvió a las órdenes de Nerón. Este médico propuso una separación entre *Fungi esculenti* y *Fungi perniciosi*. Su principal interés era el uso de las plantas como materia prima de las drogas, y empleó hongos como *Fomes fomentarius* en sus investigaciones farmacológicas.

En las civilizaciones precolombinas también se usaban los hongos como comestibles y en las ceremonias religiosas. Desde hace 1500 a.n.e. aproximadamente, los pobladores de México ya hacían referencia a los hongos como seres sagrados, llamándolos Teonanacatl o «carne de Dios».

Durante la Edad Media, como consecuencia de la enorme influencia religiosa, los conocimientos procedentes de los naturalistas griegos y romanos pasaron al olvido. Esta situación ocasionó un enorme retraso en el conocimiento de los hongos, y aunque no hubo ningún avance significativo en su conocimiento, los hongos tuvieron un gran impacto en la vida medieval. En esa época se produjeron muchas afectaciones por la contaminación de los cereales que usaba la población para elaborar el pan, por *Claviceps purpurea*, un hongo parásito de estas plantas. Los alcaloides que contiene *C. purpurea* causan la enfermedad, actualmente denominada *ergotismo*, cuyos síntomas son disfunciones en las extremidades que terminan por gangrenar dedos, manos y pies, llegando a provocar la muerte.

La contribución más importante de ese siglo fue el aporte de Charles de l'Ecluse (1526-1600), quien recopiló todo el saber micológico de su época en la obra *Clusius*. A este autor podemos considerarlo como uno de los precursores de la moderna Micología.

La Micología se convirtió en una verdadera disciplina científica durante el siglo XVIII, después del descubrimiento del microscopio. El botánico italiano Pier Antonio Michelli publicó la obra *Nova plantarum genera* en 1729, considerada la primera clasificación moderna de los hongos, que incluía la descripción de más de novecientas especies de hongos y líquenes; además, con sus estudios sobre las esporas demostró su papel como elementos reproductores, rebatiendo así de forma científica el concepto *generación espontánea*. Por esas aportaciones algunos lo consideran el padre de la Micología. En este período también se debe destacar a Jacob Christian Schäffer, clérigo

evangélico alemán, que en su obra *Fungorum qui in Bavaria et Palatinatu* describió cerca de un centenar de setas –fue el primero en usar bellas láminas coloreadas a mano– y a Jean Baptiste Pierre François Bulliard, médico y botánico francés que publicó, entre otras obras, *Histoire des champignons de la France*, en la que describió más de cien nuevas especies para la ciencia, en grabados de colores de gran calidad.

Sin embargo, el que es reconocido por muchos como el verdadero padre de la Micología es Christian Hendrick Persoon, quien adoptó la nueva metodología taxonómica de Linneo, y completó su obra con la parte correspondiente al estudio y descripción de los hongos. Este investigador, en su obra *Synopsis methodica fungorum*, describió más de mil quinientas especies.

En el siglo XIX también hay que mencionar al sueco Elias Fries. Publicó 26 obras que son la base de la Micología moderna, entre las que se destacan *Systema mycologicum* y *Elenchus fungorum* (1818-1828). A partir de esa época aumentó considerablemente el número de micólogos (especialistas de hongos), y se destacó el italiano Pier Andrea Saccardo con su monumental obra *Sylloge fungorum*.

Los esposos Wasson fueron pioneros en las investigaciones en el campo de la Etnomicología de los hongos psicoactivos en el siglo XX, y sus hallazgos sirvieron de base para que otros científicos ampliaran estas investigaciones.

Durante los siglos XX y XXI se han producido muchos avances científico-técnicos que han influido significativamente en el desarrollo de la Micología. Este período ha sido muy fructífero en sistemas de clasificación, entre las que se debe destacar la de Ainsworth, Sparrow y Sussman, que fue usada durante muchos años por numerosos investigadores y docentes.

Como se conoce, durante largos años los hongos fueron reconocidos como plantas inferiores, hasta que Whittaker, en 1969, los separó en un reino aparte de las otras formas de tipo vegetal. En la actualidad, y a partir del uso de técnicas moleculares, estos organismos se ubican en tres reinos: Protozoos y Cromistas (que fueron tratados en los epígrafes anteriores) y Fungi, que es el reino que se presenta en el siguiente epígrafe.

Características de los hongos y clasificación

El reino de los hongos verdaderos (Fungi) pertenece a los Eucaryota, es decir, al grupo de los organismos con núcleos bien organizados. Los hongos verdaderos a escala mundial están incluidos en seis divisiones, 36 clases, 140 órdenes, 560 familias, 8283 géneros (más cinco mil sinónimos) y 97 861 especies.

Son organismos unicelulares o filamentosos cuyas células no presentan plastidios (como los cloroplastos de las plantas), con nutrición por absorción (osmotrófica), que no tienen fase ameboide (como es el caso de los protozoos), con paredes celulares que contienen quitina (sustancia que también está presente en el esqueleto de los crustáceos), que se reproducen sexual o asexualmente (la fase diploide del ciclo de vida es, generalmente, corta). Son saprobios, simbioses o parásitos.

La mayoría de las especies de hongos están formadas por filamentos o hilos muy delgados, llamados *hifas*. El conjunto de estas hifas es conocido como *micelio*. El micelio coloniza el sustrato en el que se desarrolla el hongo. En algunas especies es fácil observarlo (en épocas propicias) entre las hojas muertas, en los troncos caídos, en el suelo, etc.

Los micelios, por su función, se dividen en vegetativos y reproductores. Los primeros realizan las funciones vegetativas (absorción, asimilación, fijación). Los segundos poseen hifas en las que se forman los órganos de reproducción. A estos órganos de reproducción, visibles a simple vista en algunos grupos de hongos, como son las «sombrillitas» o las «orejas de palo», son a los que en el lenguaje común se llaman *hongos*.

Debido a que los hongos carecen de clorofila, su nutrición depende de otros organismos, y de acuerdo con los tipos de sustancias que utilicen, se clasifican como saprobios, parásitos y simbioses o mutualísticos.

Los saprobios utilizan sustancias orgánicas que pueden ser restos de plantas o animales, reservas de estos, productos de excreción o excrementos de ellos. Los parásitos se desarrollan en otros organismos vivos y se nutren de las sustancias de estos, y los simbioses se asocian con otros seres vivos en una relación beneficiosa para ambos.

Los hongos son capaces de degradar y metabolizar muchos y muy diferentes materiales. Algunos parásitos (parásitos obligados) tienen tales necesidades especiales que su completo desarrollo tiene lugar solo en un hospedero determinado, mientras que otros (como es el caso de la mayoría de los hongos) pueden crecer en medios sintéticos.

El crecimiento de los hongos es dependiente del carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio y azufre, junto con pequeñas cantidades de hierro, zinc, cobre y otros elementos traza.

También pueden necesitar «sustancias de crecimiento» complejas, como algunas vitaminas. Entre los compuestos que son capaces de degradar estos organismos se encuentra la lignina, sustancia compleja que forma parte de la madera. Muchos basidiomicetos, que tienen esa capacidad, son muy importantes en el ciclo de los nutrientes de los bosques.

Hay algunas levaduras que pueden crecer en metanol, compuesto sumamente tóxico para la mayoría de los seres vivos. Los hongos a menudo son capaces de tolerar concentraciones, relativamente altas de metales tóxicos y grandes concentraciones de sal y azúcar, que pueden ser letales para muchos otros microorganismos. Estos pueden causar el deterioro de los alimentos en conservas.

Los hongos liquenizados o *líquenes*, como más comúnmente se les conoce, son aquellos que viven en estrecha relación con las algas y obtienen los carbohidratos que requieren en forma de azúcares producidos por el alga.

Los requerimientos minerales de los líquenes se satisfacen por los iones disueltos en la lluvia y de los depósitos de polvo.

Los hongos se clasifican en:

Macromicetos. Hongos que tienen cuerpos fructíferos (esporocarpos) suficientemente grandes como para ser observados a simple vista y recolectados con las manos.

Estos por lo general son basidiomicetos o ascomicetos, comestibles o no. Entre ellos podemos poner como ejemplos las llamadas *orejas de palo* (Fig. 22), *los hongos de sombrilla* (Fig. 23), el carbón del maíz, entre otros.



Fig. 22. Cuerpos de fructificación tipo oreja de palo de *Earliella scabrosa*.



Fig. 23. Cuerpos de fructificación tipo sombrerillo de *Panaeolus antillarum*.

Micromicetos. Hongos que tienen cuerpos fructíferos microscópicos (Fig. 24). En este grupo están muchos hongos parásitos de las plantas, de los que solo podemos ver los síntomas que producen en estas, los que parasitan la piel y las uñas en los humanos, los que crecen en el pan, el queso, las frutas y otros sustratos, a veces visibles como manchas de distintos colores.



Fig. 24. Estructuras de reproducción del hongo microscópico *Exosporium ampullaceum* (cortesía de Gabriela Heredia Abarca, del Instituto de Ecología, Xalapa, México).

A través del tiempo se han propuesto diferentes categorías taxonómicas para los principales grupos dentro del reino Fungi; pero en la última edición del diccionario de los hongos se aceptan seis filos o divisiones: 1) Ascomycota; 2) Basidiomycota; 3) Chytridiomycota; 4) Glomeromycota; 5) Microsporidia; 6) Zygomycota.

Ascomycota. A escala mundial se aceptan 15 clases, 68 órdenes, 327 familias, 6355 géneros y 64 163 especies. Para Cuba se han citado 3047 especies que representan el 9,44 % de las especies referidas para el mundo, las que se pueden incluir en 2743 géneros, 594 familias y 106 órdenes.

En este grupo se encuentran especies saprobias y parásitas (principalmente de plantas) o formadoras de líquenes (simbiontes). Estas últimas son casi la mitad de todos los ascomicetes. Son cosmopolitas.

Es el grupo mayor dentro de los hongos, y la presencia de ascas –estructura reproductiva que encierra generalmente ocho esporas o ascosporas– es su carácter diagnóstico.

La presencia de paredes hifales formadas por pequeñas láminas, visibles al microscopio electrónico, también parece ser un carácter diagnóstico. Esta característica permite reconocer a los hongos anamórficos (a los que no se les conoce reproducción sexual) dentro del grupo, aún en ausencia de las ascas.

Basidiomycota. En el mundo se reconocen 16 clases, 52 órdenes, 177 familias, 1589 géneros y 31 515 especies, mientras que en Cuba, hasta el momento, se han descrito 624 especies. Son cosmopolitas.

El carácter diagnóstico de esta división es la presencia de un basidio que porta basidiosporas. El basidio típico es aseptado (es decir, no posee tabiques o septos) y tiene cuatro basidiosporas unicelulares haploides, que se dispersan por las corrientes de aire. Otros caracteres diagnósticos son las fíbulas y una estructura especial formada en los tabiques que dividen las células que forman las hifas, conocida como el *septo dolíporo*.

Chytridiomycota. Dos clases, cuatro órdenes, 14 familias, 105 géneros y 706 especies en el mundo. Hasta el momento, encontradas solo 34 especies en Cuba.

Son saprobios acuáticos o parásitos que crecen en material orgánico vivo o en descomposición (incluyendo nemátodos, insectos, plantas, otros chytridios y hongos), en aguas dulces o en suelo. Unos pocos son marinos, otros son anaerobios obligados en el intestino de herbívoros.

Glomeromycota. Cuatro órdenes, nueve familias, 12 géneros, 169 especies, de ellas 64 especies en Cuba.

En esta división se agrupan aquellos hongos que forman endomicorrizas y que con anterioridad se ubicaban en la división Zygomycota. Los hongos vesículo-arbusculares originan un tipo de endoinfección donde las hifas de penetración producen arbuscúlos, pelotones y vesículas. Esta simbiosis hongo-planta es altamente beneficiosa para

ambos. Los hongos tienen a su disposición los carbohidratos producidos durante el proceso de fotosíntesis que realizan las plantas, mientras estas son beneficiadas por los nutrientes minerales del suelo que son absorbidos por las hifas de los hongos micorrizógenos.

Microsporidia. Alrededor de 170 géneros y más de 1300 especies. La clasificación supragenérica de este grupo no es clara.

Son endoparásitos unicelulares que infectan primariamente insectos y peces, pero también mamíferos.

Se caracterizan por no poseer mitocondria y tener un pequeño y degenerado ADN.

Estos protistas originalmente fueron clasificados en Protozoa, pero evidencias filogenéticas moleculares sugirieron una relación estrecha con los hongos.

Zygomycota. Diez órdenes, 27 familias, 168 géneros, 1065 especies, de ellas 20 especies registradas en Cuba.

La clase Zygomycetes se caracteriza por la producción de esporas sin flagelos que se forman dentro de esporangios. Durante la reproducción sexual se producen zigosporas. Tienen micelio bien desarrollado, multinucleado, generalmente sin tabiques (cenocítico). Se distinguen muy bien las hifas vegetativas de las reproductoras. Pueden ser saprobios, parásitos de insectos y depredadores de insectos, nemátodos y otros animales.

En este grupo se encuentra el hongo común del pan y otros que participan en las pudriciones de los frutos y otros alimentos. Unos pocos son patógenos del hombre.

La clase Trichomycetes está formada por especies que viven mayormente asociadas de manera obligada con artrópodos. Tienen talo simple o ramificado adherido a la cutícula del hospedero. Su reproducción es asexual, por esporangiosporas o artrosporas (esporas que se producen por fragmentación de las hifas). La reproducción sexual solo se conoce en algunos de los representantes.

El grupo de los Deuteromycota, conocido como *hongos anamórficos* o *imperfectos*, no se acepta como una categoría taxonómica formal por muchos especialistas, ya que no es una unidad monofilética, sino que son hongos que perdieron su fase sexual o que forman la fase asexual del ciclo de vida de otros grupos (mayormente de Ascomycota, algunos de Basidiomycota).

Hongos marinos

La mayoría de los hongos marinos se encuentran asociados a la materia orgánica en descomposición, aunque existen también especies parásitas de plantas y de animales marinos, causantes de enfermedades. Los hongos contribuyen a la mineralización de las fuentes de carbono, al reciclaje de los nutrientes y en general al movimiento de la materia y la energía en el medio marino. Es un grupo poco conocido en Cuba. Hasta la fecha solamente se han registrado 38 especies marinas.

Los hongos y su importancia

Los organismos que tradicionalmente conocemos como *hongos* son un grupo muy abundante en la naturaleza, que incluye especies con patrones de distribución amplios, aunque también pueden existir otras con áreas de distribución más restringidas. Se les puede encontrar prácticamente en cualquier tipo de sustrato orgánico vivo o muerto. Actúan como descomponedores de la materia orgánica junto con bacterias y artrópodos. Se desarrollan con frecuencia sobre restos vegetales como cortezas, troncos, hojas, semillas e inflorescencias. A su vez degradan alimentos y productos industriales como papel, plásticos, madera, textiles, etc. Muchos son patógenos de plantas y animales, incluido el hombre.

También son utilizados en la obtención de numerosos metabolitos, como antibióticos, ácidos orgánicos, enzimas, alcohol y otros, cuyas producciones alcanzan valores de varios miles de millones de dólares, como los metabolitos fúngicos ciclosporina A y lovastatina.

La producción de hongos comestibles es una de las mayores industrias en Europa y Asia. Existen alrededor de cincuenta especies de hongos cultivadas a escala comercial en el mundo; sin embargo, el número de especies reconocidas como comestibles es mucho mayor. En China, por ejemplo, se registran 657 especies comestibles. En 1992 en Estados Unidos los ingresos, solo por este concepto, variaron alrededor de los setecientos millones de dólares. En este aspecto no solo se tiene en cuenta el cultivo de los hongos, sino también el aprovechamiento de los hongos silvestres. En ese mismo año, en la costa del Pacífico de Estados Unidos, se recolectaron 1,82 millones de kilogramos de hongos, con un saldo económico de 41,1 millones de dólares.

Los hongos comestibles no solo son una fuente de proteínas y vitaminas, sino que también muchas de las especies incluidas en este grupo tienen propiedades medicinales. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es un alimento para humanos, usado ampliamente en el mundo. Entre los primeros alimentos fermentados por el hombre al inicio de la civilización se encuentran los producidos por los hongos, como son quesos y productos derivados, el pan, las cervezas y los vinos. Con el tiempo se descubrieron muchos otros alimentos y bebidas fermentadas. Las bebidas lácteas fermentadas en la que intervienen hongos son el kefir (Cáucaso), kumiss (Rusia), leben (Egipto), mazu (Armenia) y yogur (Bulgaria).

Los hongos también han sido muy empleados en estudios citológicos, genéticos y bioquímicos.

Estos organismos han sido además utilizados para fermentar residuos orgánicos sólidos, en productos útiles como el metano y los fertilizantes. Algunos hongos tienen la capacidad de degradar la lignina, proceso que no es muy frecuente entre los seres vivos, lo que les permite que puedan ser usados para la obtención de alimento animal a partir de residuos lignocelulósicos de las cosechas, que de otra forma contaminarían el ambiente. También como sustitutos de los reactivos químicos en la industria del papel y la pulpa.

Los hongos se comienzan a utilizar en otros procesos como la decafeinización de residuos del café, la descomposición de contaminantes basados en hidrocarburos, la denitrogenación de sustratos enriquecidos, el filtrado de bacterias perjudiciales de vertimientos de agua y la concentración y destrucción de contaminantes basados en metales pesados. Uno de estos procesos es la biorremediación, que no es más que una tecnología basada en el uso de organismos vivos (bacterias, hongos o plantas) para eliminar o neutralizar contaminantes ambientales (en suelos o agua).

En la agricultura los hongos patógenos originan pérdidas de billones de dólares. Estos organismos son los principales agentes causales de una gran variedad de enfermedades en las plantas, y se ha calculado que más de las tres cuartas partes de las pérdidas por enfermedades en los cultivos agrícolas se deben a los hongos. También pueden afectar todas las partes de las plantas, causando muy diversos síntomas como pueden ser antracnosis, atizonamientos, gangre-

nas, hiperplasias, manchas foliares, marchitamientos y pudriciones, entre otras. Los mecanismos de transmisión son también muy variados, y entre ellos se incluyen el aire, el agua, el suelo, las semillas u otro material de propagación, restos de plantas, insectos, otros animales y el hombre.

En el momento de la aparición de la roya de la caña de azúcar en Cuba (zafra 1979-1980), esta enfermedad le ocasionó al país pérdidas estimadas en 500 millones de arrobas de caña, por lo que se dejó de exportar alrededor de un millón de toneladas de azúcar, unos cien millones de dólares.

Aunque por la cantidad y dispersión de la información es muy difícil determinar con cierta exactitud el número de hongos patógenos de las plantas de Cuba, se puede estimar que es un grupo relativamente bien estudiado, en el caso de plantas cultivadas o de interés forestal, no así con los patógenos de las plantas silvestres, que están prácticamente sin investigar.

Los hongos causan extensos daños cuando se introducen accidentalmente en hábitats de los que no son nativos. Con el incremento de la presión para reducir las barreras comerciales se requiere conocimiento de los hongos que pudieran influir, drásticamente, en la agricultura y en la práctica forestal. Esto ayudaría a desarrollar mejores regulaciones cuarentenarias.

Estos organismos también producen enfermedades importantes en el hombre y en los animales. Las más comunes son las micosis superficiales, que dañan el pelo, la piel y las uñas, produciendo, entre otras, las llamadas *tiñas*, aunque algunas especies también originan enfermedades sistémicas, en ocasiones mortales. En la actualidad, las investigaciones en Micología Clínica muestran que existen más de trescientas especies de hongos que pueden producir infecciones diversas en humanos. Esto es sin contar con que, además, existe una cantidad relativamente considerable de especies de hongos productoras de toxinas (micotoxinas), que originan diferentes afectaciones en humanos y animales. Se ha determinado que en Cuba las especies incidentes sobre el hombre (micóticas y micotóxicas) son alrededor de ochenta y cinco, las cuales están incluidas en 36 géneros.

Estos organismos juegan además un importante papel en el deterioro biológico de los materiales. Consiste en cualquier cambio in-

deseable en las propiedades de un material dado, en virtud de las actividades vitales de los organismos. Algunos de los materiales que los hongos pueden dañar son los siguientes: alimentos para animales, granos, materiales de construcción, piedras, equipos eléctricos, comida, combustible, cristal y equipos ópticos, piel, carne, monumentos, pintura, papel, poliuretano, madera, textiles, tabaco y otros. Por este concepto causan enormes pérdidas al hombre.

Sin embargo, los hongos también pueden ser beneficiosos como agentes de control biológico. Se usan para mantener a los patógenos (insectos, nemátodos, otros hongos y malas yerbas) en un nivel en el cual ya no son un problema. En este grupo se encuentran los hongos entomopatogénicos (patógenos de insectos), nematófagos (se alimentan de nemátodos) fitopatogénicos (patógenos de plantas, en este caso, de plantas indeseables de los cultivos) y micoparásitos (parásitos de otros hongos). Modernamente han adquirido una gran importancia debido a la necesidad de eliminar la contaminación ambiental producida por los pesticidas químicos. Con ellos se han elaborado micopesticidas (pesticidas biológicos constituidos por hongos).

Por la gran importancia que tiene la lucha biológica en Cuba, en la actualidad se está desarrollando un programa de producción de biopesticidas en el que intervienen varias instituciones del país. Entre las líneas de investigación se puede mencionar el uso de bacterias y hongos antagonistas para el control de fitopatógenos de importancia agrícola, la reproducción de virus, bacterias y hongos entomopatógenos, la evaluación del efecto de las toxinas de entomopatógenos y antagonistas, el uso de microorganismos contra malezas de cultivos agrícolas y el mejoramiento de cepas de microorganismos que se usan en la lucha biológica.

De igual manera, un buen número de hongos se asocian con las raíces de la mayoría de las especies de plantas (90 %) formando las micorrizas. En este tipo de asociación las plantas pueden obtener un aumento de su suministro de fósforo, de nitrógeno o de ambos elementos. La correcta manipulación de la inoculación con los hongos formadores de micorrizas ayuda a la disminución de la contaminación ambiental ocasionada por el abuso de los fertilizantes químicos, y lleva hacia una agricultura y práctica forestal sostenible. En Cuba se han elaborado biofertilizantes a partir de hongos micorrizógenos

como el Micofert y el Ecomic. El primero se produce en el Instituto de Ecología y Sistemática del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, y su empleo en más de cuarenta y cinco experimentos en todo el país durante la década de los noventa (siglo XX) significó un importante ahorro de fertilizantes químicos y plaguicidas para los cultivos en los que se aplicó, además de mejorar sus resultados productivos. El Ecomic es producido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, e igualmente ha sido ensayado con éxito en numerosos cultivos de importancia económica para nuestro país.

Los líquenes han sido utilizados como bioindicadores o indicadores biológicos de la contaminación ambiental. Se pueden completar y hasta sustituir los dificultosos análisis químicos de los gases al conocer la vegetación de líquenes en regiones no contaminadas, y luego observar cómo la composición y la abundancia disminuyen al acercarse a zonas con fuentes de contaminación, hasta desaparecer completamente en regiones con altas concentraciones de sustancias nocivas en suspensión. Además, los análisis químicos se refieren solamente a los lapsos de la medición, mientras que los líquenes muestran los efectos de la contaminación durante largos intervalos de tiempo.

De todo lo antes expuesto se deduce el importante papel que juegan los hongos en los distintos ecosistemas, tanto naturales como antropizados, así como el uso que de ellos hace el hombre para la satisfacción de sus necesidades; por lo tanto, es fácil comprender la necesidad de conservación de esta diversidad y de su germoplasma.

El conocimiento de la diversidad fúngica es especialmente importante hoy como punto de partida para el monitoreo de estos organismos, y sobre todo para su conservación y uso racional. En comparación con las plantas y los animales superiores, los hongos, a pesar de su importancia y elevado número, han sido poco estudiados. Se estima que deben existir, aproximadamente, un millón quinientas mil especies en el mundo, de las que solo se conocen alrededor de cien mil, lo que representa el 7 % del total estimado. Se presume que la diversidad fúngica ocupa el segundo lugar en número entre todos los organismos vivos, solo superada por la de los insectos.

El conocimiento de la biota cubana es aún incompleto en muchos grupos de organismos. Los microorganismos cuentan apenas con el 10-15 % del total estimado de su diversidad potencial. Los gru-

pos de mayor incidencia en las esferas productivas y de la salud son los más estudiados.

En el Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica en la República de Cuba, al tratar la diversidad de los microorganismos, se calculó que debía existir un estimado de 48 240 especies de hongos en el país, incluyendo los líquenes y mixomicetes; sin embargo, de esta cifra solo se conocen en la actualidad unas cuatro mil quinientas especies, que representan aproximadamente el 9 % del total estimado para el país, y el 4,5 % de las especies conocidas para todo el mundo.

Distribución geográfica de los hongos

El conocimiento de la distribución geográfica de la mayoría de los hongos es inadecuado; sin embargo, es posible hacer varias generalizaciones. Algunos hongos están ampliamente distribuidos, en particular los líquenes, hongos mucilaginosos, macromicetos poliporos u «orejas de palo», otros oportunistas y los que habitan el suelo; no obstante, la mayoría de los hongos se pueden relacionar específicamente con determinadas plantas hospederas, lo que influye en que su distribución esté enmarcada en determinadas áreas, como son las royas y los mildius.

Algunos líquenes tienen distribuciones, excepcionalmente amplias, con disyunciones también amplias, lo que se ha relacionado con los modelos de tendencia continental o glaciaciones. Por lo general los saprobios presentan areales de distribución más extensos que los parásitos, y muchos de los hongos comunes en el aire y en el suelo son prácticamente ubicuos. La tesis de que casi todos los hongos son cosmopolitas, o tienen patrones de distribuciones muy amplias, se cumple solamente para aquellos que no tienen especificidad por determinados hospederos. Aunque se puede afirmar que el factor determinante en la distribución geográfica de los hongos es el sustrato donde se desarrollan, prácticamente cada microhábitat tiene una microbiota especializada. Según algunos autores, la temperatura también es uno de los factores más importantes en la distribución de muchos saprobios, lo cual los restringe a zonas climáticas bien definidas.

Hablar de endemismo en los hongos es muy arriesgado si se tiene en cuenta la poca información que existe de algunas áreas; no

obstante, se pueden mencionar algunos ejemplos como las especies saprobias de hongos anamórficos *Consetiella solida* y *Holubovaea roystoneicola*, que aparecen siempre asociados a la palma real (*Roystonea regia*) en Cuba, por lo que sería interesante comprobar, antes de considerarlos como endémicos, si estos hifomicetes se encuentran también en el sur de la Florida y en La Española, áreas de distribución de *R. regia* fuera de Cuba.

La distribución dentro de los países puede estar determinada por factores como las lluvias ácidas, polución del aire, deforestación y por la acción deliberada o accidental del ser humano en el medio ambiente.

Debido a la importancia de conocer la distribución de los hongos patógenos de las plantas para poder establecer las medidas de control fitosanitario, esta es, comparablemente, bien conocida para este tipo de hongos. Por ejemplo, los *IMI Distribution Maps of Plant Diseases* cubren 1320 especies patógenas. En las últimas dos décadas los avances de la computación han facilitado la confección de mapas de forma electrónica; pero siguen estando concentrados los esfuerzos en aquellas especies de importancia práctica o que son reconocibles fácilmente.

Plantas

Flora y vegetación terrestre. Características

Los primeros amerindios que llegaron a Cuba, posiblemente, hace más de mil años, encontraron casi todo el archipiélago cubierto por una vegetación integrada por 11 tipos de bosques, cuatro de matorrales, cuatro de herbazales y tres de complejos de vegetación. Estas 22 formaciones vegetales eran primarias porque nunca habían experimentado la acción antrópica; solo habían recibido los embates de los fenómenos naturales (huracanes, incendios, muerte natural de uno o varios individuos, y los cambios climáticos, que ejercen profundos cambios en el suelo y la vegetación).

En esa vegetación se hallaba una flora compuesta por unas ocho mil especies de plantas que tenían notables características no halladas en las otras Antillas o en el continente:

- Una de cada dos de las especies presentes en la flora cubana eran endémicas, por lo que el endemismo alcanzaba el 50 % o poco más.

- La flora de llanura (0-400 m de altitud) estaba mejor representada que la de montañas, por ser Cuba una de las pocas Antillas que es llana en las tres cuartas partes de su territorio.
- La serpentina, una roca proveniente de las profundidades del mar y rica en sílice, magnesio, níquel, cromo y cobalto, estaba y está ampliamente extendida en el archipiélago cubano, y en los suelos derivados de ella se implanta una flora adaptada a la toxicidad de los metales mencionados.
- No existen plantas comestibles autóctonas (cereales, frijoles, viandas, hortalizas, vegetales, frutas), por lo que los amerindios se vieron precisados a introducir especies como el boniato, la yuca y la malanga; esto también afectó a la colonización española a partir de 1492-1511.
- Algunas de las mejores especies maderables del planeta (cedro, caoba, jiquí, ácana) crecían en Cuba.
- Con la llegada de los españoles (1492) y la fundación de la primera villa (1511) comenzó un proceso de deforestación que introdujo seis tipos de formaciones vegetales adicionales: bosques secundarios, matorrales secundarios, sabanas seminaturales, sabanas antrópicas, vegetación ruderal (incluida la viaria) y vegetación segetal (arvense). La tala de los bosques y matorrales y la quema de los herbazales continuó hasta 1959, fecha a partir de la cual se impuso una política más racional dirigida a la gestión, conservación y desarrollo sostenible de los recursos naturales de Cuba.

Flora terrestre y su endemismo. El término *flora* proviene del latín, y alude a la diosa romana de las flores. Se define como el conjunto de especies vegetales de un país, región o localidad; también de cualquier área determinada terrestre o marina, y es un elemento importante en los componentes de la diversidad biológica.

En 1998 el Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba definió al territorio nacional como el país con mayor diversidad biológica de las Antillas, en la que su flora se destaca, tanto por la riqueza total de especies como porque la mitad de ellas solo pueden ser encontradas aquí, las denominadas *plantas endémicas* o *endemismos vegetales*. Esta última característica eleva considerablemente el valor de la flora cubana, la que puede llegar a presentar,

por unidad de área, una mayor proporción de endemismo que países de reconocida diversidad biológica, como es el caso de Colombia.

En sentido general, la cantidad de endemismos no es un valor estable a lo largo del territorio cubano; por el contrario, existen áreas donde es un carácter poco representado, como en los manglares y regiones pantanosas, y otras que por el contrario exhiben una asombrosa variedad de plantas únicas, a veces habitando en regiones de muy reducido tamaño.

Algunas de las áreas más ricas en plantas endémicas se encuentran en la altiplanicie de Cajalbana, en Pinar del Río, y algunas zonas de La Habana, Matanzas, Villa Clara, Camagüey y el noreste de la región oriental, lugares que tienen en común la presencia, en sus suelos, de los afloramientos de serpentina, que se extienden paralelamente a la costa norte de todo el archipiélago, como si fueran la columna vertebral de Cuba desde Cajalbana y algunas pequeñas zonas de la Sierra del Rosario (provincia de Artemisa) hasta Baracoa (provincia de Guantánamo). Las especies que crecen sobre los suelos derivados de serpentina se caracterizan por ser muy xeromorfas, es decir, por presentar características morfológicas que les permiten vivir en ambientes secos. Generalmente son pinos y plantas de hojas duras, a menudo espinosas, establecidos en zonas de altas precipitaciones (Nipe-Cristal-Moa-Toa-Baracoa), o con un promedio de lluvias semejante al del resto del país (Pinar del Río, La Habana, Matanzas, Villa Clara, Camagüey, Holguín).

No obstante, otras regiones presentan también un alto grado de endemismo, como son las zonas más antiguas de la Sierra de los Órganos (calizas diente de perro no costeras); el macizo montañoso de Nipe-Sagua-Baracoa (serpentinadas), en el noreste de Cuba oriental, donde se concentra entre la tercera y la cuarta parte de los endemismos cubanos; el semidesierto que se desarrolla a lo largo de la costa sur de la provincia de Guantánamo (calizas diente de perro costeras) y las zonas montañosas de la Sierra Maestra con suelos montanos integrados por calizas, dolomitas (calizas con sulfato de calcio en lugar de carbonato de calcio) y materiales volcánicos, donde el número de endémicos montanos aumenta, abruptamente, entre los 1000 y 1500 m de altitud.

La diversidad vegetal del archipiélago cubano es de aproximadamente ocho mil especies, agrupadas en 311 familias botánicas, en

correspondencia con factores, íntimamente relacionados con su origen y desarrollo, como son suelo, clima, agua, posición geográfica, entre otros.

Por ser una de las encrucijadas de los tráficos marítimo y aéreo mundiales, Cuba ha recibido un considerable número de plantas introducidas, de modo intencional o no, que han ocupado las tres cuartas partes del territorio cubano, a pesar de componer solo el 10 % de la flora actual. Estas son las llamadas *plantas alóctonas*, que caracterizan los paisajes antropizados y seminaturales del archipiélago, con las cuales está más familiarizado el pueblo que con las autóctonas.

A partir de 1492 a las llamadas *plantas autóctonas* se sumaron las que fueron introducidas por los conquistadores europeos. Baste decir que ante el impacto del hombre las plantas autóctonas, que son el 90 % de la flora cubana, han hallado refugio en solo la cuarta parte del archipiélago, es decir, en las áreas de acceso difícil o de suelos no fértiles.

Aunque existen varios sistemas y puntos de vista para clasificar y agrupar a las plantas en diferentes categorías sistemáticas del reino vegetal (división, clase, orden, familia, género y especie, entre otras), estos se validan en la medida en que se ajustan a los artículos y recomendaciones del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, que se actualiza cada cinco años.

Los vegetales se ubican en el reino Plantae, el que se subdivide en dos grupos: briofitas y traqueofitas.

Briofitas. El primer grupo son especies de plantas no vasculares, cuyo cormo (conjunto del tallo, raíces y hojas) no cuenta con estructura vascular (ausencia de tejidos y vasos conductores que le permitan transportar agua o soluciones por el interior del vegetal). En general son especies poco evolucionadas, con alta sensibilidad y fragilidad ante cambios en el hábitat, muy íntimamente relacionadas con el agua, aunque se pueden encontrar sobre varios sustratos. Las más abundantes son las epífitas (vegetales que viven sobre otras plantas, sin sacar de ellas su nutrimento).

La mayor riqueza de especies de plantas no vasculares se encuentra en la región oriental de Cuba, donde se presentan los bosques mejor conservados y las mayores alturas del territorio nacional; también en esta región es donde hay mayor endemismo. En comparación con

otros grupos de plantas, el endemismo de este es bajo (5 %) debido a la fácil dispersión de las esporas a largas distancias.

Estas plantas son por lo general pequeñas; se incluyen en tres divisiones: Anthoceroophyta (antoceros), Hepatophyta (hepáticas) y Bryophyta (musgos). Se encuentran con preferencia en lugares muy húmedos, aunque pueden soportar condiciones ambientales extremas, lo cual explica su amplia distribución en el mundo. Presentan un ciclo de vida en el que alternan dos generaciones: el gametofito (individuo o fase sexual) y el esporofito (individuo o fase no sexual o vegetativa). Las dos generaciones son fases muy diferentes en forma, función y dotación cromosómica. Pueden tener vida libre, en cuyo caso el gametofito a menudo es muy pequeño y el esporofito no; o bien el gametofito es parásito del esporofito (traqueofitas) o el esporofito es parásito del gametofito (solamente en las briofitas).

División Anthoceroophyta. Se encuentra representada en Cuba por un orden y tres familias: Anthocerotaceae, Dendrocerotaceae y Notothyladaceae. La primera es la más abundante, y dentro de esta el género *Anthoceros*, caracterizado por su talo verde claro, aplanado, usualmente formando rosetas, lobulado y sin nervadura media. La mayoría de los antoceros crecen terrestres, aunque se pueden presentar epífitos

División Hepatophyta. Estas plantas, aunque se pueden encontrar en cualquier hábitat, excepto los marinos, crecen con mayor profusión en lugares húmedos y sombríos. A pesar de la variabilidad estructural de este grupo, se logra diferenciarlo en dos formas generales: talosas y foliosas. En ambas formas se presenta una simetría dorsoventral, es decir, se diferencia claramente una superficie dorsal o superior, y una ventral o inferior, pero las foliosas tienen hojas y las talosas no.

Las hepáticas talosas presentes en Cuba se agrupan en tres órdenes, nueve familias y 13 géneros. Las familias que más se destacan por su abundancia y diversidad en los ecosistemas son Marchantiaceae y Metzgeriaceae. La primera con dos géneros referidos para el Neotrópico: *Marchantia* y *Dumortiera*. El primero es el más representativo, sobre todo las especies *M. chenopoda* y *M. polymorpha*. Ambas son comunes en suelos y rocas húmedas, en taludes o laderas cortadas, a menudo en hábitats perturbados o creados por el hombre,

a veces consideradas como intrusas comunes de los jardines, invernaderos y plantaciones. Metzgeriaceae está representada por dos géneros en Cuba. El más abundante es *Metzgeria*, de hábitat en su mayoría epífito; son, usualmente, plantas pequeñas de color verde-amarillento.

Las hepáticas foliosas presentes en Cuba se agrupan en el orden Junguermanniales, que es el grupo más numeroso también en el Neotrópico. Este orden abarca 18 familias y 79 géneros en Cuba. Las familias más abundantes son:

Lejeuneaceae. Familia más extendida y numerosa, la mayoría de sus especies son epífitas y crecen sobre raíces, corteza, ramas y hojas, en los bosques húmedos. El crecimiento sobre hojas vivas es una característica especial de esta familia. La mayoría de los briofitos epífitos son miembros de ella.

Jubulaceae. Es una familia de dos géneros en Cuba, mayormente epífitas sobre cortezas y ramas. El género *Frullania* es el más representado, y es reconocido fácilmente por su pigmentación rojiza.

Plagiochilaceae. Una de las familias más ubicuas, representada por *Plagiochila*, que es el más grande de los géneros de hepáticas, con cerca de ciento cincuenta especies en América tropical, muy común desde las zonas bajas a las montañas.

División Bryophyta. Conocida como *musgos*, se agrupan en tres clases: Sphagnopsida (presenta un único orden), Sphagnales (representado por la familia Sphagnaceae) y un solo género, *Sphagnum*, con 10 especies. Todas crecen en ciénagas, pantanos y lugares muy húmedos. Necesitan gran acidez del medio donde viven, ya que mínimas concentraciones de calcio inhiben su crecimiento (Fig. 25).



Fig. 25. Musgo representante del género *Sphagnum*.

Polytrichopsida. Está representada en el Neotrópico (desde Argentina hasta México) por la familia Polytrichaceae, con tres géneros y siete especies. Muchos representantes de esta familia son los primeros colonizadores de sitios perturbados, como deslizamientos, laderas expuestas y caminos cortados. La especie más representativa es *Polytrichum juniperinum*, presente solo en la Sierra Maestra, sobre la tierra y en los taludes de los caminos, a partir de los 600 msnm.

Bryopsida. Agrupa a la mayoría de los musgos; son plantas con una alta variabilidad fenotípica. Presentan distribución cosmopolita. En Cuba está representada por 10 órdenes, 47 familias, 161 géneros y 383 taxas infragénicos. Dentro de las familias más representativas están Fissidentaceae, Leucobryaceae y Pottiaceae.

Traqueofitas

A diferencia del grupo anterior, en el segundo grupo del reino Plantae llamado Traqueophyta, están las especies de plantas que cuentan con estructura vascular (presencia de tejidos y vasos conductores que les permiten transportar agua y soluciones por el interior del vegetal). Son especies con mayor grado de evolución, algunos grupos todavía muy dependientes del agua, pero otros ya lograron su independencia; también desarrollan mayor resistencia y estrategias para la supervivencia ante cambios en el hábitat. Son traqueofitas los pteridófitos, las gimnospermas y las angiospermas.

Pteridófitos. Los helechos y plantas afines, conocidos en su conjunto como *pteridófitos*, se definen como plantas vasculares arcaicas, con un ciclo de vida en el que existen dos generaciones independientes, una que es la generación esporofítica, cuyo adulto es la planta como tal, formadora de esporas (esporófito), y la generación gametofítica, que usualmente pasa inadvertida a los ojos de las personas porque es submicroscópica. El adulto de esta generación recibe el nombre de *protalo* y es la planta formadora de gametos (gametófito), que se observa como una lámina verde, usualmente acorazonada de escasos milímetros cuadrados sobre el sustrato en cuestión, como suelo, troncos de los árboles o leños caídos, o rocas.

Plantas de este grupo fueron las primeras que se adaptaron a la vida en la Tierra durante el período Devónico, hace más de trescientos noventa millones de años, y sin ser en la actualidad un grupo domi-

nante en alguna formación vegetal, se presenta con determinada frecuencia en las zonas tropicales, asociado a los ecosistemas boscosos de montaña, donde las condiciones de humedad relativa, temperatura e iluminación, entre otras, permiten su normal desarrollo.

Se les llama plantas o grupos afines a los helechos, a tres clases de pteridófitos: Psilotopsida (psilotatas), Lycopodiopsida (licopodiatas o licopodios, selaginelas e isoetes) y Equisetopsida (equisetatas, equisetos o «colas de caballo»), representados en el país por dos especies de *Psilotum*, 21 de licopodios, 17 a 20 especies de selaginelas, una de isoetes y una de equisetos.

Los helechos verdaderos se agrupan en la clase Polypodiopsida o Filicodiopsida, de los cuales se calculan en Cuba, aproximadamente, seiscientas especies. Para este grupo, y tomando en consideración el tamaño reducido del país, esta cifra se considera alta, pues hay más especies de pteridófitos que en todo el continente africano, donde sobrepasan escasamente los quinientos.

A nivel de las Antillas Mayores también se considera alta la diversidad de este grupo, con mil doscientas especies aproximadamente, y un endemismo a nivel de esta región fitogeográfica alto (42 %); sin embargo, a nivel de países el endemismo es bajo (en ninguno sobrepasa el 12 %), y en Cuba se calcula que solo el 8 % de las especies son endémicas, ya que las distancias entre islas no son barreras geográficas que impidan la dispersión de las esporas, de poco peso, que son transportadas a grandes distancias por los vientos y por fenómenos meteorológicos frecuentes, como tormentas, ciclones y huracanes.

En las Antillas Mayores, y en Cuba en particular, los factores que favorecen la diversidad de este grupo están asociados, por una parte, con el clima tropical que prevalece en el país, y por otra con los diferentes ecótopos (hábitats) que se establecen en las regiones montañosas del occidente, centro y oriente, ya que en dependencia de la altura y de la formación vegetal que se implanta en cada piso altitudinal, se van presentando variados hábitats que son favorables para las dos generaciones que se alternan en su ciclo de vida. De esta forma se establece un «mosaico ecológico» que propicia diferentes procesos de especiación.

En correspondencia con lo antes expuesto, la mayor concentración de pteridófitos en Cuba se registra en las regiones montañosas del sur y el norte del oriente cubano, en el macizo montañoso de Cuba

central y en la Sierra del Rosario en Cuba occidental, aunque la mayor concentración de especies está en la Sierra Maestra y el área del Pico Turquino, en particular por ser la zona de mayores alturas.

Atendiendo a la sistemática del grupo, los pteridófitos cubanos se agrupan en 98 géneros, distribuidos en 31 familias botánicas, de las cuales merecen destacarse las siguientes:

Thelypteridaceae comprende dos géneros: *Macrothelypteris* y *Thelypteris*; este último, con aproximadamente setenta y siete especies, es el más numeroso y mejor representado en la pteridoflora cubana, tanto en cantidad de especies como en su frecuencia de aparición.

Cyatheaceae es la familia de los helechos arborescentes; de acuerdo con el tratamiento sistemático que se le dé, puede incluir desde un solo género *Cyathea* hasta varios. Actualmente en Cuba se reconocen cuatro géneros con un total de 18 especies, sin tener en cuenta varias especies híbridas, algunas de ellas intergenéricas.

Estos helechos son muy utilizados en trabajos de jardinería, ya que en la parte inferior de sus troncos algunas especies desarrollan grandes masas de raíces adventicias, que forman un sustrato ideal para la siembra de plantas ornamentales epífitas, como orquídeas, los propios helechos y diferentes bromeliáceas, razón por la que se debe alertar a los horticultores que se abstengan de cortar helechos arborescentes vivos, pues de los tocones de los muertos se obtiene el mismo resultado, o aun mejor por estar ya el sustrato más enriquecido. También se han observado sus troncos en la confección de puentes rústicos en los pasos de ríos y arroyos, y en la construcción de cercas y corrales.

Son muy apreciados por su alto valor ornamental, pero vale aclarar que son muy difíciles de cultivar, y por lo general mueren al cabo de unos meses. La especie más resistente en condiciones de cultivo es *Cyathea arborea*. Las demás se sugiere no trasplantarlas con fines ornamentales.

Hymenophyllaceae es una familia muy particular que contiene a los llamados *helechos transparentes*; posee dos géneros y 50 especies, y sus hojas tienen una sola capa de células de grosor en la lámina, y por tanto son plantas muy delicadas, que viven solo en lugares permanentemente húmedos, pues cualquier alteración de la humedad ambiental, por diversos factores (tala, quema, etc.) puede destruir

poblaciones completas de estas, razón por la cual son consideradas como indicadores ecológicos del grado de conservación de los bosques.

Pteridaceae es una familia que comprende 13 géneros y cerca de setenta especies, de las que son muy apreciadas, por sus altos valores estéticos, los llamados *culantrillos*, que pertenecen al género *Adiantum*. Se reconocen por poseer negruzcos los ejes vasculares principales de las hojas, y en ocasiones brillantemente pulidos. De este grupo existen en el país 24 especies, sin contar los numerosos híbridos que posee. Este género también es difícil de cultivar, y varias de sus especies prefieren sustratos calizos, razón por la cual se observan con frecuencia en los taludes húmedos de los mogotes y próximos a saltos de agua de arroyos y ríos (Fig. 26).



Fig. 26. Helecho del género *Adiantum* perteneciente a la familia Pteridaceae.

Nephrolepidaceae –con un género, *Nephrolepis*, y cerca de siete especies cubanas– es sin duda el más utilizado como ornamental en parques y jardines, no solo por su belleza, sino fundamentalmente por su resistencia a condiciones adversas del ambiente. Son los llamados *helechos espada* o *helechos Boston* (Fig. 27).



Fig. 27. Helecho Boston, representante del género *Nephrolepis*.

Gimnospermas. Las plantas gimnospermas son aquellas que producen sus semillas al descubierto, o por lo menos sin la protección de un ovario cerrado, ni de un fruto propiamente dicho. Son plantas leñosas, con porte diverso y hojas que tienen configuración variada, de consistencia coriácea (duras), verdes todo el año, y los nervios con tendencia a la ramificación dicótoma. Tienen flores unisexuales que producen frutos en estróbilo, conos o piñas. Son plantas menos antiguas que los pteridófitos, pero más que los antófitos o angiospermas y están menos adaptadas a la vida terrestre que estas últimas.

La flora cubana tiene pocos representantes de las gimnospermas (cinco familias), comparada con las angiospermas (196); pero resultan sumamente importantes en nuestra diversidad vegetal, por los valores biológicos, económicos y sociales que reúnen. Se destaca el género *Pinus*, con cuatro especies endémicas conocidas como *pino macho*, *pino hembra* o simplemente *pinos*; *Microcycas calocoma*, *palma corcho* (Fig. 28), especie muy antigua que solo vive en áreas puntuales de la provincia de Pinar del Río y única en Cuba, que ha recibido la nominación de Monumento Natural; *Juniperus*, con dos especies (una endémica), comúnmente llamadas *sabinas* y *Zamia* (Fig. 29), con varios representantes referidas, popularmente, como *yuquilla*.



Fig. 28. *Microcycas calocoma* (palma corcho), especie que ha recibido la nominación de Monumento Natural.



Fig. 29. Género *Zamia* con varios representantes en nuestra flora referidos popularmente como *yuquilla*.

Angiospermas. Las angiospermas son plantas que producen sus semillas protegidas por el ovario, y por consiguiente en el interior de un fruto. De acuerdo con los últimos descubrimientos, logrados mediante las nuevas técnicas de la Biología Molecular y la Cladística, comprenden un gran grupo subdividido en:

- Un grupo basal del cual quedan pocos relictos, mayormente restringidos a la región australásica, aunque hay un taxón cosmopolita presente en Cuba (el orden Nymphaeales).
- Las magnólicas, inmediatamente derivadas del grupo basal y bien representadas en Cuba.
- Las monocotiledóneas, plantas en cuya semilla el embrión tiene un solo cotiledón, generalmente con sustancias de reservas nutricionales, presentes con numerosas especies en Cuba.
- Las dicotiledóneas, plantas en las que el embrión tiene dos cotiledones, que pueden tener sustancias de reservas nutricionales, integradas en Cuba por un número mucho mayor de especies que todas las anteriores; dada la riqueza y diversidad de los grupos vegetales que reúnen, pueden presentar variedad en el porte, hojas, flores y frutos de sus representantes; pueden además tener diferentes grados de evolución.

Las angiospermas están más adaptadas a todos los ambientes y ecótopos de la vida terrestre que las gimnospermas y los pteridófitos.

En el medio ambiente cubano las angiospermas están presentes, con gran riqueza y diversidad en todos los contextos posibles. Aquí se ejemplifican algunos grupos de las familias más importantes, desde el punto de vista biológico, económico y social.

Las monocotiledóneas son mayormente plantas herbáceas, con hojas alternas, enteras y nervadura paralela, la mayoría sin pecíolo insertándose en el tallo por una base o vaina, raíces fibrosas sin raíz principal, flores con cáliz, corola, androceo y gineceo trímeros (tres partes integrantes o en múltiplo de tres) y frutos en cápsula, aquenio o baya, raras veces en sámara. No es raro que haya órganos subterráneos de reserva, como bulbos, tubérculos, rizomas o raíces carnosas, y que la reproducción vegetativa sea más vigorosa que la sexual. En la flora cubana se destacan de este grupo las

familias Poaceae o gramíneas (pajón, cañamazo, hierba fina, pata de gallina, tibisí, bambúes, espartillo, güin, arrocillo, etc., y como cultivos básicos caña de azúcar, arroz, maíz); Arecaceae (las palmas); Orchidaceae (Fig. 30) (orquídeas, familia con alta riqueza y diversidad, incluyendo las vainillas); Bromeliaceae (curujeyes y piñas) y Cyperaceae (cebolletas, chufas, cortaderas y juncos).



Fig. 30. *Encyclia phoenicia*, especie de orquídea de la que emana un característico olor a chocolate.

Las dicotiledóneas son plantas principalmente leñosas, con raíz principal y diversidad de portes (hierbas, arbustos, árboles, trepadoras, epífitas). Aquí las hojas presentan nervadura reticulada, mayormente pecioladas, con o sin vaina. Las flores y frutos tienen sus partes en número de cinco o múltiplo de cinco, raras veces cuatro, tres o sus múltiplos, y son extremadamente variados y diversos. En la flora cubana la representación de dicotiledóneas es numerosa y con alta diversidad; presenta grupos de gran incidencia por su importancia biológica, económica y social. Se destacan las familias Mimosaceae (Fig. 31), Caesalpinaceae (Fig. 32) y Papilionaceae, las llamadas *le-*

guminosas o Fabaceae (algarrobo, dormidera, soplillo, sabicú, bacona, guanina, sen del país, piñones, yaba, ojo de buey; las malezas marabú y aroma, así como cultivos básicos de frijoles, maní, habichuelas, gandul, tamarindo y numerosas especies ornamentales); Rubiaceae (ponasí, jagua, dagame, garañón, rondelecia, contraguao; y cultivos importantes como el café (Fig. 33), así como varias ornamentales); Asteraceae (romerillos rompezaragüey, abrecamino; especies cultivadas importantes como girasol, dalia, flor de muerto, caléndula, entre otras).



Fig. 31. *Mimosa pudica* de la familia Mimosaceae, más conocida como *dormidera*.



Fig. 32. *Cassia fistula*, árbol leguminoso ornamental también conocido como *caña fístula*.



Fig. 33. *Coffea arabica* (café), perteneciente a la familia Rubiaceae.

Del grupo de dicotiledóneas también se consideran familias por destacar en la flora cubana a Myrtaceae (guairajes, mijes, arraiján, pimienta de Jamaica, malezas como pomarroza, cayeput, y cultivos de importancia como guayabas, cereza de Cayena y eucalipto); Euphorbiaceae (piñón botija, salvadera, yerba de la niña, lechosa, sabrosa; la yuca como cultivo básico y cuantiosas especies ornamentales e incluso tóxicas); Solanaceae (pendejas, tabaco cimarrón, galanes, chamico, así como cultivos básicos de papa, tabaco, tomate y berenjena, además de incontables especies ornamentales).

Otro grupo de familias de gran significación dentro de la flora angiospérmica del archipiélago cubano es Annonaceae (bagá, yaya, malaguetas, anón de cuabal, así como especies de frutales cultivados de mamón o anón manteca, guanábana, anón y rollinia); Sapotaceae (ácanas, jaimiquí, caimitillo, sapote culebra y cuyá o almendrillo; también frutales muy valiosos como mamey colorado o sapote, níspero, caimito y canistel); y Meliaceae, familia de maderas preciosas por excelencia (cedros, caobas, najesí, siguaraya y cabo de hacha), a los que se suman varias cultivadas como caoba africana, caoba de

Honduras, cedro del Himalaya y los bioplaguicidas árbol del nim y paraíso.

Hay varias familias pequeñas, numéricamente, pero con características muy peculiares que las destacan dentro de la flora cubana. Entre ellas las Lentibulariaceas (con los géneros *Pinquicola* y *Utricularia*), así como las Droseráceas, con el género *Drosera*; ambas familias reúnen plantas insectívoras o que se alimentan de nemátodos, gracias a un mecanismo que han desarrollado para atraparlos y digerirlos. Esto les permite vivir en medios escasos en nitrógeno, como las sabanas húmedas de arenas blancas de Pinar de Río e Isla de la Juventud, así como en ciénagas y lagunas naturales y conservadas.

La familia Hydrocharitaceae posee el género *Vallisneria*, cuyas especies son conocidas con el nombre popular de *hierba de manatí*, y se caracterizan por ser plantas acuáticas sumergidas, con hojas en formas de largas cintas en rosetas. El mecanismo de polinización de esta especie es muy curioso. Presenta plantas masculinas y femeninas que, a pesar de vivir sumergidas, sus órganos reproductivos se transportan a la superficie a velocidades muy rápidas para realizar la fecundación, y luego la flor femenina se recoge y el fruto madura, también sumergido, entre las rosetas de hojas de la planta madre. Otras familias interesantes y connotadas son Cuscutaceae y una especie de Lauraceae, conocidas como *bejuco de fideo*. Estas son plantas trepadoras parásitas que se presentan muy finas, sin hojas y de color amarillo en diferentes tonalidades, con ausencia de clorofila, por lo que no son capaces de obtener ni elaborar sus alimentos, tomándolos directamente ya elaborados de la planta hospedera, donde viven enredadas.

Además, las Lorantaceas en sentido amplio, conocidas como *in-jertos* o *palo caballero*, son consideradas como plantas hemiparásitas, ya que, aunque poseen clorofila y son capaces de elaborar sus alimentos, no lo absorben directamente del suelo, sino que extraen la savia bruta del hospedero (la planta sobre la que viven), para lo cual se valen de haustorios, que son órganos especializados capaces de penetrar los tejidos de las ramas de las plantas hospederas.

Si se tiene en cuenta la cantidad de endemismos (13) en relación con el número de especies conocidas de gimnospermas (19), se puede considerar un endemismo alto (68 %), al igual que en las angiospermas, que es del 51 %.

De la flora alóctona (foránea, exótica) se pueden citar incontables ejemplos, entre ellos los tres cultivos básicos del país, que provienen del Asia tropical oriental (caña de azúcar), África oriental montana (café) y América del Sur no andina (tabaco). Lo mismo ocurre con el arroz, el maíz, los frijoles, los cítricos, las viandas, los condimentos, las frutas y otros muchos cultivos de importancia, e incluso con la flor nacional del país, la mariposa, oriunda de Asia tropical oriental, y con algunos de los atributos del escudo nacional, como el laurel y el encino, nativos de Europa y del Mediterráneo. La peor maleza del país, que ha inutilizado miles de hectáreas de tierra cultivable, el marabú, es oriunda de África del sur tropical.

Otros ejemplos de plantas alóctonas que invaden diferentes hábitats en Cuba, favorecidas por determinados niveles de impactos en los ecosistemas, son, en zonas costeras y subcosteras, las casuarinas, el ipil-ipil y el aroma; en acuatorios de agua dulce, el jacinto de agua; en ciénagas y zonas inundables, el weyler, la melaleuca o cayeput, la casuarina; en orillas de arroyos, ríos y cursos de agua, la pomarroza, la caña brava o cañambú, la caña de Castilla, el caisimón de anís y la mariposa; en pinares, mogotes y zonas cársicas (diente de perro) o serpentinosas (cuabales), la hierba jaragua o faragua; en sabanas, el marabú, los eucaliptos, la filigrana; y en zonas de cultivos, orillas de caminos y áreas desprovistas de vegetación natural, la hierba de doncarlos, la yerba de guinea, los romerillos, la escoba amarga y el cardo santo. Un resumen de la diversidad de la flora terrestre de Cuba se muestra en la *Tabla 7*.

Tabla 7. Diversidad vegetal terrestre de Cuba

<i>Reino Plantae</i>	<i>Especies conocidas</i>	<i>Especies estimadas</i>
Bryophyta	921	1000
Pteridophyta	500	630
Gymnospermae	19	20
Angiospermae	6500	7000

Flora marina

En el mundo existen aproximadamente cuarenta y siete especies de plantas vasculares adaptadas a la vida marina. Poseen órganos capaces de mantenerlas flotando, mediante una estructura denominada

aerénquima, formada por grupos de células que rodean los grandes espacios intercelulares. Las hojas y los tallos sumergidos presentan también una organización especial que les permite absorber, directamente del agua, el dióxido de carbono y el oxígeno necesarios, así como las sales nutritivas. Su metabolismo es capaz de procesar las sales del agua de mar. En Cuba se conocen seis especies de plantas vasculares marinas. De ellas la más abundante y de mayor importancia por su papel como alimento y protección de la línea costera en los ecosistemas cubanos es *Thalassia testudinum* (yerba de tortuga o seiba), principal componente de los seibadales, muchas veces acompañada por *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme* (yerba de manatí). La especie *Ruppia maritima* casi nunca se considera como una especie marina, sino de aguas salobres; pero en Cuba ha sido hallada hasta en salinidades mayores que la oceánica (37 %). Las otras dos especies son *Halophila decipiens* y *H. engelmanni*. La primera frecuentemente se encuentra en fondos arenosos (entre 1 y 15 m de profundidad), y la segunda en fondos arenosos y fangosos como la macrolaguna del golfo de Batabanó (de 1 a 5 m de profundidad) (Fig. 34).



Fig. 34. *Thalassia testudinum* con flores.

Importancia de la flora cubana

Las relaciones de las plantas con otros seres vivos son muy importantes. De hecho, la existencia y diversidad de la fauna en cualquier ecosistema está estrechamente vinculada a las características de la flora y vegetación reinante.

Además del papel que desempeña como generadora de oxígeno y de constituir la base de la cadena alimentaria en el planeta, desde tiempos inmemoriales la flora ha sido fundamental en el desarrollo de la humanidad, a la que ha brindado sustento, abrigo e infinidad de materiales para la generación de medicinas, herramientas, etc.

Los ejemplos serían innumerables. Muchos países basan su economía en la producción y exportación de uno o varios productos vegetales. En Cuba son la caña de azúcar, el tabaco y el café. Súmese a esto la importancia de los llamados *frutos menores*, incluidas las viandas, vegetales o legumbres, condimentos, frutas...

Entre otros usos de productos vegetales están el maderable para el suministro de vivienda y materiales de construcción; industrial (ceras, mieles, gomas, tinturas, resinas y lubricantes); artesanal, en la producción de energía (madera para combustible, carbón vegetal); el mantenimiento de los recursos genéticos como contribución fundamental para las variedades de cultivo, la cosmética, la industria de pulpa y papel; la horticultura; el tratamiento de desechos y otros como el ornamental, esotérico-religioso, etc.

Los organismos vegetales tienen también un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas. Los helechos y epífitas son un ejemplo de ello, ya que al ser plantas muy dependientes de las formaciones vegetales donde viven, sus poblaciones reflejan las alteraciones que puedan ocurrir por tala, quema o por fenómenos naturales, por lo que son considerados como «indicadores ecológicos» del estado de su conservación.

Entre los beneficios culturales y estéticos que nos brinda la flora están el turismo ecológico, la práctica de jardinería y la producción y difusión de filmes sobre la vida silvestre.

Las plantas también tienen valor científico, ya que su estudio nos da la posibilidad de conocer el resultado de millones de años de evolución biológica en el planeta. Un ejemplo valioso es la palma corcho

(*Microcycas calocoma*), muy antigua y endémica de Cuba, originada probablemente durante el período Jurásico.

Las plantas marinas (junto con las macroalgas) tienen un papel protagónico en el inicio de la trama alimentaria en el mar, como productoras primarias de materia orgánica y como generadoras de oxígeno. Además de ser un importante alimento, estas plantas sirven de refugio para una gran diversidad de organismos marinos, muchos de interés comercial como langostas, camarones, peces, tortugas, manatíes, etc. La macrovegetación bentónica contribuye a la estabilización de los fondos marinos e interviene, decisivamente, en la producción de la arena biogénica.

Animales

Fauna terrestre y su endemismo

La fauna cubana posee rasgos muy peculiares que están relacionados con su origen, evolución y con la propia naturaleza del territorio. Una de estas características sobresalientes es la gran diversidad de especies, individuos, formas, coloridos y tamaños. La riqueza específica de la fauna terrestre cubana es de 12 791 especies. Se destacan los insectos y moluscos, dentro de los invertebrados, y las aves y reptiles, dentro de los vertebrados, como los grupos más diversos. El endemismo alcanza valores tan elevados como el 53,3 %. Sobresalen los moluscos y los anfibios, grupos en los cuales la gran mayoría de las especies son endémicas (*Tabla 8*).

No obstante esta elevada riqueza de especies, existen grupos muy poco representados en el territorio cubano, como es el caso de los mamíferos, varios de cuyos órdenes están ausentes de la fauna actual y extinta. Algunos grupos, como los murciélagos, si bien no poseen muchas especies, son bastante numerosos en individuos.

El carácter más distintivo de la fauna terrestre cubana es, sin duda, su marcado endemismo y extrema localización de muchas formas animales. La relativa antigüedad (Eoceno superior) de una porción del territorio cubano y la evolución independiente de los principales componentes de su biota, debido al aislamiento geográfico condicionado por la insularidad, fue lo que originó el elevado endemismo que caracteriza la fauna del archipiélago cubano. A esto se suman las condiciones extremas de clima y suelo en determinadas regiones del país,

que propician la existencia de solo aquellas formas capaces de adaptarse a ellas. En todos los grupos de la fauna terrestre cubana, incluyendo aquellos con elevada capacidad de dispersión como las aves, existen especies y subespecies endémicas. Así, por ejemplo, se hallan varias especies de jutías que habitan en un solo cayo, muchos moluscos se encuentran únicamente en un mogote, e incluso diferenciados en subespecies de acuerdo con la ladera que ocupan, varias lagartijas y ranas viven exclusivamente en una montaña o en una localidad determinada, y algunas garrapatas solo habitan en los salones calientes de las cuevas de calor. Los moluscos son los invertebrados de mayor porcentaje de endemismo, mientras que para los vertebrados esta distinción corresponde a los anfibios, seguidos de los reptiles.

Tabla 8. Diversidad y endemismo de la fauna terrestre cubana

<i>Grupo taxonómico</i>	<i>Especies conocidas</i>	<i>Endemismo</i>	<i>%</i>
Nematoda	473	98	20,72
Annelida	51	18	35,29
Plathyelmintes	205	75	36,85
Mollusca	1405	1350	96,08
Crustacea	215	40	18,60
Chilopoda	42	14	33
Diplopoda	90	78	86,67
Insecta	8217	2293-3225	30-40
Arachnida	1417	780	55,05
Pices	57	23	40,3
Amphibia	62	59	95,2
Reptilia	155	129	83,2
Aves	368	26	7,1
Mammalia	34	15	44,11
<i>Totales</i>	<i>12 791</i>	<i>6816</i>	<i>53,3</i>

Las zonas de mayor interés por la diversidad y el endemismo de la fauna se corresponden con los macizos montañosos del oriente:

Sierra Maestra y Nipe-Sagua-Baracoa; del centro: montañas de Guamuhaia; y del occidente: Cordillera de Guaniguanico. Estas regiones montañosas han permanecido emergidas durante mucho tiempo, por lo que se supone hayan albergado los ancestros de nuestra fauna actual. Otros territorios de elevada diversidad y endemismo son para las aves la ciénaga de Zapata, para los reptiles la región costera al sur de la provincia de Guantánamo, y Viñales para los moluscos.

Otro rasgo importante de nuestra fauna es la presencia de fuertes procesos de radiación adaptativa, mediante los cuales los grupos representados se diversifican extraordinariamente produciendo muchas especies emparentadas entre sí, pero que ocupan hábitats y recursos muy diferentes. Tal es el caso de las lagartijas del género *Anolis*, el cual ha tenido un marcado éxito en la colonización de las Antillas, y está ampliamente representado en todas las islas por un sinnúmero de especies y subespecies; también las ranitas del género *Eleutherodactylus*, las hormigas del género *Leptothorax* y los moluscos de la familia Urocoptidae.

La fauna cubana está exenta de animales que representen un grave peligro para el hombre, al no poseer especies venenosas, fieras ni grandes carnívoros. Por otra parte, se pueden encontrar variaciones extremas de la talla con la presencia de algunos récords mundiales, como el ave más pequeña, que es el zunzuncito (*Mellisuga helenae*), el murciélago más pequeño, conocido como *murciélago mariposa* (*Nyctiellus lepidus*) y el mayor de los insectívoros, que es el almiquí (*Solenodon cubanus*). Otras miniaturas, si bien no son récords absolutos por su pequeño tamaño, sí compiten entre las más pequeñas del mundo, como la ranita *Eleutherodactylus iberia*, endémica de Cuchillas del Toa, en la provincia de Guantánamo, y la salamandrita *Sphaerodactylus schwartzi*, endémica de la localidad de Hatibonico, de esta misma provincia.

Es usual encontrar en los textos de Zoología la división de todas las especies animales en dos grandes grupos: invertebrados y vertebrados.

Invertebrados

Los invertebrados no conforman un grupo natural, pues solo representan un cómodo artificio para incluir diferentes taxones que no tuvieron en la evolución un antecesor común, pero que no pueden ser incluidos dentro los vertebrados. En Cuba las especies terrestres están agrupadas en los siguientes phyla y clases (Tabla 9).

Tabla 9. Phyla y clases en las que están representados los invertebrados terrestres cubanos

Invertebrados terrestres	
Phyla	Clases
Tardigrada	
Arthropoda	Insecta
	Collembola
	Chilopoda
	Diplopoda
	Crustacea
	Arachnida
Mollusca	
Annelida	Oligochaeta
Nematoda	
Platyhelminthes	Trematoda
	Cestoidea
	Turbellaria

Tardígrados. El filo Tardigrada está integrado por un escaso número de especies diminutas (la más grande conocida solo mide 1,2 mm) que viven en estrecha asociación con el medio acuático. Las formas dulceacuícolas pueden ser halladas en algas, musgos o en el limo del fondo, aunque otras muchas viven en la fina película de agua que rodea a las hojas de los líquenes y musgos terrestres. La fauna cubana de tardígrados es prácticamente desconocida.

Artrópodos. El filo de los artrópodos incluye animales de cuerpo articulado que presentan un exoesqueleto. Entre ellos están los hexápodos (insectos y colémbolos), miriápodos (milpiés y ciempiés), arácnidos y crustáceos, por solo citar a los más conocidos (Fig. 35).

Miriápodos. Aunque no es un taxón monofilético (esto es, los diferentes grupos que lo integran no poseen un ancestro común), se emplea el término *miriápodos* para referirse a varias clases de artrópodos terrestres, como los ciempiés (Chilopoda) y milpiés (Diplopoda), que son los más conocidos. Algunas de sus formas estuvieron entre los primeros artrópodos que colonizaron el medio terrestre durante el Silúrico.

Quilópodos. Conocidos popularmente como *ciempiés*, estos artrópodos terrestres están representados en la fauna cubana por 43 especies, las que se agrupan en 17 géneros, ocho familias y cuatro órdenes. Es la clase de miriápodos con mayor diversidad, después de Diplopoda. El nivel de endemismo específico es relativamente bajo (34 %). Al menos siete de las especies que no están restringidas al territorio cubano fueron introducidas, accidentalmente, a través del comercio.

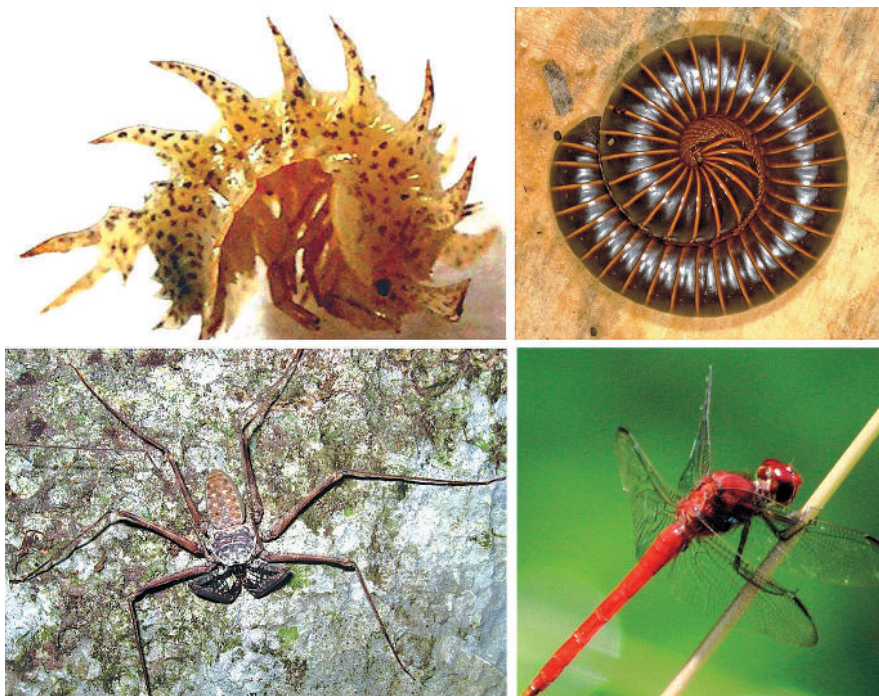


Fig. 35. Los crustáceos, miriápodos, arácnidos e insectos constituyen los grupos más diversos entre los artrópodos (Fotos de A. Sánchez, A. R. Estrada y D. Ortiz).

Los quilópodos más conocidos por la población son los miembros de la familia Scolopendridae, en la que están incluidas las grandes escolopendras (género *Scolopendra*), capaces de ocasionar dolorosas mordidas con sus fuertes y afilados maxilípedos; sin embargo, en la capa vegetal del suelo habitan numerosas especies de color blanco amarillento y aspecto frágil, pertenecientes al orden Geophilomor-

pha. Otro orden (Scutigermorpha) contiene a las dos únicas especies de escutígeras presentes en nuestra fauna, las que suelen ser frecuentes en la zona de penumbra de algunas cuevas, en las oquedades de farallones calizos y debajo de piedras en las áreas costeras.

Todas las especies de ciempiés, con independencia de su tamaño o del hábitat que ocupen, son depredadoras y se alimentan, mayormente, de invertebrados, aunque hay registros de depredación de murciélagos por las grandes escolopendras.

Diplópodos. Por estar tan habituados a estos integrantes de la clase Diplopoda, para las formas más pequeñas se utiliza el nombre común de *milpiés*, en tanto que para las especies de mayor tamaño (género *Rhinocricus*, familia Rhinocricidae, orden Spirobolida) se han acuñado nombres tan curiosos como *mancaperro*, *gusano meón* y *co-cosí*. Este último es un vocablo de origen taíno, en tanto los otros dos hacen referencia, el primero, al efecto que puede ocasionar sobre la piel la sustancia corrosiva que secretan a través de su exoesqueleto, cuando se sienten amenazados, y el segundo término se le aplica, mayormente en Camagüey, por la capacidad que tienen ciertas especies de lanzar, en forma de pulverización, la mencionada sustancia.

Los diplópodos están representados en la artropodofauna cubana por 94 especies, que se agrupan en 27 géneros, 14 familias y siete órdenes. Un elevado número de estas especies (84 %) y géneros (37 %) son endémicos de Cuba. Se destacan por su alta endemidad y diversidad de formas y colores los miembros del género *Amphelictogon*, que posee 18 especies, el 95 % de ellas exclusivas cubanas.

Por su importante función como descomponedores de la materia orgánica, los diplópodos contribuyen al reciclaje de los nutrientes y a la formación de suelos, principalmente en los bosques tropicales y subtropicales.

Insectos. Si consideramos la extraordinaria diversidad, abundancia y notable éxito evolutivo alcanzado por los insectos, no resultaría descabellado afirmar que este planeta representa el paraíso de estos animales articulados, de seis patas y cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen; pero el poder de esta legión de organismos invertebrados no radica solo en su sorprendente superioridad numérica, sino en el tremendo impacto que durante millones de años ha ejercido sobre otros organismos vivos, incluidas las plantas, ya sea a través de com-

plejos mecanismos de coevolución o como parte de variadas cadenas alimentarias. Incontables especies vegetales dependen de ciertos insectos para lograr la polinización de sus flores; y una amplia gama de animales se ha especializado en la captura e ingestión de algún tipo de insecto, en tanto otras, incluida la especie humana, les sirven como huéspedes obligatorios o facultativos,

Ubicado en la región biogeográfica Neotropical, el archipiélago cubano alberga la fauna de insectos más rica de las Antillas. Hasta el momento se han inventariado poco más de ocho mil doscientas especies, que pertenecen a 27 órdenes. Por supuesto, las investigaciones científicas que se desarrollan en el país permiten el descubrimiento de especies nuevas, ya sean nativas o de reciente introducción, por lo que se ha estimado que el monto real de la entomofauna (fauna de insectos) pudiera estar muy próximo a las diez mil especies. Con respecto al endemismo, los cálculos más recientes lo sitúan entre el 40 y el 60 %, aunque existen grupos en los que este es mucho más elevado, mayormente por tratarse de organismos con escasa capacidad de dispersión (poco vágiles). En el caso de las mariposas diurnas, por ejemplo, el endemismo es del 40 %, mientras que en los Trichoptera alcanza el 81 %, en las cucarachas (orden Dictyoptera) es del 64 %, y en los caballitos de San Vicente (Odonata) no sobrepasa el 6 %.

Los órdenes de insectos más diversificados en Cuba son Coleoptera (escarabajos, gorgojos, cotorritas), Lepidoptera (mariposas, tataguas, polillas), Hemiptera (chinchas, saltahojas, chicharras, pulgones, guaguas), Hymenoptera (abejas, avispa, hormigas) y Diptera (moscas, mosquitos, jejenes, tábanos). Estos cinco grupos contienen el 90 % de todos los insectos conocidos del país, por lo que el 10 % restante corresponde a 22 órdenes, algunos de los cuales, como Protura, Megaloptera y Zoraptera, únicamente están representados por una especie (Fig. 36).

Los elementos no endémicos son nativos o introducidos. Entre los nativos están, por ejemplo, muchas mariposas, libélulas y escarabajos. Por otra parte, las especies introducidas provienen de otros territorios, a veces muy lejanos, y su arribo al país puede haber sido fortuito o intencional. Entre las introducciones de forma consciente está la abeja de miel (*Apis mellifera*), que se trajo con fines de explotación comercial. En el mundo moderno, donde los medios de transpor-

tación a largas distancias facilitan cada día, con mayor efectividad, el comercio a gran escala, son muchas las plagas de granos y productos almacenados que exhiben una distribución cosmopolita. Este es el caso, por ejemplo, de algunos gorgojos y polillas del arroz y otros granos.

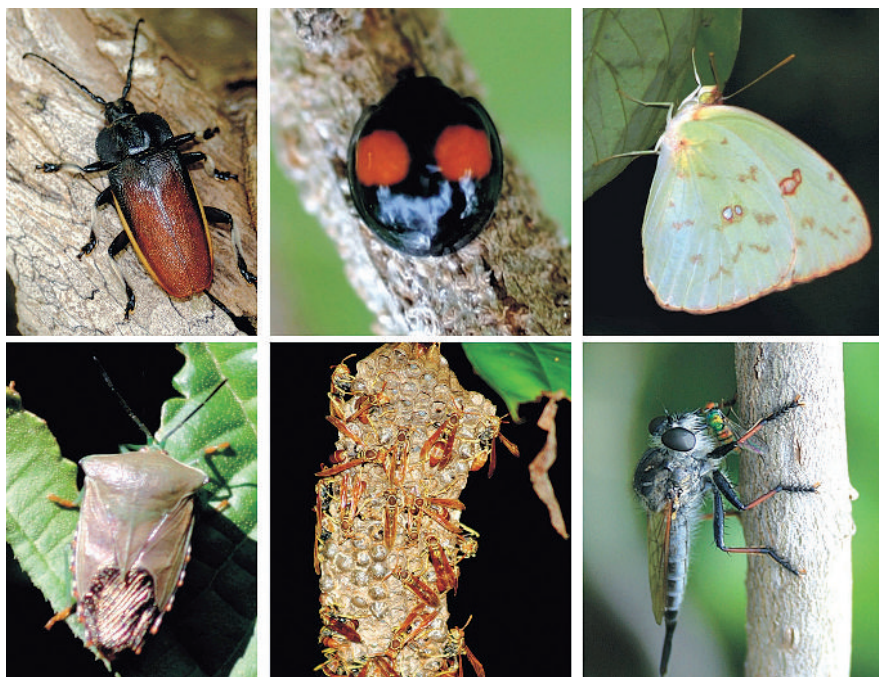


Fig. 36. Coleópteros (los dos primeros a la izquierda), lepidópteros, hemípteros, himenópteros y dípteros son los órdenes de insectos más diversos en la fauna cubana (Fotos de A. R. Estrada).

Las abejas nos proporcionan miel, cera, propóleos, a la vez que desempeñan la imprescindible polinización en nuestros cultivos y bosques. Una numerosa legión de insectos (mariposas, dípteros, algunos coleópteros y avispas) también contribuye a la polinización.

Colémbolos. Durante mucho tiempo estos pequeños y primitivos artrópodos hexápodos, totalmente ápteros (sin alas), y en su mayoría habitantes del suelo, fueron tratados como un orden de la clase Insecta, debido a las similitudes morfológicas entre ambos grupos. En la actualidad son reconocidos como una clase independiente (Collem-

bola), aunque evolutivamente relacionada con aquellos. Los fósiles de colémbolos más antiguos proceden del Devónico de Escocia.

A diferencia de los verdaderos insectos, cuyo abdomen está compuesto por 11 segmentos, los colémbolos solo poseen seis; pero en el cuarto presentan una estructura única, en forma de horquilla (la fúrcula) que les permite saltar en el aire. Otras diferencias con los insectos son la ausencia de ojos compuestos y de metamorfosis. Todas sus formas son de pequeño tamaño, por lo general de no más de 3 mm, aunque los gigantes del grupo alcanzan los 5 mm. La mayoría de sus especies se alimentan de materia vegetal en descomposición, así como de hongos y bacterias; no obstante, algunas son carnívoras y pueden ingerir hasta pequeños nemátodos.

En la fauna cubana los colémbolos están representados por alrededor de ciento veinte especies que pertenecen a 16 familias, el 18 % de las cuales son endémicas cubanas.

Entre todas las comunidades animales que habitan en los ecosistemas edáficos los colémbolos, junto a los ácaros, se destacan tanto por su densidad poblacional como por la importancia de su función como formadores de suelo e indicadores biológicos. Es precisamente por eso que, con mucha frecuencia, son utilizados en investigaciones ecológicas para determinar el grado de antropización de algunos agroecosistemas (como las áreas de pastoreo) y promover la conservación del medio.

Crustáceos. La sorprendente diversidad de formas y de hábitos de vida de los insectos terrestres, los crustáceos la tienen en el medio acuático, la inmensa mayoría de los cuales son marinos, aunque un pequeño grupo se ha adaptado al medio terrestre. Si bien los cangrejos, langostas, camarones y cochinillas de la humedad nos resultan familiares, el fabuloso mundo de estos artrópodos, de cuerpo impregnado de sales calcáreas, es mucho más variado e interesante, e incluye hasta formas parásitas, mayormente de peces.

Considerados hasta hace relativamente poco como un subfilo de los artrópodos, en la actualidad hay muchos que no dudan en tratarlos como un filo independiente.

La fauna carcinológica (fauna de Crustáceos) de Cuba alberga unas mil quinientas sesenta especies, un elevado número de ellas incluidas entre los llamados *microcrustáceos* (rotíferos, cladóceros, anfípo-

dos, copépodos y tanaidáceos). Los únicos representantes, verdaderamente terrestres, son las conocidas *cochinillas de humedad* (orden Isopoda, suborden Oniscidea), en tanto otros, como los macaos y algunos cangrejos y jaibas (orden Decapoda), desarrollan una parte importante de su ciclo de vida en el ambiente terrestre.

De los isópodos terrestres de gran importancia como formadores de suelo, debido a su actividad como descomponedores de materia orgánica, la fauna cubana posee 14 familias y poco más de setenta y cinco especies, muchas de ellas endemismos nacionales. Sobresalen por lo llamativo de su ornamentación corporal varias especies del género *Pseudarmadillo* (familia Delatorreidae), cuyas placas dorsales (pereionitos y pleonitos) están adornadas con espinas y tubérculos foliáceos (Fig. 37).

Otro grupo de gran interés es el de los crustáceos decápodos (cangrejos, jaibas, macaos y camarones), varias de cuyas especies son importantes en la alimentación humana. En el caso de los camarones, algunas de sus especies se han adaptado a vivir en la perenne oscuridad de las aguas subterráneas, por lo que, como resultado de un proceso de adaptación, ostentan la pérdida o reducción de los ojos, la despigmentación y la atenuación de los apéndices, además de ciertos cambios fisiológicos y conductuales. En Cuba se conocen cuatro familias, 12 géneros y 26 especies de camarones dulceacuícolas, 10 de las cuales habitan únicamente en las aguas subterráneas.

En términos generales los crustáceos dulceacuícolas cumplen una función ecológica determinante en la trama trófica de muchas especies de vertebrados acuáticos y semiacuáticos, mayormente peces y aves.

Arácnidos. No es raro que algunos tomen a los arácnidos por insectos; pero entre los principales caracteres que los diferencian están la presencia de un par de quelíceros, carencia de antenas y alas, posesión de cuatro pares de patas (excepto en los estadios larvales de los ácaros y ricinúlidos, que tienen solo tres pares) y cuerpo no segmentado, dividido en dos regiones: cefalotórax y abdomen.

En el archipiélago cubano están representados todos los órdenes de la clase Arachnida. Es el único país antillano con especies del orden Ricinulei. Además, los órdenes Araneae (arañas), Schizomida (esquizómidos) y Scorpiones (alacranes) se hallan entre los de mayor riqueza de especies en el área, con Palpigradi y Thelyphonida, los que

cuentan con menor cantidad de especies descritas: una y tres, respectivamente. En lo que concierne al endemismo, Opiliones, Palpigradi, Ricinulei, Solifugae y Thelyphonida presentan la totalidad de sus especies restringidas a Cuba. Por otra parte, el 98 % de las especies de Schizomida presentes en la fauna cubana son endemismos de este país (Fig. 38).



Fig. 37. *Pseudarmadillo* sp., un bello isópodo terrestre, endémico de Cuba (Foto: L. F. de Armas).

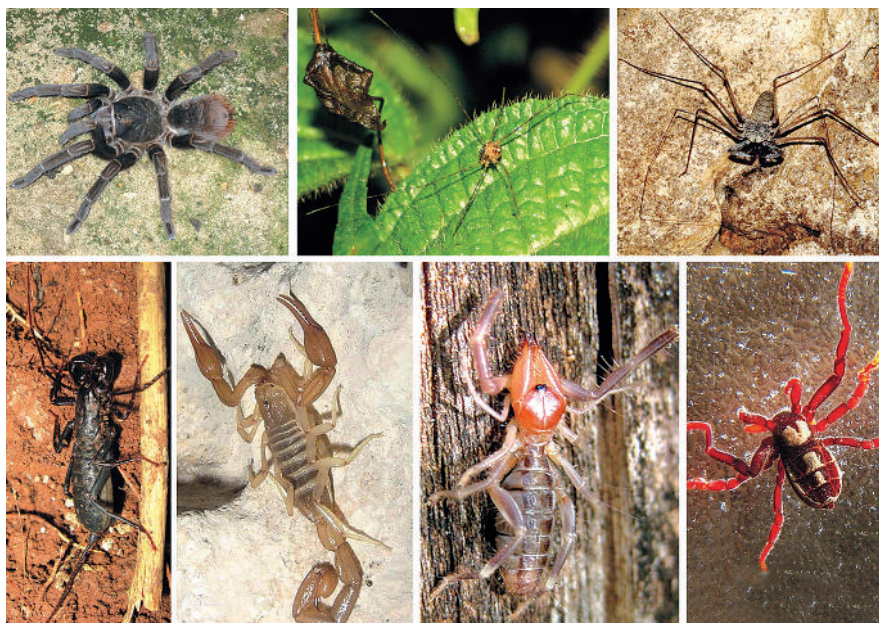


Fig. 38. Las arañas, opiliones, amblipígidos, vinagrillos, escorpiones, solífugos y ricinúlidos son algunos de los representantes de la clase Arachnida (Fotos: L. F. de Armas, R. Teruel, D. Ortiz, A. R. Estrada y M. da Silva).

Excepto las garrapatas, algunos grupos de ácaros y los opiliones, la inmensa mayoría de los arácnidos son depredadores generalistas, por lo que desempeñan una relevante función reguladora en los ecosistemas donde habitan. Se ha demostrado la importancia de las arañas y opiliones en varios agroecosistemas.

Algunos grupos de ácaros representan magníficos indicadores de la calidad de los suelos, a la vez que contribuyen a su formación. Otros, sin embargo, son plagas importantes de las plantas, mientras que numerosas especies son parásitas o comensales de animales y el hombre.

La diversidad en sus formas de vida y morfología, así como su pequeño tamaño, complejidad e importancia es tal, que por lo general las investigaciones relacionadas con ellos se aglutinan en una disciplina independiente: la Acarología.

Conocidos desde épocas remotas por el hombre, las garrapatas, los ácaros de la sarna, los escorpiones o alacranes y las arañas han

formado parte consustancial del folclor y la cultura de todas las civilizaciones.

Las toxinas de las especies más letales para el hombre son empleadas en la actualidad en un considerable número de medicamentos, en tanto la seda producida por algunas arañas, como las pertenecientes a los géneros *Nephila* y *Latrodectus*, se emplean en la industria de tejidos altamente resistentes.

También con los alérgenos que poseen algunas especies de ácaros domésticos se fabrican vacunas terapéuticas (Fig. 39).



Fig. 39. *Argiope argentata* y *Nephila clavipes*, dos especies de arañas representadas en Cuba (cortesía de Rafael Vega Joga y A. R. Estrada, respectivamente).

Moluscos terrestres. Los moluscos se originaron en los mares primitivos hace alrededor de quinientos millones de años; pero algunas de sus especies colonizaron la tierra firme, dando lugar a una amplia gama de formas terrestres y dulceacuícolas, la mayoría de ellas provistas de una concha calcárea que les brinda protección (Fig. 40).

Las *babosas*, que carecen de concha externa, y los *caracoles*, nombres con los que popularmente conocemos a estos invertebrados, son elementos importantes de la fauna de Cuba que, con justeza, ha sido llamada «el paraíso de los malacólogos» (especialistas en moluscos), debido a la extraordinaria riqueza de especies que pueblan la isla y sus territorios insulares; pero yuxtapuesta a tal diversidad de formas se presenta un elevado endemismo de especies (96 %), fuertemente influenciado por la variedad de hábitats, el aislamiento geográfico, la

historia geológica del archipiélago cubano y los hábitos de vida de estos organismos, la mayoría de ellos sedentarios y con escaso poder de dispersión.



Fig. 40. Los moluscos poseen especies sin concha externa, como las babosas, en tanto otras tienen una concha que varía en forma y colorido, según los diferentes taxones.

Mientras que en las provincias orientales las polimitas (especies del género *Polymita*) resaltan por la fascinante belleza de su colorido, en occidente este lugar lo ocupan las especies del género *Viana*, de exquisito diseño cromático. No pueden obviarse las conocidas *guanajitas* (especies del género *Liguus*), de elegante forma y hermosa combinación de colores (Fig. 41). Y aunque no resaltan por sus matices, el delicado diseño de la concha de algunos urocóptidos (familia Urocop-tidae) sorprende y maravilla.

Los moluscos terrestres poseen un innegable interés socioeconómico. Algunas especies, como *Zachrysia guanensis*, es comestible, y aunque en Cuba no existe el hábito de incluirla como un alimento más de la mesa criolla, su alto valor proteico la hace un codiciado plato de la cocina francesa, entre otras. Las conchas de numerosas especies, entre ellas las de polimitas, vianas y guanajitas, son utilizadas por muchos artesanos en la confección de atractivos objetos típicos, lo que ha afectado a sus poblaciones naturales. Otras especies merecen especial atención debido a su función biológica como hospederos intermediarios de algunos parásitos que afectan tanto al hombre como a los animales domésticos. Y en los viveros de plantas forestales y ornamentales, así como en los jardines y huertos, las babosas y algu-

nos «caracoles» como *Zachrysis auricoma* y *Praticolella griseola* son plagas importantes debido al daño que provocan a los brotes, flores, frutos y hojas.



Fig. 41. Representante del género *Liguus* en Cayo Santa María, Villa Clara (cortesía de Rafael Vega Joga).

Moluscos fluviales. Cuba no es un país de grandes ríos ni de extensos lagos, por lo que su fauna dulceacuícola en general es relativamente pobre; no obstante, posee 56 especies de moluscos fluviales, varias de las cuales son de especial interés médico-veterinario. Un dato curioso es que algunas de estas especies han arribado a nuestro

territorio en forma de huevo, transportadas en el fango adherido a las patas de ciertas aves acuáticas.

Entre los moluscos fluviales de mayor interés sanitario en Cuba están las dos especies pertenecientes a la familia Linneidae, transmisoras de la duela del hígado (*Fasciola hepatica*), así como las cinco especies del género *Biomphalaria* (familia Planorbidae), transmisoras del parásito *Schistosoma mansoni*, causante de la esquistosomiasis, enfermedad no presente en Cuba, pero muy común en otros países de América, África y Asia.

Un caso notorio es el de *Tarebia granifera*, un pequeño molusco invasor registrado por primera vez en Cuba en 1972, y que una década más tarde ya había colonizado con gran éxito gran parte de los ríos y arroyos de toda la isla.

Como dato curioso, la especie más pequeña de la malacofauna fluvial cubana es *Pisidium casestranum*, de distribución cosmopolita; en tanto las que alcanzan mayor talla son las dos especies de almejas nacaríferas (familia Unionidae), exclusivas de los ríos de Cuba occidental.

Anélidos. Entre los representantes del filo Annelida se encuentran las conocidas lombrices de tierra (clase Oligochaeta), las lombrices marinas (clase Polychaeta) y las sanguijuelas (clase Hirudinea), que son de hábitos acuáticos.

Oligoquetos. Aunque la mayoría de sus especies son terrestres, otras son de hábitos acuáticos. En la fauna cubana se han inventariado hasta el momento 46 especies que pertenecen a 24 géneros y ocho familias. Poco más de la tercera parte de sus especies son exclusivas del país; no obstante, no se puede considerar que sea este un grupo bien conocido en Cuba, por lo que es de esperar el descubrimiento de nuevos taxones en el futuro.

Entre las especies introducidas se encuentran tres que se emplean de modo intensivo para la obtención de abono orgánico en forma de *humus* de lombriz, de amplia utilización por su valor como fertilizante natural de bajo costo de producción y fácil elaboración.

Con independencia de la importante función que realizan las lombrices en los suelos, al aumentar la ventilación y mejorar las propiedades de este mediante el movimiento de nutrientes, algunas especies también se emplean en la alimentación animal y humana, por ser una valiosa fuente proteica.

Nemátodos. Este es, junto con los insectos y crustáceos, uno de los grupos de invertebrados de más amplia distribución y diversificación. Viven tanto en ambientes acuáticos como terrestres, e incluyen especies parásitas de plantas y animales. Por lo general, son cilíndricos, con los extremos aguzados, de tamaño que varía entre 0,5 y 1,0 m. Los machos son menores que las hembras. Entre sus representantes más conocidos están la lombriz intestinal (*Ascaris lumbricoides*) y los oxiuros (*Enterobius vermicularis*), este último un parásito que habita en el colon de los seres humanos, principalmente en niños.

De alrededor de veinte mil especies conocidas en el mundo, en Cuba están presentes poco más de quinientas sesenta, de las que 475 son terrestres, la mayoría de ellas parásitos de animales.

La mayor importancia socioeconómica de estos organismos está dada por los daños que ocasionan a la salud humana, los animales domésticos y las plantas cultivadas; no obstante, en la naturaleza existen muchos casos en los que el parásito vive en armonía con su huésped, sin causarle daño, tal y como sucede, por ejemplo, con las diversas especies de nemátodos que habitan en el tracto digestivo de los grandes diplópodos del género *Rhinocricus* (los llamados *manca-perros* o *cocosi*). Otras especies se utilizan en el control biológico de plagas en los cultivos.

Platelmintos. Los llamados *gusanos planos* pertenecen a las clases Trematoda y Cestoda. Con algo más de cinco mil especies, es un grupo menos conocido que los nemátodos.

Tremátodos. Son especies con ciclo de vida directo, en un solo hospedero, por lo general son parásitos de peces y se agrupan en los llamados *tremátodos monogenéticos*. Por otra parte, los Digenéticos son parásitos de otros vertebrados y poseen más de un hospedero. La especie más común de este último grupo es la duela del hígado (*Fasciola hepatica*), parásita del hígado de vacas y carneros, primordialmente.

Estos gusanos planos son de tamaño que varía desde unos pocos milímetros hasta varios centímetros, y se fijan al tejido de su hospedero mediante ventosas. En Cuba se conocen hasta el momento 198 especies, de las cuales 111 son terrestres. La importancia de los tremátodos es médico-veterinaria, debido a sus hábitos parasitarios en humanos y otros vertebrados.

Céstodos. Estos son gusanos planos de cuerpo segmentado y alargado, en forma de cinta, cuyos anillos (proglotis) se forman a partir de una zona de crecimiento posterior a la cabeza. Se fijan al hospedero mediante ventosas y un órgano (rostelo) provisto de ganchos. El más conocido de los céstodos es la llamada *lombriz solitaria* o *tenia* (*Taenia saginata*), capaz de producir serios trastornos gastrointestinales y a veces nerviosos, mayormente en niños, así como raquitismo. En Cuba se conocen 88 especies (82 de ellas parásitas de vertebrados terrestres).

Al igual que sucede con los céstodos, la mayor importancia de estos organismos es médico-veterinaria debido a sus hábitos parasitarios en humanos y otros vertebrados.

Turbelarios. Aunque la mayoría de estos gusanos planos son de vida acuática (incluyen a las conocidas *planarias*), aunque algunas terrestres. En la fauna de Cuba se conocen cuatro especies, pero es un grupo apenas estudiado.

Vertebrados

Conforman un grupo natural, ya que poseen un antecesor común. Se caracterizan por presentar, durante la fase embrionaria, una estructura a modo de cuerda dorsal llamada *notocordio*, que en el curso del desarrollo es reemplazada por cartílago o hueso, formando la columna vertebral o espina dorsal. Poseen hendiduras (o bolsas) branquiales faríngeas y un cordón nervioso dorsal. Por todo esto, junto con los protocordados, se agrupan en Cordados. Los protocordados son marinos y se tratarán en el epígrafe de la fauna marina. Se dividen en tres grupos: hemicordados, urocordados y cefalocordados. Los vertebrados con frecuencia tienen cola, son animales con simetría bilateral y poseen un cerebro bastante desarrollado. Se dividen en cinco clases: Pisces, Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia.

Peces de agua dulce. La ictiofauna fluvial cubana (fauna de peces de agua dulce) es bastante exigua, si se compara con otros grupos de vertebrados. Es en las especies autóctonas en las que se hará énfasis, ya que hay una gran cantidad de especies de peces que han sido introducidos principalmente con fines alimentarios. Muchas de ellas han ocasionado severos daños a las especies nativas.

Un ejemplo de una introducción reciente es la del pez gato africano (*Clarias gariepinus*), cuyos efectos sobre los ecosistemas aún están por evaluar.

En Cuba, existen 57 especies de peces con hábitos fluviales, agrupadas en 36 géneros y 19 familias. De estas, 23 (40,3 %) son endémicas, y tres géneros exclusivos del país: *Alepidomus*, *Quintana* y *Girardinus*.

De las 57 se encuentran 19 que viven en los manglares, la desembocadura de los ríos y las bahías cerradas, donde predomina agua salobre. Estas especies pueden remontar río arriba y permanecer en aguas completamente dulces; también pueden descender hasta las aguas oceánicas, totalmente salinas. Son eurihalinas, soportan grandes tenores de salinidad y se agrupan en las siguientes familias: Lutjanidae, con una especie: el caballero; Elopidae, con una especie: el sábalo; Mugilidae, con cuatro especies de lisas; Centropomidae, con cinco especies de róbalos; Gobiidae, con seis especies de sapitos.

Las restantes familias contienen las especies habituadas a agua dulce, entre ellas Bithitidae agrupa a los peces ciegos, y Lepisosteidae incluye al manjuarí. Los peces ciegos, pertenecientes al género *Lucifuga*, presentan hábitos de vida muy peculiares, pues se han adaptado a vivir en las aguas subterráneas de las cuevas donde apenas penetra la luz, o en la oscuridad absoluta. Han evolucionado con cambios adaptativos, entre los que se destacan despigmentación y pérdida de la visión. Cuba se caracteriza por poseer el mayor número de especies (tres) de la región antillana.

El manjuarí (*Atractosteus tristoechus*) es una reliquia viviente de nuestra ictiofauna, caracterizada por presentar el cuerpo protegido por escamas esmaltadas o acorazadas. Su surgimiento se remonta al período Jurásico y apenas ha evolucionado. En este período poblaron las aguas con numerosas especies, después empezaron a declinar y actualmente la familia está representada por solamente ocho especies: seis viven en Norteamérica, una en Centroamérica y el manjuarí, endémico de las provincias occidentales, incluyendo la Isla de la Juventud; no obstante, es en la ciénaga de Zapata donde existen las mayores poblaciones (Fig. 42).



Fig. 42. El manjuarí (*Atractosteus tristoechus*), reliquia viviente de nuestra ictiofauna.

Otra familia de extraordinario interés científico es Poeciliidae, que agrupa a los guajacones y similares, peces de talla relativamente pequeña. Es la más diversa, con 16 especies, 15 endémicas de Cuba. Se les tiene como los auxiliares silenciosos de los epidemiólogos, porque la mayoría de las especies ingieren grandes cantidades de mosquitos y sus larvas.

Un cuarto de los peces de agua dulce se distribuye a lo largo del territorio nacional, alrededor del 59,0 % confinado al occidente cubano y a la Isla de la Juventud. La mayoría de los peces de agua dulce viven en lagunas y corrientes de agua dulce de las zonas bajas del territorio, aunque también se pueden observar algunas especies en zonas montañosas.

Anfibios. Los anfibios son un componente significativo de la biota, por ser abundantes, y funcionalmente importantes en la mayoría de los hábitats terrestres y dulceacuícolas de las regiones tropicales, subtropicales y templadas. En Cuba es un grupo de gran interés científico, ya que presenta alto índice de endemismo (95,2 %) y de diversidad de especies (62); no obstante, hasta el presente se han estudiado poco. Entre las ranas, el género *Eleutherodactylus* es el de mayor número de especies, con 52 reconocidas para Cuba, las cuales exhiben variados colores y tamaños; la mayoría son diminutas. Viven en diversos hábitats donde ocupan varios sustratos. El ciclo de vida completo puede transcurrir en lo alto de un árbol, en una cueva o en una montaña, lo cual explica el enorme éxito evolutivo de estas ranas.

Las especies del género *Eleutherodactylus* se caracterizan por tener desarrollo directo, es decir, carecen de fases larvales o renacuajos, y unas réplicas pequeñísimas de las ranas adultas emergen de los huevos. Una de las ranas más pequeñas del mundo, *Eleutherodactylus iberia*, con aproximadamente 10 mm de longitud hocico-cloaca, habita en la zona de Cuchillas del Toa, provincia de Guantánamo. La más conocida y común de todas las especies de anfibios cubanos es la rana platanera (*Osteopilus septentrionalis*) (Fig. 43), única especie de este género en el país, donde tiene una distribución geográfica amplia. Las ocho especies de sapos pertenecen al género *Peltophryne*, entre las que se destaca *P. peltocephala*, el sapo común, de hasta 8 cm de longitud.

En algunas ranas y sapos el macho se sitúa encima de la hembra en el momento de la cópula, y la abraza por las axilas, estimulando así la salida de los óvulos y de los espermatozoides para que ocurra la fecundación externa.

Muchas veces se incurre en el error de creer que el sapo y la rana forman una pareja de macho y hembra; en realidad, son especies diferentes. Se pueden distinguir porque, a diferencia de las ranas, los sapos tienen la piel cubierta de grandes verrugas, poseen glándulas venenosas y la cabeza muy osificada y con crestas craneales de gran desarrollo; además, carecen de los discos adhesivos presentes en la punta de los dedos de las ranas. Debido a esta última estructura, las ranas logran trepar con facilidad por superficies verticales, como los troncos de los árboles.



Fig. 43. *Osteopilus septentrionalis* (rana platanera), única especie del género en nuestro país.

Los anfibios tienen gran importancia biológica por intervenir en las tramas tróficas, como consumidores de grandes volúmenes de insectos, arácnidos y moluscos, actuando como controladores biológicos. Ellos a su vez son presas de diferentes grupos de animales, como aves y serpientes.

Por otro lado, los anfibios poseen características biológicas que permiten medir la salud de los ecosistemas, por lo cual son indicadores sensibles del deterioro ambiental. Algunos anfibios, como la rana toro, son consumidos por el hombre. El veneno de los sapos es utilizado para la obtención de compuestos alucinógenos y para la industria farmacéutica. Muchas especies sirven de inspiración para el folclore, las artes y las campañas comerciales. Son fetiches de suerte para numerosas culturas, y empleadas también como animales de laboratorio y docencia.

Reptiles. Los reptiles forman parte de todos los ecosistemas del archipiélago cubano, donde ocupan los hábitats más diversos, con preferencia por los bosques húmedos, aunque también es posible encontrarlos en lugares modificados por el hombre, como son cultivos

y zonas urbanas. Este grupo zoológico incluye a los cocodrilos, quelonios (tortugas marinas y jicoteas), lagartos y serpientes.

La fauna de reptiles cubana cuenta con 155 especies (150 terrestres y cinco marinas), agrupadas en 29 géneros, 20 familias y tres de los cuatro órdenes vivientes en el mundo.

Dentro de las Antillas, Cuba ocupa el segundo lugar en cuanto a la riqueza de especies, superada solo por La Española. En Cuba viven 129 especies endémicas de reptiles, lo que representa el 83,2 %. Es el segundo grupo, por su diversidad y endemismo, dentro de los vertebrados cubanos.

Existen especies que se distribuyen ampliamente por toda la isla y cayos adyacentes, las hay que solo habitan en una porción del territorio cubano, mientras que otras, de distribución mucho más restringida, viven confinadas a unas pocas, e incluso a una sola localidad dentro de una región. La mayoría de los reptiles cubanos muestran este último patrón de distribución, lo que los hace muy vulnerables a las transformaciones de sus hábitats naturales.

Un rasgo peculiar de esta fauna de reptiles es el de no haber especies venenosas o tóxicas, ni que agredan al hombre si no son molestadas por este en sus refugios o en los lugares donde habitan.

Entre las especies más atractivas se encuentra el mayor de los lagartos: la iguana (*Cyclura nubila*) (Fig. 44) y el mayor de las serpientes: el majá de Santa María (*Epicrates angulifer*) (Fig. 44). También los de muy pequeña talla están presentes, como la salamanquita (*Sphaerodactylus schwartzi*), considerada el segundo reptil más pequeño del mundo, con una longitud hocico-cloaca entre 18 y 20 mm.

La clase Reptilia es un grupo zoológico importante como indicador ecogeográfico, por sus características de gran territorialidad, poca capacidad de dispersión a grandes distancias y elevada diversidad. La mayoría de sus representantes son consumidores secundarios, por lo que destruyen gran cantidad de insectos, potencialmente nocivos a la agricultura y a la salud humana y animal. A su vez, estos animales son presas de otros, por lo que intervienen en importantes redes alimentarias que tienen lugar en la naturaleza, y contribuyen a su mantenimiento del equilibrio ecológico. Algunos reptiles son utilizados como alimento para el consumo humano (caguama, cocodrilo, jicotea, etc.). De otros se emplea la piel o el carapacho para la elaboración de artícu-

los artesanales (cocodrilo, majá y carey). La grasa de algunas especies tiene un amplio uso medicinal para la cura de algunas afecciones respiratorias y osteomusculares (cocodrilo y majá), y a los huevos del carey se les atribuyen propiedades afrodisíacas. Otros, como la jico-tea, son utilizados en el folclor como símbolo de la buena suerte.



Fig. 44. *Cyclura nubila* (iguana) y *Epicrates angulifer* (majá de Santa María) son especies muy atractivas y entre las de mayor tamaño de nuestra herpetofauna.

Aves. Las aves son el grupo más diverso de los vertebrados. La presencia del cuerpo cubierto de plumas (estructura que las caracteriza), las extremidades anteriores modificadas en alas, huesos ligeros (conocidos como *huesos neumáticos*), sistema respiratorio muy eficiente y otras características de su anatomía, les han dado la posibilidad de volar, lo que a su vez les ha facilitado la conquista de todos los medios, poblando desde las zonas árticas hasta la antártica.

Teniendo en cuenta que ave cubana es toda aquella que se encuentre en nuestro territorio, o lo utilice en su tránsito hacia otras tierras en sus migraciones, se han registrado para Cuba 368 especies. De ellas, 132 nidifican en el archipiélago y 236 son migratorias. Se destacan 26 especies endémicas, entre las que merecen ser mencionadas el Toco-ro-ro (*Priotelus temnurus*) (Fig. 45), ave nacional; el Zun-zun-cito (*Mellisuga helenae*), que con sus 5,5 cm desde los extremos del pico hasta la cola es el ave más pequeña del mundo; la Cartacuba o Pedorrera (*Todus multicolor*) (Fig. 45) y la Ferminia (Fig.46). Muchas son las aves cubanas conocidas por nuestro pueblo. Tal es el caso de la Cotorra (*Amazona leucocephala*), la que al tener la habilidad de

imitar sonidos puede reproducir frases del lenguaje del hombre; la Tiñosa (*Cathartes aura*), por el papel que juega en el saneamiento de los campos, al alimentarse de animales en descomposición; los gavilanes en general, por la falsa idea que tiene el campesinado de que se alimentan de pollos, y es solo el Gavilán Colilargo (*Accipiter gundlachi*), especie endémica, muy escasa y en peligro de extinción, el que se alimenta únicamente de aves; la Garza Ganadera (*Bubulcus ibis*), que por su costumbre de acompañar al ganado mayor, para cazar los insectos que espantan al caminar, se le atribuye la función errónea de eliminarle las garrapatas al ganado. Otras también son conocidas por sus cantos o por ser aves ornamentales.



Fig. 45. El Tocororo (*Priotelus temnurus*), nuestra ave nacional, y la Cartacuba o Pedorrera (*Todus multicolor*).

Desde tiempos inmemoriales el hombre ha domesticado diferentes especies de aves para su beneficio. En Cuba, desde la llegada de los colonizadores españoles se han introducido algunas con este propósito. Tal es el caso de gallos y gallinas (*Gallus gallus*), Guanajo (*Meleagris gallopavo*), Pavo Real (*Pavo cristatus*), Paloma (*Columba livia*) y Pato Doméstico (*Cairina moschata*). Estas dos últimas, conjuntamen-

te con el Gorrión (*Passer domesticus*), la Gallina de Guinea (*Numida meleagris*) y el Faisán de Collar (*Phasianus colchicus*) se han escapado del cautiverio o liberadas al medio silvestre, y hoy comparten diferentes ecosistemas con las especies nativas,



Fig. 46. *Ferminia cerverae*, ave endémica.

Algunas aves han sido utilizadas en las ceremonias y prácticas de la religión afrocubana (palomas, Cotorra, Tiñosa y Lechuza).

El uso cinegético (cacería) es uno de los más generalizados, ya sea con fines deportivos o para mantenerlos en jaulas, como aves de compañía. En la cacería deportiva se destaca el empleo de los patos, gallaretas, gallinuelas y la Becacina (*Gallinago gallinago*). Dentro de las aves de compañía tiene gran arraigo el empleo de las aves canoras como son el Tomeguín del Pinar (*Tiaris canora*), el Tomeguín de la Tierra (*Tiaris olivacea*), el Negrito (*Melopyrrha nigra*), el Sinsonte (*Mimus polyglottos*), el Azulejo (*Passerina cyanea*) y otras. Una modalidad más reciente en el uso de las aves cubanas es su observación, como parte del turismo de naturaleza, con el cual, además de conocer la avifauna, se puede enseñar a cuidarla.

La capacidad de vuelo de las aves les ha facilitado la conquista de nuevos territorios. A Cuba han arribado y se han establecido de forma

natural diferentes especies, como la Garza Ganadera (*Bubulcus ibis*), el Yaguasín (*Dendrocygna bicolor*), el Pato de Bahamas (*Anas bahamensis*), el Pájaro Vaquero (*Molothrus bonariensis*), y más recientemente la Monja Tricolor (*Lonchura malacca*) y la Tórtola de Collar (*Streptopelia decaocto*). Algunas de estas especies, como el Pájaro Vaquero, pudieran tener una incidencia negativa sobre la avifauna autóctona.

Mamíferos. La fauna cubana de mamíferos, al igual que la antillana, se caracteriza por una baja diversidad de especies si la comparamos con México, región continental cercana, donde se han registrado 450 especies. En el archipiélago cubano existen solo 34 especies de mamíferos terrestres nativos, de los cuales 15 son endémicos, por lo que el porcentaje de endemismo (44,1 %) también resulta bajo. Se encuentran incluidos en los órdenes Chiroptera (murciélagos), Rodentia (jutías) e Insectivora (almiquí). En tiempos prehistóricos la fauna de mamíferos de Cuba fue más amplia; existieron numerosas especies de edentados o perezosos (orden Xenarthra), monos (orden Primates) y otros roedores e insectívoros ya extintos.

Chiroptera es el orden de mamíferos más diverso en Cuba. En la actualidad existen 26 especies de murciélagos. Entre estas se destacan el murciélago pescador (*Noctilio leporinus*) (Fig. 47), que se alimenta de peces e invertebrados acuáticos, y es una de las más grandes de los trópicos americanos. Una característica de la fauna de murciélagos de Cuba es la efectiva utilización de las cuevas como refugios diurnos. Del total de especies cubanas, 16 utilizan las cuevas como refugios y 10 son, estrictamente, cavernícolas. Entre estas últimas se incluye *Phyllonycteris poeyi*, conocido como *murciélago de las cuevas de calor*, por utilizar casi exclusivamente este tipo de refugio. Allí forman colonias que pueden alcanzar los cientos de miles de individuos, sin duda las mayores concentraciones de mamíferos observados en Cuba. Las cuevas son el hábitat crítico para la mayoría de los murciélagos, por lo que el cuidado de estas es esencial para la conservación de muchas especies. En los ecosistemas cubanos los murciélagos tienen una gran importancia como polinizadores de plantas y dispersores de semillas hacia zonas afectadas, naturalmente o abandonadas por la agricultura, contribuyendo a que se restablezca la vegetación natural y se detenga la degradación de los suelos. Por otra parte, al-

gunas especies se alimentan solamente de insectos y son efectivos controladores naturales de plagas agrícolas y humanas.



Fig. 47. *Noctilio leporinus*, conocido como *murciélago pescador*, se alimenta de peces e invertebrados acuáticos.

Las jutías pertenecen a un grupo de roedores endémico de las Antillas: la familia Capromyidae. Estos mamíferos herbívoros, de hábitos esencialmente arborícolas y nocturnos, han tenido un gran éxito adaptativo en el archipiélago cubano. Existen en la actualidad siete especies endémicas. Las jutías se encuentran dispersas por todo el archipiélago. Algunas, como la jutía conga (*Capromys pilorides*) (Fig. 48) y la jutía carabalí (*Mysateles prehensilis*) presentan una amplia distribución en la mayor parte de Cuba, y otras son de distribución muy restringida: habitan solo en algunos pequeños cayos de mangles del archipiélago.



Fig. 48. *Capromys pilorides* (jutía conga), una de las siete especies de jutías exclusivas de nuestro país.

El almiquí (*Solenodon cubanus*) es un insectívoro considerado como un «fósil viviente» por presentar características muy primitivas. Antiguamente el almiquí estuvo distribuido por toda la isla de Cuba; se han encontrado restos fósiles en la provincia de Pinar del Río y en el Escambray. Se considera que en la actualidad solo quedan poblaciones en los bosques más conservados de la provincia de Guantánamo.

A la llegada de los españoles a Cuba comenzó un proceso de «enriquecimiento» de la mastofauna (fauna de mamíferos). Muchas especies se establecieron con éxito en el archipiélago y otras no se adaptaron. Algunas, como las ratas y ratones quizás entraron accidentalmente debido al comercio; sin embargo, otras fueron traídas como animales de compañía (perros y gatos), trabajo (mulos), cinegéticos (jabalí, venados) o como controladores de plagas (mangosta). Muchos de estos animales en la actualidad presentan poblaciones asilvestradas, y generalmente son elementos muy nocivos para la fauna nativa.

Fauna marina

Invertebrados

Esponjas (phylum Porifera). Se consideran los organismos más primitivos entre los animales multicelulares. En el Gran Caribe existen más de seiscientas especies, y de Cuba, hasta la fecha, se han registrado 280. Las esponjas calcáreas (Calcispongiae) y las silíceas (Hexactinellida) han sido poco estudiadas. Están presentes prácticamente en todos los hábitats marinos, con una alta biomasa, aunque su diversidad de especies es mayor en los arrecifes. Realizan múltiples funciones en el medio marino: mantienen elementos biogénicos del ecosistema retenidos en su biomasa; brindan refugio y alimento a larvas, juveniles y adultos de gran cantidad de criaturas del arrecife que viven en sus recámaras, tales como los ofiuros, crustáceos, vallas y ostiones, tunicados, algunos gusanos, anfípodos e isópodos, e incluso peces. Solo unos pocos peces y tortugas consumen esponjas debido a su estructura fibrosa y sus espículas silíceas, así como por las sustancias tóxicas que producen. Estas últimas también son peligrosas para el hombre.

Las esponjas son competidores por la ocupación del espacio en los arrecifes, y algunas intervienen en el proceso de petrificación de sedimentos. Las esponjas perforantes juegan un papel muy importante en la bioerosión del material calcáreo, y contribuyen a la formación de sedimentos y renovación del arrecife. Sirven además como valioso y útil bioindicador del grado de severidad y estabilidad ambiental. Al menos doce especies de esponjas presentan propiedades analgésicas, antiinflamatorias y de acción sobre el sistema nervioso. Media docena de especies del Atlántico Occidental Tropical son comerciales tradicionales. En Cuba se explotan *Hippospongia lachne* (conocida como esponja «hembra») y tres especies llamadas esponjas «macho»: *Spongia graminea*, *S. obscura* y *S. barbara* (Fig. 49).

Celenterados (phylum Cnidaria). Grupo muy diverso de organismos que representa un paso de avance en la evolución de los metazoos. Poseen simetría radial, sin cabeza definida, y forman tejidos y órganos, cuyo mejor ejemplo es el tejido nervioso, formado por protoneuronas, primeras células nerviosas verdaderas del reino animal. Una característica general es la presencia de órganos urticantes lla-

mados *nematocistos*, que se liberan cuando entran en contacto con sus presas o se sienten atacados.



Fig. 49. Especies de esponjas presentes en nuestros mares.

Los celenterados forman un heterogéneo grupo de animales, completamente acuáticos y mayoritariamente marinos, como los corales, las gorgonias, los hidrozoos, las aguamalas y las anémonas. Pueden ser solitarios o formar colonias, y presentar dos tipos morfológicos de individuos: pólipos y medusas. En algunas especies se dan ambos tipos, mientras que en otras solamente uno, ya sea de pólipo o de medusa. Actualmente los zoólogos consideran cuatro clases de celenterados: Hydrozoa, Anthozoa, Scyphozoa y Cubozoa.

Los hidrozoos pueden ser solitarios o coloniales, presentan pólipos asexuales y medusas sexuales, aunque uno de los tipos morfológicos puede faltar. Las medusas poseen un velo. Los hidrozoos son en su mayor parte marinos, con algunas especies de aguas salobres y dulces.

Hasta el presente se han citado en Cuba 109 especies de hidrozoos. Algunos, como los corales de fuego, secretan un esqueleto calcáreo, como *Millepora complanata*, componente importante de las crestas arrecifales. Otros, más sencillos y con forma de pequeñas plumas,

unas veces blancas y otras rosadas o casi negras, como *Halopteris carinata*, *Macrorhynchia robusta*, *Sertularella diaphana*, *Halecium tenellum*, *Halochordyle disticha* son hidrozooos que viven sobre las raíces del mangle, pilotes o cualquier otro sustrato apropiado, incluyendo esponjas y otros hidrozooos. Estas «plumas», de aspecto inofensivo, producen una molesta picazón al tocarlos o al rozarnos accidentalmente con ellas.

Dos hidrozooos comunes y singulares son el falso coral (*Stylaster roseus*), especie colonial de pequeño tamaño, muy llamativa, que habita en el arrecife externo (entre 12 y 30 m de profundidad), generalmente en lugares poco iluminados y tranquilos, como los bordes de solapas y cuevas submarinas, y el coral de fuego (*Millepora alcicornis*), que crece sobre las partes muertas de las gorgonias y otros sustratos del arrecife.

Visitantes invernales de las costas son las vélelas (*Veleva veleva*) y el temido barquito portugués (*Physalia physalis*), hidrozoo colonial armado con largos tentáculos, cargados de nematocistos, portadores de un poderoso veneno, formado por proteínas de efectos neurotóxicos, cardiotóxicos y citotóxicos. El contacto accidental intenso con esta especie puede generar un cuadro clínico crónico, caracterizado por la hipertensión arterial, taquicardias y arritmias, calambres musculares, dificultad respiratoria e incluso la muerte de la persona por paro pulmonar y colapso cardiovascular. Se debe evitar tocar los barquitos portugueses, incluso los lanzados a la costa por las marejadas, pues el veneno permanece activo por mucho tiempo, aunque estos se encuentren en estado de descomposición o casi secos.

Los Anthozooos son todos marinos, solitarios o coloniales, y en ellos la forma medusa está ausente. En general se caracterizan por tener el enteron (cavidad del cuerpo) dividido por al menos ocho tabiques con nematocistos. A esta clase pertenecen importantes grupos de cnidarios, entre los que se encuentran los corales, las gorgonias, las anémonas y los corales negros.

Los corales pétreos (orden Scleractinia), conocidos también como *corales verdaderos*, se dividen en dos grupos: los escleractinios zooxantelados, con algas unicelulares simbiotes (llamadas *zooxantelas*), y principales constructores de los arrecifes, ya que el alga favorece su crecimiento y la formación del carbonato de calcio. Los escleractinios

azooxantelados, que carecen de algas asociadas, viven por lo general en lugares poco iluminados y no forman arrecifes. Hasta el presente se han señalado unas cincuenta y cinco especies de corales escleractinios zooxantelados, y 78 de azooxantelados de Cuba, aunque este último grupo se considera insuficientemente estudiado.

Entre las especies de corales arrecifales más importantes están el orejón (*Acropora palmata*), característico de las zonas de embate y componente importante en la formación de las mesetas, los cuernos de ciervo (*Acropora cervicornis* y *A. prolifera*), los corales cerebros (*Diploria strigosa*, *D. labyrinthiformis*, *D. clivosa* y *Colpophyllia natans*), los corales de ojos (*Montastrea annularis* y *M. cavernosa*), el ramillete de novia (*Eusmilia fastigiata*), el coral lechuga (*Agaricia agaricites*), los corales porosos (*Porites porites* y *P. asteoides*) y los corales de estrellas (*Siderastrea radians* y *S. siderea*), entre otros muchos (Fig. 50).



Fig. 50. Variedad de corales en nuestros arrecifes (cortesía de José Espinosa).

En los seibadales y fondos particulados, en general, no abundan los corales, pero algunas especies están adaptadas para vivir en estos hábitats. Se destaca el coral rosa (*Manicina areolata*), relativamente común entre la vegetación del fondo, el coral de tubitos (*Cladocora arbuscula*), de consistencia muy frágil, y el coral fantasma (*Solenastrea hyades*), cuyas colonias, relativamente grandes y elevadas del fondo, aparecen dispersas por algunos seibadales de las aguas interiores.

Las gorgonias (subclase Octocorallia, orden Gorgonacea) son otro llamativo grupo de celenterados coloniales que contribuyen a resaltar el colorido y la heterogeneidad espacial de los arrecifes coralinos. De Cuba se han registrado unas sesenta y ocho especies de gorgo-

nias, cuya distribución y abundancia guardan estrecha relación con la tensión hidrodinámica que provoca la fuerza del oleaje, alcanzando su máxima diversidad en el arrecife profundo, donde la fuerza del oleaje es apenas imperceptible. Entre las especies más comunes están los abanicos de mar (*Gorgonia flabellum* y *G. ventalina*), la pluma de mar (*Pseudopterogorgia americana*), la gorgonia espinosa (*Muricea muricata*) y la gorgonia oscura (*Eunicea flexuosa*), entre otras.

Las anémonas (subclase Zoantharia) o flores de mar, como también se les conoce, comprenden un variado grupo de celenterados marinos, pertenecientes a tres órdenes diferentes: los actiniarios o anémonas verdaderas, representadas por especies solitarias; los coralimorfos, que viven generalmente agrupados y en ocasiones fusionados por sus bases; y los zoantídeos, que poseen una base estolonial de la que salen individuos casi paralelos entre sí. Hasta el momento se han registrado de Cuba unas veinticinco especies de anémonas marinas.

Las anémonas se encuentran en los más diversos hábitats marinos. Algunas especies son comunes en los fondos rocosos y los arrecifes de coral. Entre ellas destacan *Condylactis gigantea*, *Bunodosoma granulifera*, *Stichodactyla helianthus*, *Zoanthus pulchellus*, *Stichodactyla helianthus*, además de un coralimorfo, *Ricordea florida*, cuyos tentáculos parecen pequeñas matitas de *Caulerpa racemosa*. Sobre las hojas de la *Thalassia testudinum*, en los seibadales, vive *Bunodeopsis globulifera*, y sobre el fondo, entre la vegetación, también es común *Stichodactyla helianthus*, en cuyo alrededor suelen refugiarse peces pequeños. Las raíces de mangle también son pobladas por varias especies de anémonas, entre las que se destaca *Aiptasia pallida*. Dentro de los Zoantideos están las especies del género *Palythoa* como *Palythoa caribbaea*.

Las anémonas, como buenos celenterados, son organismos urticantes, aunque sus lesiones generalmente no son muy severas, porque sus nematocistos son poco penetrantes; pero en la piel de los niños o en lugares sensibles, como la cara, los labios, o incluso en la parte interna de los brazos, pueden provocar picor, eritema y edema leve.

Los corales negros pertenecen a la clase Anthozoa (subclase Zoantharia, orden Antipatharia). Son un grupo insuficientemente estudiado en Cuba, de donde se han señalado tan solo 11 especies, que representan el 34 % del total registrado para el Mar Caribe.

Estos celenterados son muy demandados por el uso que se hace del esqueleto de algunas especies para la confección de joyas. En este sentido, el coral negro comercial (*Antipathes caribbeana*), descrito recientemente, tiene poblaciones en el borde exterior de la plataforma cubana, entre 25 y 60 m de profundidad aproximadamente, y han sido arrasadas por las recolectas a que fueron sometidas entre las décadas de los ochenta y noventa, casi eliminando a esta especie como un recurso marino, en potencia explotable y de alto valor añadido.

Las medusas, conocidas vulgarmente como *aguas malas*, están constituidas por dos clases diferentes de celenterados: Scyphozoa y Cubozoa. En general son organismos marinos planctónicos, cuyo estudio ha recibido muy poca atención en Cuba, a pesar de las afecciones que pueden ocasionar algunas especies a los bañistas, principalmente al comienzo de la temporada de verano. La medusa dedal o dedalillo (*Linumche unguiculata*), con una masiva arribazón a las playas y costas, es un serio peligro para aquellos que desconocen el daño que les puede cusar este pequeño organismo.

Otra especie muy urticante es *Cassiopeia xamachana*, abundante en muchas localidades de las aguas interiores, en sitios bajos y tranquilos, como las grandes lagunas que quedan entre algunos cayos o en refugios artificiales como la dársena de Varadero. Generalmente vive con su disco apoyado sobre el fondo, aunque en ocasiones también forma parte del plancton. Otra medusa muy común y a veces abundante en las aguas cubanas es *Aurelia aurita* que, por su gran tamaño, superior a los 20 cm de disco, es la mayor de todas.

Ctenóforos (phylum Ctenophora). Aunque existen algunas especies bentónicas, la gran mayoría de los ctenóforos son organismos planctónicos y todos son carnívoros. Su aspecto general recuerda al de una medusa, pero se distinguen por presentar ocho bandas ciliadas o filas de peines (ctenes) que dividen el cuerpo en ocho secciones iguales. Algunas especies poseen dos tentáculos contráctiles, provistos de células adhesivas (coloblastos) para capturar el alimento, que en este caso es el zooplancton; pero a diferencia de los cnidarios, los ctenóforos carecen de células urticantes.

Aunque se reconoce el posible origen de los ctenóforos a partir de los cnidarios, son más avanzados que ellos y no tienen las formas de

pólipo y medusa. Ningún otro grupo animal conocido sigue su estructura corporal, por lo que se considera a los ctenóforos como una discontinuidad evolutiva.

Este grupo está poco estudiado en Cuba y no existen inventarios a nivel de especies. Algunos ctenóforos planctónicos, como *Mnemiopsis leidyii* y *Beroe ovata*, son muy abundantes en las aguas someras, principalmente durante la primavera y el verano, por lo que con frecuencia son confundidas por algunos bañistas con las indeseables medusas o aguas malas. Otra especie registrada para Cuba es el cinturón de Venus (*Cestum veneris*), que puede alcanzar casi un metro de largo. El ctenóforo bentónico *Vallicula multiformes* ha sido también citado para Cuba.

Platelmintos (phylum Platyhelminthes). Incluye un amplio y variado grupo de organismos, la mayoría de los cuales son gusanos parásitos de otros animales, como peces, reptiles y mamíferos. El grupo está constituido por cinco clases diferentes: los Turbellarios (clase Turbellaria), gusanos aplanados marinos, fluviales y terrestres de vida libre, que por lo general se alimentan de otros invertebrados; los Céstodos (clase Cestoidea), y Tremátodos (clase Trematoda), con frecuencia endoparásitos de vertebrados marinos; la clase Monogenea que incluye a organismos ectoparásitos, principalmente de las branquias y el cuerpo de los peces; y la clase Udonellidea con especies que parasitan a copépodos, que a su vez parasitan a los peces.

En general los platelmintos están poco estudiados en la fauna marina cubana. Se han registrado solo unas ochenta especies, casi siempre tremátodos y monogenéticos; sin embargo, los turbelarios son muy comunes en casi todos los hábitats marinos, tienen tamaño relativamente grande y algunos están provistos de colores muy vistosos; cuando nadan lo hacen con movimientos en espiral, como un tornillo sin fin; pero solamente se han citado para Cuba dos especies: *Stylochus megalops*, depredador de los ostiones (*Crassostrea virginica*) y *Pseudoceros crozieri*, asociado a las colonias de la ascidia *Ecteinascidia turbinata*.

Nemertinos (phylum Nemertea). Aunque algunas especies son de colores muy llamativos y pueden alcanzar, con frecuencia, tamaños superiores a los 20 cm de longitud, los nemertinos, grupo de gusanos

en su mayoría marinos, están muy poco estudiados en Cuba, por lo que se carece de inventario a nivel de especie. Por su forma aplanada se les llama comúnmente *gusanos acintados*. Viven desde la zona de las mareas hasta las grandes profundidades, por lo general protegidos debajo de las rocas y los bloques de corales muertos, sobre las macroalgas bentónicas, e incluso sepultados en los fondos de arena y fango, donde hay especies que forman tubos bien cementados.

Se distinguen por la presencia de una larga probóscide (trompa), desconectada del tracto digestivo, extensible más allá de la longitud del propio cuerpo y que utilizan para explorar y capturar a sus presas. A diferencia de los platelmintos, estos gusanos sí tienen ano y un sistema sanguíneo vascular.

De Cuba se ha registrado la especie *Tubulans floridanus*, de 30 a 40 mm de longitud, de color pardo con bandas estrechas transversales blancas, común en los fondos arrecifales entre 20 y 30 m de profundidad.

Nemátodos (phylum Nematoda). Posiblemente uno de los grupos con mayor número de especies en la fauna marina sean los nemátodos. Son organismos bentónicos, de tamaño pequeño, entre 0,05 y 1,0 mm de longitud, vermiformes (con forma de gusanos), de vida libre o parásitos, y comensales de otros animales, considerados miembros de la meiofauna (fauna de tamaño medio).

Se encuentran en todos los hábitats marinos, con una amplia distribución vertical, que abarca desde la zona intermareal a las grandes profundidades oceánicas, y en muchos casos pueden ser muy abundantes, llegando inclusive al millón de individuos por metro cuadrado, con mayor abundancia y diversidad que el resto de los invertebrados bentónicos. En ocasiones son los únicos representantes del bentos marino. Exhiben una alta diversidad de especies correlacionada con la textura del sedimento, la temperatura y la salinidad. Desempeñan un papel esencial en el flujo energético de todo el ecosistema, en la degradación de la materia orgánica y en la fijación y reciclaje de nutrientes. Ellos solos metabolizan el doble del carbono de toda la macrofauna. Son buenos indicadores de la calidad ambiental de los ecosistemas marinos.

Se conocen alrededor de cuatro mil especies, comprendidas en más de quinientos géneros y 49 familias, y se calculan alrededor de

quince mil especies aún por describir. Hasta el momento en Cuba se han registrado, para aguas someras, un total de cuatro órdenes, nueve familias, 17 géneros y 11 especies; y para aguas profundas (entre 1650 y 1940 m), un total de 87 taxones, entre familias y géneros.

Moluscos (phylum Mollusca). Los moluscos son uno de los grupos de invertebrados más numerosos, con una radiación evolutiva estimada en más de ciento cincuenta mil especies fósiles y recientes. Actualmente se consideran 10 clases dentro de este phylum, ocho con representantes recientes y algunas con fósiles. Los moluscos son el grupo de invertebrados marinos de Cuba con mayor número de especies registradas. Aunque los estimados de las especies recientes superan las mil ochocientas, hasta el presente se han inventariado 1725 especies (1290 gasterópodos, 332 bivalvos, 39 escafópodos, 37 cefalópodos, 26 polioplacóforos y un aplacóforo), la gran mayoría de las cuales (76 %) se distribuye por las zonas nerítica y litoral, mientras que para la zona circalitoral y el sistema afital o profundo se registran 323 (20,5 %), y unas sesenta especies (3,5 %) tienen hábitos de vida pelágicos.

Son uno de los grupos numéricamente dominantes entre las comunidades de invertebrados marinos, y ocupan un papel relevante en la trama alimentaria de numerosas especies zoobentófagas, incluyendo muchas de valor comercial, como la langosta (*Panulirus argus*). A su muerte, las conchas de los moluscos forman parte importante de las arenas de los fondos y playas. Algunas especies sirven de alimento al hombre (ostiones, almejas, mejillones, entre otros). En Cuba las tres especies principales –el ostión (*Crassostrea virginica*), la almeja pata de cabra (*Arca zebra*) y el cobo (*Strombus gigas*)– aportan 2000-2400 t anuales. Otro renglón de mucho valor es el cultivo y explotación de perlas, que se practica fundamentalmente en el Océano Indopacífico.

Algunas especies de bivalvos inciden negativamente por el daño que causan a la economía. Las especies de las familias Pholadidae y Teredinidae, perforadoras de las maderas sumergidas, son un azote para los barcos e instalaciones portuarias de este material. También algunas especies de bivalvos figuran entre los principales organismos incrustantes, indeseables para las industrias que utilizan el agua de mar en sus sistemas de enfriamiento, al reducir la eficiencia de las bombas de succión, tupidar los filtros y los tubos intercambiadores de

calor. Esto disminuye el intercambio térmico con el consiguiente aumento en el consumo de combustible.

Los principales bivalvos incrustantes en las costas cubanas son *Brachidontes exustus*, *Crassostrea rhizophorae* y la especie invasora, de reciente introducción en la bahía de Cienfuegos, *Perna viridis*. Otras especies dotadas de mecanismos de fijación al sustrato también pueden formar parte de esa fauna no deseada. Además, muchas especies de moluscos resultan perjudiciales a la actividad humana, ya sea como transmisores de enfermedades, destructores de embarcaciones y otras construcciones navales de madera.

La mayor diversidad de moluscos en las costas cubanas se encuentra en los arrecifes coralinos, aunque las densidades y la biomasa son por lo general muy bajas. En la zona litoral de las costas rocosas, los moluscos (como los quitones) son el grupo dominante.

En la actualidad algunas especies de caracoles marinos están amenazadas por las recolectas indiscriminadas. Entre estas se encuentran el quinconte rosado (*Cassis madagascariensis*), muy demandado por la industria artesanal italiana para la confección de camafeos; el quinconte carey (*Cassis tuberosa*); el quinconte de flámulas (*Cassis flammea*); el cobo porcelana (*Strombus costatus*); el cobito rojo (*Strombus pugilis*); el cobito rana (*Strombus raninus*); el negro maco (*Cypraea zebra*), el tritón (*Charonia variegata*), la coba o fotuto (*Turbinella angulata*); la cinturita o caracol de la brujería (*Cyphoma gibbosum*); la ostra espinosa (*Spondylus americanus*) y otras más.

Sipuncúlidos (phylum Sipunculida). Llamados *gusanos caca-huete* por la forma que toma su cuerpo al contraerse, tienen el cuerpo provisto de una trompa o sifón (en latín *sipunculus*), que dio origen a su nombre. Son animales marinos de vida libre y sedentaria, que viven enterrados en los sedimentos, dentro de tubos excavados por ellos mismos o aprovechando huecos en las raíces del mangle o de los corales y las conchas vacías de ciertos caracoles marinos. Algunas especies llegan a cavar galerías en sustratos duros, combinando medios químicos y mecánicos.

Los sipuncúlidos son animales no segmentados, fáciles de reconocer por su probóscide estrecha y retráctil, que entra y sale continuamente del extremo anterior del cuerpo, y que cuando está extendida, permite ver la boca en su extremo, rodeada por una corona de ten-

táculos ciliados. Con ellos engloban la materia orgánica que llevan hacia la boca; además, la superficie de la probóscide suele estar cubierta por espinas, anillos de ganchos o papilas superficiales que facilitan sus movimientos exploratorios en el sustrato fuera de la galería. Los sexos son separados, pero no tienen gónadas permanentes. Los ovarios y los testículos se desarrollan de manera estacional.

La mayoría de las especies miden entre 3 y 10 cm de longitud, aunque entre las que viven en Cuba ya hay excepciones como *Themiste lageniformis* de apenas 1 cm, o *Siphonosoma cumanense*, que llega a los 19 cm. La mayor parte de las 250 especies conocidas en el mundo se distribuyen en zonas tropicales, de las cuales en Cuba solo se han registrado ocho, con los últimos trabajos de 1967, por lo que la diversidad del grupo en las costas cubanas es presumiblemente muy superior. Entre los sipuncúlidos de ellas, *Golfingia hespera* es uno de los más comunes, al igual que *Phascolosoma antillarum*, ampliamente distribuido por el Caribe y común en los fondos blandos someros.

Equiúridos (phylum Echiurida). Con apenas unas ciento cincuenta especies conocidas en todo el mundo, son animales bentónicos crípticos, que viven enterrados en fondos de arena o fango, o en el interior de grietas y oquedades rocosas, entre los corales, e incluso dentro de conchas de caracoles vacíos. Sus dimensiones varían desde unos pocos milímetros a los casi 2 m, que puede alcanzar *Bonellia viridis* cuando estira su larga trompa.

El cuerpo de estos animales es como una pequeña salchicha en cuyo extremo anterior se abre la boca, en la base de una larga trompa aplanada y extensible, que no pueden retraer en el interior del cuerpo, como hacen los sipuncúlidos, y que utilizan para explorar el sustrato en el que viven y captar alimento, consistente en pequeñas partículas orgánicas que llevan hacia la boca, por medio de un surco ciliado sin tener que abandonar su refugio.

Los Echiúridos están muy poco estudiados en Cuba, donde hasta la fecha solo se han registrado dos especies: *Bonellia vifridis*, común en los arrecifes de María la Gorda, en alrededor de los 20 m de profundidad y cuyo cuerpo mide unos 8 cm; la trompa extendida puede llegar a los 2 m, y *Ochetostoma baroni*, también de color verde pero de trompa corta y amarilla. Son animales de sexos separados, y en *Bonellia*

el dimorfismo sexual es extremo. Los machos enanos (1-3 mm) viven sobre la hembra.

Anélidos (phylum Annelida). Los anélidos marinos están representados principalmente por la clase Polychaeta. Se caracteriza este grupo por una alta diversidad de especies, elevada abundancia y biomasa, y gran adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales. Se han descrito en el mundo más de diez mil especies. En Cuba se han registrado 380 de 1462 listadas para la región del Gran Caribe. Los poliquetos son un elemento importante en la estructura y complejidad de los arrecifes, y desempeñan un importante papel en las tramas alimentarias de muchos peces e invertebrados de valor económico, como los roncós y las sardinás, que consumen las larvas y juveniles que forman grandes congregaciones en el período de reproducción. Las *calandracas*, pertenecientes a la familia Onuphidae, son muy valoradas como carnada en la pesca recreativa. Algunas especies son potenciales productores de sustancias neurofarmacológicas. Un ejemplo de estos son los *gusanos de fuego*, llamados así por su efecto abrasivo al contacto con sus setas. Otras especies tienen valor ornamental en peceras y acuarios por sus vistosas y coloreadas corolas.

Estos organismos son el grupo dominante en el bentos de muchos lugares afectados por la contaminación, incluyendo la térmica, por lo que son muy valorados como indicadores de condiciones adversas a la vida marina. En los fondos blandos (arenosos o fangosos) los poliquetos forman extensas galerías que oxigenan el sustrato y trasladan partículas de diferentes diámetros en la columna de sedimentos, modificando así su granulometría. Algunos son perjudiciales, ya que forman tubos calcáreos como vivienda, que ocasionan daños en las instalaciones costeras, en los cascos de las embarcaciones y en los túneles de enfriamiento de las industrias que utilizan el agua de mar con tales fines.

De la clase Hirudinea se ha señalado para Cuba la sanguijuela (*Stibarobdella macrothela*), ectoparásita del tiburón gata (*Ginglymostoma cirratum*).

Crustáceos (phylum Arthropoda, clase Crustacea). Se conocen más de diez mil especies de crustáceos, de los cuales más de mil están presentes en las aguas cubanas. Es uno de los grupos de mayor

diversidad, densidad y biomasa en el ecosistema marino, en el que representan el principal vehículo de transferencia de la energía, de los primeros niveles tróficos a los superiores. Los crustáceos pueden ser bentónicos y planctónicos, la gran mayoría son de vida libre; pero algunos tienen una vida sésil en su estado adulto, como los cirripedios (clase Cirripedia).

Los copépodos son un componente fundamental del plancton, especialmente, los calanoides; son más comunes en el bentos los harpacticoides. Hay también copépodos asociados con otros animales y muy adaptados a la función que realizan, como los limpiadores de las branquias de los Nudibranquios (babosas marinas con branquias desnudas) y especies parásitas muy modificadas, como los que viven en el interior de los Opistobranquios (moluscos marinos), delatados por su par de sacos ovígeros que permanecen en el exterior confundidos con las branquias de su hospedero (Fig. 51).

Los ostrácodos, con un curioso caparazón bivalvo y un peculiar movimiento, se encuentran tanto en el plancton como en el bentos, y se alimentan de microalgas (fitoplancton), por lo que desempeñan un papel fundamental en la transferencia de la energía. Pueden llegar a conformar hasta el 90 % de la biomasa del zooplancton, y son el alimento principal de muchos peces pelágicos, como planctónicos. Los branquiópodos son crustáceos de tamaño pequeño, generalmente de agua dulce, pero con algunas especies marinas de las cuales se han registrado 24 para la fauna de Cuba.

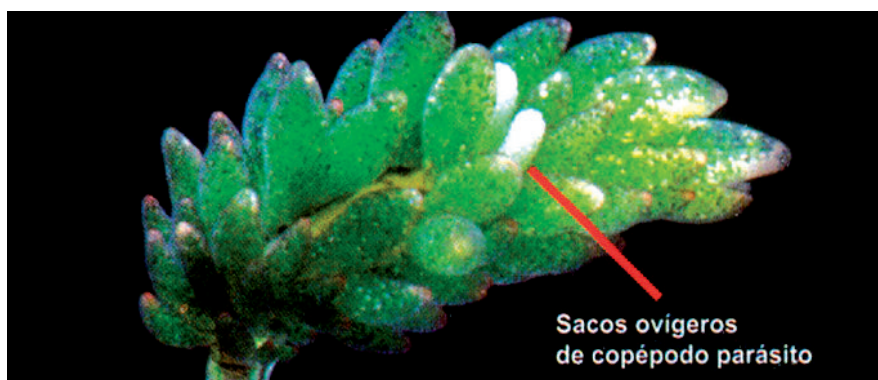


Fig. 51. Copépodo parásito de molusco marino, delatado por su par de sacos ovígeros (cortesía de José Espinosa).

Entre los crustáceos decápodos (cangrejos, camarones, langostas) se han registrado cerca de quinientas especies que habitan principalmente en el bentos de todos los ecosistemas litorales y profundos. Estos componen la principal fuente de alimentación de muchas especies comerciales de la plataforma cubana. Entre ellos se distinguen los más importantes recursos pesqueros de Cuba: la langosta espino-sa (*Panulirus argus*), el cangrejo moro (*Menippes mercenaria*), la jaiba azul (*Callinectes sapidus*), el camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*), el camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*) y el cangrejo de tierra (*Cardisoma guanhumi*).

En el conjunto de grupos de crustáceos malacostráceos no decápodos, incluidos en la subclase Eumalacostraca, destacan los anfípodos (Peracarida: Gammaridea), con cerca de ciento veinte especies inventariadas para la fauna marina cubana, estuarina y de agua dulce. De las esquilas (Peracarida: Stomatopoda), que se caracterizan por tener el primer par de apéndices torácicos modificados, a modo de lesna, muy fuerte, aguda y con frecuencia aserrada, que lanzan hacia delante violentamente al ser molestadas, se han registrado hasta 16 especies para Cuba.

Las cochinillas de mar (Peracarida: Isopoda), como *Ligia baudiniana*, comunes en puntos de la zona costera como los muelles, están representadas en la fauna marina cubana por unas quince especies. Algunas suelen chupar la sangre de los bañistas, que frecuentan los fondos con seibadales en las costas bajas, con las consecuentes molestias, mientras que otras, como *Anilocra myripristis*, son ectoparásitas habituales de los peces.

Picnogónidos (phylum Arthropoda, clase Picnogonidae). Conocidos vulgarmente como *arañas de mar*, están muy poco estudiados en el archipiélago cubano. Tienen un cuerpo muy corto en relación con sus patas, y unas prolongaciones laterales del tronco que se corresponden con los segmentos. En los apéndices del cuerpo, además de quelíceros, palpos y patas marchadoras, hay un par de patas ovígeras, muy características, con las que los machos portan los huevos fecundados. Animales fundamentalmente carnívoros, los picnogónidos viven sobre esponjas, briozoos, hidrarios, e incluso sobre algas flotantes como los sargazos. Una especie de gran tamaño, *Ascorhynchus pararmatus*, vive en las aguas profundas, mientras que *Nymphon macrum* y *Anoplodactylus maritimus* en aguas someras.

Equinodermos (phylum Echinodermata). Se conocen unas seis mil quinientas especies vivientes de equinodermos en todo el planeta, reunidas en seis clases: Crinoidea (lirios de mar), Asteroidea (estrellas marinas), Ophiuroidea (estrellas frágiles), Echinoidea (erizos marinos), Holothuroidea (pepinos de mar) y Concentrycicloidea, recientemente descubierta y representada por solo dos especies.

Los miembros de este grupo son exclusivamente marinos y viven durante la mayor parte de su ciclo de vida en el fondo del mar. En Cuba han sido registradas 387 especies (36 crinoideos, 75 estrellas de mar, 163 ofiuras, 63 erizos y 50 pepinos de mar). Los equinodermos tienen una gran importancia ecológica por su abundancia y funciones en las tramas alimentarias de las comunidades marinas. El erizo verde (*Lytechinus variegatus variegatus*), que habita en los pastos marinos, es un elemento fundamental en la movilización de la energía acumulada por la vegetación. Ellos consumen grandes cantidades de yerba de tortugas o seiba, pero la digieren muy poco, por lo que es defecada semidigerida y pasa a formar parte del almacén de detrito del ecosistema. Otras especies de erizos como *Meoma ventricosa* y *Clypeaster rosaceus* son detritófagos, que contribuyen también a desintegrar aún más la materia orgánica, facilitando la acción bacteriana sobre ella. El erizo negro (*Diadema antillarum*) es un gran consumidor de algas en los arrecifes coralinos, contribuyendo de esta manera a evitar el excesivo desarrollo de estas.

Algunos equinodermos son alimento de recursos pesqueros, como cangrejos, camarones, langostas, peces y otros. Ellos también son consumidos por el hombre, como las holoturias (pepinos de mar), que son muy apreciadas principalmente en los países asiáticos, donde se conocen como *trepan* o *bêche de mer*. También son consumidas las huevas de algunas especies de erizos, pues poseen un alto valor nutritivo. Determinadas especies de equinodermos producen sustancias con actividad antitumoral, antileucémica, antimicótica y antibacteriana. La estrella frágil (*Ophiocoma echinata*), abundante en las aguas cubanas, contiene sustancias que retardan la muerte de ratones leucémicos.

Briozoos (phylum Bryozoa). Los briozoos son animales coloniales marinos, algunas de cuyas formas se parecen a los hidrozooos, pero que se caracterizan por presentar un mayor nivel de organiza-

ción en la escala evolutiva (celomados lofoforados), tiene pseudoce-loma y la boca está rodeada por un tentáculo, o lofóforo, con el que captan el alimento. Se encuentran sobre cualquier sustrato apropiado, incluidos algunos biológicos como las raíces del mangle, las hojas de *Thalassia testudinum* y varias especies de algas. Muchos viven en lugares bien iluminados, pero otros prefieren las zonas de penumbras y oscuras de los arrecifes coralinos.

Hasta el presente de Cuba se han identificado 84 briozoos hasta el nivel de especie. Entre los briozoos más comunes en los arrecifes coralinos se pueden señalar *Steginoporella magnilabris*, *Bugula minima*, *Canda simplex*, *Stylopoma informata* y otros. En las costas bajas de manglares y seibadales son frecuentes *Zoobotrium verticillatum*, *Bugula neritina*, *Schizoporella unicornis* y *Aetea ligulata*.

Brachiópodos (phylum Brachiopoda). Son animales marinos provistos de una concha bivalva no articulada, por lo que hasta finales del siglo XIX fueron asociados con los moluscos bivalvos, aunque en estos las valvas son derecha e izquierda en lugar de dorsal y ventral. Además, su organización corporal los incluye, junto con los briozoos, entre los celomados lofoforados por presentar una estructura captadora de alimento, llamada *lofóforo*, que en los braquiópodos está sostenida por piezas esqueléticas con valor sistemático. El grupo está relativamente poco estudiado en Cuba, de donde se han citado ocho o diez especies, la gran mayoría de aguas profundas, debido a los dragados realizados en el archipiélago por el buque norteamericano Blake entre 1877 y 1879. Algunos pequeños terebratulidos son frecuentes en los intersticios de los corales en puntos del litoral, como el arrecife profundo de Guanahacabibes.

Forónidos (phylum Phoronida). Son gusanos marinos lofoforados que viven en tubos secretados en la arena o en el fango, o unidos a las piedras y otros sustratos duros, como conchas de moluscos. Se conocen solo unas diez especies de este grupo en todo el mundo; por lo general son de tamaño pequeño, entre unos pocos milímetros hasta 30 cm de longitud, y se distribuyen generalmente por el infralitoral somero de los mares tropicales. El órgano lofoforal consiste en dos formaciones abultadas, paralelas entre sí y curvadas en forma de herradura de caballo, cada una provista de una corona de tentáculos ciliados, con la convexidad situada en el centro y la falsa boca entre ellas. Se alimentan de plancton y

de materia orgánica en suspensión, Recientemente ha sido registrada en Cayo Coco la especie *Phoronis psammophila*, que se distingue por tener su lofóforo rosado y puntos blancos en la corona de tentáculos; vive en tubos recubiertos por gránulos de arena en el sustrato de arena del límite del seibadal, entre 1 y 1,5 m de profundidad.

Hemicordados (phylum Hemichordata). Los hemicordados son un grupo de animales exclusivamente marinos que han sido relacionados con los cordados por presentar un divertículo buco-faríngeo llamado *estomocordio*, cuya estructura se parece al notocordio. De las dos clases de las que se compone el filo, los llamados *gusanos bellota*, por la forma de su probóscide (clase Enteropneusta), son los mejor conocidos por ser bentónicos y encontrarse en aguas someras, desde la misma zona de mareas. Viven dentro de galerías en forma de U, cementadas con *mucus* o bajo las piedras. El cuerpo de estos gusanos se divide en tres regiones: una probóscide anterior, un collar corto y un largo tronco, subdividido a su vez en otras tres regiones; todo el cuerpo está recubierto por *mucus* y son muy frágiles, hecho que dificulta su recolección.

Con tan solo 75 especies conocidas a nivel mundial, este pequeño filo carece de estudios sistemáticos en Cuba, donde una de sus especies, *Ptychodera bahamiensis*, de color amarillo limón, se encuentra bajo las piedras que descansan en fondos de arena limpia, en el infralitoral somero.

Ascidias (phylum Chordata: Urochordata). Las ascidias son organismos, estrictamente marinos que habitan todas las latitudes del planeta, desde las aguas someras hasta 7000 m de profundidad. Pueden ser solitarias o coloniales. Estas últimas forman complejos y vistosos sistemas. En su estado adulto estos animales no tienen cabeza, ni segmentación, ni estructura esquelética de sostén, por lo que viven adheridos a un sustrato durante esta etapa de su vida; sin embargo, durante la etapa larval poseen estructuras similares a la columna vertebral y a la médula espinal de los animales superiores, y también nadan libremente en la columna de agua.

Se conocen cerca de dos mil trescientas especies de ascidias en todo el mundo, distribuidas en 19 familias y 156 géneros; 208 habitan en la región Atlántico Tropical Americana, de las cuales 62 han sido registradas hasta el presente para Cuba; no obstante, considerando la amplia distri-

bución y abundancia de este grupo en aguas cubanas, tanto en arrecifes coralinos, como en manglares y bahías, es de suponer que su diversidad es mucho mayor, e incluso superior a la de otras islas del Caribe.

Las ascidias son uno de los grupos que más se estudian en la actualidad como fuente de medicamentos por la variedad de moléculas bioactivas encontradas en ellas. Los extractos de *Ecteinascidia turbinata*, especie muy abundante en las costas de mangle, son activos frente al cáncer de pulmón, mama y melanoma, con una potencia diez veces superior a la mayoría de los fármacos antitumorales utilizados para el tratamiento de esta enfermedad (Fig. 52).

Lancetas (Phylum Chordata: Cephalochordata). En las lancetas o amphioxos, el notocordio se extiende desde el rostro hasta la punta de la cola. Se conocen cerca de veinticinco especies que habitan en las aguas tropicales y templadas de todo el mundo. Forman parte del bentos, en aguas someras y se entierran en la arena. En algunos países asiáticos se usan como alimento. En Cuba están poco estudiados, y solo se asume la presencia de dos especies: *Branchiostoma caribbaeum* y *Asymetron lucayanum*.



Fig. 52. *Ecteinascidia turbinata* (Ascidia), fuente de medicamentos por la variedad de moléculas bioactivas halladas en ellas (cortesía de José Espinosa).

Vertebrados

Peces, rayas y tiburones (phylum Chordata: Gnathostomata).

Se encuentran entre los organismos de mayor diversidad en el medio acuático. Se conocen más de veinticinco mil especies marinas, que habitan en todos los ecosistemas, desde los charcos de marea hasta las grandes fosas oceánicas (más de 11 000 m de profundidad); pero es en las regiones tropicales donde se encuentra su mayor diversidad. La ictiofauna de Cuba es probablemente la más rica de las Antillas. Han sido registradas hasta la fecha 1030 especies, de las cuales 949 son Teleósteos (peces óseos), 80 Condriichthyes (peces cartilaginosos, como tiburones y rayas) (Fig. 53) y una sola especie de la subclase Holocephalii (quimeras). De este total, 57 especies habitan, total o parcialmente, en las aguas dulces, aunque muchas de ellas utilizan también las zonas estuarinas. Unas veinte especies solo han sido registradas para aguas cubanas, lo cual no quiere decir que sean endémicas, sino que ello pudiera ser consecuencia de un mayor nivel de conocimiento sobre la ictiofauna de Cuba que en otras regiones del Gran Caribe. Aproximadamente ciento treinta especies de peces son objeto de pesca, pero solo unas cuarenta tienen una importancia notable como recurso.

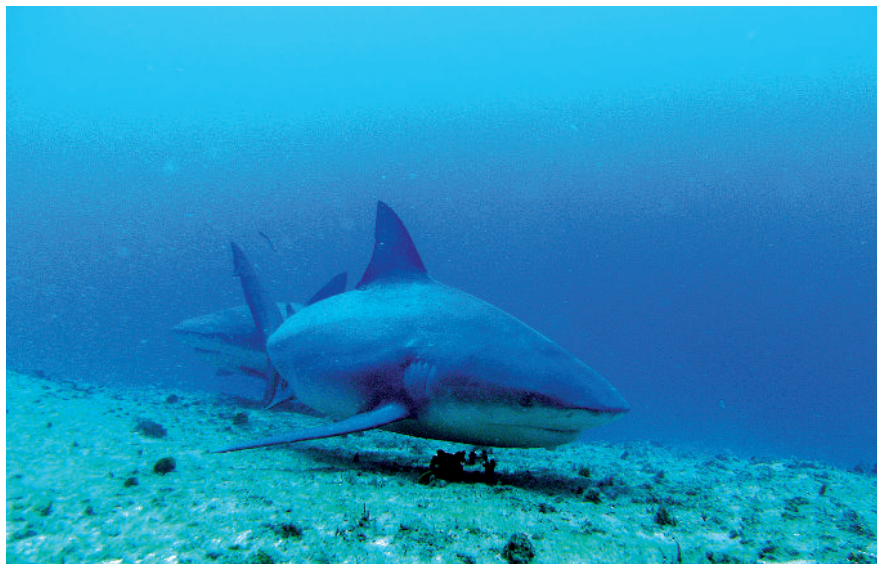


Fig. 53. Tiburones, peces cartilaginosos, la mayoría depredadores.

Los peces marinos en Cuba aportan más del 55 % de la captura comestible (no morralla). Algunas especies han sido sobreexplotadas, como la biajaiba en el golfo de Batabanó y el archipiélago de Sabana-Camagüey, las lisas en las lagunas costeras, la cherna criolla, el caballero o cubereta, etc. Los peces son un elemento esencial en el paisaje submarino, el cual es uno de los principales atractivos para el turismo internacional en Cuba; no obstante, la abundancia de peces de mediana y gran talla es pobre en muchos sitios de buceo, como resultado de la pesca comercial, y principalmente la pesca recreativa y furtiva.

Tortugas marinas (phylum Chordata: Reptilia: Testudines).

Las tortugas o quelonios marinos están representados en nuestra fauna por cinco especies: la caguama (*Caretta caretta*), el Carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga bastarda o golfina (*Lepidochelys olivacea*) y el tinglado o tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), la mayor de las tortugas marinas con sus más de 2 m de longitud y casi una tonelada de masa, avistada en Cuba por lo general en mar abierto.

Dada la gran capacidad de dispersión que tienen todas estas especies, en general las subpoblaciones de quelonios de Cuba pertenecen a la población antillana y caribeña, compartidas entre las áreas cercanas. Ante el declive de sus poblaciones, ocasionado fundamentalmente por las alteraciones antrópicas en las playas (sitios de anidamiento) y la sobrepesca, la problemática de la supervivencia de los quelonios marinos adquiere una connotación internacional. Por esta razón, todos los quelonios marinos están incluidos en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestre (CITES), a la cual Cuba está adscrita desde 1991; también en el Libro Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.

Aves marinas (phylum Chordata: Aves). Las aves marinas son un grupo muy especializado de aves adaptadas a vivir en estrecha relación con los hábitats marinos y costeros, que son su principal fuente para la obtención del alimento. Este grupo está representado en Cuba por varias especies pertenecientes a familias diferentes, y cuyo número total resulta algo impreciso de señalar, debido a que muchas de ellas comparten también los ambientes estuarinos y dulceacuícolas en general.

El mayor símbolo de las aves marinas son las gaviotas. De Cuba se han señalado unas veinticinco gaviotas y especies afines, entre las que se destacan la Gaviota Real (*Sterna maxima*), el Galleguito (*Larus atricilla*), la Gaviota Pico de Tijera (*Rhynchops niger*), la Gaviota Monja (*Sterna anaethetus*) y otras más que, por lo general, anidan en los cayos de piedra alejados de la costa y deshabitados. En la actualidad es posible observar también algunas de estas aves marinas merodeando en las presas de agua dulce, y hasta buscando alimento en algunos basureros suburbanos.

Los pelícanos (*Pelecanus occidentalis*) (Fig. 54) son aves marinas grandes, que se lanzan desde cierta altura, violentamente al agua para capturar los peces. Se observan con más frecuencia en las bahías y zonas de pesca. En las costas bajas de Cuba son abundantes las corúas de mar (*Phalacrocorax auritus*), excelentes buceadoras, capaces de bajar a hasta unos 10 m de profundidad para capturar peces y crustáceos pequeños. Pescan colectivamente en grandes grupos, con varios cientos de individuos llamados por los pescadores *chinchorros de corúas*. El Rabihorcado (*Fregata magnificens*), la Sevilla (*Platalea ajaja*), la Marbella (*Anhinga anhinga*), el Coco Blanco (*Eudocimus albus*), la Cayama (*Mycteria americana*), el Martín P escador (*Ceryle alcyon*) y varias especies de garzas suelen anidar y vivir en las costas de mangle.

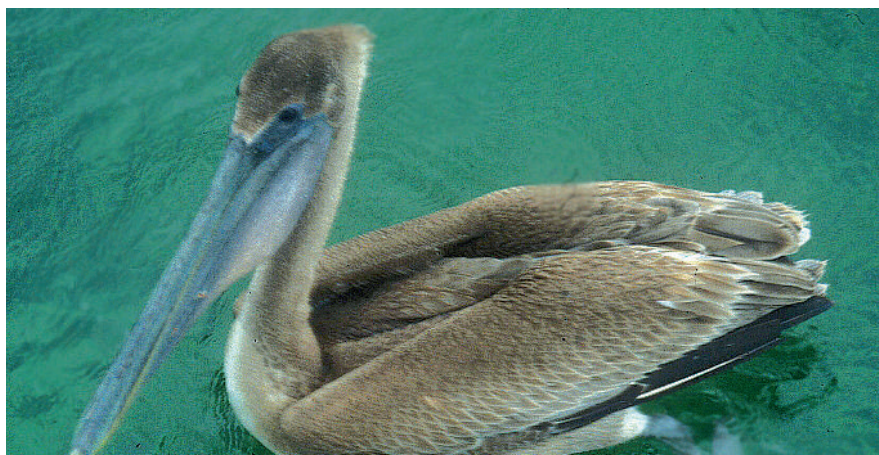


Fig. 54. Los pelícanos (*Pelecanus occidentalis*), aves marinas grandes que se lanzan desde cierta altura violentamente al agua para capturar a los peces.

Mamíferos marinos (phylum Chordata: Mammalia). La presencia de mamíferos en el mar se debe al regreso a ese ambiente de varias líneas evolutivas diferentes, derivadas de ancestros adaptados a los ambientes dulceacuícolas y estuarinos. De las 29 especies de mamíferos marinos vivientes divisadas en el Caribe (28 cetáceos y un sirenio), la información más reciente confirma que de Cuba se han citado 18 de ellas.

Solamente dos de estas especies son residentes permanentes en nuestras costas: el manatí (*Trichechus manatus*), del orden Sirenia, y la tonina o delfín (*Tursiops truncatus*), del orden Cetacea. Otras especies registradas para Cuba son la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), los delfines (*Stenella frontalis*, *S. attenuata* y *S. longirostris*), la orca (*Orcinus orca*), la falsa orca (*Pseudorca crassidens*), los cachalotes (*Physeter macrocephalus*, *Kogia breviceps* y *K. sima*), los calderones (*Globicephala macrorhynchus* y *Grampus griseus*) y los zifios (*Mesoplodon europaeus* y *Ziphius cavirostris*), entre otros.

El manatí es la única especie herbívora de los mamíferos marinos autóctonos. Pueden ser observados en zonas cercanas a las costas, ríos, lagunas, estuarios, lechos de pastos marinos, vegetación inundada y manglares de la región tropical y subtropical del Atlántico,

Tanto la tonina como el manatí se encuentran protegidos por regulaciones nacionales e internacionales específicas que prohíben o regulan sus capturas. La caza del manatí está totalmente prohibida en Cuba; sin embargo, las poblaciones de delfines no presentan una situación tan crítica, y se asignan cuotas anuales de capturas mediante el debido otorgamiento de una licencia de impacto ambiental. Los delfines son destinados a los delfinarios nacionales, lo que ha tenido gran auge en los últimos años, así como a la comercialización de algunos individuos para delfinarios de otros países. Esto se realiza en cumplimiento de las regulaciones establecidas por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestre (CITES).

Colecciones biológicas

Colecciones biológicas resulta una expresión abarcadora, aplicable tanto a la recepción y custodia de disímiles objetos de origen natural, separados de su medio, como a diferentes tipos de colecciones vivas,

ya sean jardines botánicos, zoológicos, acuarios, ceparios y reservas bióticas de diferentes categorías; por tanto, las colecciones biológicas son de muchos tipos (zoológicas, botánicas, microbiológicas, paleontológicas, geológicas y edafológicas) y con múltiples funciones y usos. En este epígrafe se tratarán las colecciones de ejemplares preservados, ya que las colecciones vivas se referirán en el capítulo 4.

Las colecciones biológicas se encuentran depositadas principalmente en museos, centros docentes y de investigación científica. Su función primordial es documentar, por medio de los ejemplares y su información asociada, la existencia en el tiempo y en el espacio de especies en el planeta, junto con las estructuras geológicas que las sustentan. Estas colecciones son bibliotecas de la vida y de los elementos geológicos que ayudan a su mantenimiento.

Las colecciones biológicas son la unidad básica de la investigación en Sistemática, y la información derivada de ellas es primordial para el avance de otras disciplinas como Biología Evolutiva, Biogeografía, Anatomía Comparada, Ecología, Paleontología, Arqueología, Conservación. También brindan información científica y popular en otras ramas del conocimiento, como la Medicina, Toxicología, Economía, Etnobiología, Etnología, Arqueología Marina, agricultura, alimentación y piscicultura, entre otras. La información asociada al material depositado en ellas resulta imprescindible para el estudio de la diversidad biológica de un país o región, por lo que es consulta obligada para los inventarios y evaluaciones de áreas que se hacen, no solo con propósitos científicos, sino también económicos y sociales. Los ejemplares de la colección sirven además para dar validez a la investigación biológica, y aseguran que el resultado se pueda repetir o comparar con futuras investigaciones.

Las colecciones se consideran una herramienta importante para la enseñanza de la Zoología, Botánica, Mineralogía y otras disciplinas. De este modo los métodos tradicionales de enseñanza se pueden mejorar a través de especímenes que permiten mostrar ejemplos clásicos del método científico. Por otra parte, las sesiones prácticas de estas disciplinas se pueden llevar a cabo, fácilmente, apoyadas por el estudio de ejemplares de la colección, incluyendo aquellos que merecen especial atención debido a su estado de especies en peligro de extinción.

De modo general se puede plantear que las colecciones biológicas cobran un singular relieve en la formación educativa y cultural del ciudadano, y recuperan el valor comunicativo de y hacia la naturaleza.

Puesto que gran parte de los especímenes de una colección son o serán irremplazables, es necesario el empleo de técnicas adecuadas de recolecta, fijación y preservación que aseguren la conservación de los especímenes y de la información a ellos asociada, ya que de esto dependerá en parte la investigación biológica del futuro.

Las colecciones se forman y enriquecen fundamentalmente a través de la realización de expediciones de recolecta. También es posible la adquisición de ejemplares por donaciones hechas por particulares o instituciones, el intercambio o la compra. El recolector debe velar que el método de captura empleado no ocasione daño alguno al medio natural, o lesione más individuos de los que se deban recolectar, y al mismo tiempo no debe violar las vedas establecidas o contribuir a agravar la situación de especies amenazadas. Tampoco debe violar otras leyes vigentes con respecto al acceso y uso de la diversidad biológica.

Existe una demanda apremiante de datos basados en las colecciones. Se requieren grandes esfuerzos para establecer patrones de datos y para el intercambio eficaz de estos, mediante redes automáticas entre instituciones. En la actualidad se cuenta con sistemas computarizados para obtener rápidamente cualquier tipo de información.

El tema de las bases de datos está estrechamente vinculado con los avances tecnológicos de la computación en el mundo moderno; también con la necesidad de ordenar la información sistemática, para ponerla al servicio de la ciencia y la sociedad, para actuales y futuras generaciones, no solo de científicos, sino también de tomadores de decisiones en la esfera social y estatal.

La automatización de las colecciones a través de un programa único facilita la comunicación y apoyo entre ellas, agiliza la extracción e intercambio de la información contenida y contribuye a su conservación, ya que disminuye la manipulación directa de los ejemplares y les evita daños físicos; permite aliviar al curador o asistente en ciertas operaciones de rutina, tales como la impresión de etiquetas, lista de especímenes para determinados intereses (préstamos, intercambios, etc.), búsqueda de registros con la información contenida en las colecciones,

la obtención rápida de lista de plantas y animales con determinadas características, o de determinadas áreas geográficas, lo cual apoya grandemente la realización de inventarios, monografías, catálogos con los principales datos ecológicos y sus localidades georreferenciadas.

Las colecciones biológicas han sido declaradas por la UNESCO Patrimonio de la Cultura Universal, y en consecuencia su adquisición, tenencia, custodia y uso implican una gran responsabilidad por parte de las instituciones que las poseen.

El Instituto de Ecología y Sistemática (IES), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), es hoy depositario de las colecciones zoológicas (de fauna terrestre) y botánicas (herbario) más importantes, formadas a través de años de dedicación, experiencia y esfuerzo de varias generaciones de científicos, comprometidos con el estudio y conservación de la biodiversidad. El Acuario Nacional de Cuba atesora las mayores colecciones de fauna marina.

Si se tiene en cuenta la creciente necesidad de un mejor uso y manejo de los recursos naturales, en contraste con el irreversible deterioro del medio ambiente, el incremento, mantenimiento y estudio de las colecciones biológicas adquiere una importancia cada vez mayor.

Colecciones botánicas

Son colecciones compuestas por especímenes herborizados (plantas desecadas en las debidas condiciones para que se conserven de la mejor forma la posición que sus órganos tenían en estado viviente), que se depositan en los herbarios. Pueden además tener colecciones anexas: carpoespermoteca (de frutos y/o semillas), xiloteca (muestras de madera), palinoteca (muestras de polen), fototeca (colección de fotos), archivos de informes y viajes de campo, etc. Las especificidades de cada una exigen su propia forma de organización, manejo y conservación.

De acuerdo con su concepción y proyección, hay varios tipos de herbarios: nacional, provincial o local, etc., además de colecciones especiales que reúnen ejemplares de grupos botánicos específicos como de especies medicinales, maderables, helechos, pastos y forrajes, etc. También hay colecciones docentes y de exhibición. El monto

de especímenes que va atesorando un herbario solo resulta manejable, productivo, y se puede conservar mejor en la medida en que se aplique un sistema adecuado de organización, por grupos en orden filogenético (evolutivo), por orden alfabético u otros. Se divide además en secciones (histórica, de tipos, investigación y referencia o consulta) para facilitar aún más el trabajo de todos los encargados de su incremento, desarrollo y conservación.

Los herbarios cubanos, con sus colecciones anexas y otras colecciones especializadas, son representativos de la mayoría de las provincias e instituciones posibles. Estos atesoran alrededor de cien mil ejemplares de la flora, así como muestras de la mayor diversidad de la biota cubana y de todos los ecosistemas.

En Cuba funcionan 14 herbarios, los que han sido reconocidos por el Index Herbariorum y adiciones posteriores, todos con sus acrónimos (siglas de identificación) correspondientes. Se trabaja en la consolidación de la Red Nacional de Herbarios Cubanos.

Colecciones zoológicas

En nuestro país existen más de un centenar de instituciones poseedoras de colecciones zoológicas. De estas, solo 10 están reconocidas internacionalmente por el volumen, representatividad y estado de conservación de los fondos en ellas depositados. La colección del IES, la más grande y mejor representada del país, alberga más de un millón de ejemplares, pertenecientes a 8000 especies de diferentes grupos zoológicos (vivos y extinguidos): mamíferos, aves, reptiles, anfibios, crustáceos, insectos, ácaros, arácnidos, moluscos y helminetos (Fig. 55).



Fig. 55. Colecciones zoológicas del IES.

El material más valioso que atesora es el de los 2300 tipos, es decir, los animales que fueron utilizados en la descripción original de especies y géneros de la fauna cubana. También posee ejemplares únicos en Cuba de especies extintas como la Paloma Migratoria (*Ectopistes migratorius*) y el Carpintero Real (*Campephilus bairdii*), con muy pocos representantes en otros museos del mundo, así como especies seriamente amenazadas como las polimitas.

Otro elemento por destacar son las colecciones históricas de importantes naturalistas del siglo XIX y principios del XX. Entre estas sobresalen las de aves, insectos, anfibios, reptiles, crustáceos y murciélagos, hechas por Juan Gundlach; las colecciones de moluscos de Rafael Arango, las de Luis Sánchez de Fuentes, Eduardo Müller, Raúl P. Guitart y Miguel L. Jaume, la Colección Herpetológica de Charles Ramsden, con cerca de cuatro mil ejemplares, la colección de aves de Bauzá, la de arácnidos de Pelegrín Franganillo, las colecciones entomológicas de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, y de los entomólogos cubanos Pastor Alayo y Salvador de la Torre.

El IES cuenta además con una colección de entomofauna de la caña de azúcar, como resultado del trabajo de un grupo de investigadores en áreas cañeras del país. En ella están representados los grupos de insectos relacionados con este cultivo, tanto los que son plagas como aquellos que son potencialmente peligrosos.

Colecciones marinas

En Cuba las principales se encuentran en el Acuario Nacional de Cuba e incluyen las del Instituto de Oceanología del CITMA. Estas colecciones son el resultado de treinta y siete años de labor de los sistemáticos y taxónomos que, a través de los diferentes programas de investigación e inventarios de la flora y la fauna marinas realizadas en la plataforma cubana y sus mares adyacentes, han procesado, organizado y conservado el material que sirve de base para la creación de las colecciones naturales depositadas en el Departamento de Colecciones Marinas. La colección de corales está formada por 5294 ejemplares de las 44 especies presentes en los arrecifes cubanos. La de peces contiene 2848 lotes, donde están representados peces y tiburones cubanos y caribeños.

El Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana también es depositario de otras colecciones marinas, algunas utilizadas en la docencia y otras guardadas como colecciones históricas, como los peces de la expedición del Atlantis. En el Museo Felipe Poey de la universidad se conserva la colección de peces de este eminente sabio cubano y la de moluscos marinos del doctor Carlos de la Torre. En el Centro de Investigaciones Costeras de Cayo Coco, en la cayería norte de Cuba, se encuentran en formación las colecciones marinas que validan los estudios de biodiversidad que se realizan en esa zona.

La sociedad cubana tiene varios retos con la documentación de la diversidad biológica, tanto viviente como la depositada en colecciones. Las colecciones contienen ejemplares de especies que ya han desaparecido, por lo que los fondos no pueden ser reemplazados y su valor es incalculable. Por tal razón, el estancamiento, deterioro o pérdida de las colecciones trae consigo privar a las generaciones de conocer su pasado biológico, evaluar el presente y proyectar el futuro. En consecuencia, las colecciones, como parte del patrimonio nacional, entrañan la obligación jurídica y el compromiso moral de ser conservadas para la posteridad por parte de las instituciones que las forman y custodian.

Diversidad de ecosistemas y su importancia

Los sistemas ecológicos no existen como unidades diferenciadas, sino que representan partes diferentes de un continuo natural. Aunque términos tales como *bosque*, *pastizal* y *humedal* se emplean comúnmente para denotar sistemas ecológicos, su definición y escala espacial a menudo dependen del propósito que persigue la clasificación. Algunas expresiones que se utilizan más a menudo son:

- *Bioma*. Región de escala continental caracterizada por su vegetación y clima distintivos.
- *Ecosistema*. Unidad básica funcional, que incluye tanto a los individuos (comunidades bióticas) como el ambiente abiótico, cada uno de los cuales influye sobre las propiedades del otro. Ambos son

necesarios para la conservación de la vida, tal como existe en la Tierra.

- *Comunidad ecológica.* Grupo de especies que habita un área determinada.
- *Hábitat.* Medio ambiente biológico y físico de una especie determinada.
- El concepto de *ecosistema*, en sus diferentes formulaciones, se refiere en general a las relaciones de espacio y funcionamiento entre los diferentes factores bióticos y abióticos, que evolucionan en el tiempo, desde enunciados que describen al ecosistema como «la relación, no solo de los organismos entre sí, sino también con las condiciones físicas del ambiente», hasta llegar a acepciones más modernas que consideran al hombre como parte fundamental de este: «El ecosistema es un modelo de comprensión de las leyes generales de la vida, lo que existe en la naturaleza, en el universo, en el planeta; son zonas de vida. Ecosistema es eso, zonas de vida». Los ecosistemas están fuertemente tramados en un continuo global de energías, nutrientes y organismos: la biosfera que habitamos.

Entonces se puede decir que el ecosistema es una unidad compleja, un todo que no se reduce a la suma de las partes, con un nivel transdisciplinario que atraviesa todo aquello que lo compone.

Para la representación, clasificación y cartografía de los ecosistemas, a los efectos de la planificación y vigilancia de la diversidad biológica, y teniendo en cuenta la falta de una clasificación internacional generalizada, se recurre generalmente en el plano internacional a las formaciones vegetales y a la clasificación de paisajes. Esta determinación está firmemente justificada en el actual concepto de *biodiversidad*, que comprende múltiples niveles de organización biológica, sobre todo cuando se tienen en cuenta los tres atributos primarios de la biodiversidad: composición, estructura y función, incorporados a los diferentes niveles de organización. Tanto la delimitación y descripción de las formaciones vegetales como de los componentes del paisaje (heterogeneidad, área, perímetro, conectividad, etc.) pueden ser buenos controladores de la composición y abundancia de especies

y viabilidad de las poblaciones, para el conocimiento y monitoreo de especies y áreas ecológicamente sensibles.

La diversidad de los ecosistemas se puede expresar por su riqueza, y esta, a su vez, se asume como la variabilidad de los ecosistemas en una región o territorio determinado. En Cuba, al realizar un estimado inicial de la riqueza de ecosistemas a través de la aplicación de índices para cada región físico-geográfica, se halló que se distinguieron cinco grandes grupos que abarcan, de forma general, los grados de riqueza de los ecosistemas:

Regiones muy pobres. Esta categoría agrupa regiones que presentan poca variabilidad de ecosistemas y ocupan aproximadamente el 30 % de las regiones de Cuba. Como ejemplos típicos se pueden señalar los cayos de San Felipe-Los Indios y las islas de la Ensenada de la Broa-El Cajío.

Regiones pobres. En esta categoría se concentra un tercio de las regiones del país. Llama la atención la inclusión en este grupo de la región de las montañas de Sancti Spíritus. Como ejemplos clásicos están la llanura sur de Camagüey y la llanura de Zapata.

Regiones medianamente ricas. Esta categoría reúne el 25 % del país. Se incluyen aquí las regiones de la Cordillera de Guaniguanico, las montañas de Guamuhaya y las de Nipe-Cristal como las zonas más interesantes, así como algunas llanuras.

Regiones ricas. Sobresale en este grupo la llanura de Real Campiña-Cienfuegos, única llanura incluida en esta categoría. El resto son alturas y montañas con reconocida diversidad de ecosistemas por su alta heterogeneidad geólogo-geomorfológica y edafo-biógena. Como ejemplo típico se pueden señalar la Sierra del Turquino y la meseta de Maisí-Zapote.

Regiones muy ricas. Esta categoría incluye una sola región: las montañas de Moa-Toa-Baracoa. Esta zona presenta condiciones hidroclimáticas extremas y conserva ecosistemas con alto grado de naturalidad. Su variabilidad abiótica es notable, dada sobre todo por su geología y características de sus suelos. Tales condiciones, entre otros factores, propician que este territorio acumule altos valores de endemismo de flora y fauna, y que sea una de las «zonas calientes» de la biodiversidad de Cuba.

Resulta evidente que la mayor riqueza de ecosistemas se presenta en las montañas del oriente del país, mientras que los subarchipiélagos están clasificados como *muy pobres*. Al parecer esta regularidad solo puede ser enmascarada por los procesos de modificación antrópica. En el ejemplo de Cuba, la llanura de Real Campiña-Cienfuegos presenta altos valores del índice de riqueza de ecosistemas; sin embargo, ha sido profundamente modificada por la actividad antrópica, y quizás los agroecosistemas actuales no presenten altos valores de diversidad biológica. Por otra parte, se ha comprobado que la distribución de altos valores de endemismo de la biota no se relaciona necesariamente con la riqueza de ecosistemas; en ocasiones depende de determinado factor abiótico. Tal es el caso de las regiones cubanas donde se presentan condiciones edáficas extremas, lo cual condiciona la presencia de importantes contingentes de especies endémicas de flora y fauna, pero tienen una gran homogeneidad de ecosistemas, como la sierra alta de Agabama, provincia de Villa Clara.

Los ecosistemas terrestres. Principales características

Cuba se caracteriza por la alta complejidad y heterogeneidad de sus ecosistemas, condicionados, entre otros factores, por la situación de archipiélago en la zona Neotropical, su configuración estrecha, alargada y subaltitudinal, la constante influencia marítima, la estacionalidad climática, el amplio predominio de rocas carbonatadas, la marcada diferenciación del relieve, la preponderancia de las llanuras y el alto endemismo y diversidad de la biota.

Si se clasifican los ecosistemas a partir de las características físico-geográficas, estos se equiparan con los paisajes, y entonces, de acuerdo con las grandes estructuras morfológicas del relieve y las condiciones climáticas regionales, en Cuba se distinguen los siguientes:

Montañas húmedas. Se caracterizan por un régimen climático de estacionalidad débil, el predominio de la alta energía del relieve, la presencia de suelos con particularidades zonales, formaciones vegetales de escasa distribución como el subpáramo, el bosque nublado y el bosque pluvial, así como un elevado endemismo de la flora y la fauna. Ejemplos de ellos lo encontramos en los principales maci-

zos montañosos del país, con su máxima representación en la Sierra Maestra.

Alturas y colinas húmedas y medianamente húmedas. Se encuentran asociadas a las montañas húmedas o en bloques aislados, y presentan un régimen climático marcadamente estacional. Han sido asimiladas para la actividad socioeconómica con moderación, aunque en algunas se han ocasionado intensas modificaciones. De acuerdo con las características de los suelos, en ellas se pueden encontrar bosques siempreverdes y semidecíduos, que albergan altos valores en especies forestales, y son el hábitat de numerosas especies de la fauna. Estos ecosistemas tienen una buena representación en la Sierra del Rosario.

Montañas, alturas y colinas secas. Presentan condiciones climáticas extremas, y su principal rasgo es la xeromorfía y aridez. Entre otras características están la restringida distribución y marcada localización a sotavento, el elevado endemismo de la flora y la fauna, y la presencia de formaciones vegetales únicas para el país, como el matorral xeromorfo espinoso semidesértico, único en la franja costera de Maisí-Guantánamo.

Llanuras medianamente húmedas. Se caracterizan por su amplia distribución, poseen un régimen climático estacional y han sido los paisajes de mayor asimilación socioeconómica, pues solo presentan ecosistemas con alto grado de conservación en las zonas litorales y en los subarchipiélagos, mientras que hacia el interior de la Isla de Cuba y de la Isla de la Juventud han sido profundamente modificadas.

Llanuras secas. Se caracterizan por su muy escasa distribución, y son ecosistemas de interés científico-conservativo debido a las características climáticas extremas, que condicionan la presencia de importantes contingentes de especies endémicas en paisajes de alta fragilidad. Como ejemplos de estos tenemos a las llamadas *sabanas de arenas blancas* de Pinar del Río e Isla de la Juventud, que son ecosistemas únicos por su estructura y por la alta presencia de endemismos de la flora y la fauna.

Ahora bien, si se atiende a la tendencia de clasificar los ecosistemas a partir de las formaciones vegetales por las que se caracterizan, y que

son su expresión de mayor facilidad de comprensión y delimitables en el espacio, en Cuba se presentan las siguientes formaciones:

A. Formaciones vegetales primarias. En equilibrio dinámico con las condiciones de clima, suelo y vegetación de Cuba son las únicas que se hallaban en el archipiélago a la llegada de los primeros amerindios.

Bosque pluvial o pluvisilva. Formación con predominio de árboles y presencia de arbustos y herbáceas que generalmente mantienen sus hojas durante todo el año, aunque algunos emergentes pierden su follaje en las épocas secas. Son abundantes en epífitas, epífilas (que viven sobre las hojas), trepadoras, helechos arborescentes, musgos y hepáticas; se desarrollan en zonas montañosas de alta pluviosidad. Estos bosques pueden alcanzar hasta 30 m de altura. Sus recursos forestales son valiosos y verdaderos sitios de patrimonio natural. Se presentan entre los 400 a 900 m snm en la Sierra Maestra, Sierra de Imías y Sierra del Escambray. En sus variantes se pueden encontrar en las Sierras de Nipe y Cristal, Cuchillas de Moa, Toa y Baracoa.

Bosque nublado. Formación arbórea con presencia de arbustos y herbáceas, y abundancia de briófitas y epífitas, con alturas de 8 a 12 m, rica en helechos, entre ellos los arborescentes, orquídeas terrestres y musgos. Se desarrolla en general entre los 900 y 1600 m snm en la Sierra Maestra y los picos más altos del Macizo de Sagua-Baracoa.

Bosque siempreverde. Formación en la que menos del 30 % de las especies de árboles pierden sus hojas en los períodos de sequía. En ellos hay presencia de palmas, arbustos, herbáceas, lianas y epífitas. Con más frecuencia se presenta en alturas submontanas entre 300 y 800 m snm. En su variante de hojas pequeñas se presenta más localizado en zonas costeras, y allí se pueden encontrar cactáceas columnares o arborescentes, lianas y arbustos espinosos. Su altura generalmente varía entre 15 y 25 m. Extensos territorios de estos bosques han sido modificados para la utilización de los recursos forestales que albergan, dados por valiosas especies maderables.

Bosque semideciduo. Formación arbórea con una presencia del 40 al 65 % de especies que pierden sus hojas, en los períodos de disminución de las lluvias. Los arbustos y las herbáceas son escasos, con poco desarrollo de las epífitas y abundancia de lianas. Estos bosques alcanzan hasta 25 m de altura. Hay presencia de palmas y especies

de hojas endurecidas o esclerófilas y a veces espinosas. Se distribuyen en zonas llanas y onduladas. Al igual que los anteriores, estos bosques presentan modificaciones dadas por el uso de sus recursos forestales.

Bosque de ciénaga. Formación arbórea de hasta 20 m de altura, con presencia de especies de árboles, que pierden estacionalmente sus hojas, epífitas y algunos elementos de manglar. Se presenta en zonas inundadas periódica o permanentemente, en ciénagas costeras, sobre suelos ricos en materia orgánica, en las penínsulas de Guanahacabibes, de Zapata, costa norte de Matanzas y Camagüey, y el sur de la Isla de la Juventud. Forma parte de los humedales.

Bosque de galería o ribereño. Con árboles que crecen entre los 15 y 20 m, y presencia de arbustos, hierbas, lianas y epífitas. Está condicionado a las orillas de los ríos y arroyos, y formado por las especies de la vegetación circundante, que resultan más dependientes de la luz solar, en especial las palmas.

Bosque de mangles o manglar. Con árboles de hasta 15 m de altura y presencia de raíces zancudas y pneumatóforos (raíz epígea por donde respiran), con herbáceas y trepadoras y ausencia de arbustos. Se encuentran en las costas bajas y cenagosas. Los manglares son ejemplos de bosques adaptados a una alta salinidad, y constituyen una formación de muchos recursos naturales, tanto por sus productos forestales para leña y carbón como por los productos forestales no maderables. Entre ellos, el tanino, sustancia producida por el mangle rojo y utilizada en la industria de las pieles, o por la alta productividad que presenta para la producción apícola. El manglar forma parte de los humedales, y es también una frontera natural por excelencia, hábitat de un sinnúmero de especies marinas en sus primeros estadios de vida y refugio de aves y otras especies de la fauna (Fig. 56).

Bosque de pinos o pinares. Formaciones arbóreas con especies aciculifolias, es decir, con hojas como acículas o «*agujas*» del pino, como comúnmente se les conoce. Presentan arbustos y herbáceas, así como pocas epífitas y lianas, con diferentes variantes asociadas a los suelos donde se implantan, y con diferencias en la composición de especies en las distintas regiones del país. Estos bosques son un potencial importante de recursos forestales. Existen grandes extensiones de repoblación de pino, en los que se establecen, con el tiem-



Fig. 56. El manglar forma parte de los humedales y es también nuestra frontera natural por excelencia.

po, condiciones semejantes a las existentes en los pinares naturales, sobre todo cuando estas áreas de repoblación se encuentran en territorios donde la formación vegetal natural propia del lugar era el pinar. No deben ser confundidos con los territorios que fueron sembrados con la especie exótica *Casuarina equisetifolia*, que es conocida, erróneamente por la población, como *pino*, pero que no forma parte de los pinares.

Matorral xeromorfo costero y subcostero. Más conocido por *manigua costera*, es un matorral con arbustos y árboles emergentes achaparrados, con especies espinosas, de hojas esclerófilas y pequeñas, que por lo general son renovadas estacionalmente. A veces estos matorrales toman el aspecto de bosques arbustivos, con presencia de suculentas, palmas, herbáceas y lianas. La abundancia de suculentas puede llegar a ser notable. Por lo regular se presentan en calizas costeras de todo el país.

Matorral xeromorfo espinoso sobre serpentina. Más conocido por *cuabal*, con arbustos de 2 a 4 m, formando una densa maraña en la que sobresalen los emergentes de 4 a 6 m, con abundancia de elementos espinosos y palmas, herbáceas, epífitas y lianas. Estos matorrales se presentan principalmente en llanuras y alturas bajas, desde Cajalbana (Pinar del Río) hasta los alrededores de la ciudad de Holguín, sobre suelos derivados de serpentinitas, y son ricos en endemismos de la flora (Fig. 57).



Fig. 57. Cuabal. Estos matorrales se presentan principalmente en llanuras y alturas bajas.

Matorral xeromorfo subespinoso sobre serpentina. Conocido por *charrascal*, es un matorral con un denso estrato de arbustos de 4 a 6 m y emergentes de 7 a 10 m, con presencia de herbáceas, lianas y epífitas. Los elementos espinosos son menos que en la anterior formación, y se encuentra en llanuras y zonas colinosas y montanas, sobre suelos derivados de serpentinitas de Cuba oriental (montañas de Nipe-Cristal-Moa-Toa-Baracoa, en las provincias de Holguín y Guantánamo). Se destacan algunos endemismos de la flora.

Matorral montano o monte fresco. Formado por arbustos achaparrados de alrededor de 3 m de alto, con suculentas, epífitas y trepadoras. Se encuentra solo en la Sierra del Turquino, en alturas mayores de 1600 m snm. Es rico en endemismos de la flora.

Comunidades acuáticas en aguas dulces. Está compuesta por especies libremente flotantes y otras enraizadas. Se pueden encontrar en ríos, lagunas y embalses de todo el país. Algunas de sus especies conforman verdaderas esteras que impiden la navegación fluvial y otras actividades. Las lagunas, por su carácter de espacio bien delimitado espacial y funcionalmente, han sido el ejemplo por excelencia en los estudios teóricos y de modelación de ecosistemas. Según los diferentes criterios, se pueden considerar a su vez como ecosistemas fluvio-lacustres o formando parte de los humedales.

Comunidades halófitas. Ecosistemas costeros formados por plantas, mayormente herbáceas y suculentas que admiten altos niveles de salinidad. Se pueden encontrar en todas las costas del país.

Herbazal de ciénaga. Herbazales altos de zonas cenagosas del país que pueden estar permanente o periódicamente inundadas y muchas veces asociadas a bosques de ciénaga y manglares, formando parte de los humedales. Abundan en la península de Zapata, la ciénaga de Lanier en la Isla de la Juventud, el norte de la península de Guanahacabibes, la ciénaga de Birama en Manzanillo y las zonas cenagosas del norte de las provincias de Camagüey y Ciego de Ávila. Son hábitats únicos para un sinnúmero de especies de aves migratorias.

Vegetación de mogotes. Vegetación arbustosa, con un estrato arbóreo de 5 a 10 m de altura, con palmas, suculentas, epífitas y abundancia de lianas. Se presenta desde la base hasta la cumbre, en montañas de carso cónico (diente de perro), conocidas por *mogotes*. Forman un complejo de formaciones vegetales (complejo de vegetación de mogotes) con los bosques semidecíduos y siempreverdes. Las más representativas pueden localizarse en Cuba occidental (Sierra de los Órganos), aunque también en Cuba centro oriental (alturas mogotiformes del Escambray, mogotes de Sancti-Spíritus, Sagua la Grande y Baire).

Vegetación de costa rocosa. Ecosistema costero formado por comunidades abiertas, con suculentas, arbustos pequeños, a veces achaparrados y herbáceas. Se le denomina *complejo de vegetación de costa rocosa* porque está integrado por varias vegetaciones como las de farallón, promontorios, ensenadas y otras. Presente en todas las costas cubanas.

Vegetación de costa arenosa. Ecosistema costero formado por plantas herbáceas y suculentas dispersas, entre las que puede haber especies arbóreas, como la uva caleta y algunos mangles. Su nombre –complejo de vegetación de costa arenosa– indica que en su composición participan varios tipos de vegetación como las de dunas, matorrales sobre arena y otras, presente en todas las costas cubanas (*Fig. 58*).

B. Vegetación secundaria. Surgida a consecuencia de la acción antrópica a partir de 1492. Antes de esa fecha existió solo en pequeñas áreas por causa de la acción natural: huracanes, muerte de los individuos, inundaciones y fuegos naturales.



Fig. 58. Complejo de vegetación de costa arenosa (cortesía de Rafael Vega Joga).

Sabanas seminaturales y antrópicas. Comunidades herbáceas, con árboles y arbustos dispersos, presencia de palmas, trepadoras y en general de especies que requieren una alta demanda de iluminación para su total desarrollo. Las sabanas seminaturales se describen como condicionadas principalmente a los suelos. Su existencia en el país ha sido objeto de amplias discusiones científicas, ya que no ocupan gran extensión. Algunos autores creen que son pinares abiertos o relictos de pinares, que han sido talados hace tiempo, mientras que otros opinan que el suelo cuarcítico (compuesto de arena de cuarzo) o de mocarrero (suelo duro, impermeable, rico en perdigones de hierro) impide el establecimiento de una cobertura arbórea cerrada. Lo cierto es que, si el suelo es el que determina el establecimiento de estas sabanas, entonces serían naturales y no seminaturales. Las sabanas antrópicas son el producto del manejo humano. Las seminaturales se encuentran distribuidas por las llanuras de Pinar del Río, Isla de la Juventud y Casilda (provincia de Cienfuegos), y las antrópicas en llanuras y alturas colinosas de todo el país, sobre todo en zonas que han sido taladas para obtener madera o para aumentar la superficie agrícola, por lo que ocupan la mayor parte del territorio cubano.

Agroecosistemas. Son los cultivos de una o más especies o variedades combinadas, y la fauna y la vegetación asociadas a estos, que ocupan una extensión y tiempo determinado, cumpliendo con una estructura y un funcionamiento que los distingue. El enfoque de ecosistema para los cultivos es indispensable cuando se habla de agricultura

orgánica, lucha biológica y desarrollo sostenible, pues solo así se pueden entender las interrelaciones existentes entre los diferentes componentes. Por ejemplo, un área de cultivo de café bajo especies forestales en una zona montañosa se puede ver de una forma simple, como un ecosistema de bosque montano, donde una de las especies vegetales es el cafeto, y a partir de este supuesto estudiar todas las interrelaciones existentes. Este conocimiento permite lograr una mayor productividad con un menor daño al medio ambiente.

Ecosistemas urbanos. El enfoque ecológico propone que la ciudad, como otros ecosistemas, muestra una estructura y un funcionamiento, incluyendo componentes bióticos y abióticos, y el ciclaje y conversión de energía y materiales. Existe también una organización espacial y cambios a través del tiempo que resultan en patrones de comportamiento y distribución de especies, dinámica de poblaciones y de comunidades ruderales. Desde el punto de vista de la sociedad y la población humana, el ecosistema urbano concentra una alta productividad de información, conocimiento, creatividad, cultura, tecnología e industria que exporta a otros ecosistemas. Desde el punto de vista biológico, exhibe una muy baja productividad, y por ende una gran dependencia de su entorno. La significación ecológica de las ciudades, en relación con el impacto que ejercen sobre el ambiente natural y sobre el sistema de producción de alimentos, es la de tomar en consideración la relación entre el desarrollo social y el ambiente, estilos de vida y la salud y el bienestar de la población humana (Fig. 59).



Fig. 59. Ecosistema urbano (cortesía de Rafael Vega Joga).

Zonas ecológicamente sensibles (ZES) (tomado del tabloide del curso «Diversidad biológica»

La sensibilidad ecológica es una de las características de los ecosistemas que se deben tener en cuenta, tanto para su conservación como para su uso racional u ordenamiento. En la actualidad no se concibe el desarrollo de ningún tipo de actividad socioeconómica sin el conocimiento previo de los valores naturales del territorio involucrado. Es por esto que el estudio de las ZES es un eslabón importante dentro del sistema para la protección y conservación de la diversidad biológica en Cuba.

Las ZES son aquellas caracterizadas por sus condiciones físico-geográficas (alturas, pendientes, suelos, grado de conservación, etc.) que dificultan su recuperación después de su asimilación. Es por ello que se considera su estudio como un elemento importante a considerar al acometer cualquier actividad en un territorio determinado.

Para la delimitación de las ZES se realiza un amplio trabajo compilativo de toda la información disponible, tanto bibliográfica como cartográfica, y las bases de datos disponibles. A partir de esta información se pueden identificar las características de las áreas, prestando especial atención al grado de conservación de los territorios, evidenciado en la mayoría de los casos por la presencia de especies endémicas de la flora y la fauna de alto valor conservacionista y elementos naturales de significación. Estos son: número de endémicos vegetales, especies botánicas de alto interés socioeconómico (según su uso, valor maderable, medicinal, industrial o melífero y grado de conservación), número de endémicos de la fauna, distribución espacial del endemismo y el grado de modificación del territorio.

También se tienen en cuenta las condiciones naturales que determinan, en mayor o menor medida, el comportamiento de la diversidad biológica como morfo e hipsometría (altura relativa, disección), condiciones climáticas (temperatura, lluvia y presión) y agroproductividad de los suelos.

Según la distribución y fragmentación de los ecosistemas en el territorio, se pueden delimitar las unidades que abarcan los ecosistemas caracterizados, tanto las praderas marinas hasta los ecosistemas de montañas, cada una con sus característi-

cas particulares en cuanto a condiciones físico-geográficas, pero con comunidad de elementos naturales que permiten agruparlas. Atendiendo a estos factores se pueden definir en Cuba seis grandes grupos que incluyen:

- *Ecosistemas de montañas húmedas.* En estos las características de la geomorfología y el suelo determinan una mayor gama de formaciones vegetales, en las cuales el número de endémicos vegetales estrictos llega a cifras altas. Contienen la mayor cantidad de especies de flora y fauna de alto valor científico y conservativo, y se mantienen los niveles de modificación dentro de parámetros aceptables. Son ejemplos los sistemas montañosos de la Cordillera de Guaniguanico, las montañas de Guamuhaia y los sistemas de la Sierra Maestra y de Moa-Sagua-Baracoa.
- *Ecosistemas de alturas y llanuras interiores medianamente húmedas.* La ubicación de los territorios, junto con la complejidad del relieve y el clima, condicionan las formaciones vegetales, que tanto por su valor florístico como por su valor para la conservación son áreas a mantener. En estos predominan en forma general los bosques y complejos de vegetación, con una alta concentración de especies endémicas. Es un ejemplo la región occidental de la llanura de la provincia de Pinar del Río.
- *Ecosistemas de alturas y llanuras litorales medianamente húmedas.* En estos ecosistemas las características más importantes están determinadas por el grado de modificación de los territorios, que se denota por la presencia de la vegetación secundaria. Los tipos de vegetación natural son los matorrales y complejos de vegetación. Son ejemplos las penínsulas de Zapata y de Guanahacabibes.
- *Ecosistemas de alturas y llanuras litorales secas.* Están conformados por áreas de complejidad geomorfológica y condiciones climáticas extremas, y una vegetación compuesta básicamente por bosques, matorrales y complejos de vegetación. Sus grados de modificación son de bajo a medio, y los valores de endemismo en las áreas varían entre muy altos y altos. Un ejemplo es la franja semidértica del sur de Guantánamo.

- *Ecosistemas de llanuras litorales y sistemas insulares secos a ligeramente húmedos.* En estas zonas se pueden encontrar bosques, matorrales y complejos de vegetación, en su mayoría poco modificados; por partes también se distribuye la vegetación seminatural. La cantidad de endémicos vegetales estrictos para esas zonas es medio. En más del 60 % de estos territorios los ecosistemas se mantienen de poco a medianamente degradados. Son ejemplos las tierras emergidas en las cayerías que rodean a la isla de Cuba.
- *Ecosistemas litorales.* El complejo de arrecifes, pastos marinos y manglares que rodean el archipiélago son la base de los principales procesos vitales del ecosistema marino litoral, y por tanto de los productos y servicios de la diversidad biológica marina. Los arrecifes coralinos al sur de Cuba son los mejores conservados del Caribe. Estos conforman uno de los biotopos marinos más frágiles y al mismo tiempo productivos, y desde el punto estético, el más espectacular. Son ejemplos los Archipiélagos de Sabana-Cama-güey, Jardines de la Reina y Los Canarreos.

Es importante que, por sus características o por las modificaciones sufridas durante años, no todas las ZES están representadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Por eso se deben tener en cuenta en los sistemas integrados de conservación (Cap. 4), que incluyan a zonas que, a pesar de su alto grado de modificación antrópica y el uso de sus recursos en líneas priorizadas del desarrollo económico, aún conservan valores de su flora, fauna o paisajísticos, que ameritan contar con medidas de protección o rehabilitación.

Los ecosistemas marinos. Principales características

Cuba se encuentra rodeada por una plataforma marina integrada por diversos ecosistemas que interactúan fuertemente entre sí. En las figuras siguientes se muestra la distribución de estos ecosistemas en las cuatro subzonas principales del archipiélago cubano: zona noroccidental (Fig. 60), zona norte central (Fig. 61), zona suroriental (Fig. 62) y zona suroccidental (Fig. 63).

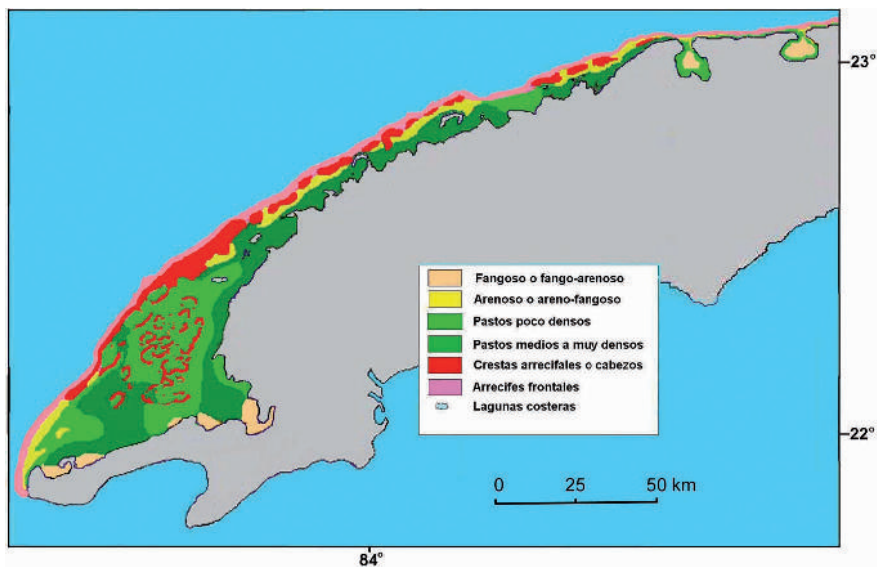


Fig. 60. Distribución de los principales ecosistemas marinos y costeros en la zona noroeste de Cuba.

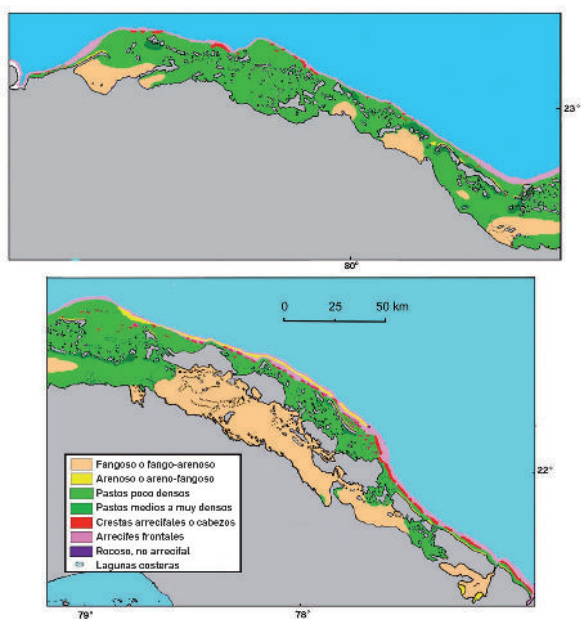


Fig. 61. Distribución de los principales ecosistemas marinos y costeros en la zona norte central de Cuba.

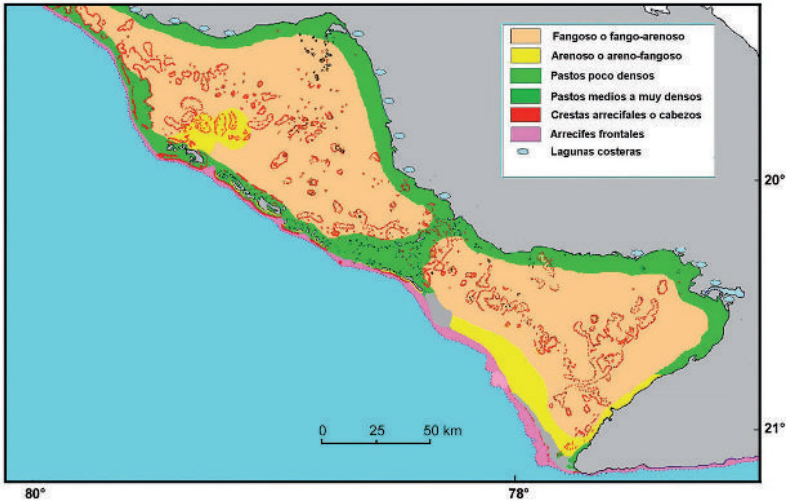


Fig. 62. Distribución de los principales ecosistemas marinos y costeros en la zona suroriental de Cuba.

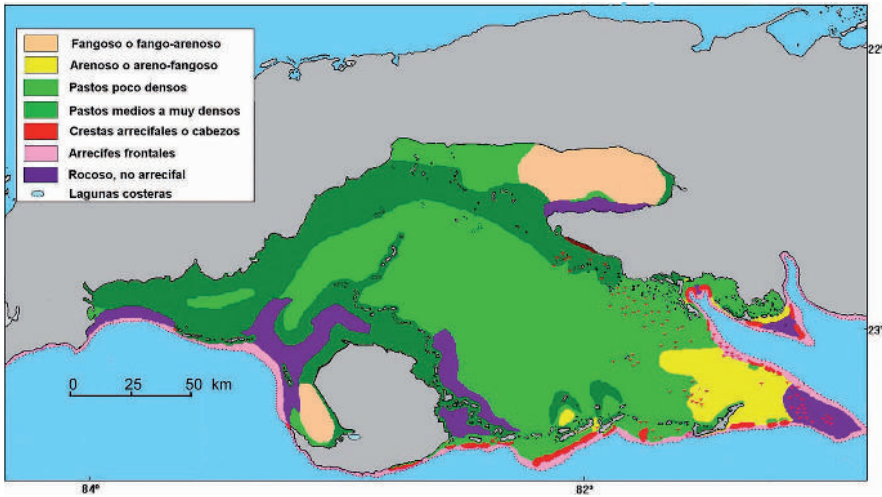


Fig. 63. Distribución de los principales ecosistemas marinos y costeros en la zona suroccidental de Cuba.

A continuación se describen las características de los principales ecosistemas marinos y costeros de Cuba:

Arrecifes coralinos. Los arrecifes coralinos son estructuras geológicas sólidas, masivas, de origen biológico y con formas variadas que cubren el fondo rocoso de algunos mares tropicales y subtropi-

cales. Estos crecen hacia la superficie y son creados por organismos que viven fijos al fondo (llamados *sésiles*), que forman esqueletos pétreos de carbonato de calcio. En el Gran Caribe estos organismos fijos son principalmente los corales pétreos. Habita además una enorme diversidad de esponjas, gorgonias (que conocemos como *abanicos de mar* y *ramajos*), ascidias y algas, así como una rica fauna móvil de peces e invertebrados.

Los arrecifes de Cuba se encuentran en diferentes formas, como de crestas (*Fig. 64*) (restingas), barreras de arrecifes, promontorios coralinos (cabezos y arrecifes de parche), sistemas de barras coralinas casi paralelas alternadas con canales de arena (que los pescadores llaman *fondos de cangilones*), cantos poco profundos (que en Cuba se llaman *cantos de veril* o *veriles*), cantos profundos (paredes o cantos de golfo) y bancos arrecifales, entre otras.

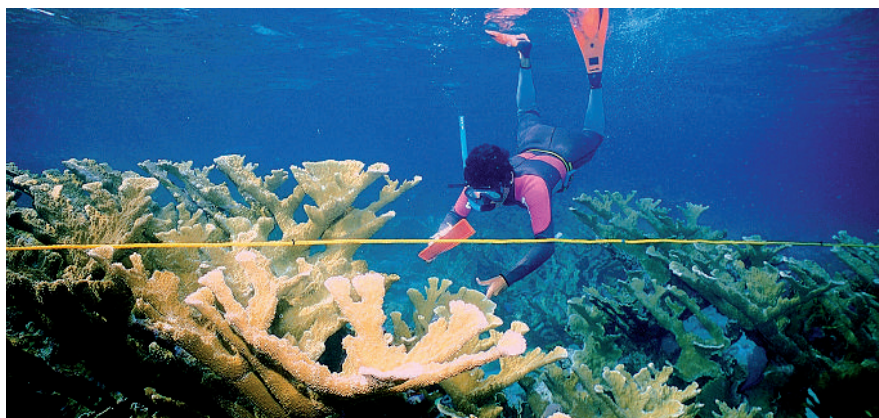


Fig. 64. Arrecife. Biólogo marino evaluando el estado de conservación de una cresta arrecifal.

En Cuba, un ejemplo de barrera de arrecife, en sentido estricto, es el arrecife de los Colorados, al norte de Pinar del Río. Está por verificar si también el Archipiélago de Jardines de la Reina, junto con los arrecifes del borde de la plataforma, desde cayo Bretón hasta punta Ancón, es realmente un arrecife de ese tipo. De comprobarse sería la segunda barrera de arrecife de Cuba y la más larga del Gran Caribe, superando entonces a la de Belice.

Según investigaciones cubanas, más del 98 % de los 3100 km del borde de la plataforma marina cubana, aproximadamente, está orlado por arrecifes, con partes donde lo más profundo del arrecife (a más de 4 m y conocida como *arrecife frontal*), incluyen tramos de crestas o barreras en las partes bajas (menos de 4 m de profundidad). Investigadores extranjeros, empleando imágenes satelitales, han referido para Cuba áreas de arrecifes aparentemente subestimadas entre 3020 y 3290 km². Con esos estimados, Bahamas y Cuba comparten el primer lugar en extensión de arrecifes en el Atlántico occidental tropical, seguidos por Colombia con 2060 km².

Además, en amplias zonas sobre la misma plataforma marina se encuentran áreas dispersas de arrecifes de parche y cabezos. En el golfo de Guacanayabo existen singulares bancos arrecifales de plataforma que se desarrollan sobre bases rocosas, rodeadas de fondos fangosos. En el sur central y el noroeste de Cuba se hallan bancos arrecifales oceánicos.

A pesar de su limitada extensión en el océano mundial, los arrecifes albergan la cuarta parte de las especies marinas. Aparte de una alta diversidad biológica, poseen valiosos recursos socioeconómicos. Más del 25 % de las capturas comerciales de los países en desarrollo provienen de especies de arrecifes o que tienen alguna dependencia de ese ecosistema.

Los arrecifes son un gran atractivo para el turismo de buceo. Por otra parte, constituyen una de las principales fábricas de la arena blanca que nutre las playas, vital recurso turístico de Cuba. Sus barreras o crestas brindan una efectiva protección a las costas, contra la erosión causada por el oleaje. También protegen recursos costeros, tanto naturales como creados por el hombre, que se han hecho más vulnerables ante el cambio climático global y la variabilidad climática. En este ecosistema habita una gran diversidad de organismos portadores de sustancias biológicamente activas, con uso actual y potencial como fármacos y reactivos de interés bioquímico y experimental. Muchas de sus especies se utilizan para artesanía y bisutería. Se ha estimado que Cuba cuenta con un potencial de generación de ingresos, a partir de los arrecifes, de cerca de 4340 millones de dólares por año.

Cerca de la mitad de los arrecifes del borde de la plataforma cubana están separados de la isla principal por amplios cuerpos de agua

poco profundos y por grupos de cayos y bancos que amortiguan considerablemente la influencia negativa de la actividad humana. La mayor parte de las costas son naturales o están solo poco urbanizadas o industrializadas; sin embargo, las cuencas hidrográficas han sido extensivamente deforestadas desde tiempos de la colonia, lo que ha incrementado el escurrimiento de contaminantes y sedimentos al mar.

La sedimentación inducida por la deforestación puede estar afectando a alrededor del 30 % de los arrecifes coralinos del borde de la plataforma. La contaminación a niveles críticos en los arrecifes de Cuba tiene una extensión muy restringida (< 3 %) cerca de La Habana. Algún grado de contaminación puede estar impactando a algunos arrecifes cercanos a las entradas de otras bahías y asentamientos humanos, lo que requiere ser investigado.

En varios arrecifes se ha observado un excesivo desarrollo de algas, causado, en mayor medida por la mortalidad masiva del erizo de mar herbívoro (*Diadema antillarum*) a principios de la década de los ochenta del pasado siglo, y por la marcada escasez de peces herbívoros. Los herbívoros evitan que las algas proliferen, excesivamente, y desplacen a los corales. En algunos casos la falta de herbívoros ha estado acompañada de concentraciones algo altas de sales nutrientes de nitrógeno y fósforo (nutricación).

Las regulaciones sobre la protección de arrecifes coralinos y su control han sido insuficientes; pero de manera sostenida se ejecutan acciones pertinentes. El turismo en Cuba ha ocasionado impacto directo limitado y localizado, principalmente por contaminación debida a un deficiente tratamiento de aguas residuales (cayo Santa María y cayo Ensenachos).

Ha existido el problema de la pesca ilegal por personas con acceso a las áreas de buceo turístico. En estas acciones pueden ocurrir daños mecánicos por embarcaciones, anclas y por los propios turistas, así como por basura; sin embargo, el sector del turismo revela cada vez más una mayor conciencia ambiental sobre los arrecifes, por el bien del desarrollo de sus propias acciones y mejoran sus prácticas sectoriales. El proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey, que se ejecuta desde 1993, ha tenido un notable impacto en ese sentido.

La pesca ha ocasionado daños a los arrecifes por la sobreexplotación de varias especies, lo que ocasiona graves alteraciones del ba-

lance trófico del ecosistema que conducen a la proliferación de algas (cuando merman las existencias de herbívoros como los loros y barberos), o de animales raspadores o depredadores de corales (cuando disminuyen las existencias de carnívoros como pargos, meros, pez perro, pulpos, langostas, entre otros). Los chinchorros, nasas, anclas y la basura dañan a los corales y otros organismos.

Recientemente ha ocurrido la invasión masiva del venenoso y voraz pez león (originario de los océanos Índico y Pacífico), que a pesar de su belleza y majestuosidad amenaza a la ecología y al potencial pesquero y turístico del país y de casi todo el Gran Caribe.

Fondos duros no arrecifales. Los ecosistemas de fondos duros no arrecifales se localizan sobre las plataformas marinas (zonas también llamadas *macrolagunas*), fuera de las áreas arrecifales, y que se extienden hasta las costas de la isla principal de Cuba. Se caracterizan básicamente por poseer un fondo rocoso cubierto por una capa de arena muy delgada o ausente, y a menudo por parches de pastos marinos o de pequeños depósitos de arena. Con frecuencia suelen presentar corales aislados y gorgonias (ramajos). Se trata de un fondo rocoso mixto como un mosaico, lo que lo hace portador de una notable diversidad de especies.

La distribución de los fondos duros no arrecifales es muy parcheada y limitada en todas las macrolagunas o áreas interiores de la plataforma de Cuba. Ejemplos de estos están en el norte y noroeste de la Isla de la Juventud, así como en el este y sudeste de esa isla, y también en el extremo sudeste de cayo Frágoso (Archipiélago de Sabana-Camagüey), así como en una estrecha banda en el sur de la ensenada de la Broa, entre otras áreas.

Este ecosistema sostiene una pesca que incluye esponjas comerciales, langostas y varias especies de peces. Algunos sitios podrían resultar de interés contemplativo para el turismo de naturaleza y la recreación.

Los fondos duros no colonizados (llamados así por no tener corales) son una variante donde los organismos que residen permanentemente son escasos y menos diversos, y viven (y están adaptados) bajo condiciones muy restrictivas de oleaje y efecto de los sedimentos.

Muchos fondos rocosos en Cuba han sido degradados por la pesca con chinchorro de fondo; pero esa práctica está siendo eliminada gra-

dualmente por regulaciones pesqueras ya establecidas, en la medida en que se garantiza el empleo alternativo a los pescadores afectados.

Fondos de sedimentos sueltos. Dentro de los ecosistemas de fondos de sedimentos sueltos (técnicamente conocidos como de *sedimentos no consolidados*) están los de pastos marinos, arenosos y fangosos.

- **Pastos marinos.** Los pastos marinos o praderas marinas, conocidos en Cuba como *seibadales* (Fig. 65), son fondos de sedimentos sueltos con desarrollo de yerbas marinas (angiospermas) acompañadas por algas. Estas son principalmente *Thalassia testudinum* (seiba o yerba de tortuga), *Syringodium filiformis* (yerba de manatí) y *Halodule wrighti*. En Cuba predomina la primera. En lugares afectados por altas salinidades o altas temperaturas suele dominar *H. wrighti*. Este ecosistema está distribuido en toda la plataforma marina de Cuba ocupando más del 50 %.



Fig. 65. Praderas de *Thalassia testudinum*, fanerógama marina más ampliamente distribuida en Cuba (Foto: Instituto de Oceanología).

Los pastos marinos son la principal vía de entrada de la energía (solar) que garantiza la alta productividad biológica y pesquera en la plataforma cubana, y son una fuerte reserva ecológica de materia y energía en forma de biomasa, parte de la cual es exportada a los arrecifes y al océano (como alimento vivo, partículas de detrito orgánico, materia orgánica disuelta y heces fecales de peces de arrecifes que se alimentan en el pasto). Esto aumenta la productivi-

dad de esos ecosistemas. También actúan como estabilizadores de los sedimentos del fondo, previniendo su erosión y la afectación de los arrecifes y de las playas colindantes. Por otra parte, regulan la concentración de oxígeno y gas carbónico en el mar y los procesos biogeoquímicos (procesos en que intervienen factores biológicos, geológicos y químicos).

Los pastos marinos y los manglares en Cuba aportan 2,93 Tg C año⁻¹. La cantidad de carbono retenida solo por los pastos marinos en Cuba es tres veces mayor que los manglares, ya que ocupan un área cinco veces mayor, aunque la tasa de captura de carbono promedio mundial por parte de los manglares es superior a la de los pastos marinos. Conservar en buen estado este ecosistema y evitar su degradación, o rehabilitarlo cuando haya sido dañado, contribuye a la adaptación al cambio climático.

Muchos pastos marinos son formadores de gran parte de las arenas de las playas, gracias al desarrollo de algas calcáreas, principalmente *Halimeda*. Los pastos poco profundos son zonas importantes de reclutamiento y refugio de larvas y juveniles de valiosos recursos pesqueros.

La contaminación orgánica o por nutrientes de nitrógeno y fósforos ha ocasionado la desaparición de pastos marinos en extensas áreas del Archipiélago de Sabana-Camagüey (> 25 %) y de ensenada de la Broa. Las fuentes más importantes de contaminación han sido la industria azucarera (ahora en menor cuantía) y los asentamientos humanos, seguidos por la actividad agropecuaria. En la ensenada de la Broa la fuerte erosión de las costas norteñas, causada por la desaparición del frente protector de mangle rojo, produce un fuerte enturbiamiento del agua que, por bloquear la luz, contribuyó a la eliminación de los pastos al oeste de esa ensenada, donde abundaban el camarón blanco, entre otros organismos.

El incremento excesivo de la salinidad, a causa de obras como diques, carreteras sobre el mar y desviación fluvial, han contribuido a la pérdida de parte de los pastos marinos en áreas del Archipiélago de Sabana-Camagüey, así como de la ensenada de la Broa. Esas obras también producen cambios en la consistencia de los sedimentos, haciéndolos más fangosos y blandos, al disminuir la velocidad de las corrientes. Esto degrada la composición de la fauna y la flora.

Son comunes las «heridas» causadas por quillas y anclas de embarcaciones en pastos marinos poco profundos. La pesca ha producido grandes daños mediante el rastreo con chinchorros. El intenso rastreo camaronero a que fue sometida décadas atrás la ensenada de la Broa también contribuyó al enturbiamiento de sus aguas, y fue una de las causas principales de su degradación ecológica. Como ya se expresó, esta práctica está siendo eliminada.

La sobrepesca altera el balance ecológico de los pastos marinos y de los arrecifes coralinos cercanos, al ser capturados peces herbívoros que controlan el crecimiento algal. El deterioro de las crestas de arrecifes facilita la erosión de los pastos marinos de las lagunas arrecifales, al cesar la protección que le brindan, de ahí la importancia de protegerlas. Por otro lado, el aumento de la temperatura a causa de sistemas de enfriamiento de algunas industrias inflige severos daños a los pastos marinos, como el causado por la termoeléctrica de Mariel.

■ *Fondos arenosos.* Los fondos arenosos (o arenales) pueden ser, desde puramente arenoso hasta areno-fangoso, según la proporción de fango o cieno (partículas más finas). Su existencia se debe a la relativa inestabilidad producida por un fuerte hidrodinamismo (oleaje y corriente) que limitan la deposición de sedimentos finos de fango o cieno, y de materia orgánica particulada, e impiden el desarrollo de yerbas marinas. En Cuba la composición de la arena tiende a estar dominada por restos de algas calcáreas, de moluscos y de corales, aunque en lugares específicos está compuesta mayormente por oolita (granos de arena casi esféricos que se forman por deposición de carbonato de calcio, bajo condiciones físicas específicas de temperatura, salinidad y pH), por ejemplo, en grandes extensiones del sudeste del golfo de Batabanó.

Por su inestabilidad, este ecosistema posee una diversidad de especies relativamente baja y limitada productividad biológica. En él pueden habitar macroalgas o delgados tapices de algas filamentosas, casi microscópicas. Ejemplos de este tipo de fondo son las playas, médanos, bancos, canales en arrecifes coralinos y algunas terrazas arrecifales arenosas. Este ecosistema es el hábitat de especies es-

pecializadas, brinda refugio y alimento a especies que se entierran en la arena, proporciona arena a las playas, y en su dinámica participan en la formación y mantenimiento de las dunas de las playas y las cuencas arenosas. Ejemplos de extensos arenales están al sudeste del golfo de Batabanó, un tramo desde el noroeste de cayo Guillermo hasta el nordeste de cayo Cruz (Archipiélago de Sabana-Camagüey) y el sudeste del golfo de Guacanayabo.

Las construcciones y viales sobre las dunas, así como el tránsito de personas y de equipos pesados por estas, puede conducir al desequilibrio y deterioro del perfil y calidad de las playas. En algunas regiones la extracción excesiva de arena redujo la extensión del fondo arenoso, ha deteriorado las playas cercanas y ha inducido la necesidad de su costosa rehabilitación artificial, como es el caso de Varadero.

La contaminación como resultado del desarrollo urbano e industrial ha afectado drásticamente algunos fondos arenosos de la bahía de La Habana y de los arrecifes cercanos. Las bolas de alquitrán provenientes de petróleo liberado, accidental o intencionalmente desde buques, llegan a ser un problema en las playas de Cuba. Los rellenos de tierra para la construcción de hoteles u otras infraestructuras de apoyo cerca de las playas o costas amenazan a la calidad de la arena de las playas, al ser dichos rellenos terrígenos, susceptibles de ser lavados por eventos extremos de lluvia (sobre todo con el futuro aumento del nivel del mar), y hacer que esos sedimentos se mezclen con la arena. La disminución de la intensidad del oleaje o de las corrientes por obras ingenieriles (carreteras y espigones) aumenta el contenido de fango de las arenas, lo que altera su ecología y la calidad de las playas como producto de recreación.

- *Fondos fangosos.* Como su nombre lo indica, los fondos fangosos (o fanguizales) están formados por sedimentos en que predomina la fracción fangosa o cieno (partículas más pequeñas que las de arena fina). De acuerdo con la dinámica del agua, los fangos pueden ser más o menos compactos, y pueden llegar a ser casi «líquidos». En conjunto, la falta de luz, sedimentación excesiva y «liquidez» del fondo suelen impedir el desarrollo de los pastos marinos y del zoobentos (conjunto de animales que viven en el fondo). Si bien la diversidad de especies es en comparación baja, su pro-

ductividad biológica neta (explotable) puede ser localmente alta. Su ambiente, como regla, es fluctuante e impredecible, y además se caracteriza por un débil régimen dinámico del agua. Es típico de ambientes eutrofizados (con una concentración muy elevada de sales nutrientes de nitrógeno y fósforo).

Los fondos fangosos saludables son muy productivos y pueden ser fuentes de recursos pesqueros como camarones, moluscos y peces. Este ecosistema, mediante la descomposición de materia orgánica que produce e importa desde tierra firme y cayos, genera y exporta nutrientes a otros ecosistemas marinos. Por otra parte, puede ser fuente de fondo genético silvestre para el mejoramiento del cultivo de camarones.

Los fanguizales ocupan sus mayores extensiones en el golfo de Ana María y el golfo de Guacanayabo, pero está presente en el noroeste de Pinar del Río, partes del Archipiélago de Sabana-Camagüey, ensenada de la Broa, ensenada de la Siguanea y en las bahías de Cienfuegos, La Habana, Nipe, Santiago de Cuba, entre otras. Son comunes en extensas áreas estuarinas, lagunas costeras y orillas de manglares. También son típicos de zonas eutrofizadas (con gran cantidad de materia orgánica), donde los pastos marinos desaparecieron por esa causa, por ejemplo, en el oeste de bahía de Santa Clara, provincia de Matanzas, oeste de bahía de Buenavista y bahía La Gloria, provincia de Camagüey.

La contaminación orgánica, o con sales nutrientes, conduce a una eutrofización que causa excesiva acumulación de materia orgánica en el fondo. Mediante la descomposición microbiana, el sedimento se empobrece mucho en oxígeno (anóxico) y se carga de ácido sulfídrico, lo que afecta críticamente la flora y fauna marinas, y por lo tanto reduce la productividad biológica y pesquera. Por otro lado, la contaminación por sustancias tóxicas causa acumulación de estas en las especies (ostiones, por ejemplo) y daños fisiológicos.

Los arrastres con chinchorros cambian la estratificación original del sedimento, hacen que las partículas más finas queden en la superficie del fondo al volverse a depositar después de haber sido levantadas por el chinchorreo, destruyen la delgada capa mucosa microbiana que normal y beneficiosamente tapiza la superficie de los fondos de sedimentos sueltos. Esta capa es alimento de las especies que se ali-

mentan de detrito (detritófagas) y estabiliza la superficie del fondo. Las represas, diques y pedraplenes pueden ocasionar cambios de salinidad, temperatura, granulometría, topografía, etc. que conducen a transformaciones en la cantidad, variedad y productividad de los recursos vivos.

Las lagunas costeras y estuarios. Las lagunas costeras son cuerpos de agua relativamente pequeños (*Fig. 66*), poco profundos (0,2-2 m), con conexión limitada con el mar, a través de estrechos canales y en dependencia de la amplitud de las mareas. La mayoría recibe desde tierra considerable aporte de agua dulce, sedimentos, nutrientes y materia orgánica, lo que determina en parte su alta productividad biológica, o en caso de exceso de los dos últimos, su degradación. Sus fondos son fangosos, casi siempre con olor a sulfuro de hidrógeno.



Fig. 66. Laguna costera (*cortesía de Rafael Vega Joga*).

En las lagunas costeras ocurren grandes fluctuaciones de salinidad y temperatura, y en muchos casos de la propia vida marina. Generalmente están bordeadas por manglares y pueden abundar los pastos marinos. Este ecosistema está mayormente distribuido en la costa sur de Cuba y en los bordes de algunas grandes bahías y de algunos cayos. La mayor de Cuba es la Laguna de la Leche.

Las lagunas costeras protegen a los ecosistemas marinos exteriores contra pulsos de excesivos nutrientes y de sedimentos suspendidos al retenerlos. Muchas poseen gran valor paisajístico, recreativo y turístico. Son los ecosistemas marinos de mayor productividad pesquera y zonas potenciales para el desarrollo del maricultivo. Por otra parte, son áreas de reproducción y cría de camarones, importante recurso pesquero, áreas de cría de algunos peces comerciales y albergan al manatí, especie en peligro de extinción.

El represamiento de ríos y otros cursos de agua ha conducido a la salinización y acumulación de sedimentos (con la consecuente reducción del espejo de agua) de muchas lagunas del sudeste de Cuba, lo que ha afectado a importantes zonas de cría de camarones. A su vez las granjas de cultivos de camarones y los campos de arroz vierten sus aguas cargadas de nutrientes en algunas lagunas, causando niveles importantes de eutrofización, con graves consecuencias ecológicas y económicas. Algunas carreteras y diques han cortado o limitado el intercambio de agua, tanto dulce como salada, lo que ha dañado la ecología del ecosistema (afectaciones al manglar, asolvamiento y salinización). Ejemplos de ello son los represamientos de los ríos Zaza y Cauto. En la actividad pesquera las redes de sitio interfieren en la libre circulación de sus aguas y las migraciones de los organismos de las lagunas. El relleno de las lagunas es una práctica inapropiada, que se ha realizado para construir hoteles cerca de las playas. En la actualidad esta nociva práctica está más restringida gracias el Decreto ley 212 Gestión de la Zona Costera. La tala de mangle causa serios problemas de sedimentación. Afortunadamente esa actividad está bastante controlada en los últimos años.

Manglares. La mayor parte de las costas del archipiélago cubano se encuentran bordeadas de manglares, igual que las áreas pantanosas y las lagunas costeras y estuarios. Este ecosistema lo integran cuatro especies arbóreas: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle prieto (*Avicennia germinans*) y patabán (*Laguncularia racemosa*) –considerados como mangles verdaderos– y la yana (*Conocarpus erectus*), un pseudomangle. Los manglares abarcan aproximadamente el 4,8 % del territorio nacional, lo que representa el 26 % de la superficie boscosa del país. Por su extensión, los manglares cubanos ocupan el no-

veno lugar en el mundo y el tercero en América tropical. Se localizan en las costas acumulativas, cenagosas y en esteros con escurrimientos de agua dulce, aunque también en ambientes salinos, como los cayos que bordean la plataforma, muchos de ellos formados por los propios manglares. En zonas con aportes de agua dulce y de nutrientes, los bosques de mangle alcanzan 20-25 m de altura y una alta densidad, mientras que en aguas muy saladas y pobres en nutrientes pueden ser de pequeña talla, achaparrados o enanos. Los bosques de manglar pueden estar poblados por una sola especie de mangle o ser mixtos.

Las áreas con mayor distribución de manglares en Cuba son de cabo de San Antonio a bahía Honda, y de península de Hicacos a bahía de Nuevitás, por el norte; y de cabo Cruz a Casilda, y de bahía de Cochinos a cabo Francés por el sur, así como el norte y este de la Isla de la Juventud y la gran mayoría de los cayos, lagunas costeras y bahías.

Asociada al bosque de manglar habita una rica fauna, como las aves endémicas o de hábitats reducidos, algunas de las cuales lo utilizan como área de anidamiento o refugio, y muchas son migratorias. En ellos también viven varias especies de jutías endémicas.

Las raíces de los manglares sirven de sustrato o refugio a numerosos invertebrados y peces. Entre los primeros, prevalecen los crustáceos, principalmente cangrejos y moluscos. Se fijan además escaramujos, varias algas, esponjas y ascidias, entre otros. Por otra parte, están el cocodrilo cubano y el cocodrilo americano.

Los manglares aportan energía al ecosistema acuático mediante sus hojas, ramas y raíces desprendidas (y sus microorganismos asociados), las cuales pasan a formar parte del detrito orgánico acumulado en los sedimentos. Las raíces de los mangles sirven de refugio a las etapas juveniles de langostas y peces, incluidos varios de importancia pesquera. En su parte aérea, los manglares proveen madera, palos para cujes de tabaco y artes de pesca, leña, carbón, taninos y productos apícolas (miel, cera y propóleos). También protegen las costas de la erosión causada por el oleaje, el viento y las corrientes costeras. Por otra parte, filtran los contaminantes y los sedimentos de tierra adentro, evitando que lleguen a otros ecosistemas marinos. De vital importancia es la protección que brindan a la población e infraestructuras costeras contra fuertes penetraciones del mar y el efecto de los huracanes.

Aproximadamente el 30 % de los manglares de Cuba se están afectando por causas que pueden incluir incremento de la salinidad y disminución de los nutrientes, como resultado del represamiento; contaminación (de centrales azucareros, minería, refinerías de petróleo, industrias papelera y del alcohol, y criaderos de ganado); tala ilegal; cambios hidrológicos en las costas y el mar por construcciones de diques y viaductos sobre el mar; acción abrasiva del mar sobre las costas, que han perdido la protección de su propio frente de mangle rojo; acumulación repentina de arena que recubre los órganos de intercambio de gases de las raíces; disminución de las precipitaciones y daños por huracanes.