

## 4.5. Estado de conservación de la fauna en los ecosistemas terrestres

**DAYSI RODRÍGUEZ BATISTA, ÁNGEL ARIAS BARRETO,  
ALEJANDRO LLANES SOSA, ILEANA FERNÁNDEZ GARCÍA,  
RAYNER NÚÑEZ ÁVILA, LIANA BIDART CISNEROS,  
ENEIDER PÉREZ MENA, MERCEDES MARTÍNEZ REYES,  
ROSANNA RODRÍGUEZ-LEÓN MERINO**

La fauna, como parte integrante de los ecosistemas, juega un papel determinante en el funcionamiento y equilibrio de los procesos ecológicos que los sustentan. Los animales utilizan de manera diferente los recursos que les propicia el medio, lo que estará en dependencia de los requerimientos biológicos de cada especie y de las características del hábitat, como por ejemplo la ubicación geográfica, la altitud y el estado de conservación. Algunas especies pueden ser indicadoras de la calidad ambiental e informar sobre el estado de conservación de los ecosistemas.

En el Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC) los vertebrados e invertebrados terrestres ocupan todos los hábitats o ecosistemas presentes, entre ellos vegetación de costa arenosa, vegetación de costa rocosa, bosque de mangle rojo, bosque de mangle mixto, yanal, comunidades halófitas, matorral xeromorfo costero, bosque de ciénaga, bosque semideciduo, bosque siempreverde micrófilo y vegetación ruderal (formaciones vegetales descritas por Menéndez *et al.*, en este libro), así como también el ecosistema marino, las lagunas interiores y costeras, las playas y las cuevas.

Para obtener resultados favorables en el manejo de las especies y de las comunidades faunísticas se necesita conocer y evaluar los recursos que son vitales para la supervivencia de las especies como son el alimento y el hábitat, y de las comunidades, y saber las especies que las componen y sus abundancias. Otro aspecto de utilidad para la conservación de la fauna consiste en relacionar los patrones biológicos de las poblaciones y las comunidades con las características estructurales y florísticas del hábitat, las que en última instancia los determinan.

Las investigaciones en este sentido son insuficientes y no se conoce en detalle la estructura de las comunidades en cada tipo de hábitat. Sin embargo, los inventarios cuantitativos de insectos, moluscos,

mariposas diurnas, reptiles, aves y mamíferos que se han realizado en numerosas localidades y formaciones vegetales de algunos cayos permiten hacer una valoración acertada del estado de conservación de la fauna en el ASC, al menos en los hábitats o ecosistemas críticos para cada grupo de fauna o especie.

Durante la primera etapa del proyecto se realizó un estudio de línea base que posibilitó, utilizando los límites de la vegetación, cartografiar las zonas de riqueza faunística, áreas de endemismo y de importancia de hábitat (Rodríguez Batista, 1997), información que se tuvo en cuenta para la confección de los mapas de áreas ecológicamente sensibles, propuesta de áreas protegidas y áreas para el desarrollo de infraestructura turística (Alcolado *et al.*, 1999).

Con el objetivo de conocer la composición y abundancia de las comunidades en hábitats conservados, seleccionar los indicadores para el monitoreo y validar la metodología, se inicia la segunda etapa con una fase piloto en la que se realizaron inventarios de aves, reptiles, moluscos e insectos (orden: Coleóptera, Lepidoptera, Homoptera, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera, Psocoptera y Neuroptera) en un bosque semideciduo en cayo Coco y en un bosque siempreverde micrófilo y un matorral xeromorfo costero en cayo Santa María.

Para el muestreo de los insectos se emplearon métodos de captura con redes entomológicas y con trampas Malaise (Segnini, 1995; Mc Gavin, 2001) y de conteo siguiendo un recorrido a lo largo de siete transectos lineales de 50 m cada uno, excepto en el caso de las mariposas diurnas, que solo se empleó el conteo a lo largo de 12 transectos de 30 m de longitud (Pollard, 1977). En el caso de los moluscos se empleó el conteo directo y se delimitaron 20 parcelas de 5 m<sup>2</sup> para los arborícolas, en las que se delimitaron parcelas de 0,25 m<sup>2</sup> para el

conteo de los moluscos terrestres (Berovides *et al.*, 1994 y 1997). Para los reptiles se utilizaron 12 transectos de 200 m de longitud por cuatro de banda (Rand, 1964), y en el caso de las aves, se consideraron 24 puntos de conteo en parcelas circulares de 25 m radio (Hutto *et al.*, 1986), y se colocaron 30 redes ornitológicas de 9 m de largo y 2,5 m de alto de 30 mm de abertura de malla. Se determinaron las características cuantitativas de la flora y la vegetación en cada hábitat de muestreo (James y Shugart, 1970; Noon, 1981).

Posteriormente y con el objetivo de crear una red de monitoreo para evaluar las consecuencias de las principales actividades humanas sobre la diversidad biológica, se incluyó en el diseño a los principales factores de modificación: las construcciones hoteleras, los viales y la fumigación, y a los ecosistemas y comunidades de mayor afectación.

## Uso del hábitat

La diferenciación de los paisajes en el ASC está dada por la distribución del grado de humedecimiento y de los sedimentos, lo cual se evidencia de manera clara en la distribución de algunos tipos de suelo y de la vegetación (Priego, 1996). La fauna, que en última instancia depende de los hábitats donde se desarrolla, también manifiesta ese patrón de diferenciación, de ahí que los resultados que se obtengan al determinar las variables físicas del hábitat, de la flora y de la estructura de la vegetación que pueden influir en los patrones de distribución, composición y abundancia de las comunidades constituyen una herramienta básica para la conservación de la fauna y sus hábitats.

En el ASC varias formaciones vegetales constituyen áreas prioritarias para la conservación de la fauna si se considera la elevada riqueza y el predominio de endemismos y especies raras (Tabla 4.5.1).

Tabla 4.5.1. Representatividad por hábitats de los grupos de fauna (%) presentes en el Archipiélago Sabana-Camaguey, Cuba

Grupo de fauna	Hábitats												
	BSD	BVI	MXC	CVC	CHA	BMR	BMM	YAN	CAD	VCA	VCR	VRU	CUE
Murciélagos													96,3
Jutías	50,0					100,0							
Aves	57,4	57,4	43,5	41,2	5,4	9,4	32,3	7,6		9,4	2,7	27,3	
Reptiles	67,5	16,2	37,8	24,3			21,6	10,8		37,8	16,2	27,02	
Mariposas diurnas	61,9	63,5	30,1						20,6	15,8	36,5		
Moluscos terrestres	69,5	22,8	29,3	1,1	3,5		5,4			21,7	2,1		
Coleópteros	51,5	16,1	23,3	8,5			0,2	0,4		12,8	2,0	18,1	
Homópteros	62,6	70,3	41,7					1,1		8,8	9,8	52,7	
Colonias de nidificación						82,3							

BSD = Bosque semideciduo, BVI = Bosque siempreverde micrófilo, MXC = Matorral xeromorfo costero, CVC = Complejo de vegetación de ciénaga, CHA = Comunidades halófitas, BMR = Bosque de mangle rojo, BMM = Bosque de mangle mixto, YAN = Yanal, CAD = Comunidades vegetales de agua dulce, VCA = Vegetación de costa arenosa, VCR = Vegetación de costa rocosa, VRU = Vegetación ruderal, CUE = Cuevas.

Los bosques semideciduo y siempreverde micrófilo son los ecosistemas donde se encuentran mejor representadas las aves, las mariposas diurnas y los homópteros, mientras que los reptiles, los moluscos terrestres y los coleópteros lo están mejor en el bosque semideciduo. El bosque siempreverde micrófilo, la vegetación de costa arenosa y el matorral xeromorfo costero sobre arena también son hábitats de interés para los moluscos terrestres, y las dos últimas lo son para los reptiles; el matorral xeromorfo y el bosque de mangle mixto para las aves, la vegetación de costa rocosa para las mariposas diurnas y la vegetación ruderal para los homópteros. Las jutías utilizan mayormente el mangle rojo y los

murciélagos más que de la vegetación; dependen de la disponibilidad de refugios diurnos como las cuevas, las solapas marinas y las construcciones antrópicas (Mancina *et al.*, 2003). Los manglares son sitios de nidificación de las aves de los órdenes Ciconiformes (Garzas), Charadriformes (Zapapicos), Pelecaniformes (Pelícanos y Rabihorcado) y Phoenicopteriformes (Flamencos). Los sitios de mayor riqueza de especies y abundancia de aves acuáticas nidificando corresponden a bahía de Perros, bahía de Jigüey, bahía del Jato, Bocas Grandes, cayos de Felipe y Faro La Jaula en el Archipiélago de Camagüey, donde los manglares se encuentran en buen estado de conservación.

Por otro lado, la mayoría de las especies de fauna en el ASC son generalistas, porque son abundantes, de amplia distribución y utilizan una amplia gama de recursos, por lo que tienen mayor capacidad de adaptación. Sin embargo, otras especies son escasas, tienen una distribución geográfica restringida y están limitadas a determinados hábitats, por lo general son más especialistas y tienen menor grado de adaptación, lo que las hace más vulnerables a las transformaciones de sus hábitats. En el caso de los coleópteros, se encontraron 62 especies exclusivas de los bosques, 27 de la vegetación de costa arenosa y 19 del matorral xeromorfo costero. Entre las mariposas diurnas, 20 son exclusivas de los bosques y cuatro de los complejos de vegetación rocosa y arenosa. Los moluscos terrestres del género *Cerion* solo habitan en la vegetación de costa arenosa y en el matorral xeromorfo, *Ligus fasciatus* habita el bosque siempreverde micrófilo y el semideciduo y *Polymita muscarum* solo en el bosque semideciduo de los cayos Sabinal y Guajaba.

Entre los reptiles vale la pena mencionar a la iguana (*Cyclura nubila*), cuyos hábitats críticos los constituyen la vegetación de costa arenosa y la vegetación de costa rocosa; a las especies de chipojos (Fig. 4.5.1) que prefieren básicamente los bosques; y a todas las subespecies que constituyen endémicos locales que también prefieren los bosques semidecuidos. Las aves por su amplia capacidad de dispersión utilizan generalmente varios hábitats, siendo menos frecuente la utilización de un solo tipo de formación vegetal. Sin embargo, requieren de determinadas variables florísticas y estructurales de la vegetación (Rodríguez Batista, 2000). También los reptiles y los moluscos arborícolas dependen de estas variables, mientras que los moluscos terrestres van a depender mayormente de la disponibilidad del carso (Rodríguez Batista *et al.*, 2006).



Fig. 4.5.1. Chipojó *Anolis equestris potior*, subespecie endémica de cayo Santa María (Foto: Ángel Árias).

Esto pone de manifiesto que algunos grupos de fauna, son más selectivos en su localización dentro de sus hábitats. Por ejemplo, las aves granívoras y/o frugívoras discriminan ambientes de menor altura y mayor densidad del follaje en los estratos bajos de la vegetación, mientras que las insectívoras discriminan ambientes de mayor altura y cobertura del dosel. Esto tiene grandes implicaciones conservacionistas, ya que para conservar las aves no basta solo con proteger los tipos de formaciones vegetales, sino que hay que tener en cuenta determinadas características de la estructura de la vegetación y algunos elementos de la flora. Los lugares donde se encuentran la mayor diversidad y abundancia de las comunidades de aves, reptiles, moluscos e insectos son:

- Bosques donde predominan las plantas *Metopium browneii*, *Coccoloba diversifolia*, *Ocotea coriacea*, *Eugenia monticola*, *E. maleolens*, *E. axillaris*, *Syderoxylon salicifolium*, *Copernicia glabrescens*, *Krugiodendron ferreum*, *Bourreria succulenta*, *Guaiacum sanctum*, *Pilosocereus robinii*, y *Canella winterana*,
- Matorrales xeromorfos costeros donde predominan las plantas *Coccothrinax littoralis*, *Drypetes mucronata*, *Amyris elemifera* y *Bursera simaruba*,
- Bosques de mangle mixto donde predominan *Conocarpus erectus* y *Avicennia germinans*

Para su conservación es importante mantener la altura del dosel, la cobertura del dosel y del suelo en los bosques; las altas densidades del follaje en los estratos bajos de la vegetación (de 0,0-3,0 m) en los matorrales xeromorfos costeros; y la distancia de los árboles y cobertura del estrato herbáceo en los bosques de mangle mixto.

### Estado de conservación de la fauna y sus hábitats

Son numerosos los daños provocados al hábitat y a las especies de fauna que han sido identificados en el territorio y que se relacionan principalmente con la actividad turística (Tabla 4.5.2). Los de mayor incidencia han sido la construcción de viales, de hoteles y ranchones, y la fumigación para el control de plagas en las áreas aledañas a los hoteles. Los ecosistemas mayormente afectados son los bosques semidecuidos, los matorrales xeromorfos y la vegeta-

ción de costa arenosa, siendo los cayos Coco, Las Brujas, Santa María, Guillermo, Sabinal, Romano y Ensenachos los más afectados. Vale mencionar también a los cayos Paredón Grande y Ensenachos, que siendo de pequeña extensión territorial también han sido impactados por la construcción de viales, pedraplenes e infraestructuras turísticas.

La construcción y/o sobredimensionamiento de los viales (Fig. 4.5.2) y caminos, las construcciones para la infraestructura turística, las canteras para la extracción de materiales de construcción y el raleo del sotobosque (vegetación que queda debajo del dosel arbóreo) son actividades que han contribuido a la disminución y fragmentación de estos ecosistemas (Fig. 4.5.3).



Fig. 4.5.2. En este sitio el bosque semidecidual ha sido fragmentado por la construcción de viales y paseos laterales sobredimensionados en perjuicio de la fauna local (Foto: James Dobbin).



Fig. 4.5.3. En este lugar los bosques semideciduals y siempreverdes micrófilos han sido eliminados en un área muy extensa y sustituidos por jardinería convencional (con especies que no se desarrollan adecuadamente en los cayos), lo que afecta la fauna local (Foto: James Dobbin).

Tales impactos provocan sin duda cambios en la composición y abundancia de las comunidades faunísticas, cambios en el uso de los hábitats, aparición de especies asociadas a ambientes urbanos, disminución de las poblaciones de especies endémicas y/o amenazadas, aumento de las especies que forrajean en sitios abiertos y cambios en las rutas migratorias de las aves, entre otros que se harán más notables a mediano y largo plazo.

La introducción de suelo, el vertimiento de basura, la presencia de flora y fauna introducidas y la fumigación contra las plagas, están ocasionando disminución de los efectivos poblacionales de algunas especies de fauna y la aparición de otras que se asocian a la actividad humana. Por otro lado, ocasionan la reducción de especies y subespecies endémicas locales, que en su mayoría se consideran con algún grado de amenaza, siendo estos sus hábitats críticos.

La construcción de hoteles y ranchones se ha realizado sobre la vegetación de costa arenosa y del matorral xeromorfo costero, de manera tal que se ha producido una reducción considerable de estos ecosistemas en el ASC. Los cayos más afectados son Coco, Guillermo, Santa María, Ensenachos, Las Brujas y Sabinal. Entre las especies que principalmente se afectan se pueden mencionar a las aves costeras, particularmente las del orden *Caradriformes*, que se alimentan de pequeños invertebrados que forrajean entre el sargazo que recala a la orilla de las playas. Entre ellas se destaca *Charadrius melodus* (Zarapico Silbador), que es una especie vulnerable. Por otro lado, el matorral xeromorfo costero es el hábitat de mayor riqueza y diversidad de aves, sobre todo en cayo Coco, y se destaca además por la alta incidencia de aves migratorias (Rodríguez y Batista, 2000). Entre los reptiles las poblaciones de *Cyclura nubila* corren peligro de reducción, pues se reproducen precisamente en la vegetación de costa arenosa. Las especies de moluscos del género *Cerion* se desarrollan en estos hábitats. Entre ellas algunas constituyen endémicos locales, como *Cerion sabinalensis*, *Cerion maternillensis*, *Cerion sainthilarius* y *Cerion sinfotensis* de cayo Sabinal; *Cerion acuticostatum* y *Cerion circumscriptum* de Cayo Romano, por solo citar algunos ejemplos.

Las canteras contribuyen a la fragmentación y pérdida de los hábitats boscosos, que se originan por

la tala del bosque para la extracción de materiales de construcción. Una vez que son abandonadas se utilizan para el vertimiento de desechos, los que se convierten en focos de plagas de mosquitos y roedores, y provocan cambios en las conductas de algunas especies de aves y reptiles que los utilizan en busca de alimento.

El relleno de lagunas, aunque no ha sido una práctica frecuente ya que solo ha ocurrido en Cayo Coco, es otro de los daños que se reconoce. Las lagunas, tanto costeras como interiores y de agua dulce o salobre, son los hábitats importantes para las aves acuáticas del orden Ciconiformes y de los reptiles de agua dulce *Trachemys decussata* (jicotea) y *Tretanorhinus variabilis* (catibo de agua dulce). La destrucción de este hábitat, además de interrumpir los procesos naturales en los que ellas intervienen,

altera los patrones de distribución de estas especies y reduce su disponibilidad en el territorio.

Las fumigaciones aéreas que se aplican diariamente en las áreas naturales cercanas a los hoteles y en otras infraestructuras presentes para el control de los mosquitos (Diptera: Culicidae) están causando la muerte de numerosos insectos de diferentes órdenes, entre los que se incluyen las mariposas y los coléopteros que se destacan por su interés como indicadores de biodiversidad y de cambios en los ecosistemas. Esta práctica probablemente esté afectando también a algunas especies de lagartos, de aves insectívoras y de anfibios.

En los Recuadros 4.5.1 y 4.5.2 se brinda, respectivamente, información sobre la importancia para la fauna de los ecosistemas terrestres y los manglares, y recomendaciones de investigación y manejo.

Tabla 4.5.2. Incidencia de los principales daños a los ecosistemas que provocan afectaciones a la fauna terrestre y a las aves acuáticas en el Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

<b>Afectación/hábitat</b>	<b>MXC</b>	<b>BSD</b>	<b>BSV</b>	<b>BMM</b>	<b>VCA</b>	<b>VRU</b>	<b>LAG</b>	<b>MAR</b>	<b>BMR</b>	<b>CHA</b>	<b>CUE</b>
Viales	x	x									
Hoteles y ranchoes	x				x						
Infraestructura turística		x	x								
Canteras		x		x							
Raleo de sotobosque		x	x								
Introducción de suelo		x	x				x				
Fumigación de plagas	x	x					x				
Uso de cuevas/turismo											x
Fauna introducida	x	x	x	x							
Flora introducida	x	x				x	x				
Daños a las lagunas							x				
Pedraplenes								x	x	x	
Vertimientos industriales								x			
Erosión línea de costa						x			x		
Contaminación por recalos						x					
Contaminación por basureros	x	x									x

MXC = Matorral xeromorfo costero, BSD = Bosque semidecídulo, BSV = Bosque siempreverde micrófilo, BMM = Bosque de mangle mixto, VCA = Vegetación de costa arenosa, VRU = Vegetación ruderal, LAG = Lagunas, MAR = Mar, BMR = Bosque de mangle rojo, CHA = Comunidades halófitas, CUE = Cuevas.

## Referencias

Alcolado, P.M.; E. E. García y N. Espinosa (1999): *Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey*. Proyecto GEF/PNUD Sabana-Camagüey. CUB/92/G321, Cuba.

Berovides, V.; L. Bidart; I. Fernández y A. Fernández (1997): «Taxon Data Shet (*Liguus fasciatus*)». Report of

Conservation Assessment and Management Plan Workshop for selected cuban species II, *CBGS, IUCN*.

Berovides Álvarez, V.; R. Tadeo Pérez y M. A. Alfonso (1994): «Concluye el estudio sobre la malacocenosis de la Sierra de los Órganos, Pinar del Río», *Cocuyo* 1: 7-8.

James, F. C. y H. Shugart (1970): «A Quantitative Method of Habitat Description», *Audubon Field Notes*, 24: 727-736.

- Mancina, C. A.; A. Hernández Muñoz y A. Hernández Marrero (2003): «Murciélagos del Archipiélago de Sabana-Camagüey, Cuba», *Revista Mexicana de Mastozoología*, 7: 41-47.
- Noon, B. R. (1981): «Techniques for Sampling Avian Habitats. The Use of Multivariate Statistics in Studies of Wildlife Habitat», *The Use of Multivariate Statistic in Studies of Wildlife Habitat*, USDA Forest Serv., Tech. Rep. RM9-87, pp. 42-52.
- Pollard, E. (1977): «A Method for Assessing Changes in the Abundance of Butterflies», *Biological Conservation* 12:115-134.
- Priego, A. S. (1996): «Diversidad de ecosistemas del Archipiélago Camagüey, Cuba», *Tesis de Maestría*.
- Rand, A. S. (1964): «Ecological Distribution in Anoline Lizards of Puerto Rico», *Ecology*, 45: 745-752.
- Rodríguez Batista, D.; R. Rodríguez-León; I. Fernández; M. Martínez; M. Martínez; I. Ramos; L. Bidart; A. Llanes; C. Mancina; A. Avila; A. Pérez; D. Rodríguez; A. Chamizo y V. Rivalta (1997): *Compendio de resultados sobre fauna terrestre del Archipiélago Sabana-Camagüey*. Informe Técnico, Proyecto GEF/PNUD Cub/92/631.
- Rodríguez Batista, D. (2000): «Composición y estructura de las comunidades de aves en tres formaciones vegetales de Cayo Coco, Archipiélago de Sabana-Camagüey, Cuba». *Tesis de Doctorado*, Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA.
- Rodríguez Batista, D.; L. Bidart y M. Martínez (2006): «Aspectos ecológicos de las comunidades de moluscos, reptiles y aves del bosque semideciduo de cayo Romano, Cuba», *CUBAZOO*, no. 15.
- Segnini, S. (1995): «Medición de la diversidad en una comunidad de insectos», *Bol. Entomol. Venez.* NS 10(1):105-113.

### Recuadro 4.5.1

#### Importancia de los ecosistemas terrestres y los manglares para la fauna

- Del estado de conservación de la flora y vegetación de estos ecosistemas depende que las comunidades faunísticas que los componen mantengan altos índices de riqueza de especies, abundancia, diversidad y su alto grado de endemismo y rareza.
- El Ecosistema Sabana-Camagüey y en especial los matorrales xeromorfos costeros, los bosques semideciduos, los bosques de mangle mixto, la vegetación de costa arenosa, las lagunas costeras y las comunidades halófitas garantizan el tránsito de numerosas especies migratorias y el mantenimiento de otras durante las migraciones, evento que cada año se produce de manera natural y por el cual el territorio es reconocido a nivel regional y mundial.
- Los manglares constituyen los hábitats críticos para la conservación de las aves acuáticas que allí se reproducen y para las jutías, particularmente *Mesocapromys auritus* (jutía rata) en cayo Frágoso.

### Recuadro 4.5.2

#### Recomendaciones

- Conservar los componentes florísticos y estructurales en cada tipo de ecosistema que determinan la composición y abundancia de las comunidades faunísticas y garanticen la supervivencia de las poblaciones de mayor relevancia.
- Minimizar el grado de afectaciones a los ecosistemas y eliminar aquellas que constituyen prácticas indeseables, pues alteran los procesos ecológicos y provocan desequilibrio entre los diferentes componentes naturales.
- Dar seguimiento a los muestreos, al menos una vez al año, de aves, reptiles, moluscos y coleópteros en los bosques semideciduo, siempreverde micrófilo y matorral xeromorfo costero de los cayos Coco y Santa María, lo que permitirá comparar los resultados en el tiempo. Evaluar el estado de conservación de las colonias de aves del Archipiélago de Sabana.
- Conservar la diversidad de los paisajes del Ecosistema Sabana-Camagüey (que incluye la diversidad biológica en su sentido más amplio). De esta manera se garantiza la sostenibilidad de la actividad turística y de la ecología en el territorio.

## 4.6. Estado físico de las playas

**ROBERTO F. GUERRA-GARCÍA, LOURDES RIVAS-RODRÍGUEZ,  
ISIS HERNÁNDEZ SOSA, MANUEL GARCÍA CASTRO, LEONEL ANGERI-HERRERA,  
NORMA GARCÍA-GARCÍA, ODALYS PUENTE-ASTRAL Y ADÁN ZÚÑIGA**

Las playas constituyen un biotopo de gran importancia conservacionista, económica y social del Ecosistema Sabana-Camagüey (ESC). Sin embargo, sufren el retroceso de su línea de costa y de la duna hacia tierra, pérdida en el volumen de sedimentos y cambios en su granulometría a causa de la erosión, lo que puede afectar en una u otra medida a los ecosistemas vecinos de manglar, pastos marinos y vegetación de costa, así como a sus faunas acompañantes. De especial connotación conservacionista son el uso que hacen de ellas las tortugas marinas para la puesta de sus huevos y la existencia de plantas endémicas, entre otros aspectos. Por otra parte, hasta el presente constituyen la atracción turística principal de la región.

Por su importancia ecológica, económica y social, en el marco del Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey se inició un programa de estudio y monitoreo para las playas del ESC con el objetivo de conocer sus principales características, estado de conservación, tendencias y posibles causas de la erosión, para establecer estrategias y acciones dirigidas a su protección y uso sostenible.

El ESC posee 82 playas, de las cuales 54 son playas exteriores expuestas al océano y 28 playas interiores protegidas por los fondos bajos y cayos (Tabla. 4.6.1).

En dependencia del comportamiento y grado de conservación de las fuentes de ingreso de arena, varía la estabilidad del balance de las playas. Siguiendo esta línea de razonamiento, y con el objetivo de

encontrar alguna relación entre el origen del material y la tendencia en la evolución de las playas, Juanes (1996) confeccionó la tabla 4.6.2 referida a las playas de la costa norte de Cuba, donde se hace evidente el predominio de los sectores de arena biogénica y oolítico-biogénica, y que la mayoría de las playas se encuentran erosionadas por causas naturales, antrópicas o ambas.

Las playas de pendientes muy suaves, como es el caso de las interiores, presentan condiciones favorables para las penetraciones del mar. Bajo la ocurrencia de oleajes significativos se generan fuertes procesos de erosión, que son más intensos y dañinos en las playas donde se han construido estructuras rígidas próximas a la línea de costa. Cabe mencionar la playa de Juan Francisco, ubicada en uno de los sectores costeros más explotados de la provincia de Villa Clara, y donde la presencia de un muro de contención provoca grandes efectos erosivos, además de impedir que se desarrollen los procesos acumulativos tanto en la parte sumergida como en la emergida.

Estas playas presentan además una alta vulnerabilidad a eventos meteorológicos extremos. Es de destacar el impacto que sufrieron las de Caibarién, La Panchita y Carahatas en Villa Clara, frente al paso del huracán Kate en noviembre de 1985, que provocó inundaciones costeras por penetraciones del mar asociadas a la surgencia. Más tarde, en el 2001, el huracán Michelle con categoría 3 azotó el área de Isabela de Sagua con similares efectos (Pérez y García, 2006).

Tabla 4.6.1. Inventario de las playas del ESC por provincias. Factores determinantes del estado de las playas

Provincias	Playas				
	Interiores	Estado	Exteriores	Estado	
Matanzas	Playa Larga Musulmanes Menéndez	SI SI SI	Cayo Cruz del Padre	SI	
Villa Clara	Cayo Blanquizal Salto y Ganuza Sierra Morena Panchita Carahatas Uvero Piñón Juan Francisco Cayo Conuco Caibarién Jáquete	SI SC SI SI SI SI SI - SI SC -	Cayo Esquivel Cayo Cristo Cayo Jutía Cayo Lanzarillo Cayo Fragoso Cayo Francés Cayo Ensenachos: El Mégano Ensenachos Cayo Santa María: Perla Blanca La Estrella Cayo Las Brujas: La Salina	SI SI SI SI SI SI +, 3 +, 3 +, 3 +, 3, 4 SC, 3	
Sancti Spiritus	Jatibonico del Norte Playa Vitoria, Parque Caguanes	SI SI SI			
Ciego de Ávila	Punta Alegre XI Festival Cayo Félix Tinaja Grande Cunagua	SC SC SI SI SI	Cayo Guillermo: El Paso El Medio Pilar Cayo Coco: La Petrolera Uva Caleta La Jaula Flamenco Loma del Puerto Prohibida La Concha Larga Las Coloradas Cayo Paredón Grande: Los Pinos El Norte Los Lirios	-,1,2,3 SC SC SC SC -,1 -,1 SC SC SC -,1,2,3 -,1,2,3 -,1 SC -,1	
Camagüey	Güaney Jigüey Piloto San Jacinto Santa Rita Bagá	-2,5 -2,5 -2,5 -2,5 -2,5 SC	Cayo Antón Cayo Romano El Muerto Cayo Cruz Onda Cara Dorada Del Este Cayo Mégano Grande Azul Cayo Guajaba Fina Cayo Sabinal: Nao-Punta Blanca Las Conchas Isabelita La Palma Brava Sabinal Los Pinos Strombus Recale Bonita Santa Lucía La Boca Serena Residencial-Tararacos Amigos del Mar Punta de Ganado Punta Arenal	Antón Chico Los Pinos Sigua Del Sol Guajaba Carabela Los Coquitos	-,1 6 6 SC SC SC SC SC SC 6 6 -, 6 -, 2,6 - SC - SC SC,2,6 -,2,6 SC SC SC,2 -,2,3,4,5 -,5 6 - -,2,3,4,5,7 -,3,4,5 2,3,4,5 SC

+ = Mejoría del estado, - = Empeoramiento del estado, SC = Sin cambio aparente, SI = Sin información, 1 = Naturales, 2 = Construcción sobre la duna, 3 = Limpieza de playa con medios no apropiados, 4 = Actividades antrópicas sobre la berma, 5 = Actividades antrópicas sobre la duna, 6 = Vegetación inadecuada (casuarina, cocoteros, etc.), 7 = Mal manejo de la vegetación de la duna, 8 = Obras ingenieras en el mar.

Tabla 4.6.2. Balance de las playas del norte de Cuba atendiendo al tipo de material que forma la arena y las causas de la erosión (Juanes, 1996)

<i>Tipo de material</i>	<i>Sin erosión</i>	<i>Erosionadas</i>	<i>Causa natural</i>	<i>Causa antrópica</i>	<i>Causa natural antrópica</i>	<i>Total</i>
Biogénico	4	61	22	16	23	65
Oolítico-biogénico	0	7	6	0	1	7
Terrígeno	2	4	0	4	0	6
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>72</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>78</b>

En algunas playas se ha podido cuantificar la magnitud de la erosión sobre la base de criterios empíricos y aplicado los indicadores morfológicos propuestos por Jacobsen y Schwartz (1981). Por ejemplo, en Jáquete, provincia de Villa Clara, se aprecian relictos de vegetación costera a unos 20 m de la línea de costa actual, y los pobladores del lugar aseguran que el mar ha avanzado hacia tierra este espacio en apenas diez años, por lo que se puede estimar un retroceso de la línea de costa de unos 2 m por año (Tristá, 2003).

Además de los factores naturales que han conducido al deterioro de las playas, el hombre ha acentuado su erosión con el inadecuado manejo de la vegetación costera e incorrecta ubicación de instalaciones turísticas en áreas de sol.

Otro factor importante y que no está aún estudiado es el posible deterioro de las condiciones naturales de las fuentes de producción de arena. Esta hipótesis pudiera estar justificada por la elevada madurez sedimentaria detectada durante los estudios de los componentes de origen biológico (biocomponentes) en las arenas de las playas de cayo Sabinal, en la cual prácticamente no se observan granos «frescos».

Las playas exteriores de los cayos Santa María, Ensenachos y Las Brujas (Fig. 4.6.1) están constituidas por arenas generalmente de granulometría media y origen biogénico con un elevado contenido de restos de moluscos, algas y foraminíferos. En el período 2002-2005 las playas Perlas Blancas y La Estrella, ambas de cayo Santa María, han mostrado una tendencia a la recuperación en sus volúmenes de arena y calidad estética a pesar de estar ubicadas en una zona propensa a cambios violentos de morfología por su franca exposición a las corrientes oceánicas (García *et al.*, 2005).



Fig. 4.6.1. Playa en cayo Las Brujas, conservada prácticamente en estado natural (Foto: Allen Putney).

Sin embargo, los métodos y recursos aplicados en la limpieza de la franja litoral de los cayos Ensenachos y Santa María están causando daños a las playas, puesto que el trasiego de la maquinaria utilizada afecta la vegetación propia de la duna, además de arrastrar un significativo volumen de arena mezclado con desperdicios y restos de vegetación marina que luego es sacado y vertido en la parte trasera de esa duna, arruinando y contaminando su paisaje natural.

Las playas de los cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande reúnen las mejores condiciones paisajísticas, características morfológicas y sedimentarias del ESC para su uso turístico (Fig. 4.6.2). En algunas partes de sus zonas hoteleras se ha velado por el cuidado de la vegetación y fauna autóctona, para lo cual se construyeron pasos peatonales sobre pilotes en las dunas para el acceso del turista al área de baño.

Estas playas están formadas por arenas de grano medio y en determinados casos, grano grueso, de naturaleza biogénica y carbonatada. Su composición no difiere prácticamente del resto de las playas del ESC, y está representada por esqueletos calcáreos de algas, moluscos, foraminíferos y pequeños fragmentos de roca.



Fig. 4.6.2. Gran duna de playa Loma del Puerto (cayo Coco). Se observa un gran escarpe producido de manera natural por el ciclón Kate (Foto: Allen Putney).

Las playas de la cayería norte de Ciego de Ávila, aun cuando poseen excelentes condiciones para su explotación turística, se están viendo afectadas por procesos erosivos que están induciendo un retroceso continuo de la línea de costa.

Ejemplos de ello lo constituyen playa El Paso (cayo Guillermo) y playa Larga (cayo Coco), las que poseen retrocesos de su línea de costa de 0,8 m/año y 4,8 m/año, respectivamente (Zúñiga, inédito). En estas playas inciden la mayor cantidad de actividades humanas del ESC, relacionadas principalmente con la explotación turística (Fig. 4.6.3), ya que en cada una de ellas se ubican cuatro instalaciones hoteleras.



Fig. 4.6.3. Actividades tales como varar embarcaciones sobre las playas y utilizar vehículos pesados provocan degradación en ellas (Foto: James Dobbin).

En la cayería norte de Ciego de Ávila existen varias actividades relacionadas con el desarrollo del turismo que generan afectaciones de consideración en las playas, como son el mal manejo de su limpieza, la distribución y mala concepción de los accesos

hacia las áreas de baño, la distribución deficiente de los puntos para el desarrollo de actividades náuticas y la ubicación de objetos de obra sobre las dunas, construidos con anterioridad a la aprobación, en el año 2002, del Decreto Ley 212 Gestión de la Zona Costera.

No es posible afirmar que toda la erosión presente en playa El Paso y playa Larga, sea consecuencia directa de la explotación turística, pues en el territorio existen otras sin ningún tipo de intervención humana, con tasas de erosión de magnitud considerable, como es el caso de playa Los Pinos, localizada en cayo Paredón Grande, la que posee valores de retroceso de la línea de costa de 3,3 m/año (Zúñiga, inédito).

La actividad de mayor incidencia sobre los valores de retroceso de la línea de costa es la limpieza mecanizada de las playas. En investigaciones realizadas por el Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC), utilizando como caso de estudio a playa Larga, se detectó que se pierden anualmente más de 1 750 m<sup>3</sup> como consecuencia de la mala aplicación de los métodos de limpieza.

Los cayos Cruz y Mégano Grande poseen playas de alta calidad y elevados valores paisajísticos y estéticos. Estas playas se caracterizan además por su fragilidad al estar expuestas de forma directa a la influencia oceánica.

Las playas Bonita, Sabinal, Brava, Isabelita y Punta Blanca en cayo Sabinal se caracterizan por presentar los mayores anchos de la franja de arena de este cayo, pendientes suaves y una estabilidad relativa asociada al sistema de dunas que las sustentan (Hernández, 2005). Estas playas constituyen el principal potencial turístico del segmento de sol y playa.

Otras playas de Sabinal, como Recale, Los Pinos, La Palma, Las Conchas, Nao y Carabelas, presentan una situación distinta a las anteriores, caracterizadas por tener un perfil poco desarrollado con escarpes erosivos en distintos estadios de desarrollo, afloramientos rocosos, una reducida franja de sol y presencia de árboles de casuarinas (*Casuarina equisetifolia*) en la duna litoral.

La necesidad de lograr la rápida recuperación de las playas ha conducido a la alimentación artificial de arena como método más efectivo para contrarrestar el déficit de los ingresos naturales y, a la vez, como la defensa más efectiva de las instalacio-

nes turísticas amenazadas de destrucción a consecuencia de la erosión (Juanes, 1996).

La experiencia adquirida en la recuperación de la playa de Varadero en 1998 podría extenderse a las playas del ESC adaptándolas a las condiciones y necesidades específicas de estos lugares y para lo que serían muy útiles los resultados del monitoreo en las diferentes playas. Sin embargo, no en todos los lugares existe la información ni el conocimiento suficiente para asumir la tarea de recuperación mencionada. Es por esta razón que sería necesario realizar estudios de factibilidad que permitan establecer una estrategia en la recuperación de las playas, empleando para ello parte de los ingresos del desarrollo turístico de la región.

Las dificultades en el aseguramiento, tanto técnico como económico, para asumir proyectos de tal magnitud que permitan detener los procesos erosivos y recuperar las playas, constituyen hoy una amenaza para la conservación de este ecosistema.

Las desagradables «bolas de alquitrán» en las playas también son objeto de monitoreo en la región. En el litoral de la provincia de Villa Clara esto no constituye un problema hasta el presente; sin embargo, en los cayos Coco y Guillermo sí existen reportes

de su existencia. En el Recuadro 4.6.1 se brindan recomendaciones pertinentes a la conservación de las playas del ESC.

## Referencias

- García, C. M., H. L. Angeri y A. O. Puente (2005): «Informe de monitoreo de playas», Centro de Estudios y Servicios Ambientales (CESAM), Villa Clara.
- Hernández, I. (2005): «Caracterización de las playas de cayo Sabinal». Tesis de Diploma, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana.
- Jacobsen, E. y M. L. Schwartz (1981): «The Use of Geomorphic Indicators to Determine the Direction of Net Shore Drift», *J. Shore Beach*, 49(4): 38-43.
- Juanes, J. L. (1996): «La erosión en las playas de Cuba. Alternativas para su control». Tesis de Doctorado, Instituto de Oceanología.
- Pérez, R. y I. García (2006): *Impacto de las surgencias en el Archipiélago Sabana-Camagüey considerando los cambios climáticos*, Monografía del Proyecto 01309168. Programa Nacional de Cambios Climáticos.
- Tristá, E. (2003): «Evaluación de los procesos de erosión en las playas interiores de Cuba». Tesis de Doctorado, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba.
- Zúñiga, A. y D. González (2001): *Monitoreo de dinámica de playas de la cayería norte de Ciego de Ávila. Resultado de la primera etapa*, Informe del Proyecto PNUD/GEF CUB/98/G32.

### Recuadro 4.6.1

#### Recomendaciones

- Eliminar la casuarina y rehabilitar la vegetación natural con plantas nativas que contribuyan a la disminución de la erosión de las costas.
- Realizar estudios de factibilidad para establecer una estrategia en la recuperación de las playas empleando para ello parte de los ingresos del desarrollo turístico de la región.
- Mantener el monitoreo de las playas para contar con una mayor cantidad de información que posibilite su manejo oportuno y conocer sus tendencias a largo plazo en el ESC.
- Fortalecer la vigilancia en el cumplimiento de las regulaciones del Decreto Ley de Gestión de la Zona Costera.
- Perfeccionar los criterios e indicadores geomorfológicos y sedimentológicos del diagnóstico ambiental de las playas.
- Profundizar en los estudios integrales con el objetivo de determinar el potencial de producción de arena a partir de organismos de arrecifes y pastos marinos cercanos.

## 4.7. La contaminación marina

JOSÉ F. MONTALVO-ESTÉVEZ,  
EUSEBIO PERIGÓ-ARNAUD  
Y MARTA MARTÍNEZ-CANALS

La mayoría de las fuentes contaminantes que tributan al mar del Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC) generan residuales de naturaleza orgánica y ya existían antes de 1959. Las mayores cargas contaminantes fueron aportadas por la industria azucarera y sus derivados, como las destilerías de alcohol, fábricas de levadura torula, etc., como refirieron Alcolado *et al.* (1999). Las áreas urbanas existentes en la región constituyen una fuente importante de contaminación. A ellos se agregan los generados por algunas actividades turísticas, docentes e instalaciones de salud. Las actividades agrícolas contribuyen con cantidades considerables de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. El sector costero de la provincia de Villa Clara es el que recibe la mayor carga contaminante en el Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC) (Tabla 4.7.1).

En 1994 se llevó a cabo una caracterización hidroquímica de la plataforma marina del archipiélago en el marco de la primera etapa del Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey, que reveló que importantes extensiones estaban eutrofizadas (Penié y García, 1998; Alcolado *et al.*, 1999).

Posteriormente, en la segunda etapa de ese proyecto (1999-2004) se continuó esta investigación.

En esa etapa, en un primer crucero, se muestrearon las bahías de Cárdenas y Santa Clara (oeste), entre el 1 y 5 de mayo del 2001 (20 estaciones de muestreo). En un segundo crucero, realizado desde el 22 de abril hasta el 22 de mayo del 2002, se evaluaron 45 estaciones de muestreos distribuidas en las bahías de Cárdenas, Santa Clara (oeste), la Gloria y Nuevitas, así como 53 estaciones en arrecifes coralinos a lo largo de todo el norte del ASC. Luego, desde el 12 hasta el 21 de marzo del 2003 se muestrearon 17 estaciones en el sector de la bahía Buena Vista de la provincia de Sancti Spíritus, y entre el 9 y el 22 de septiembre del 2003 se evaluaron 40 estaciones en arrecifes coralinos. En otro crucero realizado entre el 15 de junio y el 5 de julio del 2005 fueron estudiadas las bahías de Cárdenas, Santa Clara (oeste), puerto de Sagua la Grande, San Juan de los Remedios, Buena Vista, de Perros, Jigüey y Nuevitas (93 estaciones de muestreo), así como de seis arrecifes coralinos.

En muestras de aguas y sedimentos se cuantificaron las variables relacionadas con la calidad químico-ambiental por los procedimientos analíticos indicados en FAO (1975), IOC-UNESCO (1983 y 1993) y APHA (1992).

Tabla 4.7.1. Contribución por provincias de las cargas orgánicas totales, expresadas en términos de DBO y disuelta, la que llega al sistema después de haber recibido algún tipo de tratamiento DBO<sub>d</sub>, en las cuencas hidrográficas vinculadas al Archipiélago Sabana-Camagüey, tomado de Perigó *et al.* (2004)

Provincia	DBO t/año	Total (%)	DBO <sub>d</sub> t/año	Total (%)	Remoción (%)	Número de fuentes contaminantes	PE (g/hab./día)
Camagüey	2 968	6,1	1 654	6,6	45,0	25	9,6 x 10 <sup>4</sup>
Ciego de Ávila	7 440	15,3	5 430	21,8	73,0	12	3,0 x 10 <sup>5</sup>
Sancti Spíritus	3 958	8,1	1 690	6,8	42,7	18	9,6 x 10 <sup>4</sup>
Villa Clara	20 511	42,2	10 435	41,8	50,9	144	5,7 x 10 <sup>5</sup>
Matanzas	14 042	28,9	5 738	23,0	40,9	54	3,1 x 10 <sup>5</sup>
Total	48 619		2 4947		51,3	253	1,4 x 10 <sup>6</sup>

(PE = Población equivalente)

### Bahías

Los cuerpos de aguas interiores con mayor afectación de la calidad del agua y del sedimento como consecuencia de las acciones antrópicas son las bahías de

Buena Vista, puerto de Sagua la Grande, de Perros, Cárdenas (Fig. 4.7.1). En algunos sectores de las de Nuevitas y San Juan de los Remedios la calidad del agua es dudosa y mala (Montalvo *et al.*, 2006).

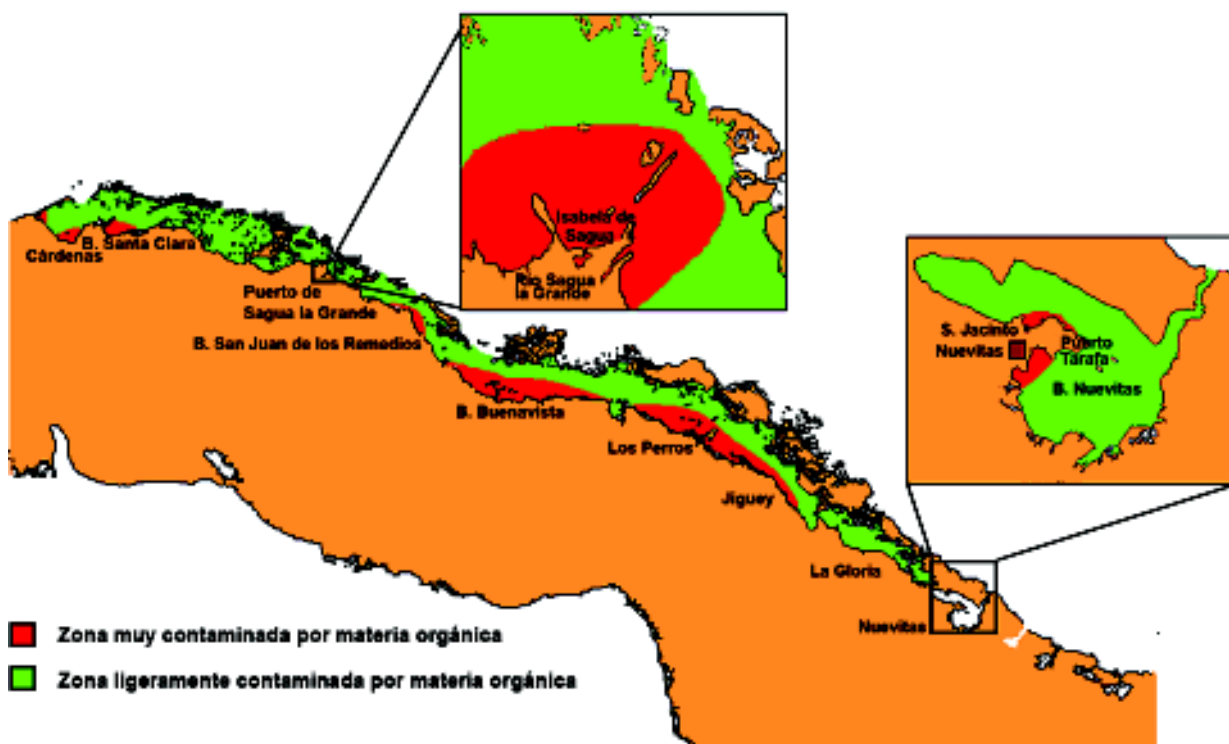


Fig. 4.7.1. Contaminación orgánica en las bahías de Cárdenas, Santa Clara, puerto de Sagua la Grande, San Juan de los Remedios, Buena Vista, de Perros, Jigüey, La Gloria, Nuevitas.

Las bahías de Santa Clara, Jigüey y La Gloria son receptoras de grandes cantidades de residuales. Sin embargo, sufren un proceso de eutrofización natural con montos considerables de materiales orgánicos y nutrientes de origen autóctono (del lugar) y alóctono (de fuera), como consecuencia de la lenta remoción de las aguas debido al escaso intercambio. El vial construido para comunicar la isla de Cuba con cayo Coco limita aún más el intercambio entre la bahía de Perros con Jigüey, y facilita que se acumulen cantidades considerables de compuestos biógenos en esta última, de ahí la importancia de aumentar el número de pasos de agua, entre otras acciones.

El sector sureste de la bahía de Cárdenas mostró un alto grado de contaminación orgánica, ya que recibe residuales de diferente naturaleza, y con una carga diaria de  $3,1 \times 10^5$  gDBO/hab./día (Perigó *et al.*, 2004). Estos autores indican que los residuales llegan a través de los drenes de la ciudad de Cárdenas, y los colectados por el canal de San Roque. Otra área altamente contaminada de este cuerpo de agua fue la ensenada de Sigüapa como consecuencia de la construcción de carreteras en el mar (pedraplenes), que generan concentraciones considerables

de sólidos en suspensión y altos contenidos de materia orgánica en agua y sedimento (Regadera *et al.*, 2000 y 2003). Además, al alterar la dinámica del agua propician acumulaciones de materia orgánica en el fondo. La ciudad balneario de Varadero contribuye con una carga orgánica anual de 67 t de DBO<sub>5</sub>, más de diez veces inferior a la aportada por la ciudad de Cárdenas.

El área próxima a la desembocadura del río Sagua la Grande mostró aguas y sedimentos con muy mala calidad, y es receptora de la carga contaminante transportada por el río, el más contaminado del ASC. Su cuenca aporta a la región una carga orgánica de unas 3 400 t de DBO<sub>5</sub> (Perigó *et al.*, 2004). Este río acarrea residuales de las industrias sideromecánica y química, y los domésticos de la ciudad de igual nombre y del poblado de Isabela de Sagua, situado en su desembocadura.

En la bahía de San Juan de los Remedios la zona aledaña a la ciudad de Caibarién exhibió un notable deterioro de la calidad ambiental (Martínez *et al.*, 1998), como consecuencia del vertimiento de residuales domésticos e industriales con escaso o ningún tratamiento.

En la bahía de Buena Vista, la porción costera entre el río Guaní y Punta Alegre fue la más deteriorada, con elevados contenidos de materia orgánica en agua y sedimento. La bahía es receptora de residuales industriales como los generados por centrales azucareros, destilerías, fábricas de levadura torula, entre otras; agrícolas y domésticos con exigu o ningún tratamiento. Estos llegan al mar por los ríos o son vertidos de forma directa. Por ejemplo, el río Guaní recibe los residuales del central azucarero Heriberto Duquesne y de una destilería cercana. También el río Jatibonico del Norte aporta en el año una carga orgánica expresada como DBO disponible cercana a las 1 300 t. El monto total que recibe la bahía es del orden de  $9,1 \times 10^4$  gDBO/hab./ día (Perigó *et al.*, 2004).

En la ensenada de Carbó se encontraron condiciones de hipoxia, así como elevadas concentraciones de amonio, nitrógeno orgánico y fósforo en agua, cuyo origen era una fábrica de levadura torula (Montalvo *et al.*, 2004).

La parte costera situada al sur de la bahía de Perros evidenció una marcada tendencia a la eutrofización, por ser receptora de residuales con una carga orgánica del orden de 5 400 t de DBO<sub>d</sub> en el año según CIGEA (2003), tomado de Perigó *et al.* (2004), que provienen de un central azucarero, la industria alimentaria y actividades agropecuarias. Aunque en esta bahía no se observan síntomas de hipoxia, los valores de DBO<sub>5</sub>, DQO, amonio y fósforo total indican que está sometida a un proceso de eutrofización inducida.

En las zonas de la bahía de Nuevitas situadas entre el río Saramaguacán y la ciudad de Nuevitas, la ubicada frente al puerto Tarafa y el área cercana al poblado de San Jacinto, la calidad de las aguas puede catalogarse entre dudosa y mala. Estas son las áreas de la bahía con mayor impacto antropogénico (Ruiz *et al.*, 2003 y Montalvo *et al.*, 2004a). La bahía recibe anualmente una carga orgánica de 1 128 t expresadas en términos de DBO<sub>d</sub>, y también es receptora de residuales industriales ricos en metales pesados y nitrógeno inorgánico originados por las actividades industriales (Termoeléctrica, Fábrica de Fertilizantes, Nitrogenados, Fábrica de Cemento, Fábrica de Electrodo s y Alambres), las instalaciones portuarias y el desarrollo demográfico de la ciudad de Nuevitas.

## Arrecifes coralinos

La calidad químico-ambiental del agua en los arrecifes coralinos del ASC fue buena, aunque se observaron contenidos de compuestos biogénicos que superan el umbral de Lapointe *et al.* (1992) para el desarrollo excesivo de macroalgas (nitrógeno > 1,00 μM y fósforo > 0,01 μM) frente al oeste de bahía de Cádiz, faro Bahía de Cádiz, y los cayos Arbolito, La Vela, Confites y Romero (Fig. 4.7.2). Los estándares de calidad del agua costera indican que los contenidos de nutrientes tienen que ser bajos para proteger a los arrecifes de la eutrofización (Goreau, 2003). Estos arrecifes coralinos están próximos a canales que comunican con cuerpos de aguas interiores eutrofizados como las bahías de Santa Clara, puerto de Sagua la Grande y Jigüey, excepto el arrecife de cayo Confites, donde la eutrofización es natural, ya que está en una zona muy alejada de los canales que comunican las bahías de Perros y Jigüey con el océano.

Se observó una marcada tendencia a la disminución de los contenidos de compuestos biogénicos (sales de nutrientes de N y P) en los cuerpos de aguas interiores y en los arrecifes coralinos del ASC (Fig. 4.7.3). La causa debe estar relacionada con la disminución del uso de fertilizantes químicos en la agricultura a partir de la década de los años noventa del siglo pasado, el cierre a partir del 2004 de algunos centrales azucareros y fábricas de levadura torula, y cambios tecnológicos de ciertas destilerías de alcohol, entre otras medidas impulsadas para el control de la contaminación, con especial énfasis a partir de 1999.

El impacto más significativo de la contaminación orgánica es el agotamiento del oxígeno disuelto hasta crear condiciones hipóxicas en la columna de agua. Sin embargo, los peores efectos se encontrarán en los sedimentos donde las partículas de material orgánico se depositan, y por la escasa penetración de la luz, la fotosíntesis se hace nula, lo que invalida el poder autodepurador del oxígeno disuelto para oxidar la materia orgánica y los procesos de respiración aeróbica.

Los residuales también incrementan la concentración de material suspendido, e impiden que la luz llegue a los fondos, lo que limita el desarrollo de los pastos marinos, y en algunos casos contribuyen a su desaparición, así como de cualquier otro tipo de vegetación marina del fondo. Los sólidos suspendidos influyen además de forma negativa sobre organismos filtradores de importancia económica, como el ostión de mangle y las esponjas comerciales.

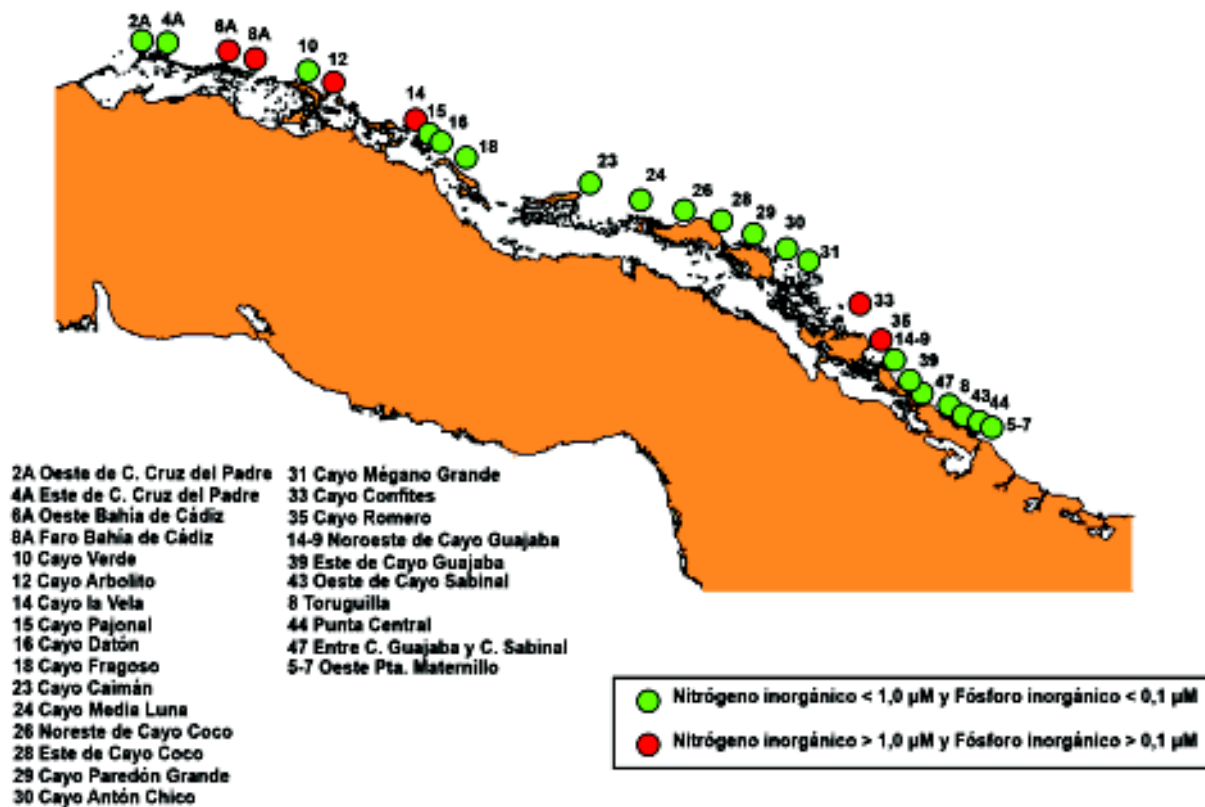


Fig. 4.7.2. Arrecifes coralinos estudiados en el Archipiélago Sabana-Camagüey. Con círculo rojo se indican los que superan los umbrales de nutrificación (nitrógeno inorgánico > 1,0 μM y fósforo inorgánico > 0,1 μM) establecidos por Lapointe *et al.* (1992).

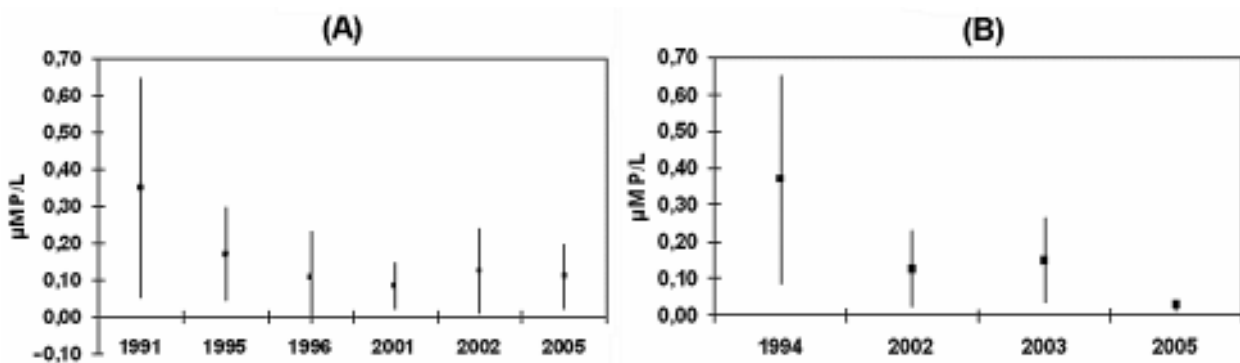


Fig. 4.7.3. Valores promedio  $\pm$  la desviación estándar de las concentraciones de fósforo inorgánico en los cuerpos de aguas interiores (A) en 1991, 1995, 1996, 2001, 2002 y 2005, y en los arrecifes coralinos (B) del Archipiélago Sabana-Camagüey en 1994, 2002, 2003 y 2005. El valor de 1995 del gráfico A se limita a la Bahía de Cárdenas y al Oeste de la Bahía de Santa Clara, mientras que el de 2005 del gráfico B, al tramo cayos Coco-cayo Sabinal.

El exceso de nutrientes en los arrecifes coralinos puede conducir al desarrollo de macroalgas verdes carnosas que compiten por el espacio con los corales y pueden además dañarlos directamente, por sofocación o sombra (en el caso de corales jóvenes y pequeños), por sustancias tóxicas liberadas, o por efecto mecánico de roce o abofeteo.

La evaluación de los impactos ambientales es una herramienta muy útil para las autoridades relacionadas con el uso y protección de la biodiversidad y

el medio ambiente, así como con el manejo integrado de zonas costeras para su desarrollo sostenible. La información obtenida permite, entre otras cosas, analizar diversas estrategias a través de las relaciones costo-beneficio, aplicadas a la elaboración de proyectos que implican una alteración del entorno (Turner *et al.*, 1998). Con el fin de mejorar la calidad ambiental de las bahías y arrecifes coralinos se dan recomendaciones en el Recuadro 4.7.1.

## Referencias

- Alcolado, P. M.; E. E. García y N. Espinosa (eds.) (1999): *Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey*. Proyecto GEF/PNUD Sabana-Camagüey CUB/92/G31, CESYTA S.L., Madrid.
- APHA, WPCF, AWWA (1992): *Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters*, Joint Editorial Board, Washington.
- FAO (1975): «Manual of Methods in Aquatic Environmental Research. Part-1. Methods for Detection and Monitoring of Water Pollution», *FAO Fish. Tech. Paper.*, 137: 1-237.
- Goreau, T. J. (2003): «Waste Nutrient: Impacts on Coastal Coral Reefs and Fisheries, and Abatement Via Land Recycling», United Nations Expert meeting on waste management in small island developing states. Havana, Cuba, <http://www.globalcoral.org>.
- IOC-UNESCO (1983): «Chemical Methods for Use in Marine Environmental Monitoring 3, *Manuals and guides*, 12: 1-23.
- \_\_\_\_\_ (1993): «Nutrient Analysis in Tropical Marine Waters», *Manuals and Guides*.
- Lapointe, B. E.; M. M. Littler y D. S. Littler (1992): «Modification of Benthic Community Structure by Natural Eutrophication: the Belize Barrier Reef». Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam, 1: 323-334.
- Martínez-Canals, M.; R. Pérez; A. Rodríguez y Y. Lorente (1998): «Nivel de contaminación metálica de los sedimentos de fondo de algunas zonas de la plataforma insular cubana», *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*, 65-69.
- Montalvo, J. F.; I. Hernández; E. Perigó y M. Cano (2004): «Calidad química de las aguas del sector sur central de la bahía de Buenavista, Sancti Spiritus, Cuba», *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, número especial 1 [CD-ROM].
- Montalvo J. F.; I. García; E. Perigó; M. Martínez-Canals y M. Cano (2004a): «Niveles más representativos de los parámetros de calidad químico-ambiental en la ecorregión Sabana-Camagüey», *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*, 5: 58-70.
- Montalvo, J. F.; E. Perigó y L. Rodas (2006): *½ Calidad abiótico-ambiental de los cuerpos de aguas interiores y arrecifes coralinos del archipiélago Sabana-Camagüey*», Informe Final del proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey (CUB/98/G32).
- Penié, I. e I. García (1998): «Hidroquímica y calidad ambiental del archipiélago Sabana-Camagüey», *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*, 155-159.
- Perigó, E.; J. F. Montalvo; M. Cano; C. Martínez; A. Niévares y D. M. Pérez (2004): «Principales fuentes contaminantes en la ecorregión norcentral de Cuba (Archipiélago Sabana-Camagüey). Impactos y respuestas», *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*, 5: 14-26.
- Regadera, R.; A. Martín; M. Ramírez; J. Beltrán y F. Ruiz (2000): «Evaluación de dos áreas de la bahía de Cárdenas propuestas para la evacuación del agua de capa y lastre de la actividad petrolera», Memorias del V Congreso de Ciencias del Mar, MARCUBA 2000 [CD-ROM].
- Regadera, R.; J. Beltrán; F. Solar; M. Ramírez y H. Mancebo (2002): «Calidad del ecosistema marino de la zona Varadero-Cárdenas», *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*, 3 [CD-ROM].
- Ruiz, F.; A. Pérez; R. García; J. Moré; O. Gordi; M. Valdés; F. Potrille; F. Solar; I. Periles; A. Martín; R. Rodríguez; R. Álvarez; H. Mancebo; S. Hernández; R. Regadera; J. Beltrán; I. Torres; O. Pérez y M. Ramírez (2003): *Diagnóstico de la calidad ambiental del Ecosistema Bahía de Nuevitás*. Informe parcial, CIMAB.
- Turner, R. W.; N. Adgerd e I. Lorenzoni (1998): *Toward Integrated Modelling in Coastal Zone: Principles and Practices*, LOICZ Reports and Studies no. 11, LOICZ, Texel, The Netherlands.

### Recuadro 4.7.1

#### Recomendaciones

- Continuar realizando esfuerzos integrales para impedir que los residuales urbanos, industriales y agropecuarios crudos lleguen a las bahías sin previo tratamiento.
- Promover el reciclado de las aguas tratadas para evitar que lleguen al mar con sus cargas de nutrientes y aprovechar los costos de su tratamiento.
- Emplear la tecnología de humedales construidos para depurar las aguas residuales de pequeños asentamientos humanos en las costas del ASC.
- Como forma de disminuir la carga contaminante se debe generalizar la tecnología de obtención de biogás a partir de los residuales de la industria azucarera y la agricultura, debido a los beneficios económicos y sociales que se derivan.
- En los sitios en que existan plantas de tratamiento de residuales hasta el nivel secundario cercanas al manglar utilizarlo como tratamiento terciario debido a la capacidad que posee de absorber fósforo y nitrógeno inorgánico, para impedir el enriquecimiento por nutrientes de las bahías y arrecifes coralinos. Monitorear los efectos de esta acción para realizar los ajustes necesarios.

## 4.8. La contaminación atmosférica

OSVALDO CUESTA SANTOS, PEDRO SÁNCHEZ NAVARRO,  
ARNALDO COLLAZO ARANDA, ANTONIO WALLO VÁZQUEZ,  
MARÍA GONZÁLEZ GONZÁLEZ, AYSA ARRIBA GONZÁLEZ,  
GILDA ANANIAS DELGADO Y ARIEL BOYS MOYA

Los estudios relacionados con la contaminación atmosférica presentan tres niveles atendiendo a su escala espacial y temporal: el nivel global que responde a la escala planetaria con efectos temporales de prolongada manifestación como las emisiones de gases de efecto invernadero y el recalentamiento global; el nivel regional que responde a las características continentales o de grandes zonas rurales y marinas con manifestaciones de efectos temporales de semanas y meses, como son los procesos de acidificación de la atmósfera y, por último, el local relacionado con asentamientos urbanos o industriales, con efectos inmediatos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana o los ecosistemas. Por la extensión y características físico-geográficas del Ecosistema Sabana-Camagüey describimos las manifestaciones propias de los niveles regional y local. En el Recuadro 4.8.1 se informa sobre las fuentes de contaminantes atmosféricos y sus efectos en la biosfera.

### Contaminación atmosférica regional en el ESC

Mantener el control de la contaminación atmosférica implica la ejecución del monitoreo continuo de los principales contaminantes con capacidad potencial para afectar de diversas formas la salud humana y los ecosistemas, que al sufrir alteraciones en su equilibrio ecológico experimentarían una cadena de efectos nocivos (Cuesta *et al.*, 2000). Tales efectos pueden ser provocados por las concentraciones y deposiciones de los compuestos gaseosos del nitrógeno y el azufre, ambos precursores de procesos de acidificación. Por lo tanto, su estudio y control resultan de vital importancia para la toma de decisiones adecuadas en materia de desarrollo sostenible y conservación del medio ambiente y la biodiversidad.

#### Recuadro 4.8.1

*Las fuentes de los contaminantes atmosféricos son:*

- Quema de combustibles fósiles y biomasa.
- Descargas eléctricas.
- Procesos microbiológicos de los suelos.
- Erupciones volcánicas.

*En la biosfera estos contaminantes están produciendo:*

- Cambios en la química atmosférica.
- Acidificación de los suelos.
- Cambio en el estado nutricional de los ecosistemas.
- Pérdida en la biodiversidad.
- Cambios en los ecosistemas costeros.
- Pérdida de la calidad del agua potable.

El estudio al nivel regional de la contaminación atmosférica en el Ecosistema Sabana-Camagüey (ESC) contribuye a la profundización del conocimiento sobre el comportamiento de las concentraciones y deposiciones de los compuestos gaseosos de nitrógeno y azufre, de los aerosoles y la composición química de la lluvia, y la repercusión que estas condiciones tienen sobre el medio ambiente. Por esta razón, conocer las características de estos importantes compuestos para el medio ambiente atmosférico al nivel regional es de suma importancia por la incidencia que provocan sobre la acidez de la atmósfera, y sus efectos en la productividad en los agroecosistemas y sobre la diversidad biológica (Cuesta *et al.*, 2005).

Para el presente trabajo se tomaron los datos validados del Laboratorio Central del Centro de Con-

taminación y Química Atmosférica (CECONT) del Instituto de Meteorología del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA), que se guía en lo fundamental por las metodologías recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial para el muestreo y análisis químico de estos compuestos al nivel regional (Cuesta

*et al.*, 2001). También se adoptaron las normas cubanas para la toma de las muestras (NC: 93-02-104, 203, 1986; NC: 93-02-104, 1986) y las indicadas por instituciones internacionales (Martínez y Romieu, 1997). En la figura 4.8.1 se aprecia la ubicación de los puntos de monitoreo de la contaminación atmosférica realizados en el ESC.



Fig. 4.8.1. Ubicación de los puntos de mediciones de contaminación atmosférica en el ESC.

Las concentraciones de los compuestos gaseosos del nitrógeno y del azufre (Fig. 4.8.2) en la Estación Meteorológica Regional de Falla (Camilo Cienfuegos) del municipio de Chambas, Ciego de Ávila, fueron similares a las encontradas al nivel regional en otras partes del mundo no contaminadas y en particular en los trópicos, lo que se correspondió con la potencia de las fuentes naturales (Recuadro 4.8.2).

Los óxidos de nitrógeno no presentaron diferencias significativas al comparar el período lluvioso y poco lluvioso. El amoniaco siempre tuvo las mayores concentraciones durante el período lluvioso y más caliente del año. La estación de Falla registró sus máximas concentraciones de SO<sub>2</sub> asociadas al período poco lluvioso, de manera similar a lo reportado en zonas rurales subtropicales. Las concentraciones de los contaminantes estudiados en los mares cercanos a Cuba reflejan la potencia de las fuentes naturales del trópico húmedo y muestran las concentraciones características de fondo de la región del Caribe (Fig. 4.8.3).

#### Recuadro 4.8.2

##### Fuentes naturales, sus potencias y efectos

Los suelos, los volcanes, las descargas eléctricas, entre otras, son fuentes naturales que producen gases y aerosoles que se incorporan a la atmósfera. Su potencia varía según la época del año y caracteriza la química atmosférica de los diversos ecosistemas. Cuando estos gases y aerosoles están por encima de sus concentraciones medias y causan efectos nocivos a la salud humana y al medio ambiente, se consideran contaminantes.

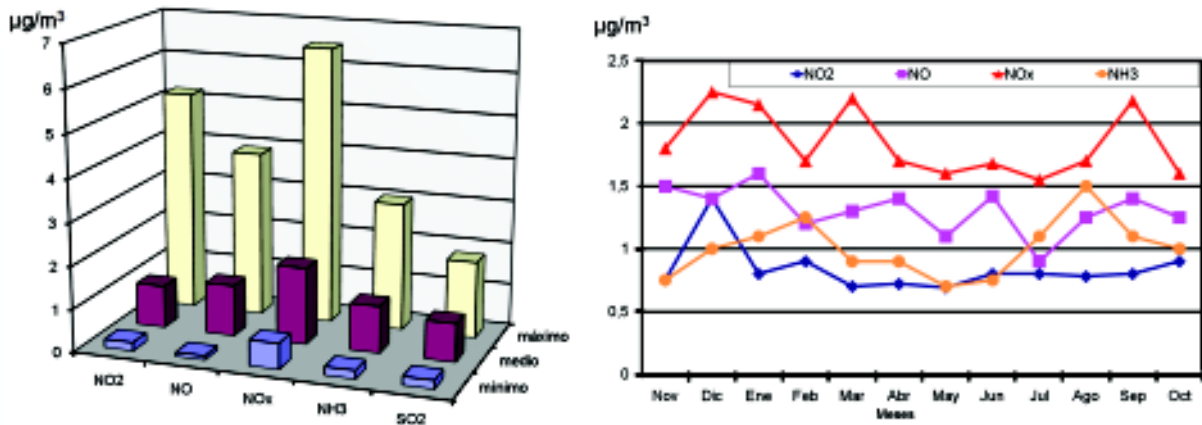


Fig. 4.8.2. Comportamiento histórico de las concentraciones en la estación regional Falla (1986-2002).

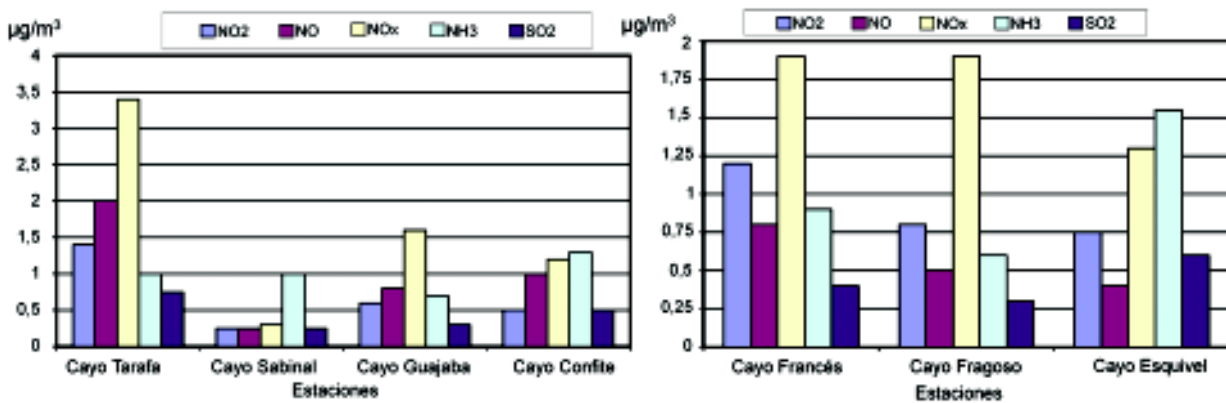


Fig. 4.8.3. Concentraciones de compuestos de nitrógeno y azufre. Experimento realizado en el buque de investigaciones científicas Ulises.

La estación de Falla, en cuyos alrededores se asientan pastizales y suelos calcáreos, reportó valores de compuestos oxidados de nitrógeno cercanos a la carga crítica hallada para ecosistemas similares en Europa, en los cuales, con deposiciones entre 14-25 kg-N/ha.año se han reportado descensos en la diversidad biológica y el aumento de gramíneas altas (S.E.I., 1998). Por lo tanto, se debe continuar los estudios en esta zona para poder detectar si se están produciendo afectaciones a la biodiversidad de ese ecosistema similares a las de otras regiones de Europa y Norteamérica.

La marcha estacional (Fig. 4.8.4) refleja que las máximas deposiciones están asociadas al NH<sub>3</sub>, con la máxima en el período lluvioso y en agosto, particularmente. En el caso de los óxidos de nitrógeno no se presentaron variaciones significativas, siendo bastante estables durante todo el año. En las estaciones rurales se determinaron deposiciones anuales para el SO<sub>2</sub> de 0,2 a 1,5 kg-SO<sub>2</sub>/ha.año, y conformaron rangos generales de valores inferiores a lo obtenido por el mismo método en entornos similares en otras latitudes (Alebic *et al.*, 1995).

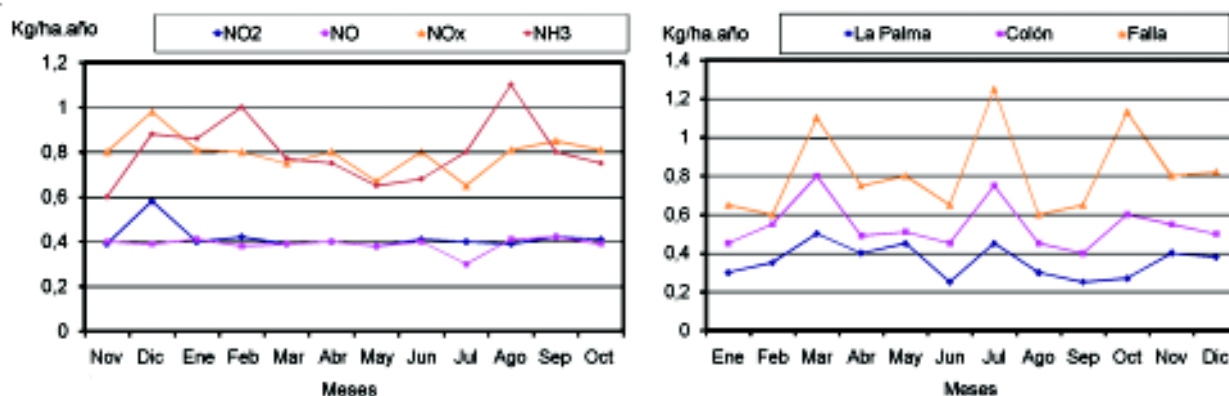


Fig. 4.8.4. Comportamiento estacional de las deposiciones de los compuestos del nitrógeno y azufre en la estación regional Falla.

El nivel de contaminación obtenido para los aerosoles superficiales en la estación de Falla se corresponde con el nivel típico de áreas rurales, y se verificó la menor importancia de las fuentes locales (industrias y fuentes agropecuarias) y el importante papel de los procesos de transporte a mayores distancias.

La composición química del aire y su dependencia de las fuentes contaminantes fueron comprobadas en el análisis de los diferentes iones analizados. Resultaron de gran interés los niveles obtenidos para el sulfato, principalmente en las zonas costera y marina. Esto permitió confirmar la importancia de las emisiones marinas de compuestos de azufre en nuestro país, y que aún para las zonas rurales pueden considerarse como relativamente altos, aspecto que confiere un papel potencial no despreciable como agente acidificante de las precipitaciones.

El aerosol de nitrato se presentó con predominio de valores bajos, típicos del nivel de fondo regional, dada la menor dispersión de sus fuentes y su mayor tiempo de residencia atmosférico. Por su parte, el amonio manifestó los mayores valores para la zona rural, lo que verifica la importancia de las emisiones naturales. Los cationes también exhibieron características acordes con la mayor influencia marina (cayo Coco) y rural (Falla) encontrados en otras localidades en Cuba.

Existen diferencias notables en los niveles de contaminación atmosférica en zonas donde la influencia directa de fuentes emisoras de gases contaminantes es mucho más marcada que en otras alejadas de estas. La emisión y deposición de compuestos de azufre y nitrógeno no solo influyen en el deterioro de la calidad de vida de los moradores de un asentamiento,

sino que también son la causa fundamental para la formación de lluvias ácidas (Recuadro 4.8.3), debido a que son los principales precursores de las especies acidificantes de las precipitaciones (iones sulfato y nitrato) (Cuesta *et al.*, 1998).

#### Recuadro 4.8.3

##### Lluvia ácida

La lluvia se acidifica cuando el SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> derivados de la quema de combustibles fósiles se mezclan con la humedad de la atmósfera. La precipitación que cae a través de una atmósfera «limpia» es normalmente algo ácida, con un pH de aproximadamente 5,6.

En la figura 4.8.5 se observan los valores de pH mensual de las estaciones de Falla y cayo Coco. Los valores parten desde pH básicos cercanos a 7 y se van acercando al valor natural de pH en la lluvia que es 5,6. Este comportamiento se debe seguir estudiando dados los efectos negativos que sobre el ecosistema se generarían si continúa esta tendencia de acidificación.

Otro de los efectos potenciales que puede provocar la deposición de los compuestos oxidados del nitrógeno es la acidificación de las aguas superficiales (embalses y lagos). Esto provoca la disminución del ión bicarbonato y el incremento de las concentraciones del nitrato, lo que produce un incremento de las concentraciones de algunos metales, que son muy tóxicos y pueden ser ingeridos por las diversas formas de vida acuática a través de las cadenas alimentarias y llegar por esta vía incluso al hombre.

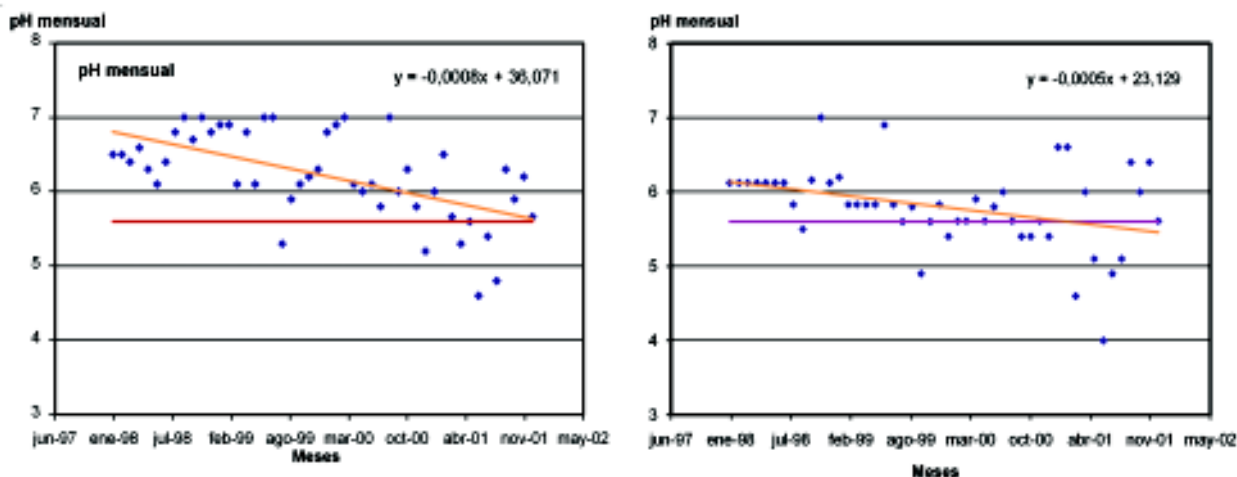


Fig. 4.8.5. Tendencia de los valores de pH de la lluvia en la estación Falla y en Cayo Coco. La línea roja representa el valor natural del pH (5,6), mientras la línea negra la tendencia hacia valores ligeramente ácidos.

A pesar de los bajos valores de deposiciones halladas para nuestras condiciones regionales, las actuales tendencias pueden conducir a la ocurrencia de impactos negativos en algunos ecosistemas, donde la vulnerabilidad a la deposición ácida ha sido demostrada, como fueron los bosques situados entre Alemania, Polonia y la República Checa (VII Conferencia Internacional sobre Deposición Ácida, Praga, junio del 2005). Los efectos nocivos que pueden provocar las concentraciones y deposiciones de los compuestos oxidados del nitrógeno y del azufre son la acidificación de la atmósfera, de los suelos y de las aguas superficiales (embalses y lagos), así como la corrosión atmosférica. Esto puede conducir a la pérdida de biodiversidad y a efectos nocivos sobre la salud humana, como son el aumento de enfermedades respiratorias (Cuesta *et al.*, 2002).

Los estudios de los efectos producidos por la deposición ácida deben realizarse de forma integrada y armónica entre los diversos especialistas relacionados con la protección del medio ambiente y los recursos naturales, pues es la única forma de contribuir a preservar el equilibrio ecológico y la biodiversidad que requiere nuestro planeta. Los contaminantes del aire afectan principalmente al sistema respiratorio, pero también a la piel, ojos y otros sistemas del cuerpo.

### Efectos locales de la contaminación atmosférica

En el extremo occidental del ESC se desarrollan de forma conjunta la industria turística y la de perforación y extracción de petróleo. La armonización del

desarrollo petrolero y turístico junto con la protección de la población de los centros urbanos cercanos no resulta una empresa fácil, por lo que se impone la realización de un conjunto de investigaciones que permitan la búsqueda de soluciones y alternativas que minimicen los efectos nocivos, tanto sobre la salud humana como sobre el medio ambiente.

La búsqueda de alternativas que conduzcan a la reducción y mitigación de los impactos potenciales detectados pasa por la instrumentación de diversas medidas correctivas, las que de forma general pudieran agruparse en los siguientes aspectos:

- a) Medidas tecnológicas que se vienen aplicando, tendentes a la reducción de expulsiones y al aumento de la dispersión atmosférica de los contaminantes.
- b) Reorganización paulatina y perspectiva del territorio.

La reducción y mitigación de impactos pasa entre otros aspectos por la combinación de una mejora de la calidad del aire y del alejamiento de las zonas habitables de aquellas con concentraciones superiores a la concentración máxima admisible (C<sub>ma</sub>).

El ESC tiene una gran extensión territorial donde coexiste el desarrollo turístico y de otras industrias de interés. La estación regional Falla nos brinda una caracterización de la composición química de la atmósfera de este ecosistema. Existen localidades que debido a la presencia de fuentes industriales, zonas urbanas y otras actividades que pueden producir emisiones de contaminantes a la atmósfera pueden afectar al ESC según su potencia. Por lo tanto, también

deben desarrollarse algunos estudios, así como mantener el control regional en la estación de Falla.

El Recuadro 4.8.4 ofrece algunas recomendaciones pertinentes a la control de la contaminación atmosférica en el Ecosistema Sabana-Camagüey.

## Referencias

- Alebic-Juretic, A. (1995): «Trends in Sulphur Dioxide Concentration and Sulphur Deposition in the Urban Atmosphere of Rijeka (Croatia), 1984-1993», *Water, Air and Soil Pollution*, 85: 2199-2204.
- Cuesta, O.; P. Ortiz y M. González (1998): «Deposition and Atmospheric Nitrogen Concentrations Trends in Cuba», *Water, Air and Soil Pollution*, 106: 163-169.
- Cuesta, O.; M. González; P. Ortiz y A. Collazo (2000): «Repercusiones ecológicas de los compuestos del nitrógeno atmosférico en Cuba», *Revista Cubana de Meteorología*, 7(1): 55-64.
- Cuesta-Santos, O.; A. Collazo; A. Wallo; R. Labrador; M. González y P. Ortiz (2001): «Deposition of Atmospheric Nitrogen Compounds in Humid Tropical Cuba», en «Optimizing Nitrogen Management in Food and Energy Production and Environment Protection». Proceeding of the 2<sup>nd</sup> International Nitrogen Conference on Science and Policy, *The Scientific World* 1(2): 238-244.
- Cuesta, O.; A. Collazo; M. González; P. Sánchez; R. Comas; A. Wallo y R. Labrador (2002): «Gestión de la calidad del aire en Varadero», *Revista Cubana de Meteorología*, 9(1): 96-100.
- Cuesta-Santos, O.; A. Collazo; P. Castellanos y A. Wallo (2005): «Regional Behavior of Nitrogen Atmospheric Compounds in Cuba and It's Relationships of Hydrographic Basin», V Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, La Habana, Publicación electrónica.
- Martínez, A. P. y I. Romieu (1997): «Introducción al monitoreo atmosférico», *ECO/OPS*, Metepec, Estado de México.
- NC: 93-02-203 (1986): «Atmósfera: requisitos generales para el muestreo del aire», Norma Cubana. Comité Estatal de Normalización.
- NC: 93-02-104 (1986): «Atmósfera: reglas para la vigilancia de la calidad del aire», Norma Cubana. Comité Estatal de Normalización.
- NC: 39 (1999): «Atmósfera. Requisitos higiénico-sanitarios: concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria», INN, La Habana.
- S.E.I. (1998): «Contaminación atmosférica regional en los países en desarrollo», en *Documentos de apoyo para los diálogos de acción política, América Latina* (J. Kuyleniema, K. Hichs y R. Herrera, eds.), Stockholm Environment Institute, Sweden.

### Recuadro 4.8.4

#### Recomendaciones

- No ubicar fuentes potentes de contaminantes atmosféricos en la zona del ESC, especialmente en sus cayos.
- Si se introducen cambios en el uso de la tierra, tener en cuenta que no se creen condiciones que emitan aerosoles y gases que puedan modificar la química atmosférica.
- Crear condiciones para mitigar las emisiones de gases y aerosoles que se producen en las zonas industriales en la región del ESC, las cuales pueden ser:
  - Medidas tecnológicas tendentes a la reducción de expulsiones y al aumento de la dispersión atmosférica de los contaminantes.
  - Reorganización paulatina y perspectiva del territorio.
- Pavimentar los caminos.

## 4.9. Algunas características y tendencias del clima

MOISÉS LUCIANO AMARO ARGUEZ, ROSENDO ALVÁREZ MORALES, LAURA ANELLE FERRO, ALINA RIVERO VALENCIA, AIDA CAMPOS MAZORRA, ANTONIA LEÓN LEE, LOURDES ALVÁREZ ESCUDERO, MARITZA BALLESTER PÉREZ, CECILIA FONSECA RIVERA Y VIRGEN CUTIE CANCINO

El clima de una región o país está determinado por una serie de factores, entre ellos los astronómicos, meteorológicos y físico-geográficos. Por otra parte, el clima se manifiesta en sus elementos, como temperatura, humedad, viento o presión atmosférica, cada

uno de ellos expresado a través de distintas variables. La distinción entre elementos y factores del clima en una región o país es bastante arbitraria y, de forma general, ellos pueden funcionar en uno u otro sentido.

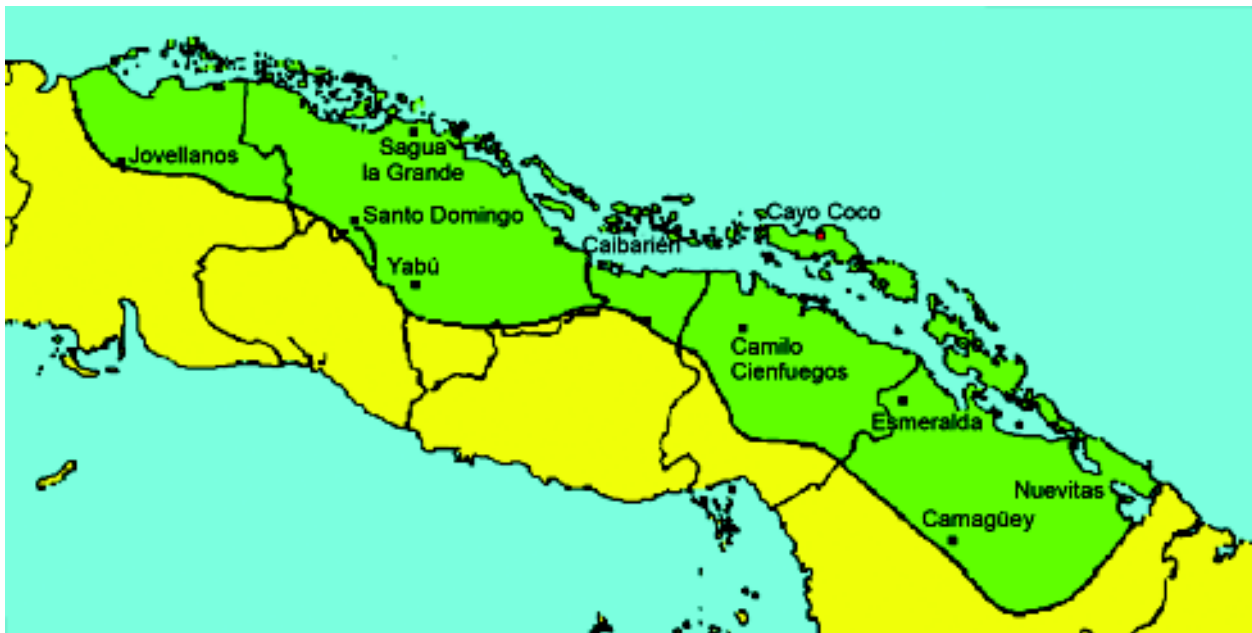


Fig. 4.9.1. Ubicación de las estaciones meteorológicas estudiadas que pertenecen al área del Ecosistema Sabana-Camagüey.

En años anteriores se ha trabajado de manera sistemática en la creación de la base de datos de las estaciones meteorológicas del Ecosistema Sabana-Camagüey (ESC) para las variables temperatura, humedad relativa y la dirección y velocidad del viento (Fig. 4.9.1). Las series de datos analizadas abarcan desde 1980 hasta el 2000, con fines comparativos. La data fue separada en dos series más pequeñas: la primera, de línea base (1980-1989); y la segunda, más actual: va de 1990 al 2000.

### Radiación

El régimen de radiación es uno de los factores más importantes del clima, y a su vez, en gran medida,

los flujos de radiación son influidos y parcialmente gobernados por las condiciones climáticas y el medio ambiente de una región.

La insolación en el ESC tiene una media anual de 7,9 horas diarias (65 % de la insolación relativa), lo que representa aproximadamente un total de 2 884 horas de exposición del sol. Las medias mensuales más altas de la insolación se obtienen en marzo, abril y mayo, coincidiendo con la mayor frecuencia de ocurrencia del número de días despejados. Las áreas más cercanas a las costas pueden tomar valores mayores a nueve horas, principalmente en abril.

## Temperatura

La temperatura del aire es un elemento esencial en la formación del clima y en el confort ambiental. El clima de Cuba, por las características antes descritas, presenta temperaturas medias y mínimas medias que aumentan su valor desde las zonas centrales hacia las costas, mientras que las máximas medias se comportan de manera inversa. Esto trae como consecuencia que en las zonas costeras la amplitud diaria de la temperatura sea menor que en el interior del territorio.

En el período 1980-2000 a partir de las comparaciones efectuadas entre los subperíodos escogidos pueden apreciarse cambios del comportamiento de la temperatura en la zona del Ecosistema Sabana-Camagüey, que por su importancia deben continuar estudiándose (Fig. 4.9.2). En esta figura se observa la variación de la temperatura a lo largo del año.

La temperatura media del aire alcanza sus menores valores en las estaciones del ESC en enero, y en julio se manifiestan las temperaturas más elevadas (Fig. 4.9.3). Para esta variable se mantiene la tendencia, en casi todos los meses del año, de una disminución de sus valores desde la zona este del ESC hacia el oeste. En los meses más fríos del año (diciembre a marzo) la temperatura media oscila entre 21 y 24,9°C.

En el caso de la temperatura máxima media los valores mayores del año se registraron en agosto entre 31,5 y 34°C, y los valores menores de esta variable se observaron en enero, y varían entre 25,6 y 29,1°C. En todos los meses el comportamiento de esta variable tiene una tendencia a descender del Este del ESC (Nuevitas) hacia la región centro-occidental (Caibarién). A su vez, en la parte oeste sucede lo contrario: la temperatura disminuye de Oeste a Este hasta Caibarién. En los mapas que se muestran a continuación (Fig. 4.9.4) se pueden apreciar dos importantes características: la de la distancia al mar más la de la ubicación más hacia occidente o más hacia oriente. Como resultado, de acuerdo al comportamiento de la temperatura máxima media, la

parte más fresca del ESC es el centro norte de ese territorio. Esta manifestación del comportamiento de esta variable debe continuar estudiándose en el futuro para definirla mejor.

La temperatura mínima media (Fig. 4.9.6) tiene sus menores valores en febrero entre 14 y 22°C, y en agosto se observan los valores mayores entre 21,6 y 25,6°C.

En el período 1990-2000 queda evidenciado un corrimiento de los valores mínimos de la temperatura mínima media de enero a febrero respecto al período 1980-1989 en las estaciones del ecosistema. Santana *et al.* (2005) obtuvo resultados similares, al reportar una disminución de la temperatura efectiva equivalente en febrero en estaciones meteorológicas de la provincia de Ciego de Ávila. Atribuyó como causa de este comportamiento la disminución de la temperatura del aire en este mes durante el período 1991-2000.

## Humedad atmosférica

La humedad atmosférica es el elemento meteorológico que caracteriza el contenido de vapor de agua en el aire. El estudio de sus peculiaridades es importante por su estrecha relación con el bienestar climático, crecimiento y desarrollo de las plantas, plagas, etc., así como por su aplicación en diversas ramas de la economía.

Al analizarse el comportamiento de esta variable en la zona del ESC es posible apreciar de manera generalizada que los valores extremos de la humedad relativa media, la humedad relativa máxima y la humedad relativa mínima se manifiestan en abril y noviembre (Fig. 4.9.6). Este comportamiento se puede apreciar en la mayoría de las estaciones, en particular en el caso de la humedad relativa mínima en ambas series seleccionadas. El registro de los valores máximos de esta variable en noviembre de manera bastante generalizada en este período significa un corrimiento de un mes respecto a los resultados de Lecha *et al.* (1994), quien reportaba octubre como el mes en que se registran los mayores valores de humedad relativa en Cuba.

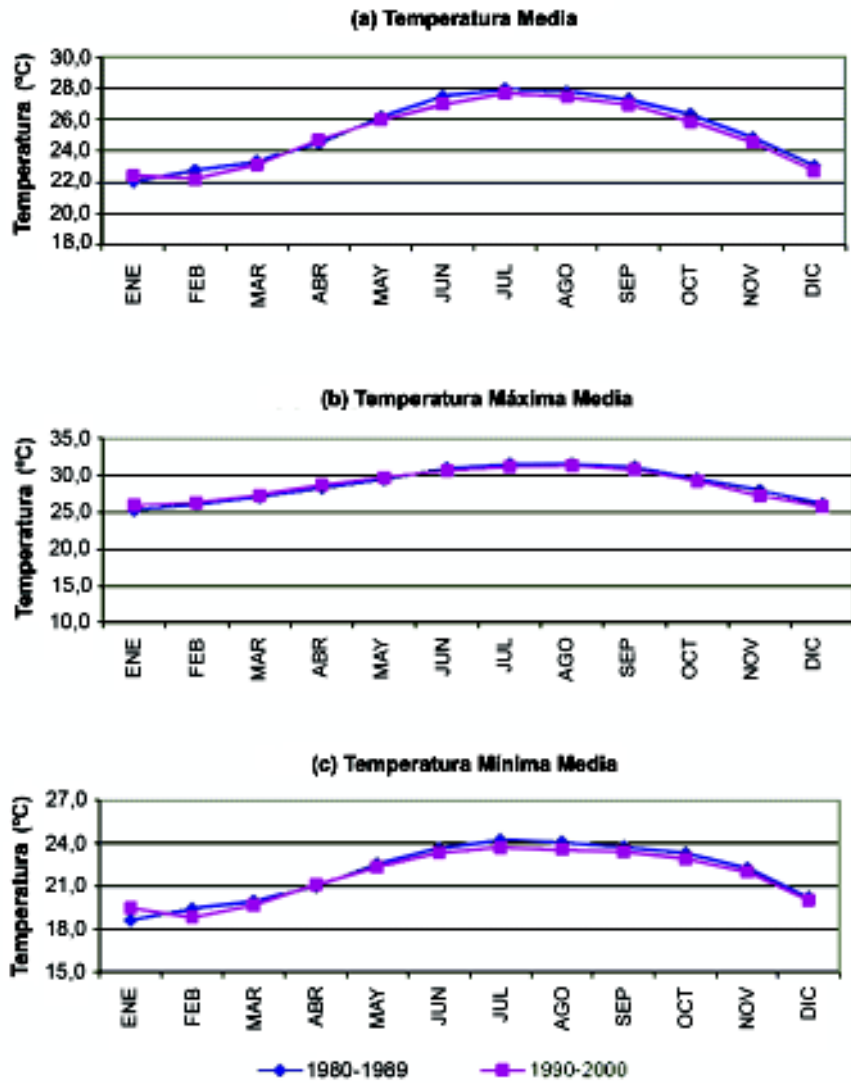


Fig. 4.9.2. Marcha anual de a)  $\bar{T}$ , b)  $\bar{T}_{max}$ , c)  $\bar{T}_{min}$  en la estación meteorológica de Caibarién.

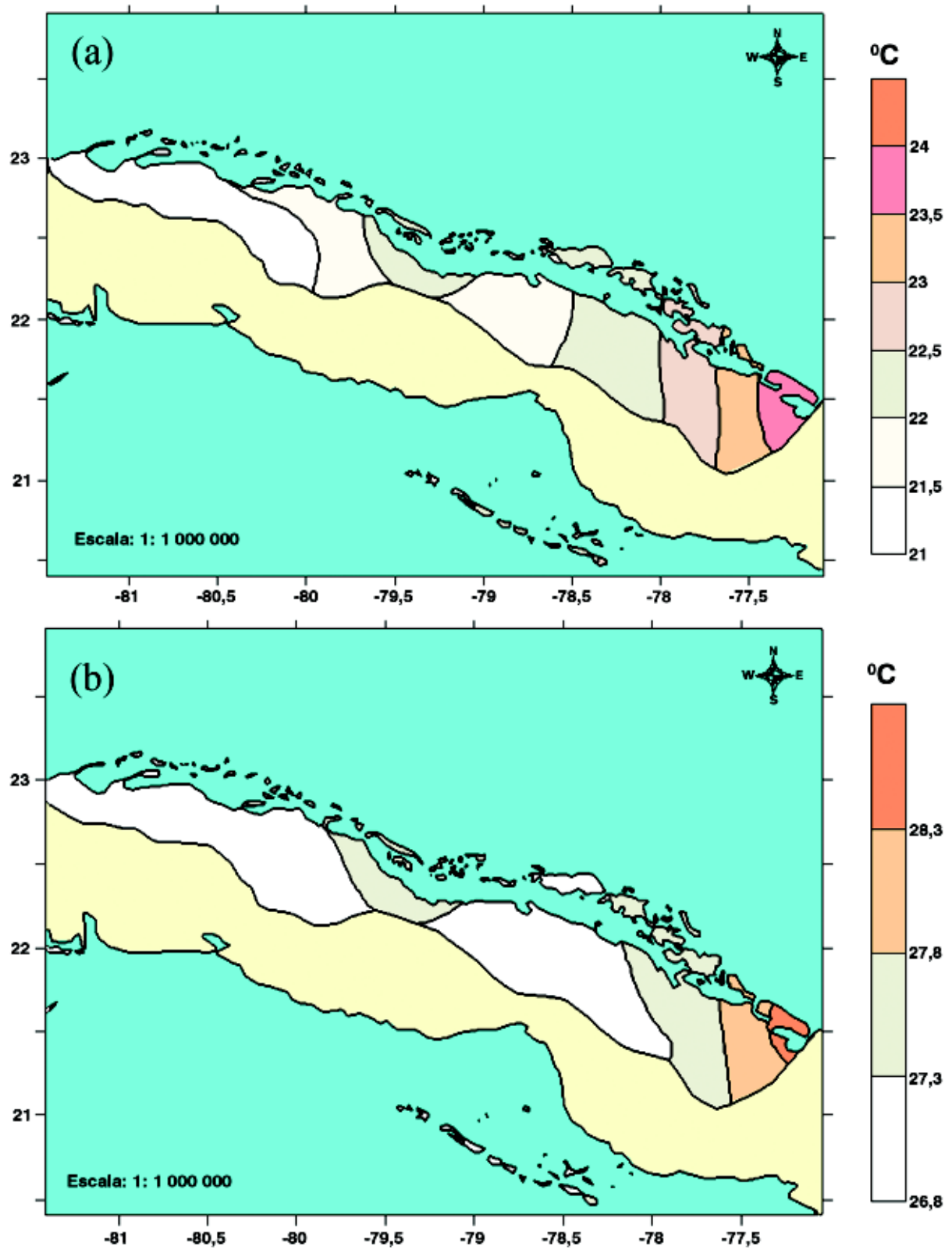


Fig. 4.9.3. Mapas mensuales de temperatura media para el Ecosistema Sabana-Camagüey. (a) = enero (b) = julio.

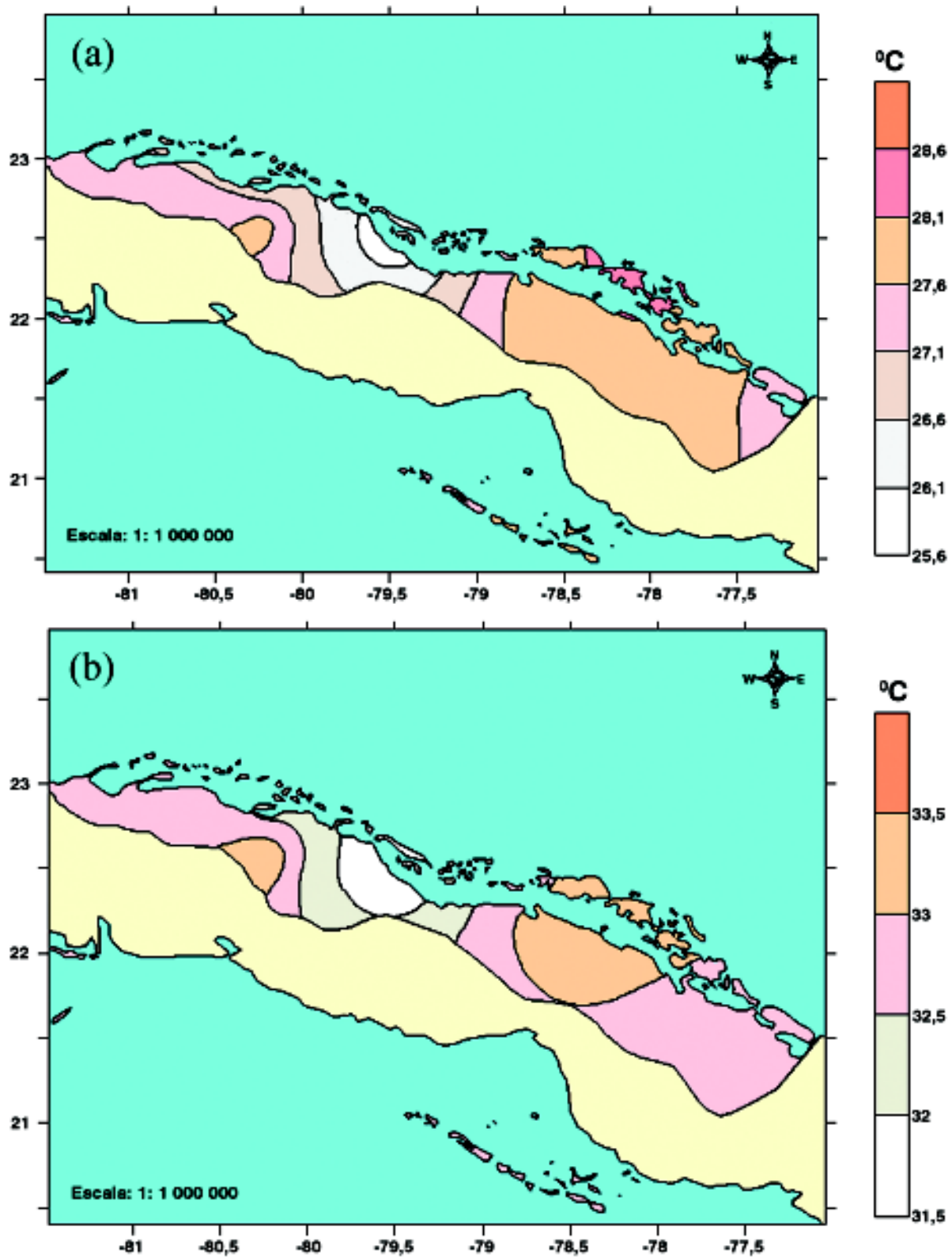


Fig. 4.9.4. Mapas mensuales de temperatura máxima media para el Ecosistema Sabana-Camagüey. (a) = enero (b) = julio.

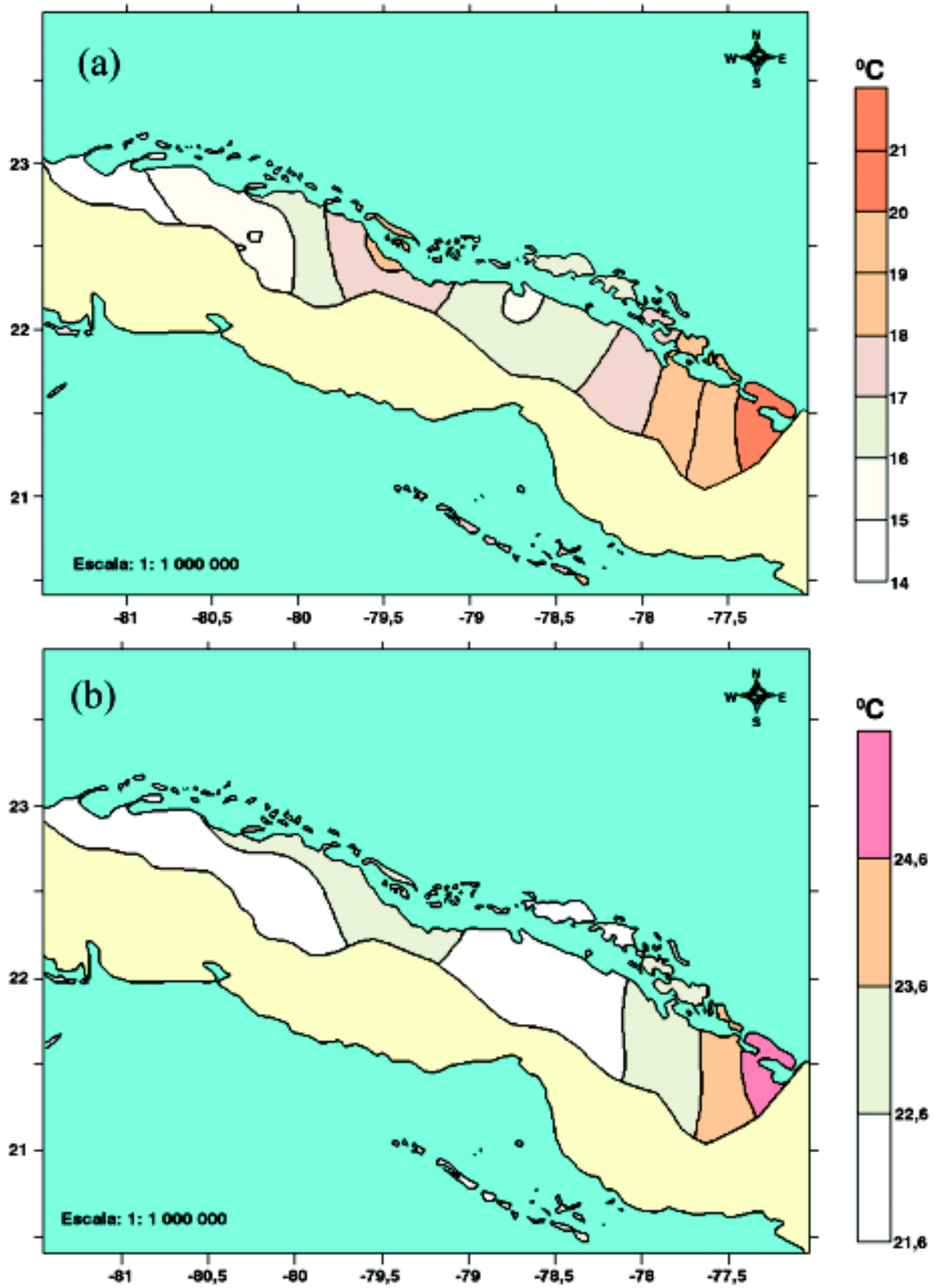


Fig. 4.9.5. Mapas mensuales de temperatura mínima media para el Ecosistema Sabana-Camagüey. (a) = febrero (b) = agosto.

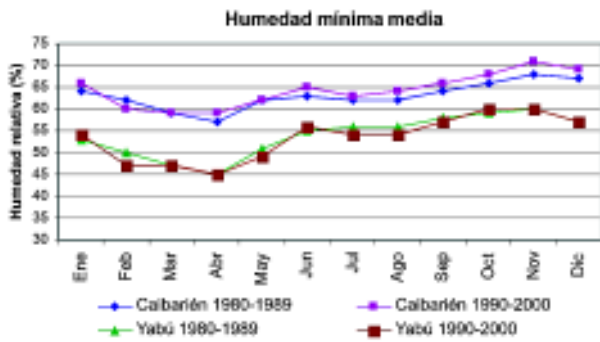


Fig. 4.9.6. Marcha anual de  $\overline{Hr}_{min}$  en las estaciones meteorológicas de Caibarién y Yabú.

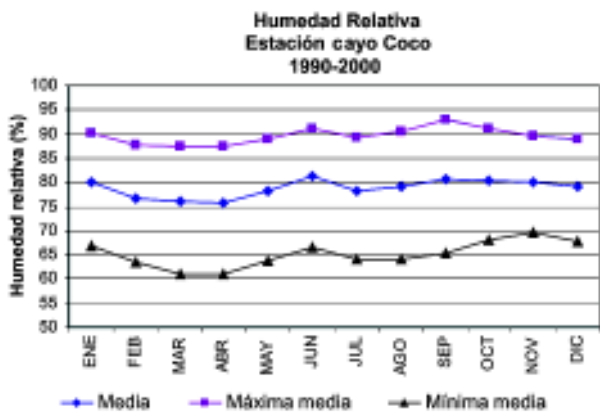


Fig. 4.9.7. Marcha anual de la humedad relativa media ( $\overline{Hr}$ ), máxima media ( $\overline{Hr}_{max}$ ) y mínima media ( $\overline{Hr}_{min}$ ) en la estación meteorológica de cayo Coco.

La amplitud diurna de la humedad relativa oscila entre 45 y 98 % en las estaciones analizadas, y se manifiesta de forma clara una menor oscilación diurna en las estaciones costeras respecto a las que están ubicadas en el interior de la isla. En la estación meteorológica de cayo Coco (Fig. 4.9.7), aunque la serie estudiada solo abarca el período 1990-2000, se manifiesta el efecto de la influencia costera con una reducción mayor de la amplitud diurna respecto al resto de las estaciones escogidas.

## Viento

El viento es otro factor fundamental moderador del clima. Los rumbos más frecuentes de las velocidades del viento están ubicados en los cuadrantes I y II de la rosa de los vientos, y el rumbo dominante es del Este, que presenta un mayor porcentaje de incidencia en las estaciones que se encuentran más cercanas a la costa, seguido por el rumbo NE. Esto se debe a que el régimen de vientos sobre toda Cuba está afectado por los alisios del nordeste y por el anticiclón

semipermanente del Atlántico o de las Azores-Bermudas, que es el principal regulador del tiempo en nuestro país.

Las velocidades medias del viento son mayores en las estaciones costeras y en cayo Coco, y menores en las que están más cercanas al parteaguas. Las estaciones que presentan las mayores velocidades medias del viento son las de cayo Coco y Esmeralda, mientras que las menores se reportan en las de Jovellanos y Camilo Cienfuegos. Este comportamiento se debe principalmente a la forma de Cuba de isla larga y estrecha, situada en el cinturón de los alisios del nordeste (Soltura *et al.*, 1995) con un régimen de vientos locales (brisas) en ambas costas que refuerza el viento y trae como consecuencia que en las estaciones más cercanas al litoral la velocidad media del viento se incremente, y en las más internas disminuya.

La distribución de las velocidades por rumbos en la parte oriental difiere de la parte occidental del ESC (Fig. 4.9.8). Esto se debe a que las situaciones sinópticas que afectan a nuestro país influyen de manera diferente en ambas regiones, y esta diferencia se hace más marcada en el período invernal, como se demostró en un estudio de la circulación atmosférica sobre Cuba (Lapinel *et al.*, 1988). Otra característica a destacar es que en la parte oriental del ESC las velocidades medias del viento son mayores que en la occidental, y se observan velocidades altas (en comparación con sus valores medios) con rumbo sur y sureste durante todo el año.

Por la frecuencia y efecto ante eventos de contaminación atmosférica, los casos con velocidades del viento nulas o muy pequeñas (calmas) fueron objeto de análisis en esta región. La distribución estacional de las calmas en el ESC no es uniforme, y se registra una mayor frecuencia de ellas en su región occidental que en la región oriental, y en ambos casos tienen su máximo de agosto a octubre, con predominio en septiembre (Fig. 4.9.9).

## Precipitaciones

El análisis de los acumulados de las lluvias para los años hidrológicos (abril-mayo) en los 37 municipios ubicados en el sector comprendido al norte del parteaguas y al sur del Archipiélago Sabana-Camagüey, durante el período 1961-2000 (Norma: 1971-2000), expresados en términos de su distribu-

ción percentílica, reveló que los déficits más significativos iguales o inferiores al percentil 50 o mediana se concentraron en los años 61/62, 62/63, 65/66, 67/68, 70/71, 74/75, 84/85, 86/87, 87/88 y 90/91 en los que más del 90 % del área de estudio estuvo afectada.

El análisis por decenios (Fig. 4.9.10) mostró que la década de los años ochenta fue la más afectada, toda vez que más de 60 % del área tuvo seis o más años hidrológicos con déficits en los acumulados de las lluvias. La parte más occidental de la zona de estudio, correspondiente a los municipios de las provincias de Matanzas y Cienfuegos, fue la más deficitaria

con siete u ocho años con déficit, y de estos, cinco años hidrológicos consecutivos con rangos en los acumulados de las lluvias iguales o inferiores a cinco (1984-1988). Asimismo, los municipios de la provincia de Ciego de Ávila y de la parte más occidental de Camagüey presentan seis o más años con déficit.

La década de los años setenta, resultó muy significativa por su déficit en los municipios correspondientes a la provincia de Villa Clara. De sus 12 municipios, 10 presentaron más de seis años con acumulados por debajo del valor normal, así como en los municipios en la parte sur oriental de la provincia de Ciego de Ávila.

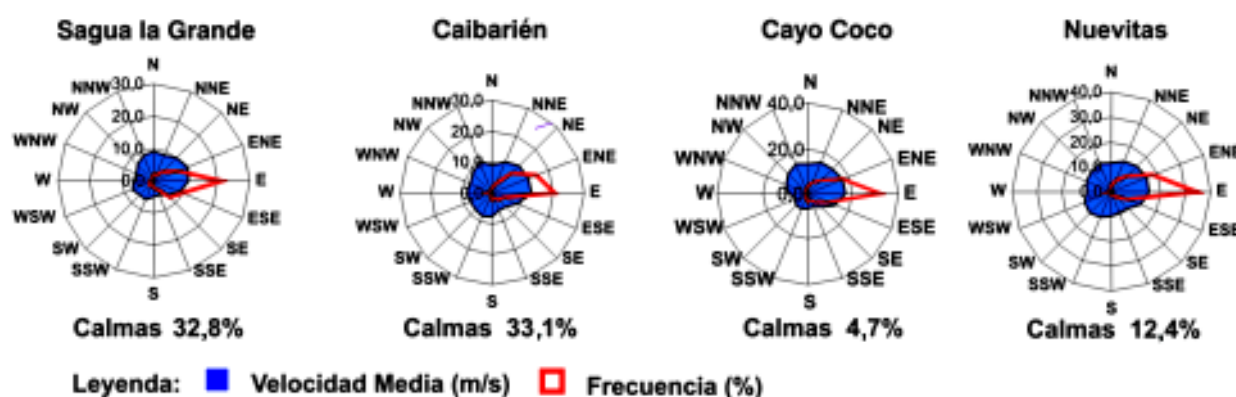


Fig. 4.9.8. Rosas de los vientos anuales de estaciones costeras del Ecosistema Sabana-Camagüey.

En la década más reciente, contrariamente a las anteriores, los municipios ubicados en la parte norte y central del ESC (Yaguajay, Chambas y Morón) así como los más orientales (Florida, Camagüey, Minas, Jimaguayú y Sibanicú) fueron los más afectados con más de seis años con déficit en sus acumulados.

### Ciclones tropicales y huracanes

Los principales peligros asociados con los ciclones tropicales, y en especial con los huracanes, son las surgencias, los vientos fuertes, las lluvias intensas, las inundaciones y los tornados. La intensidad de un huracán es un indicador del potencial del daño. Sin embargo, los impactos son una función del lugar y el momento en que la tormenta azote. Los ciclones tropicales son los sistemas meteorológicos más destructivos si se toma en consideración su tamaño o área de afectación y la violencia de los vientos que lo

acompañan. Las consecuencias del impacto de los ciclones tropicales pueden durar hasta varios años. En los países ubicados en las áreas vulnerables a estos fenómenos meteorológicos las pérdidas de vidas humanas ocasionadas por un huracán pueden ser del orden de los millares, mientras que las económicas pueden llegar hasta billones de dólares.

Por su posición geográfica, Cuba se encuentra enclavada en una zona de alta probabilidad de ocurrencia de ciclones tropicales. La región occidental es la de mayor afectación por el paso de estos organismos. De acuerdo a las estadísticas, la frecuencia anual de ocurrencia de este tipo de fenómeno meteorológico se ha incrementado en este siglo después de un período de poca frecuencia de afectación en las últimas tres décadas del siglo xx. En la figura 4.9.11 puede observarse la frecuencia de ocurrencia de ciclones tropicales y huracanes en Cuba durante los períodos 1799-2005 y 1899-2005.

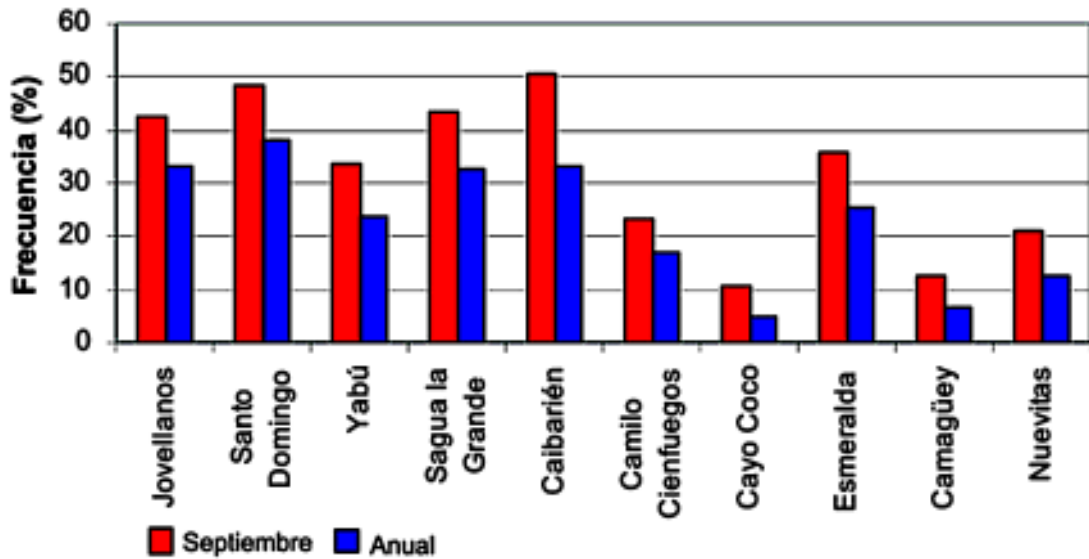


Fig. 4.9.9. Distribución de frecuencias de la ocurrencia de calmas para septiembre y anual para cada estación del Ecosistema Sabana-Camagüey.

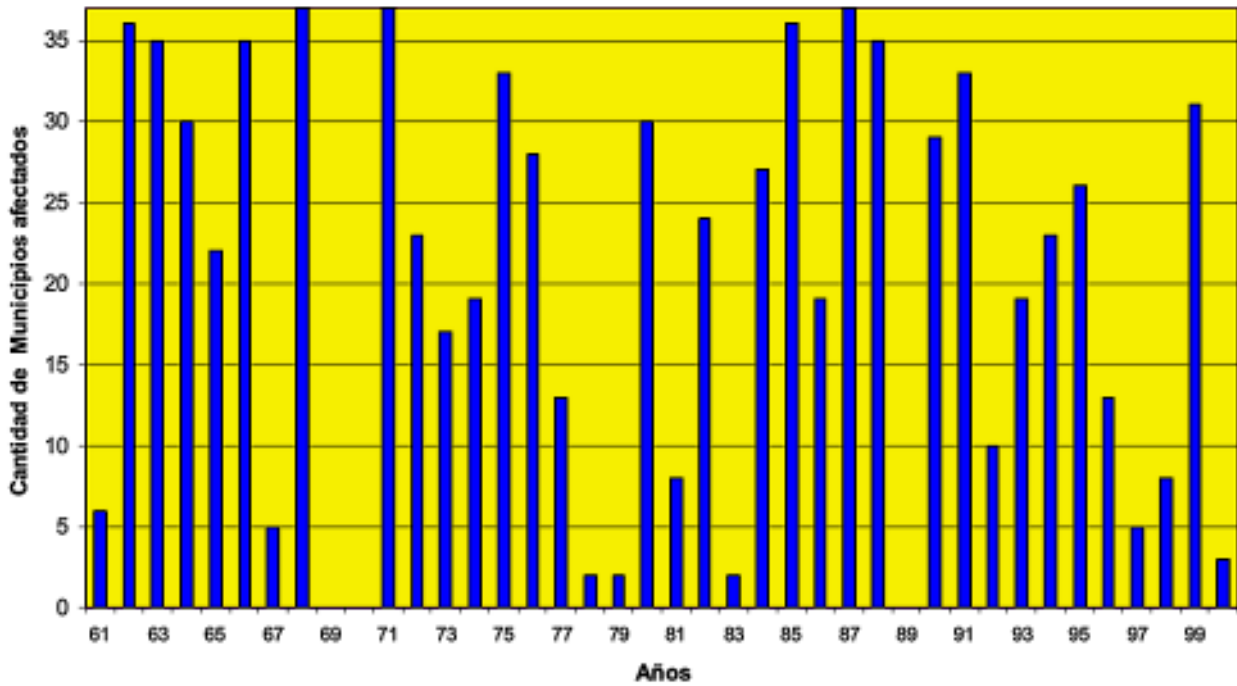


Fig. 4.9.10. Cantidad de municipios afectados por déficits significativos iguales o inferiores al percentil 50 o mediana para el período 1961-2000. Norma: 1971-2000.

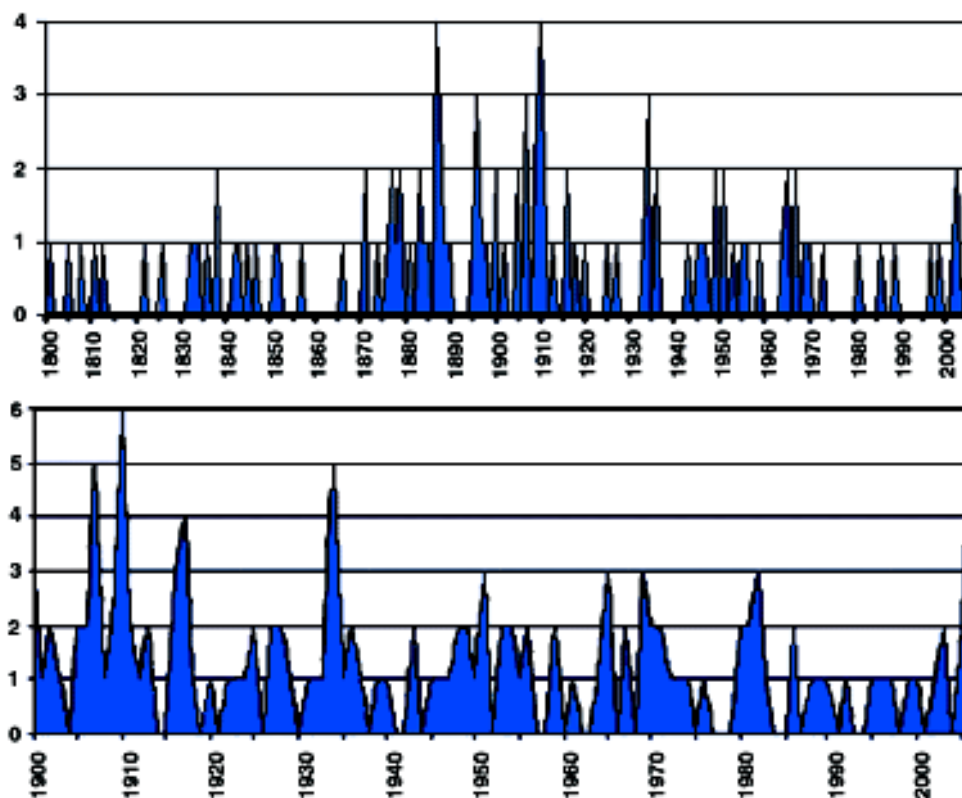


Fig. 4.9.11. Frecuencia anual de los ciclones tropicales que afectaron a Cuba durante el período 1799–2005 (arriba) y de los huracanes en el período 1899-2005 (abajo).

A partir de los resultados de Ballester *et al.* (2004) se puede apreciar que Cuba no escapa del incremento de la actividad ciclónica del área, lo que conllevará también a un incremento en la frecuencia de los huracanes intensos. De hecho, el azote del huracán Michelle en noviembre del 2001 representó la primera afectación de un huracán intenso en este siglo. La última afectación de tal magnitud a Cuba había sido en octubre de 1952 por el huracán Fox.

En el período 1985-2005 el territorio cubano fue afectado por los huracanes Kate (noviembre de 1985), categoría 2; Gilberto (septiembre de 1988), categoría 1; Lili (octubre de 1996), categoría 2; George (septiembre de 1998), categoría 1; Michelle (noviembre del 2001), categoría 4; Isidoro (septiembre del 2001), categoría 1; Lili (octubre del 2002), categoría 2; Charley (agosto del 2004), categoría 3; Iván (septiembre del 2004), categoría 4; y Dennis (julio del 2005), categoría 4. Se debe señalar que Cuba estuvo once años sin vivir la experiencia del cruce del centro de un huracán por su territorio después que lo hiciera Kate en noviembre de 1985.

El territorio del Ecosistema Sabana-Camagüey ha sido afectado desde 1985 hasta la fecha por cin-

co huracanes, de ellos cuatro en los últimos diez años. Michelle en el 2002 y Dennis en el 2004 tenían categoría 4 al afectar el territorio cubano. El huracán Rita (septiembre del 2005) en su recorrido por los mares al norte del archipiélago cubano influyó con vientos con fuerza de tormenta tropical en la costa norte de Villa Clara y Matanzas, provincias que se incluyen en el territorio del Ecosistema Sabana-Camagüey, y Wilma (octubre del 2005) afectó a Varadero con esa fuerza y produjo además inundaciones en la playa (Ballester y Rubiera, 2006).

El grado de afectación por los huracanes a este territorio en los años más recientes indica la necesidad de tomar medidas apropiadas en la conservación y manejo del territorio que mitiguen sus afectaciones. En efecto, en el país se dedica mucha atención y recursos para enfrentar exitosamente esta problemática.

### Análisis de fenómenos meteorológicos significativos

Del análisis de diferentes fenómenos meteorológicos significativos se obtuvo que en la zona costera del ESC hay una diferencia espacial marcada entre las

estaciones de la región occidental donde abundan las brumas, y las estaciones de la región oriental donde abundan los cielos despejados. En las estaciones donde predominan las brumas, el cielo despejado es característico de la madrugada y la mañana, las lluvias en horas de la tarde, el relámpago visible en la noche y la madrugada, y las tormentas eléctricas de las últimas horas de la tarde. El cielo despejado presenta dos tipos de distribuciones a lo largo del año: las que tienen mayor ocurrencia en el período poco lluvioso y las que tienen una representación apreciable en todos los meses. Las nieblas ocurren fundamentalmente en el período poco lluvioso, mientras que las lloviznas, lluvias y chubascos tienen mayor ocurrencia entre octubre y noviembre. En estas últimas se observan valores más bajos durante la sequía interestival que en los meses del período poco lluvioso. El relámpago visible es característico de junio a octubre con máxima ocurrencia en septiembre, y las tormentas eléctricas de junio a septiembre con máximos en agosto y septiembre.

## Referencias

- Ballester M.; C. González y R. Pérez Suárez (2004): *Pronóstico de la actividad ciclónica en la región del Atlántico Norte, con énfasis en el Caribe y Cuba*. Informe Científico del Proyecto 4050, Instituto de Meteorología.
- Ballester M. y J. Rubiera (2006): «Temporada ciclónica de 2005 en el Atlántico Norte». <http://www.insmet.cu/asp/genesis.asp?TB0PLANTILLAS&TB1=TEMPORADA&TB2=/Temporadas/temporada2005.htm>
- Lapinel, B. (1988): «La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las lluvias en Cuba». Tesis en opción de Candidato a Doctor en Ciencias Geográficas, Instituto de Meteorología.
- Lecha L. B.; L. R. Paz y B. Lapinel (eds.) (1994): *El clima de Cuba*, Ed. Academia, La Habana.
- Santana M. A. V.; A. Guevara Campos; A. León y L. R. Paz (2005): «Variabilidad del comportamiento de las sensaciones térmicas en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba», *Revista Cubana de Meteorología*, 12(2): 68-74.
- Soltura R.; S. Mon; G. Rodríguez; R. Báez y L. Ayala (1995): *Atlas eólico de Cuba. Estadística y Climatología. Potenciales climáticos de generación eolo-eléctrica y bombeo eólico*. Informe de Resultado, Instituto de Meteorología.

## 4.10. Tendencia y escenarios del nivel medio del mar. Evaluación general de su impacto a largo plazo

MARCELINO HERNÁNDEZ GONZÁLEZ  
Y LIBERTAD RODAS FERNÁNDEZ

La tendencia del nivel medio del mar responde a cambios del volumen del agua oceánica producidos en la actualidad por el deshielo de los casquetes polares y los glaciares, y a la expansión térmica en el marco de un clima mundial que tiende a ser más cálido. Influyen además los movimientos de la corteza terrestre.

La tendencia del nivel medio del mar en el Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC) se calculó utilizando la serie de alturas horarias desde 1973 al 2004 de la estación mareográfica de La Isabela (Fig. 4.10.1), que funciona con carácter permanente en el puerto de igual nombre en la costa meridional de la bahía de Sagua la Grande (Servicio Hidrográfico y Geodésico de la República de Cuba, 2004).

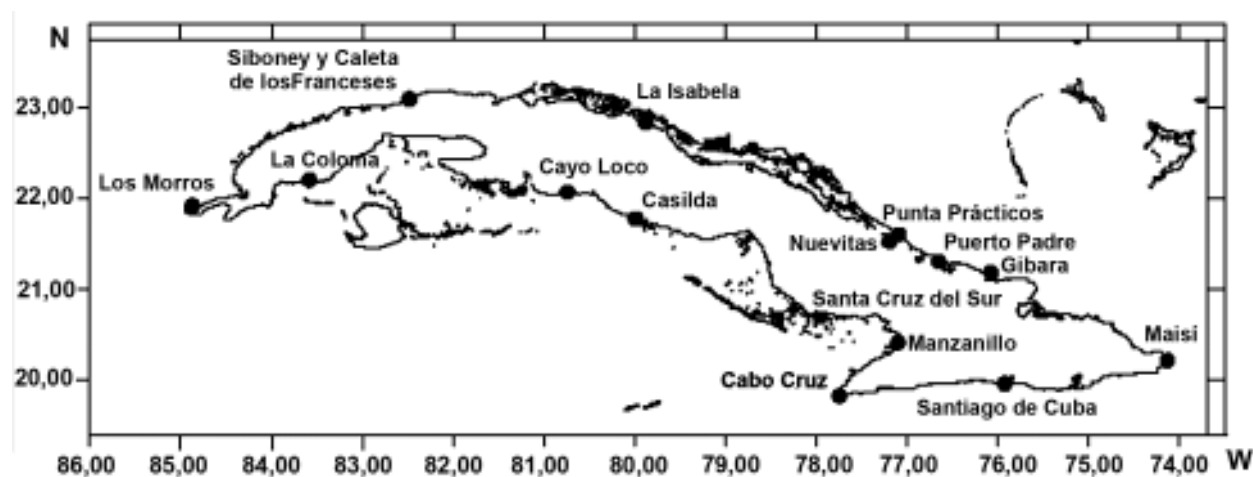


Fig. 4.10.1. Estaciones de la Red Mareográfica Nacional. Las estaciones permanentes se denotan con círculos.

Utilizando los escenarios de ascenso del nivel medio del mar elaborados para Cuba a partir de modelos de emisión de gases de efecto invernadero (IS92A y KYOTOA1), desde 1990 hasta el 2010 debe producirse un aumento del nivel medio del mar de 4,85 y 4,71 cm, respectivamente (Tabla 4.10.1). La tasa de incremento podría ser unos 0,245 cm/año en la actualidad (entre 1990 y el 2010). Este valor no considera la tectónica del lugar.

Tabla 4.10.1. Elevación del nivel del mar con respecto a 1990, según los escenarios de emisión (tomado de Gutiérrez, Centella, Limia y Marvelys, 1999)

Año	IS92A (cm)	KYOTOA1 (cm)
2010	4,85	4,71
2030	12,63	11,91
2050	23,30	21,63
2100	55,20	50,82

Se evaluaron los movimientos recientes de la corteza terrestre (MRCT) en la zona en que se encuentra la estación mareográfica La Isabela mediante métodos geodésicos y geológicos (Hernández *et al.*, 2003). Según el citado trabajo, la estación La Isabela se ubica en el tramo La Habana-Remedios en el que los MRCT son de poca magnitud (2 mm/año).

La tendencia del nivel medio del mar en el ASC para las próximas décadas deberá ser no inferior a 0,100 cm/año y quizás alcanzar los 0,200 cm/año, asumiendo que los movimientos de la corteza terrestre mantengan una tasa semejante a las de décadas pasadas. La tasa de incremento del nivel medio del mar en La Isabela es de 0,102 cm/año (Fig. 4.10.2). La tendencia registrada en La Isabela debe considerarse un indicativo de que aumentarán los peligros ocasionados por el ascenso del nivel medio del mar.

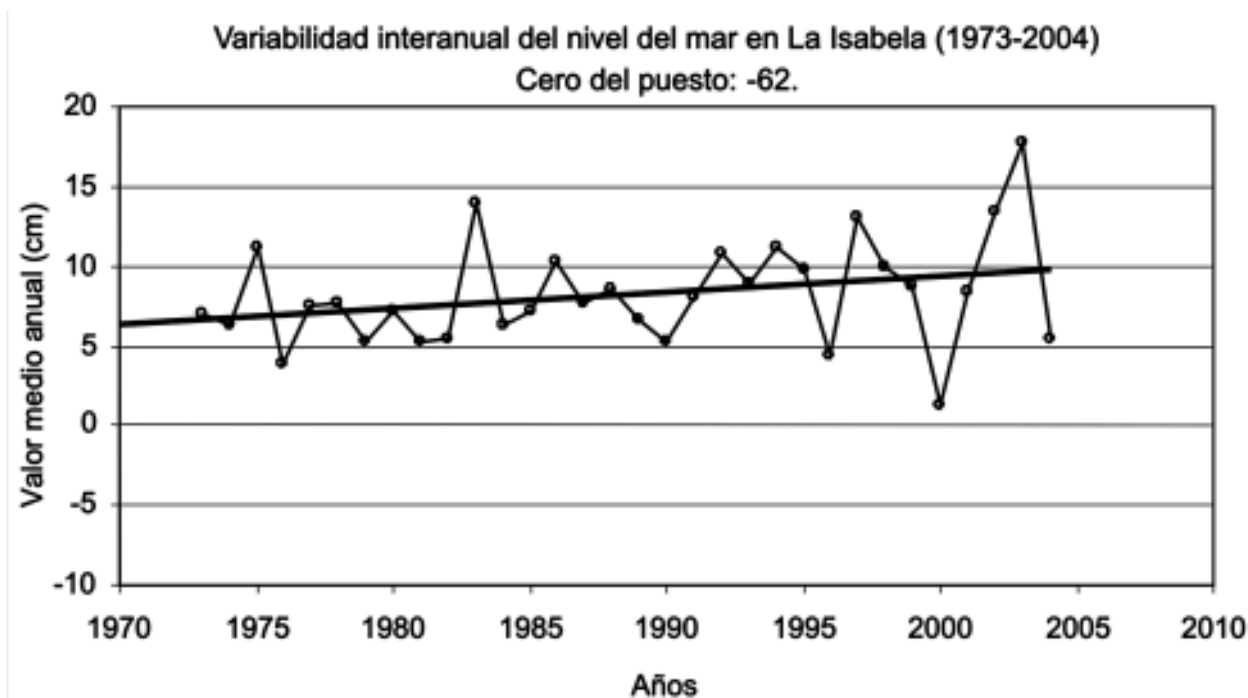


Fig. 4.10.2. Tendencia del nivel medio del mar en La Isabela (1973-2004).

### Impacto del incremento del nivel medio del mar en el Archipiélago Sabana-Camagüey

La zona costera del Archipiélago Sabana-Camagüey es muy vulnerable al gradual proceso de inundación que plantea la tendencia del ascenso del nivel medio del mar (0,102 cm/año) y que podría acelerarse en el transcurso del presente siglo. Las consecuencias más evidentes para el observador común serían la gradual inundación hasta llegar a permanente de las zonas más bajas y el retroceso de la línea de costa. La variabilidad estacional y espacial de los parámetros hidrológicos de las aguas interiores del Archipiélago Sabana-Camagüey es elevada debido al relativo aislamiento y escasa profundidad de sus aguas.

La macrolaguna (mar interior) del Ecosistema Sabana-Camagüey exhibe en casi toda su extensión un débil régimen de circulación y un intercambio limitado de agua con el océano. Esto es más acentuado en las bahías de Perros y Jigüey, así como en la ensenada de Sabinal, lo que se evidencia por los registros más elevados de salinidad sobre todo en las dos primeras (85,4 y 95 ups, respectivamente). El ascenso del nivel medio del mar debe provocar cambios graduales en la distribución espacio temporal de las características hidrológicas. Por un lado aumentará la influencia de las aguas oceánicas sobre

las aguas interiores del Archipiélago Sabana-Camagüey al reducirse el papel de barreras de las cadenas de cayos, cuyas zonas más bajas serán más rápidamente inundadas y más fácilmente erosionadas. De esta forma se atenuará la variabilidad estacional de los parámetros hidrológicos en las franjas más próximas o más expuestas a la influencia oceánica, y deben reducirse en estas áreas los valores de salinidad hasta valores más próximos a los oceánicos. Debe mejorar la renovación de las aguas en el interior de las bahías.

El ascenso del nivel medio del mar debe provocar una disminución paulatina de la velocidad de las corrientes en los canales y pasas, ya que en ellas aumentará poco a poco el área de la sección transversal. Paralelamente debe esperarse un ligero aumento de la velocidad promedio de las corrientes y del oleaje en las macrolagunas o bahías interiores, con alteraciones en los patrones de sedimentación, y tendencia a la exportación de sedimentos hacia los arrecifes. En algunas localidades pudiera observarse la acumulación o formación de bancos de sedimentos debido a la erosión y a cambios en las características de la circulación y de los efectos del oleaje. Se experimentará un aumento de la magnitud y frecuencia de las inundaciones costeras por penetraciones del mar, una aceleración de la erosión y una mayor intrusión de agua del mar en las fuentes de agua dulce.

En el ASC el ascenso del nivel medio del mar impondrá cambios graduales y lentos en la geomorfología y la vegetación costeras durante el presente siglo, que podrían acentuarse a causa de eventos hidrometeorológicos intensos. Las afectaciones debido al ascenso del nivel medio del mar sobre los manglares mejor conservados se retardarán, sobre todo si pueden retroceder y colonizar nuevas áreas hacia los lados o hacia atrás.

El mangle rojo debe resistir con mayores ventajas el impacto del aumento del nivel medio del mar que otras especies de manglares. Algo semejante debe ocurrir con las playas de arena. Los efectos sobre los manglares y playas menos conservadas o mal tratadas por la actividad humana serán desastrosos, y conlleva su desaparición. Según lo expresado en IPCC (2001), «los impactos en ecosistemas costeros muy diversos y productivos tales como los arrecifes de coral y los bosques de manglares dependerán del índice de aumento del nivel del mar en relación con los índices de crecimiento y de suministros de sedimentos, espacios y obstáculos para la migración horizontal [...], tendencias en las tormentas, así como presiones procedentes de las actividades humanas en las zonas costeras».

De acuerdo con los escenarios elaborados, estos cambios pueden ser notables a partir del 2020, e importantes a partir del 2050, por lo que las construcciones en los cayos del ASC deben dejar un margen amplio de adaptación, en términos de espacio, a los ecosistemas. En este sentido, con la finalidad de evitar el efecto de barreras que las construcciones humanas representan, y al mismo tiempo minimizar su vulnerabilidad al embate de las inundaciones costeras por penetraciones del mar, deberían promoverse las soluciones constructivas sobre pilotes o pilares. La actividad humana no debe contaminar el medio ambiente pues esta sería una causa adicional del debilitamiento de los ecosistemas y de la reducción de la capacidad de estos de adaptarse al ascenso del nivel medio del mar.

Los cayos rocosos presentan gran importancia como abrigo de la fauna (Toledo *et al.*, 2005), por lo que un ascenso del nivel medio del mar que tienda a limitar el área o a cambiar sus características

ambientales repercutirá desfavorablemente sobre su biota. Las tortugas marinas podrían ser afectadas de forma especial con el deterioro de las playas (Hernández *et al.*, 2000).

Desde el punto de vista socioeconómico, el Archipiélago Sabana-Camagüey posee una gran importancia para los asentamientos humanos costeros, por lo que deben tomarse medidas de protección costera y limitación de las construcciones en esta zona, especialmente en las poblaciones de Caibarién, Isabela de Sagua, Cárdenas, Turiguanó, Punta Alegre y otras; también para la industria turística, que se apoya en la belleza de sus playas y su entorno y donde en la actualidad «se encuentran en explotación varias instalaciones hoteleras en los cayos Coco y Guillermo, con numerosos proyectos en ejecución. Su densidad de habitantes es 501,63 hab./km<sup>2</sup>. Su población total es de 265 864 distribuidos en 74 asentamientos» (Toledo *et al.*, 2005). Este análisis no tiene el propósito de evaluar el impacto socioeconómico, pero puede afirmarse de manera muy preliminar que el ascenso del nivel medio del mar ejercerá una influencia significativa sobre la actividad humana en esta zona del país, ya que basa su sostenibilidad y oportunidades en la calidad de un medio ambiente muy vulnerable a los efectos del cambio climático. En el Recuadro 4.10.1 se brindan algunas recomendaciones relacionadas con la temática.

## Conclusiones

1. La tasa de aumento del nivel medio del mar en La Isabela ha sido de 0,102 cm/año.
2. La tendencia para las próximas décadas deberá ser no inferior a 0,100 cm/año y alcanzar posiblemente los 0,200 cm/año, asumiendo que los MRCT mantengan una tasa semejante a las de décadas pasadas.
3. Se espera que se produzcan afectaciones diversas sobre los ecosistemas, que dependerán del estado de conservación en que se encuentren.
4. Deben aumentar la magnitud y la frecuencia de las inundaciones costeras por penetraciones del mar, y los cambios hidrológicos y sedimentológicos en la macrolaguna.

## Referencias

- Gutiérrez T.; A. Centella; M. Limia y L. Marvelys (1999): *Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. Proyecto no. FP/CP/2200-97-12.
- Hernández M.; P. Parrado y M. Izquierdo (2000): «Preliminary Considerations on the Probable Impact of Sea Level Rise and Water Temperature in Some Localities of the Coastal Zone of the Cuban Archipelago», en *Climate Change Impacts and Response* (N. Mimura, ed.). Proceedings of the Conference on National Assessment Results of Climate Change, Japan Environment Agency and Overseas Environmental Cooperation Centre, pp. 183-202.
- Hernández M.; A. Hernández; L. Arriaza; J. Simanca; S. L. Lorenzo; S. Cerdeira; L. Rodas; G. Díaz; I. Hernández; O. Marzo; J. L. Chang; A. Oviedo y H. M. Alfonso (2003): *Evaluación de la tasa de incremento del nivel medio del mar y su influencia sobre algunas características oceanográficas y de las áreas de manglares de la plataforma insular cubana*. Informe Final de Proyecto, Archivo Científico del Instituto de Oceanología.
- IPCC (2001): *Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Tercer informe de evaluación. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Resumen para Responsables de Política y Resumen Técnico, PNUMA/OMM.
- Servicio Hidrográfico y Geodésico de la República de Cuba (2004): «*Tablas de Marea*», Costas de Cuba.
- Toledo M.; H. M. Alfonso; F. Piedra; L. Díaz; B. Molina; M. Robot; S. Matousek; H. Carrasco; M. Hernández; I. Hernández y J. L. Chang (2005): «Características geológico-geomorfológicas de las costas cubanas. Incidencia en la vulnerabilidad de estas y su dinámica litoral». *Proceedings de Geociencias 2005*, Sociedad Cubana de Geología, La Habana, Cuba, GEO 12 [CD-ROM].

### Recuadro 4.10.1

#### Recomendaciones

- Perfeccionar las redes de mediciones oceanográficas, meteorológicas y geodésicas de forma que puedan mejorarse los escenarios del aumento del nivel medio del mar para el ASC y hacer evaluaciones cada vez más precisas de su impacto.
- Incorporar al Manejo Integrado Costero las estimaciones y escenarios del ascenso del nivel medio del mar tomando en consideración la elevada vulnerabilidad del ASC y los cuantiosos recursos invertidos en su desarrollo socioeconómico.
- Prestar especial atención a la minimización de la agresividad ambiental de las construcciones en los cayos, proyectando y construyendo de acuerdo a sus características y tendencias, lo cual beneficiará al medio ambiente y la propia vida útil de la infraestructura turística.