

CAPÍTULO 6. DIVERSIDAD BIOLÓGICA

6.1 El estudio de la diversidad biológica.

En este capítulo se utiliza el concepto de diversidad biológica adoptado por la Convención de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, que reconoce como tal, *la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad entre cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.*

La importancia que tiene para Cuba la temática de la diversidad biológica y su interrelación con el cambio climático antropogénico ya se reconoce en la *Estrategia Nacional Ambiental 2007-2010* del CITMA, al caracterizar entre los cinco problemas principales ambientales cubanos actuales y futuros: los impactos de la variabilidad actual del clima que pudieran atribuirse o no al cambio climático, la degradación de los suelos y la pérdida de la diversidad biológica tanto terrestre como marina. Estos tres problemas ambientales están vinculados sobre todo en un próximo futuro con el cambio climático. En el primero su vínculo está claro, en el segundo la degradación de los suelos lleva implícita la pérdida de fertilidad biológica, es decir pérdida de flora y fauna asociada. La literatura internacional valora que la pérdida de fertilidad biológica del suelo puede alterarse como consecuencia del calentamiento global, y de posibles cambios en la distribución y montos de las precipitaciones. La degradación y pérdida o fragmentación de los hábitats actuales es debida a las transformaciones de origen humano del ambiente, a la sobreexplotación de bienes y servicios que brinda la diversidad biológica y los incendios, por citar tan solo algunas causas. Existe un elevado consenso científico, avalado por experiencia y modelaciones, que la vulnerabilidad de la diversidad biológica se elevará al incrementarse los impactos ocasionados por el cambio climático. El estado actual de los ecosistemas cubanos, así como su grado de fragmentación, es decisivo para poder definir las posibles estrategias de adaptación al *cambio climático*.

Para los científicos dedicados a las ciencias del mar la preocupación también es grande pero el reto es aún mayor, ya que el clima depende totalmente de su controlador, el océano, y son precisamente los estudios de los procesos de interacción entre la atmósfera y el océano, los que permitirán prepararse para mantener habitable el planeta por la actual combinación de formas de vida y sus interacciones con el medio físico en un nuevo escenario climático.

Esta evaluación sobre la diversidad biológica y el cambio climático en Cuba, aborda el estudio de la misma tanto en su componente marino, como costero como terrestre. Se debe resaltar que aunque la diversidad biológica cubana es una sola, hay una diferencia muy grande entre la marina y terrestre, pues cada una de ellas se desarrolla en ambientes ecológicos muy diferentes, el mar y la atmósfera terrestre; ocasionando diferencia muy marcadas en las técnicas de

estudio y en los resultados. Por esta razón, en el capítulo hay secciones dedicadas a la diversidad marina y costera y a la terrestre y costera.

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC siglas en inglés) publicó en 2002 un Reporte Técnico V sobre *Cambio Climático y Diversidad Biológica* (Gitay *et al*, 2002) que aborda la temática, posteriormente el IPCC en su Cuarto Reporte (Parry *et al*, 2007) atribuye al cambio climático impactos ya observados en sistemas biológicos e identifica futuros impactos sobre los mismos en las próximas décadas. La Convención sobre la Diversidad Biológica también ha abordado esta temática, publicando dos números de su serie técnica, el No. 10 *Interlinkages between Biological Diversity and Climate Change* (2003) y la No. 41 *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation* (2009). Aunque las metodologías usadas para abordar estos estudios están poco desarrolladas y sus proyecciones futuras revisten grandes incertidumbre, su importancia es muy grande por su vínculo con los bienes y servicios que brindan los ecosistemas (diversidad biológica)

6.2 Diversidad biológica cubana.

Este epígrafe está basado en el *IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba*, (CITMA, 2009). Publicación que refleja la visión de forma sintética y actualizada y consensuada con la mayoría de los expertos nacionales y todas las instituciones del país que estudian y manejan la diversidad biológica.

En el Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba (ENDB), se realizó la revisión y actualización de la biota cubana hasta 1996 (Vales *et al.*, 1998); y en los años siguientes las cifras para algunos grupos se actualizaron parcialmente en los informes anuales a la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE), para su publicación en el Anuario Estadístico. A partir del 2005, el Centro Nacional de Biodiversidad del Instituto de Ecología y Sistemática (CeNBio-IES), ha venido realizando la actualización de las cifras de diversos grupos de la biodiversidad del país, los cuales permiten documentar los datos que a continuación se presentan (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Diversidad de la biota cubana en cifras, años 1998 y 2008. (IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba, CITMA 2009)

Vales et al., 1998 (ENDB)	Clasificación Actual	Phyla / División	Conocidas	Terrestres	Marinas	Dulceacuícolas (Palustres)
			CeNBio	CeNBio	CeNBio	CeNBio
NO INCLUIDA	Archaea	Euryarchaeota	2		2	
Archaea			2		2	
Cyanophyceae	Bacteria	Cyanobacteria	108		44	64
Bacteriae	Bacteria	Firmicutes	27		27	
Bacteriae	Bacteria	Actinobacteria	7		7	
Bacteriae	Bacteria	Bacteroidetes	3		3	
Bacteriae	Bacteria	Proteobacteria	104		104	
Bacteriae			270	21	185	64
Algae	Eukaryota	Cryptophyta	3		1	2
Algae	Eukaryota	Haptophyta	25		25	
Algae	Eukaryota	Ochrophyta	289		288	1
Algae	Eukaryota	Sagenista	4		4	
Algae	Eukaryota	Bacillariophyta	85		83	2
	Eukaryota	Oomycota	39	33		6
Algae	Eukaryota	Rhodophyta	262		262	
Reino Chromista			707	33	663	11
Algae	Eukaryota	Dinoflagellata	199		199	
Protozoa	Eukaryota	Ciliophora	62		62	
Algae	Eukaryota	Euglenozoa	4		1	3
Algae	Eukaryota	Foraminifera	694		694	
	Eukaryota	Plasmodiophoromycota	2	2		
Protozoa	Eukaryota	Protozoa	365		22	343
Myxomycota	Eukaryota	Myxomycota	114	114		
Reino Protozoa			1 440	116	978	346
Fungi + Líquenes	Eukaryota		5 844	5 697	39	108
Reino Fungi			5 844	5 697	39	108
Algae	Eukaryota	Chlorophyta	1 069		200	869
Bryophyta	Eukaryota	Hepatophyta	500	500		
Bryophyta	Eukaryota	Anthocerotophyta	7	7		
Bryophyta	Eukaryota	Bryophyta	411	411		
Pteridophyta	Eukaryota	Monilophyta	557	548		9
	Eukaryota	Lycophyta	44	44		
Gymnospermae	Eukaryota	Coniferophyta	11	11		
Gymnospermae	Eukaryota	Cycadophyta	8	8		
Angiospermae	Eukaryota	Magnoliophyta	6 500	6 038	12	450

Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba

2012

Vales et al., 1998 (ENDB)	Clasificación Actual	Phyla / División	Conocidas	Terrestres	Marinas	Dulceacuícolas (Palustres)
Reino Plantae			9 107	7 567	212	1 328
Porifera	Eukaryota	Porifera	280		280	
	Eukaryota	Ctenophora	6		6	
Coelenterata	Eukaryota	Cnidaria	370		370	
Chaetognata	Eukaryota	Chaetognatha	9		9	
Annelida	Eukaryota	Annelida	481	51	430	
Mollusca	Eukaryota	Mollusca	2 913	1 300	1 545	68
	Eukaryota	Bryozoa	84		84	
	Eukaryota	Sipunculida	8		8	
	Eukaryota	Acanthocephala	14	11	3	
Platyhelminthes	Eukaryota	Platyhelminthes	290	193	97	
Nematoda	Eukaryota	Nematoda	561	473	76	12
	Eukaryota	Arthropoda				
Arachnida	Eukaryota	- Clase Arachnida	1 422	1 417		5
	Eukaryota	- Clase Pycnogonida	12		12	
Crustacea	Eukaryota	- Superclase Crustacea	1 548	60	1 348	140
Chilopoda	Eukaryota	- Clase Chilopoda	43	43		
Diplopoda	Eukaryota	- Clase Diplopoda	94	94		
Insecta	Eukaryota	- Clase Insecta	7 493	6 813		680
Equinoderma	Eukaryota	Echinodermata	387		387	
	Eukaryota	Chordata				
Ascidiacea	Eukaryota	- Clase Ascidiacea	62		62	
Pisces	Eukaryota	- Clase Cephalochordata	2		2	
Pisces	Eukaryota	- Clase Myxini	2		2	
Pisces	Eukaryota	- Clase Elasmobranchii	78		78	
Pisces	Eukaryota	- Clase Holocephali	1		1	
Pisces	Eukaryota	- Clase Actinopterygii	982		908	74
Amphibia	Eukaryota	- Clase Amphibia	62	48		14
Reptilia	Eukaryota	- Clase Reptilia	153	142	6	5
Aves	Eukaryota	- Clase Aves	366	214	83	69
Mammalia	Eukaryota	- Clase Mammalia	78	56	21	1
Reino Animalia			17 801	10 915	5 818	1 068
TOTAL			35 171	24 349	7 894	2 928

Fuente: Cejas y Amaro CeNBio, 2008.

La tabla 6.1 permite apreciar la riqueza, que constituye la principal característica de la diversidad biológica conocida tanto terrestre, marina como dulceacuícola.

6.3 Biodiversidad terrestre y costera.

6.3.1 Características.

En el territorio cubano la distribución de las especies terrestres no es uniforme, ya que se concentra en las regiones más antiguas y estables, como son los macizos montañosos de occidente, centro, norte oriental, y sur oriental de la isla; así como en áreas de condiciones extremas, como las colinas y llanuras de serpentinas, las costas semiáridas surorientales y las llanuras de arenas silíceas del occidente (Vales et al., 1998, CITMA, 2009).

El elevado endemismo de la biodiversidad terrestre y costera cubana (Tabla 6.2), se debe, entre otros factores, al aislamiento geográfico dado por la condición de insularidad del archipiélago cubano, el mosaico de suelos resultante de la complejidad y heterogeneidad geológica, así como las diferencias latitudinales y climáticas.

La fauna cubana se caracteriza por el predominio de las formas voladoras sobre las terrestres, la ausencia de megafauna (grandes carnívoros y herbívoros) y la presencia de enanismos (especies catalogadas dentro de las más pequeñas en sus grupos, como ocurre en anfibios y aves). La fauna cubana es mayormente insular, por lo que muestra una gran afinidad con otras islas de las Antillas Mayores y con el norte de América Central; otros grupos la presentan con el norte de América del Sur y Norteamérica.

Para la flora, se han reconocido los distritos fitogeográficos de mayor endemismo para cada región según Samek, 1973 (Tabla 6.3), donde se puede apreciar que el elevado endemismo de nuestra flora está presente en todas las regiones del país.

Los bosques en Cuba, están principalmente representados por formaciones húmedas tropicales, las cuales constituyen parte del límite boreal de la distribución de los bosques húmedos tropicales, en relación con la posición geográfica de Cuba. Estas formaciones boscosas van desde bosques pluviales (selvas) y bosques nublados, hasta bosques siempreverdes, humedales y manglares, además también se presentan bosques semidecíduos y pinares. (CITMA, 2009).

Los bosques incluyen tanto los bosque no manejados, poco manejados por el hombre como los intensamente manejados tales como las plantaciones. En este libro se incluye un capítulo especialmente dedicado a los mismos. Tanto los bosques como la vegetación arbustiva albergan a la mayoría de la diversidad biológica, endémica o no.

Tabla 6.2. Diversidad y endemismo de la biota terrestre cubana.

Grupos Taxonómicos Principales	Nombres Comunes	Especies		
		Conocidas ^(a) (U)	Endémicas (U)	Endémicas (%)
Plantae				
Bryophyta	Musgos y hepáticas	921	78	8,5
Pteridophyta	Helechos	500	53	10,6
Gymnospermae	Coníferas	19	12	63,2
Angiospermae	Plantas con flores	6 500	3 409	52,4
Animalia				
Platyhelminthes	Duelas, tenias	213	75	35,2
Nematoda	Nemátodos	268	79	29,5
Acanthocephala	Acantocéfalos	11	0	0
Mollusca	Moluscos	1 299	861	66,3
Annelida				
– Oligochaeta	Lombrices de tierra	32	24	75
Arthropoda				
– Arachnida	Arañas, escorpiones	1 302	677	52
– Crustacea	Crustáceos	200	12	6
– Chilopoda	Ciempíes	42	26	61,9
– Diplopoda	Milpiés	94	71	75,5
– Insecta	Insectos	8 317	3 325	40
Chordata				
– Actinopterygii	Peces	38	21	55,3
– Amphibia	Anfibios	61	59	96,7
– Reptilia	Reptiles	143	124	86,7
– Aves	Aves	280	28	10
Mammalia	Mamíferos	37	16	43,2
Total		20 808	8 950	43

Fuente: Cejas y Amaro CeNBio, 2008.

Tabla 6.3. Endemismo vegetal por distritos fitogeográficos seleccionados

Distritos por región	Total (U)	De ello: Estricto	
		Cantidad (U)	(%)
Occidental			
Sierra del Rosario	312	29	9,3
Sierra de los Órganos	249	64	25,7
Arenas Blancas, Pinar del Río	230	43	18,7
Meseta de Cajalbana	207	45	21,7
Central			
Macizo de Guamuhaya	325	83	25,5
Costa Norte Centrorienta	237	51	21,5
Llanura Centroccidental	213	13	6,1
Llanura Centrorienta	231	20	8,7
Oriental			
Moa-Toa	959	327	34,1
Meseta de Nipe	543	92	16,9
Sierra Cristal	449	60	13,4
Alturas del Pico Turquino	399	131	32,8
Costa de Maisí- Guantánamo	362	79	21,8
Santa Catalina	341	54	15,8

Fuente: Cejas y Amaro CeNBio, 2008.

El ecosistema de manglar tiene gran importancia para el país, por la diversidad biológica asociada, los bienes y servicios que presta así como por su extensión. Los manglares cubanos (Figura 6.1) ocupan el 26% de la superficie boscosa del país y el 70 % de las costas (Menéndez y Priego, 1994). A escala regional por su extensión este ecosistema ocupa el primer lugar entre los países del Caribe insular (Suman, 1994). Es de destacar también que los cayos e isletas que rodean a la Isla de Cuba, están conformados fundamentalmente por manglares, así como en los regímenes estuarios. Este ecosistema es abordado por diferentes capítulos de este libro desde diferentes perspectivas

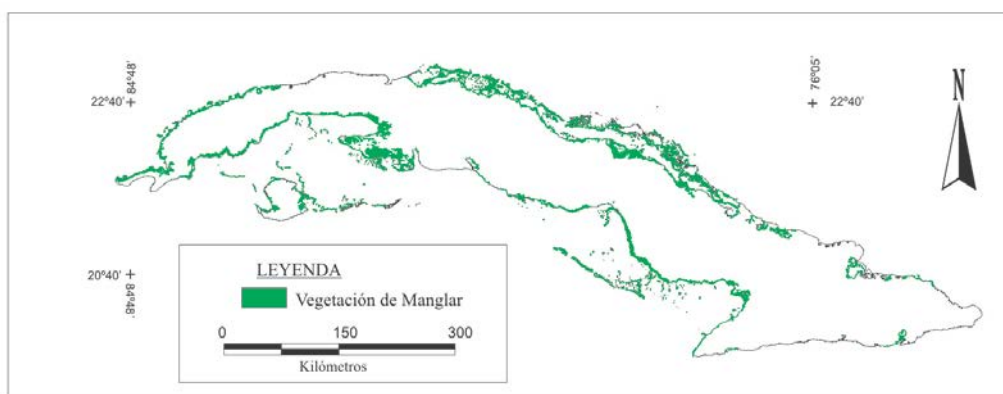


Figura 6.1. Ubicación de los manglares costeros (Tomado de CITMA, 2009.)

Autores como Menéndez *et al.*, (2003) estimaron que más del 30% de los manglares existentes en Cuba han sido afectados. Estas afectaciones han tenido dos orígenes fundamentales; las causadas por procesos y eventos naturales (fundamentalmente la disminución de la precipitación) y las ocasionadas por la actividad humana (transformaciones del hábitat, contaminación). Mitriani *et al* (2000) reconoce a los manglares como uno de los ecosistemas de mayor vulnerabilidad. Suárez *et al* (1999) identifica a los ecosistemas costeros cubanos como una de las zonas ecológicamente sensibles asociado a la elevación del nivel del mar y a posibles cambios en la intensidad de algunos eventos extremos, autores como Hernández *et al* 2005 consideran controvertibles afectaciones a los mismos proyectados por algunos escenarios.

El país presta gran atención, al fortalecimiento de los bancos de germoplasma y promueve una serie de iniciativas nacionales para la conservación de los recursos genéticos al constituir una riqueza incalculable para el país. Las condiciones climáticas cambiantes que las especies cultivadas deben enfrentar en un futuro próximo pueden requerir un trabajo por los mejoradores para la adaptación de esos cultivos a las nuevas condiciones climáticas. Para el mejoramiento se requiere de nuevo germoplasma compatible con la especie cultivada. En el

estudio de caso 6.3.6 que se presenta en este capítulo los autores discuten la existencia en el país de 750 especies y subespecies de plantas endémicas emparentadas con plantas cultivadas las que constituyen una potencia riqueza para el país y un medio que brinda la diversidad biológica para que la agricultura pueda adaptarse al cambio climático

En Cuba, existe una voluntad política de fortalecer las estructuras organizativas y los mecanismos para orientar con pasos seguros el reordenamiento de la conservación de la diversidad biológica, lo que entraña la aplicación de métodos de conservación tanto in situ como ex situ. Los primeros representados por el sistema nacional de áreas protegidas, el establecimiento de protección jurídica de especies endémicas, amenazadas y corredores biológicos; y los segundos, representados por colecciones biológicas vivas como arboretos, acuarios, jardines botánicos, museos, bancos de semillas, parques zoológicos, cultivos de tejidos, viveros forestales y las regulaciones para la explotación de recursos naturales, previa evaluación de su potencial, así como la consolidación o creación de redes de conservación *ex situ*.

Con el objetivo de garantizar la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica del país, lo cual está en correspondencia con la *Estrategia Ambiental Nacional* (EAN) 2007 - 2010, con el *Plan de Acción de la Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica ENBIO* 2006 – 2010, se creó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República de Cuba (SNAP).

Durante el año 2008 se ha realizado un exhaustivo proceso de revisión y actualización del SNAP para elaborar el Plan 2009 – 2013 del referido sistema. Como resultado, se han identificado un total de 253 áreas protegidas; de ellas, 91 de Significación Nacional y 162 de Significación Local.

Según establece el Decreto - Ley 201 de 1999, las categorías de manejo de las áreas protegidas del SNAP son:

1. Reserva Natural (RN)
2. Parque Nacional (PN)
3. Reserva Ecológica (RE)
4. Elemento Natural Destacado (END)
5. Reserva Florística Manejada (RFM)
6. Refugio de Fauna (RF)
7. Paisaje Natural Protegido (PNP)
8. Área Protegida de Recursos Manejados (APRM)

El área que ocupan las 253 áreas del SNAP (Figura 6.2) representa el 19.95% del territorio nacional, incluyendo la plataforma insular marina. Del total de la superficie terrestre, queda bajo cobertura de áreas protegidas el 16,85 % del territorio nacional. El sistema brinda cobertura en cuanto a la flora, al 89 % de las especies autóctonas; al 85, 3 % de las especies endémicas y al 77 % de las especies amenazadas. Respecto a la fauna, las áreas legalmente aprobadas

cubren el 75,1 % de los grupos de vertebrados cubanos analizados; el 78,4% de las especies endémicas y el 82,3 % de las especies amenazadas

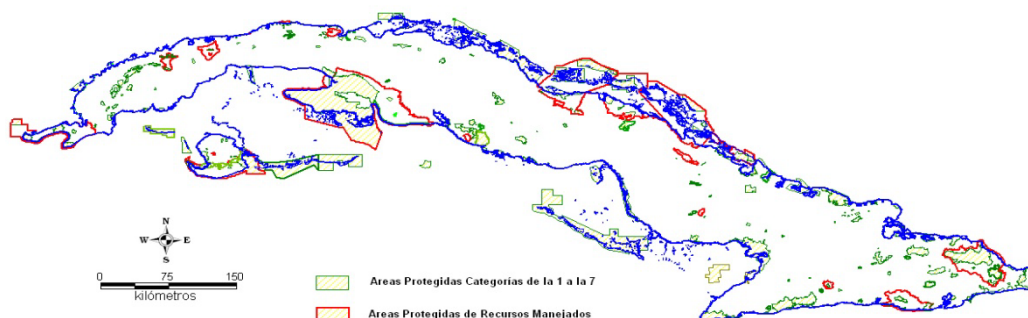


Figura 6.2. Áreas protegidas del SNAP

Existe un grupo de áreas del SNAP que poseen reconocimiento internacional, entre ellas se encuentran:

- Seis *Reservas de la Biosfera*: Guanahacabibes, Sierra del Rosario, Ciénaga de Zapata, Buenavista, Baconao y Cuchillas del Toa
- Dos *Sitios de Patrimonio Natural de la Humanidad*: PN Desembarco del Granma y PN Alejandro de Humboldt.
- Seis *Sitios Ramsar*: Ciénaga de Lanier y Sur de la Isla de la Juventud; Ciénaga de Zapata; Río Máximo-Camagüey; Gran Humedal del Norte de Ciego de Ávila; Delta del Cauto y Buenavista.

Información extraída de CITMA (2009).

6.3.1.1 Amenazas.

Entre las principales amenazas actuales y potenciales a la diversidad biológica terrestre y costera cubana identificadas por Vales et al, (1998) están el represamiento de las aguas fluviales; la contaminación por residuales agrícolas, industriales y albañales; la contaminación térmica; la sedimentación provocada por la deforestación y por la minería; la pesca no sostenible; las construcciones costeras; las actividades turísticas no controladas; la explotación no sostenible de organismos de valor ornamental; la captura y comercialización de especies amenazadas, raras, carismáticas o de poblaciones reducidas y la introducción de especies exóticas.

En el IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica (CITMA, 2009) se identificaron como amenazas a la diversidad biológica: por su significado y relevancia nacional e internacional actuales: la fragmentación de hábitats, el cambio climático y las especies exóticas invasoras, las cuales debemos conocer sus tendencias nacionales de manera priorizada.

Todas las amenazas identificadas por Vales *et al* (1998) y CITMA (2009) contribuyen a la pérdida de especies y a la fragmentación de los hábitats. El área de los fragmentos de hábitats se asocia a la capacidad del hábitat para mantener los procesos vitales de la diversidad biológica (Reid *et al.*, 1993). En trabajos realizados por Capote *et al* (2006) se encontró que en la cobertura vegetal predomina la fragmentación de mediana a alta, con fragmentos de vegetación de hasta 100 Km²

Las especies exóticas invasoras (EEI) constituyen una de las principales amenazas a la diversidad biológica terrestre. En Cuba, el conocimiento sobre las EEI en áreas naturales de importancia para la conservación y su entorno aún es insuficiente y fragmentado; las investigaciones en este sentido han sido esporádicas y las acciones de manejo para la contención, el control y la erradicación han sido puntuales. Actualmente se han identificado diversas EEI que nos están afectando por ser más agresivas y de mayor plasticidad ecológica por ejemplo el Marabú (*Dichrostachys cinerea*) la Casuarina o pino de Australia (*Casuarina equisetifolia*) y el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*). Sobre esta amenaza, la literatura mundial alerta que como consecuencias de los impactos ocasionados por el cambio climático antropogénico puede ampliarse su difusión (CITMA, 2009)..

Sobre la amenaza que representa el cambio climático antropogénico para la diversidad biológica terrestre y costera se ha publicado poco. El primer intento en Cuba, de abordar el estudio de las interrelaciones existentes entre la diversidad biológica cubana y el cambio climático antropogénico, y su adaptación, se presentó en el Capítulo 7: *Biodiversidad y Vida Silvestre* (Suárez *et al*, 1999) en el marco de los estudios previos sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático (Gutiérrez *et al*, 1999). Publicándose un extracto de los resultados obtenidos en la Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático Centella *et al* (eds.), 2001. Posteriormente se publicó por Ferrás *et al* (1999) un trabajo sobre los impactos del cambio climático proyectados en la flora endémica.

6.3.2. Escenarios climáticos para los años 2050 y 2085.

Estas consideraciones son para los escenarios de precipitación estacional y la temperatura anual del Modelo ECHAM-4 -A2, para las regiones occidental, central y oriental (Tabla 6.4):

- La precipitación tiene una gran variabilidad tanto para 2050 como para 2085; con una tendencia a la reducción, mayor en el año 2085 que en el

2050, aunque en algunas regiones, años y períodos del año la variación de las precipitaciones podía tener valores desde positivos a negativos. En general se evaluó este parámetro como con *una tendencia hacia un clima más árido*, con mayor intensidad en 2085 que en 2050.

- La temperatura media en $^{\circ}\text{C}$ para ambos períodos del año se incrementa, en un rango entre +1,4 a +2 en el año 2050 y entre +2,6 a + 4.0 para el 2085. Luego podría esperarse un incremento en la evapotranspiración potencial que agravaría la tendencia observada hacia la aridez.
- Se reconoció que los valores de las variables climáticas temperatura y precipitaciones son medias para un período de tiempo, los organismos individualmente deben enfrentar valores diferentes y durante períodos de tiempo diferentes en su microclima. Los organismos vivos tratan de acomodarse o se trasladan a ambientes más adecuados, siempre que les sea factible, cuando no, pueden llegar a extinguirse.
- Hubo un consenso general que las salidas brindadas por el *Modelo ECHAM-4-A2* son útiles para los especialistas en diversidad biológica terrestre-costera pues indican cómo será el clima futuro, a que debe enfrentarse la biodiversidad durante este siglo (2050 y 2085).
- Se consideró que estos valores están en consonancia por los brindados por la literatura científica mundial. Comentándose que para trabajos futuros serían útiles a los ecofisiólogos obtener otros valores como los valores medios mínimos y máximos de estas variables y otras variables como la evapotranspiración potencial.
- Recomendando que se instrumente la utilización de los resultados de esta modelación para correr modelos biológicos de envoltura y otros, como se presentan en los casos de estudio terrestres- costeros presentados en la sección 6.3.5.1 de este informe.

Tabla 6.4. Resumen de las salidas de la precipitación media (%) en época de seca y de lluvia y la temperatura media anual (°C) del Modelo ECHAM4-A2 para tres regiones de Cuba para los años 2050 y 2085, (fuente INSMET).

ECHAM4 -A2	Occidente		Centro		Oriente	
	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca
2050						
precipitación	-50,00%	-20,00%	-40 a 40 %	-30,00%	-50,00%	-20 a 10 %
temperatura	+1,4	+2	+1,4	+2	+1,7	+1,6
2085						
precipitación	-20 a 20%	-60,00%	-30 a 40%	-50,00%	-30,00%	-30,00%
temperatura	+2,7	+4	+3,2	+2,6	+2,9	+2,8

6.3.3 Vulnerabilidad de ecosistemas y grupos biológicos.

Para analizar la vulnerabilidad por los posibles impactos del cambio climático en algunos ecosistemas y grupos biológicos terrestres y costeros del país, una reunión de expertos compartió y debatió sus criterios, experiencias e hicieron recomendaciones para futuras investigaciones. El equipo de expertos reunió a zoólogos, botánicos, ecólogos y ecofisiólogos vegetales.

Los expertos evaluaron la vulnerabilidad de algunos de los grupos biológicos y ecosistemas a impactos ocasionados por la elevación de la temperatura ($\uparrow T$), incremento o decremento de las precipitaciones (ΔP), elevación del nivel del mar ($\uparrow nm$) y eventos climáticos extremos, usando la información brindada por el modelo climático ECHAM (tabla 6.4), como se muestra en la Tabla 6.5, los estudios de casos que se adjuntan, así como su experiencia personal sobre la sensibilidad a variaciones en el clima de los ecosistemas y grupos biológicos analizados.

- Anfibios terrestres y costeros como muy vulnerables por su elevada sensibilidad a la temperatura, a la aridez y poca capacidad colonizadora.
- *Moluscos terrestres y costeros* como *muy vulnerables* por ser muy sensibles a decremento de las precipitaciones, poca capacidad colonizadora y determinadas especies costeras por la destrucción de sus hábitats por la elevación del nivel del mar

- *Reptiles terrestres y costeros como muy vulnerables* por su elevada sensibilidad a la temperatura, a la aridez y determinadas especies costeras por la destrucción de sus hábitats por la elevación del nivel del mar
- *Aves acuáticas de zonas costeras como muy vulnerables* por su elevada sensibilidad a la destrucción de sus hábitats por la elevación del nivel del mar.
- *Manglares y otros humedales costeros como muy vulnerables* por su sensibilidad a la elevación del nivel del mar y a eventos climáticos costeros (surgencias, huracanes). Su tala y destrucción eleva la vulnerabilidad de todos los sistemas costeros.
- *Bosque nublado típico como muy vulnerable* por reducción de extensión por un aumento de 3 °C de temperatura media, situados a 800 m. snm. en la zona de Sierra de Cristal y Macizo del Turquino.
- *Subpáramo (monte fresco) como muy vulnerable* por reducción de extensión por un aumento de 3 °C de temperatura media, situados a 800 m. snm. en la zona de Sierra de Cristal y Macizo del Turquino.
- *Semideciduo mesófilo con humedad fluctuante como muy vulnerable* por reducción de extensión por un aumento de 3 °C de temperatura media, situados a 800 m. snm. en la zona de Sierra de Cristal y Macizo del Turquino.
- *Matorral montano bajo con elementos de pinar como muy vulnerable* por reducción de extensión por un aumento de 3 °C de temperatura media, situados a 800 m. snm. en la zona de Sierra de Cristal y Macizo del Turquino.

Tabla 6.5. Grado de vulnerabilidad de un grupo biológico o ecosistema terrestre costero de los analizados y la variable o variables que según el estudio determina los impactos. Incremento de la temperatura ($\uparrow T$); incremento o decremento de las precipitaciones ($\uparrow P$) o ($\downarrow P$); elevación del nivel del mar ($\uparrow nm.$). El grado de vulnerabilidad se evalúa como muy vulnerable rojo; vulnerable amarillo y poco vulnerable verde.

Grupo biológico o ecosistema	Variable	Grado de vulnerabilidad
Anfibios terrestres y costeros.	($\uparrow T$), ($\downarrow P$).	
Moluscos terrestres y costeros.	($\downarrow P$), ($\uparrow nm.$).	
Reptiles terrestres y costeros.	($\uparrow T$), ($\downarrow P$) ($\uparrow nm.$).	
Aves acuáticas de zonas costeras.	($\uparrow nm.$).	
Bosque nublado típico.	($\uparrow T$).	
Subpáramo (monte fresco)	($\uparrow T$).	
Semidecídúo mesófilo con humedad fluctuante.	($\uparrow T$).	
Matorral montano bajo con elementos de pinar.	($\uparrow T$).	
Manglares y otros humedales costeros	($\uparrow nm.$).	

El grupo de expertos convocado a la evaluación de la vulnerabilidad de los grupos o ecosistemas considera que basándose en los resultados obtenidos de los diferentes de estudio de casos terrestres y costeros presentados se debe tomar en cuenta para un trabajo futuro algunos de los resultados más relevantes obtenido tales como:

- La biota costera se debe modelar independientemente de la terrestre, pues los factores ambientales, bióticos e históricos que la determinan al menos parecen ser muy diferentes.
- Se debe tener presente en la modelación el importante papel del suelo en la distribución de la biota, en determinados lugares parece que juega un papel más importante que el clima y otros factores.
- En los estudios de caso se presentan al menos tres métodos diferentes para modelar los impactos del cambio climático tanto sobre grupos biológicos como sobre los ecosistemas terrestres y costeros. Se deben emplear estas técnicas en conjunto para modelar grupos y ecosistemas que ya tienen suficiente información sobre su distribución y composición. La información suministrada permitirá una mejor evaluación de la vulnerabilidad de la diversidad biológica.
- Se resaltó la importancia de la necesidad de completar y actualizar las colecciones biológicas, así como las bases de datos alfanuméricas sobre la

biota y su ambiente, para poder acometer estos trabajos, así como de la necesidad de un trabajo de campo (expediciones) para verificar los resultados obtenidos.

- Se planteo la necesidad de información bibliográfica actualizada así como la necesidad de programas de cómputo para esta tarea.

6.3.4 Medidas de adaptación.

Conjunto de medidas identificadas para la adaptación al cambio climático antropogénico de la diversidad biológica terrestre y costera.

- Incorporar al Sistema Nacional de Áreas Protegidas los resultados sobre la vulnerabilidad de grupos biológicos y ecosistemas sensibles al cambio climático.
- Identificar otros grupos biológicos y ecosistemas sensibles al cambio climático empleando los métodos y técnicas apropiadas.
- Promover la conservación y recuperación (con especies nativas) de los humedales costeros, en primer lugar los manglares, como las defensas naturales de las costas ante impactos originados por el cambio climático antropogénico. Crear campañas de concientización de su importancia y valor entre la población local, dirigentes y los gobiernos locales, decisores políticos.
- Promover la conservación y utilización por los seleccionadores de los recursos genéticos emparentados con especies cultivadas (fundamentalmente los endémicos cubanos) para asegurar promover la seguridad alimentaria.
- Promover la cuantificación de los bienes y servicios que brinda la diversidad biológica para alertar sobre las pérdidas que ocasionan su deterioro y el beneficio económico que brinda su conservación o uso sostenible.
- Incrementar las bases de información sobre la diversidad biológica y de las características del ambiente en que se desarrollan, así como completar los inventarios de los recursos biológicos pues constituyen las bases fundamentales para el desarrollo de las investigaciones para conocer el impacto del cambio climático sobre la misma.
- Promover el uso sostenible y la conservación de la diversidad biológica. Fortalecer el *SNAP* y los centros de investigación sobre la misma.
- Incluir los posibles impactos del cambio climático sobre la diversidad biológica en los planes de manejo de las áreas protegidas y en las futuras evaluaciones de impacto para las nuevas inversiones.

6.3.5 Estudio de casos de diversidad biológica terrestre costera

6.3.5.1 Anfibios del género *Eleutherodactylus*.

Para evaluar el efecto del cambio climático sobre las especies cubanas de anfibios del género *Eleutherodactylus*, se emplearon modelos de máxima entropía para explorar la relación entre su distribución geográfica y el clima actual, y proyectar su distribución potencial en el futuro, según el escenario de cambio climático A2. Se empleó el software *MaxEnt* y un conjunto de 19 variables bioclimáticas (con una resolución de 1km²) para desarrollar modelos de distribución de las especies a partir del método de máxima entropía y empleando, como información de base, 1157 registros de presencia de las especies. Se obtuvieron modelos con buena capacidad predictiva (AUC: 0.97–0.86) para 32 especies. Los modelos de distribución obtenidos fueron proyectados hacia el clima estimado para 2050 y 2080 según el escenario A2 de cambio climático.

Los resultados indican que 30 de las especies disminuirán su rango de distribución en un promedio de 85% para el 2050 y un 97% para el 2080. Por ejemplo, las áreas de distribución geográfica de *Eleutherodactylus limbatus* se reducirán progresivamente hasta quedar restringidas a las zonas montañosas más altas del oriente de Cuba (figura 6.3). Siete de ellas: *E. glamyrus*, *E. cubanus*, *E. albipes*, *E. jaumei*, *E. maestrensis*, *E. melacara* y *E. turquinensis*, pudieran desaparecer totalmente en el 2050 y otro grupo de 11 especies se extinguirán en el 2080. Las zonas donde se prevé un mayor número de extinciones para el 2080 se ubican en la Sierra del Rosario y La cordillera Nipe Sagua- Baracoa, donde podrían desaparecer entre 10 y 13 especies (Figura 6.3). Sólo dos especies, *E. thomasi* y *E. guanahacabibes*, podrían aumentar su distribución como consecuencia de cambio climático.

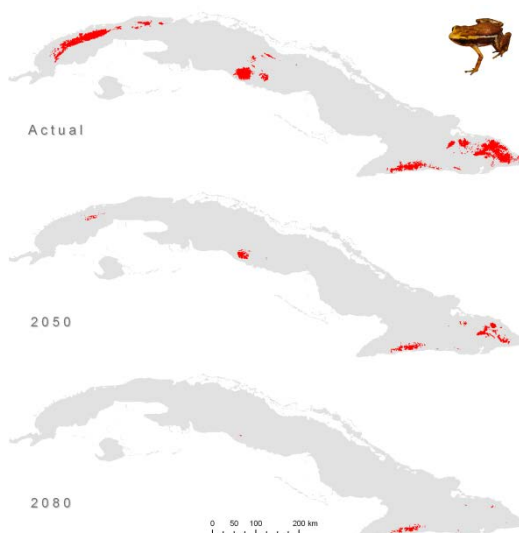


Figura 6.3. Cambios en la distribución geográfica de *Eleutherodactylus limbatus* producto del cambio climático. Se ilustran la distribución presente y las proyecciones para el clima del 2050 y 2080, estimadas a partir de modelos de máxima entropía.

6.3.5.2 Avifauna acuática asociada a ecosistemas costeros.

Las áreas consideradas con altos niveles de inundación costera, en las que se ha previsto una importante reducción de sitios de alimentación y reproducción para las aves son: Ciénaga de Zapata, Ciénaga de Birama, Refugio de Fauna Río Máximo y Archipiélago de Sabana Camagüey. Estas áreas son consideradas sitios de relevante importancia para la conservación de la avifauna acuática en el territorio cubano, en las que se registran durante el verano más de 200 000 parejas nidificantes, pertenecientes a 46 especies, y cientos de miles de individuos de 67 taxones migratorios, que residen o transitan cada año desde el otoño hasta la primavera en el país. Estas afectaciones se producen en 10 de las 14 áreas protegidas de significación nacional y 4 de significación local, que a su vez cubren territorios de 10 áreas Importantes para las aves (IBAs-Cuba) y cinco Sitios Ramsar establecidos entre el 2001 y 2010.

El mayor impacto del cambio climático se prevé en la avifauna nidificante en el Archipiélago de Sabana Camagüey, donde se localiza cerca del 60 % del número total de sitios de reproducción de aves marinas y acuáticas registradas en el país y donde existe una especial preocupación por el riesgo que corren 12 especies coloniales nidificantes en el suelo, de los ordenes Charadriiformes y Phoenicopteriformes, como consecuencia de la inundación marino costera vinculada al ascenso del nivel medio del mar. Se ha valorado que las afectaciones por cambio climático en las poblaciones reproductoras de aves coloniales nidificantes en el suelo en el Archipiélago de Sabana Camagüey, y en particular en colonias de especies de la familia Laridae, tendrán implicaciones regionales, debido a que más del 90 % de los individuos que se reproducen en esta región corresponden a taxones migratorios que arriban al país durante la primavera procedentes de varias áreas del Caribe y zonas costeras del norte de América del Sur.

Las variaciones en los patrones de abundancia y distribución de las comunidades de aves acuáticas asociadas a ecosistemas costeros cubanos por los efectos del cambio climático, será un indicador fundamental sobre cambios en el funcionamiento de estos como sitios de alimentación, reproducción y refugio invernal para las aves con importantes implicaciones en la abundancia poblacional y diversidad de la avifauna acuática de la Región del Caribe y el Hemisferio Occidental, dado el considerable número de individuos migratorios que emplean el territorio cubano para nidificar e invernar durante las épocas de verano e invierno.

Los cambios en la estructura y deterioro en el funcionamiento de algunos hábitats costeros que sirven para el refugio, la alimentación y la reproducción de las aves, vinculados a la ocurrencia de impactos climáticos, podrían traer graves y costosas consecuencias a la aviación (aeropuertos y rutas aéreas); a la salud humana y animal (introducción de enfermedades y plagas); acuicultura y agricultura (usadas por las aves como fuente de alimentación); turismo de naturaleza y caza deportiva (reducción o desaparición de lugares y especies de su interés) y

ambientales (reducción de la diversidad biológica existente y de los servicios que presta)

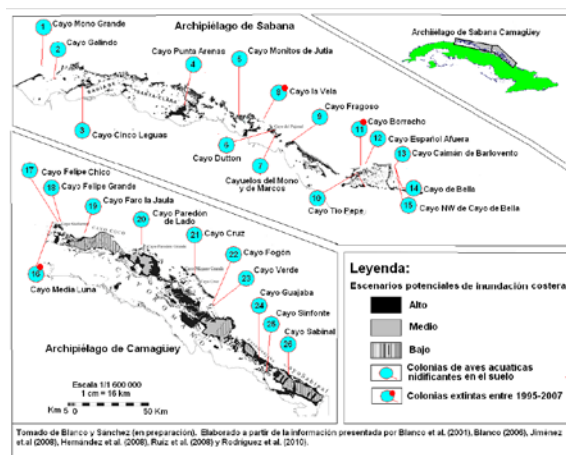


Figura 6.4. Distribución de sitios de reproducción colonial de aves acuáticas y marinas de las familias Laridae y Phoenicopteridae sobre los escenarios potenciales de inundación en el Archipiélago de Sabana Camagüey presentados por Rodríguez *et al.* (2008).

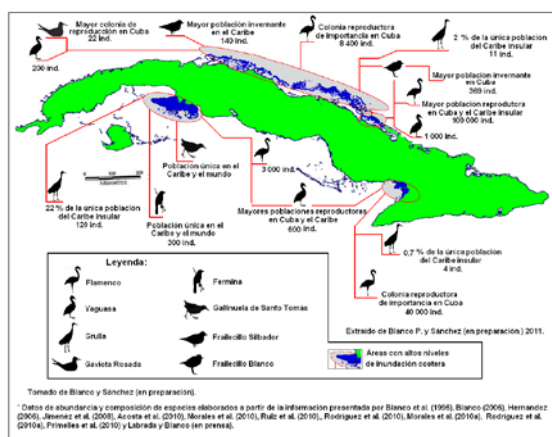


Figura 6.5. Distribución de especies en áreas costeras de Cuba de gran valor dado su tamaño poblacional, exclusividad o restringida localización a escala regional del Caribe para altos niveles de inundación marina para el año 2100.

6.3.5.3 Reptiles.

En general, los reptiles no pueden controlar internamente su temperatura corporal, para lo que se valen de mecanismos conductuales como el asoleamiento o posición sobre lugares previamente calentados por el sol. Cada

especie tiene un entorno de temperatura necesaria para alimentarse y reproducirse. Por otro lado, necesitan sitios húmedos donde depositar los huevos, en los que la temperatura para la incubación no debe pasar de límites determinados. Es evidente que con las estimaciones climáticas para el futuro, la diversidad de reptiles se verá alterada, la dependencia de ellos de la temperatura y la humedad para su supervivencia y por el aumento del nivel medio del mar que afectará a muchos de sus hábitats actuales.

Al menos, 47 especies y 14 subespecies de reptiles endémicos cubanos son vulnerables ante los efectos del cambio climático, debido al aumento de la temperatura, la disminución de las precipitaciones, la elevación del nivel medio del mar o las surgencias al paso de los huracanes:

- El aumento de la temperatura ambiental podría alterar la reproducción de jicoteas y cocodrilos, ya que el sexo de los embriones depende de la temperatura, si es más alta de la normal nacen solo hembras de jicoteas y solo machos de cocodrilos.
- En el occidente, *Anolis vermiculatus* (lagarto caimán), habita en la Cordillera de Guaniguanico en un rango de temperatura entre 25,5 y 27,2°C. Especies endémicas de lagartos, como *Anolis mestrei* y *Chamaeleolis barbatus*, cuyas temperaturas medias corporales son de 27,5 y 27,3°C, y *Anolis barstchi*, con temperatura del aire entre 24,2 y 26,6 y corporal entre 24,3 y 27,2°C; la culebrita ciega *Typhlops golyathi* que habita en farallones donde la temperatura del aire varía entre 15 y 29°C; son vulnerables al aumento de la temperatura y a la disminución de las precipitaciones lo mismo el lagarto *Anolis allogus* que, aunque no es endémico de la Cordillera, habita en sus bosques más húmedos, donde su temperatura corporal media es de 26,9°C. En cuanto al efecto de las surgencias, la zona baja de la Península de Guanahacabibes y ciénaga oriental de la Península de Zapata, son las más proclives a la afectación de reptiles. En el primer caso, las tortugas marinas (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas* y *Eretmochelys imbricata*), pierden sitios importantes de anidación; y una de las dos especies endémicas, el majasito *Tropidophis xanthogaster*, que vive en cuevas muy cercanas a las costas, puede perder su hábitat al ser inundado con agua salada. Dos especies endémicas de Zapata, la salamanquita *Sphaerodactylus richardi* y la culebrita *Arrhyton procerum*, habitan en la manigua costera muy cerca de Playa Girón, por lo que pueden desaparecer por causa de los valores altos de surgencia de la región.
- En el centro del territorio nacional, los lagartos endémicos del bosque húmedo de las Montañas de Guamuhaya son sensibles al aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación, pues todos viven a la sombra y en los lugares más húmedos: *Anolis ahli*, *A. delafluentei*, *A. vanidicus*, *A. garridoi* y *Chamaeleolis guamuhaya*. Otras especies que viven en lugares húmedos, restringidas a la sombra, son los lagartos *Anolis allogus* y *A. isolepis*, y los majasitos *Tropidophis glacialidus* y *T. hardyi*. El efecto de las surgencias más

importante se registraría en los cayos del Archipiélago de Sabana-Camagüey. En cayo Francés habita una especie endémica, el chipoyo enano *Anolis pigmaequestrus*; el cayo tiene un área de 6,22 km² y quedaría prácticamente bajo el agua salada con el paso de huracanes de categoría 5 y dirección este, sureste o suroeste. Existen 14 subespecies endémicas de diferentes cayos de este archipiélago: Las Brujas, Francés, Santa María, La Vela, Bahía de Cádiz, Coco, Guillermo, Ensenachos, Lanzanillo, Caimán Grande y Sabinal, las inundaciones con agua salada debidas a los huracanes ocasionaría la pérdida de algunas o todas estas subespecies.

- En la Región Oriental se encuentran los valores más altos de diversidad y endemismo de reptiles; la mayor parte de ellos habita en los bosques húmedos siempreverdes y nublados de la Sierra Maestra y del Macizo de Nipe-Sagua-Baracoa. La disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura, afecta notablemente las características de la vegetación de estos lugares. En la Sierra Maestra se hallan los lagartos endémicos *Anolis altitudinalis*, *A. clivicola*, *A. guazuma*, *A. incredulus*, *A. oporinus* y *A. rejectus* y las salamanquitas *Sphaerodactylus cricoderus* y *S. pimienta*. En el Macizo de Nipe-Sagua-Baracoa viven los lagartos endémicos *Anolis alfaroi*, *A. macilentus*, *A. vesus*, *A. fugitivus* y *A. toldo*, la salamanquita *Sphaerodactylus bromeliarum*, la culebrita *Arrhyton supernum* y el majasito *Tropidophis fuscus*. Asimismo, en ambos sistemas montañosos coexisten otras especies endémicas, como *Anolis allogus*, que solo se halla en los bosque húmedos de las mayores alturas de Cuba. Diversos reptiles en esta región cuyo hábitat está ubicado cercano a la costa son sensibles al incremento del nivel del mar y de los eventos de surgencias.

6.3.5.4 Manglares.

Los manglares constituyen una parte importante de los humedales costeros, conformando una barrera con importantes funciones, entre las que se destaca la protección de las costas. La función protectora de los manglares se dimensiona ante la elevación del nivel medio del mar debido al cambio climático.

Se ha determinado la capacidad de protección de los bosques de mangles de Cuba por tramos o sectores costeros, como elementos de atenuación al oleaje y las inundaciones producidas por marejadas o eventos meteorológicos extremos. Para ello, a partir del mapa del estado de salud de los manglares y la estimación del ancho de la franja que ocupa este tipo de vegetación, se elaboró una matriz que permitió evaluar la función protectora del manglar ante oleajes e inundaciones (tabla 6.6). La tabla 6.7 muestra las categorías de protección por los manglares de las costas cubanas (Figura 6.6).

Tabla 6.6. Categorías y valores de protección de la franja de manglares a la costa

Protección manglares costa	de la	Valor
Muy Alta		5
Alta		4
Media		3
Baja		2
Muy baja		1

Tabla 6.7. Tramos de costas de la isla de Cuba y la Isla de la Juventud con categorías de protección de los manglares expresados en Km.

Categorías de protección	Km	%
Muy Alta (5)	198,6	3,21
Alta (4)	1847,2	29,89
Media (3)	2552,6	41,30
Baja (2)	1581,22	25,58

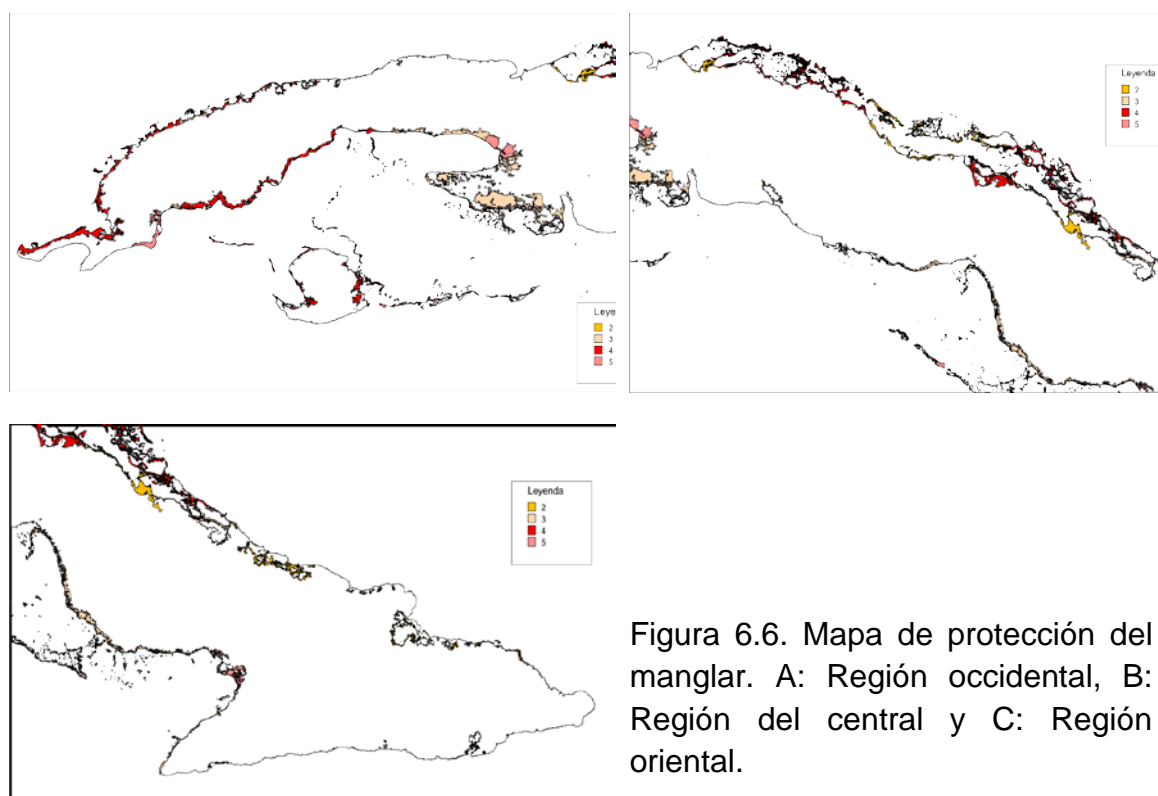


Figura 6.6. Mapa de protección del manglar. A: Región occidental, B: Región del central y C: Región oriental.

Este caso de estudio sugiere la importancia que reviste para la protección costera ante la elevación media del mar o eventos extremos la conservación y/o reconstrucción de esta defensa natural que protege las costas.

6.3.5.5 Formaciones vegetales y el aumento de la temperatura.

La diversidad biológica, aparte de los factores históricos, es también un resultado de la diversidad de los factores abióticos y de las condiciones ecológicas. Por

ello, este estudio de caso modela el comportamiento que tendrían determinadas formaciones vegetales, si ocurriera un aumento de 3°C en la temperatura media del aire, con el mismo régimen de precipitación y considerando que no existirán alteraciones bruscas en el suelo y en la altitud. Como área de estudio se escogió, en las provincias orientales, aquellas zonas situadas a más de 800 msnm, donde la precipitación oscila entre 1 800 y 2 600 mm, la temperatura de menos de 16 a 24 ° C, y los suelos son pardos, ferralíticos y fersialíticos. Estas áreas se ubican hacia el Macizo del Turquino y la Sierra de Cristal:

- *Bosque pluvial submontano bajo*: típico de las Sierras Cristal, Moa y Nipe, se establece bajo condiciones ecológicas muy húmedas, sobre suelo muy friable, que facilita la percolación del agua y el escurrimiento subsuperficial. Un aumento de la temperatura del aire, con el consiguiente incremento de la evaporación, incidiría en la descomposición acelerada del sustrato orgánico del suelo y el aumento de la erosión, afectando las características del suelo antes mencionadas. Esto puede conducir a la desaparición de algunas áreas, produciéndose un obstáculo para la migración de especies tropicales y pueden ocurrir cambios en la composición florística hacia las zonas más elevadas, sobre todo en el noroeste de la Región oriental, disminuyendo también las especies que requieren menores temperaturas del aire.
- *Bosque pluvial montano alto*: la modelación estima que ocupará áreas de otras formaciones, donde la temperatura sea de 16 a 23 ° C. Por ejemplo, en el Macizo del Pico Turquino, pasa a ocupar parte de las zonas ocupadas por el bosque nublado.
- *Bosque nublado típico*: se ubica en alturas por encima de 900 a 1900 msnm, con precipitaciones entre 1800 y 2200 mm, temperaturas menores a 16 ° C y suelo fersialítico. Con un clima más cálido, las especies del *bosque nublado* en el Macizo del Turquino, tenderán a desplazarse hacia elevaciones superiores. Con ello sufrirán una restricción en área, lo que les hará más vulnerables a las presiones genéticas y medio ambientales. Especies como *Weinmania pinnata*, *Torralbasia cuneifolia* y *Garrrya fadyenii*, presentes también en las *pluvilsilvas* y en algunos matorrales, superarán las tolerancias fisiológicas extremas; mientras otras especies, originalmente situadas cerca de las cimas, así como algunas lianas y epífitas, no encontrarán hacia donde desplazarse, y serán sustituidas por las especies relativamente termófilas provenientes de alturas inferiores. Este ecosistema es el más vulnerable de la región en estudio, porque un desplazamiento vertical de 200 m y un incremento en la temperatura del aire de hasta 2 ° C, sería suficiente para reducir drásticamente su extensión y dar lugar incluso a extinciones locales.
- *Subpáramo (monte fresco)*: se localiza en áreas expuestas a la acción del viento y con baja pluviosidad; en la zona de condensación de nubes en el Macizo del Pico Turquino. Como las otras especies, pueden desplazarse tanto en altitud, y similar al caso anterior, con un aumento de temperatura, las tenderán a buscar su entorno climático óptimo, restringiendo su área de

distribución en los lugares donde las condiciones se convierten en inadecuadas, que posiblemente pasen a ser ocupadas por especies típicas de pluvisilva, para las que dichas condiciones mejoran.

- *Bosque de pinos*: presente tanto en el Macizo del Pico Turquino como hacia el noreste de la Región Oriental. Dicha formación también sufriría una restricción del areal como consecuencia del aumento de la temperatura y de la desecación asociada.
- *Complejo de vegetación de mogote*: formación establecida bajo condiciones extremas, en cimas y zonas muy áridas expuestas al sol; un aumento en la temperatura no cambiaría forzosamente sus necesidades fisiológicas, por lo que debe mantener su estructura; mientras que las especies de pluvisilva, localizadas en las laderas con sombras y hoyos, la temperatura se mantendría dentro de sus rangos de tolerancia.
- *Bosque siempreverde mesófilo submontano*: está también entre las formaciones vegetales que menos variación presentarían con el incremento en temperatura del aire.

La tabla 6.8 contiene una comparación entre la distribución bioclimática actual de las formaciones vegetales analizadas y la futura como consecuencia del cambio climático, bajo las condiciones establecida en este estudio de caso para la modelación.

Tabla 6.8. Área de distribución actual, prevista y diferencia entre las mismas, de las formaciones vegetales presentes en Cuba Oriental, en áreas con las siguientes características (temperatura media anual actual menor de 24 ° C, precipitación media anual actual entre 1600 y 2400 mm, suelos ferralíticos, fersialíticos o pardos y altitud mayor de 800 m.)

FORMACION VEGETAL	AREA (km ²)		
	ACTUAL	PREVISTA	DIFERENCIA
Pluvial submontano bajo (400-800 m)	3.80	4.20	0.40
Pluvial montano alto (800-1600 m)	230.51	234.68	4.17
Nublado típico (1600-1900 m)	26.30	22.34	-3.96
Subpáramo (Monte fresco)	3.23	2.97	-0.26
Complejo de vegetación mogote	0.09	0.09	00.00
Semideciduo mesófilo con humedad fluctuante	12.61	11.43	-1.18
Vegetación segetal	3.74	3.73	-0.01
Sabanas seminaturales	32.68	32.68	00.00
Vegetación secundaria	12.55	13.78	1.23
Siempreverde mesófilo submontano (400-800 m)	102.73	110.03	7.30
Pinar con Pinus maestrensis	22.72	22.72	00.00
Matorral montano bajo con elementos de pinar	7.70	00.00	-7.70

6.3.5.6. Recursos genéticos de endemismos emparentados con plantas cultivadas en Cuba.

Las fuentes genéticas disponibles están limitadas, por lo que la agricultura ha tenido que recurrir cada día más a las plantas silvestres y a las variedades locales como fuentes principales de genes. Las condiciones históricas en que evolucionó la biota cubana, propiciaron la aparición de una flora con gran capacidad para resistir condiciones ambientales extremas, por lo que las especies autóctonas constituyen un importante recurso genético para el mejoramiento de los cultivos, contribuyendo de modo significativo a aumentar la adaptación de la agricultura al Cambio Climático.

En Cuba se utilizan solo una pequeña cantidad de especies autóctonas en las actividades agropecuarias y forestales, mientras que la mayoría de las más de 6 000 especies de plantas superiores que conforman la flora, con más del 50% de endemismo, han permanecido como algo inútil o en el peor de los casos molesto a la agricultura. La papa (*Solanum tuberosum* L.), uno de los cultivos fundamentales del país, es un ejemplo notable de esta situación. En el país no existen variedades de papa que alcancen los volúmenes de productividad que se logran en otros países (Torres, 1985); sin embargo, hasta el momento no se han utilizado para su mejoramiento ninguna de las 32 especies cubanas del género *Solanum*.

Tabla 6.9. Algunos géneros de plantas que presentan endemismos cubanos, y a su vez tienen plantas cultivadas

Género	Planta cultivada
Acacia (Fabaceae)	Acacia
Agave (Agavaceae)	Henequén
Annona (Annonaceae)	Chirimoya, Guanábana, anón
Calophyllum (Clusiaceae)	Ocuje
Coccoloba (Polygonaceae)	Uva caleta
Copernicia (Arecaeae)	Yarey, Jata
Cordia (Boraginaceae)	Ateje, Baría
Crescentia (Bignoniaceae)	Güira
Cyperus (Cyperaceae)	Papiro
Dioscorea (Dioscoreaceae)	Ñame
Dracaena (Dracaenaceae)	Drago
Erythroxylum (Erythroxylaceae)	Coca
Eugenia (Myrtaceae)	Pitanga
Ficus (Moraceae)	Jagüey, Higo
Hibiscus (Malvaceae)	Marpacífico, Flor de Jamaica
Indigophera (Fabaceae)	Indigo
Ipomoea (Convolvulaceae)	Boniato
Jatropha (Euphorbiaceae)	Piñón botija
Juglans (Juglandaceae)	Nogal
Juniperus (Cupressaceae)	Enebro, Sabina
Linum (Linaceae)	Lino
Manilkara (Sapotaceae)	Zapote
Morinda (Rubiaceae)	Noni, Garañón
Opuntia (Cactaceae)	Tuna
Panicum (Poaceae)	Hierba de Guinea
Passiflora (Passifloraceae)	Maracuyá
Persea (Lauraceae)	Aguacate
Piper (Piperaceae)	Pimienta
Portulaca (Portulacaceae)	Verdolaga
Pouteria (Sapotaceae)	Mamey
Psidium (Myrtaceae)	Guayaba
Quercus (Fagaceae)	Encino
Rubus (Rosaceae)	Frambuesa
Solanum (Solanaceae)	Papa
Terminalia (Combretaceae)	Almendro de la India
Vanilla (Orchidaceae)	Vainilla
Xanthosoma (Araceae)	Malanga
Zanthoxylum (Rutaceae)	Ayúa

Se han identificado en el país cerca de 750 taxones infragenéricos (especies y subespecies), correspondientes a 113 géneros y 60 familias, lo que constituyen alrededor del 25% del total de las especies de fanerófitas endémicas cubanas emparentadas con plantas cultivadas. Las familias más representadas a nivel de género son (Tabla 6.9): Fabaceae, con 14, Poaceae (8), Euphorbiaceae (7) y Asteraceae y Myrtaceae con cinco géneros cada una. A nivel de especies, las familias más representadas son Myrtaceae (112) Euphorbiaceae (99), Asteraceae (56), Piperaceae (46) y Fabaceae (45). De las cuatro grandes familias con especies cultivadas a nivel mundial (Poaceae, Fabaceae, Rosaceae y Solanaceae) solo Fabaceae se encuentra entre las más representadas en Cuba a nivel de especie. A los géneros de Fabaceae y Poaceae presentes en Cuba pertenecen fundamentalmente especies de pastos y forrajeras: *Acacia*, *Albizia*, *Caesalpinia*, *Crotalaria*, *Eritrina*, *Mimosa*, *Pithecellobium* en el caso de la primera familia y *Andropogon*, *Cenchrus*, *Chloris*, *Digitaria*, *Eragrostis*, *Eriochloa*, *Panicum* y *Setaria*.

La conservación de estos recursos genéticos puede representar una riqueza incalculable para el país. Las condiciones climáticas cambiantes que las especies cultivadas deben enfrentar en un futuro requerirán de un trabajo por los mejoradores para la adaptación de esos cultivos a las nuevas condiciones climáticas. Para el mejoramiento se requiere de nuevo germoplasma compatible con la especie cultivada. Poseer 750 especies y subespecies de plantas endémicas emparentadas con plantas cultivadas constituye una potencia riqueza para el país y un servicio de la diversidad biológica para la adaptación de la agricultura al cambio climático.

6.3.5.7 Hongos de la familia Meliolaceae (Ascomycota), predictor del impacto del cambio climático.

Para los hongos la aplicación de modelos predictivos tales como técnicas de envolturas y perfiles climáticos (climate envelopes and profiles) para el diagnóstico del impacto del cambio climático en la distribución futura de especies se dificulta por depender grandemente la distribución de estos organismos de factores microclimáticos y del sustrato en que se desarrollan.

Otra técnica empleada es trabajar con especies con requerimientos estrechos de hábitat y recursos, y una biología inflexible, ya que son más vulnerables a cualquier cambio ambiental y por lo tanto serán las más sensibles al cambio climático. Por lo que se propone trabajar con la familia de hongos Meliolaceae (división Ascomycota), que comprende a especies parásitas de las plantas con alta afinidad hacia el hospedero, parasitando en muchos casos una sola especie de planta. En Cuba una buena parte de las especies de melioláceas descritas parasitan a plantas endémicas, algunas de las cuales tienen una distribución restringida, por lo que son vulnerables a cambios como la elevación de la temperatura o la variación del régimen de precipitaciones.

La determinación de los patrones climáticos de distribución de las plantas hospederas (y por tanto de sus parásitos) se hizo con los resultados del modelo PRECIS de las variables climáticas: Temperatura Media anual (Tmed), Temperatura Mínima anual (Tmin), Temperatura Máxima anual (Tmax), Humedad relativa (Hrel), Velocidad del viento (Velv), Precipitaciones anuales (Pmm) y

En el análisis muestra tres grupos de especies: el primero está determinado por valores bajos de **Hpa**, en el cuadrante inferior izquierdo y está formado por especies que parasitan plantas que viven en lugares montañosos, lo cual explica su posición en el gráfico opuestas a la presión atmosférica, que está inversamente relacionada con la altura. Un segundo grupo se forma en el cuadrante superior derecho y parece estar condicionado por valores bajos de **Hrel**. El tercer grupo se encuentra en cuadrante inferior derecho y presumiblemente responde a valores altos de **Tmin** y bajos de **Tmax**, es decir a localidades con poca amplitud térmica (Fig. 6.7).

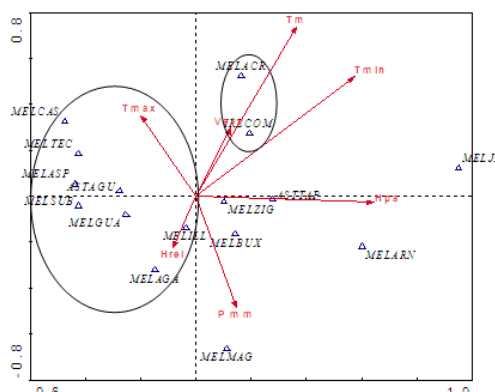
[illegible]

Figura 6.8. Análisis de correspondencia canónico. Ejes 1 y 3.

velocidad del viento.

Los resultados de este análisis nos permiten inferir patrones climáticos de la distribución de especies vegetales y las melioláceas asociadas a ellas, de gran utilidad para la predicción del efecto del Cambio Climático en la distribución futura de dichas especies. También permiten identificar la influencia de otros factores que influyen en las distribución histórica de las especies vegetales hospedadas, y por tanto, de sus parásitos

Por ejemplo, *Jatropha angustifolia* (hospedada de *M. jatrophae*) vive en las arenas cuarcíticas y regiones aledañas del occidente de Pinar del Río y la Isla de la Juventud. Por otra parte, *Meliola zigzag* se encuentra en dos especies endémicas (*Casearia aquifolia* y *C. sylvestris sub. myricoides*), que a pesar de no ser comunes, tienen una distribución amplia en el territorio nacional, incluyendo la Isla de la Juventud y está presente en una variedad de hábitats. En el caso opuesto se encuentra *Irenopsis comocladiae*, que parasita una especie endémica local (*Comocladia intermedia*).

De manera general se puede afirmar que:

- Las especies *Meliola caseariae-guianensis*, *M. subdentata*, *M. tecomae*, *M. asperipoda*, *M. guatteriae* y *Asteridiella aquariae*, están relacionadas con valores bajos de la presión atmosférica, debido a que son especies que habitan zonas montañosas. *M. jatrophae* y *M. arnoldii*, por su parte están asociados con altos valores de la temperatura mínima y bajos de la temperatura máxima, por lo que pueden ser sensibles al aumento de la amplitud térmica.
- *Irenopsis comocladiae*, es la especie de hábitat potencial más restringido, pues su hospedero (*Comocladia intermedia*), es un endemismo local de la costa norte de Villa Clara. *Magnolia cubensis*, hospedada de *M. magnoliae*, está influida por altos valores de las precipitaciones, por lo que la disminución de las mismas en su área de distribución aumenta el riesgo de extinción de esta de ambas. La especie *M. acristae*, parásita de la palma *Copernicia gigas*, podría ampliar su distribución debido al cambio climático, pues está relacionada con valores altos de la temperatura máxima.

6.3.5.8 Heterogeneidad espacial de la vegetación en la región occidental y modelos predictivos del impacto del cambio climático.

Las plantas, suelen tener distribuciones que no siempre responden a las asunciones de los modelos de perfiles climáticos, pues además de la influencia de variables climáticas como la precipitación y la temperatura, juegan un importante papel los factores edáficos.

El desarrollo de herramientas para la evaluación de las escalas de heterogeneidad espacial de la vegetación, permiten determinar la prioridad en que se manifiestan los diferentes factores ambientales que influyen en los patrones de

la distribución espacial de las especies vegetales. Para ello se ha utilizado con eficacia la *Amplitud Promedio de Nicho*.

Para la obtención de la información necesaria se realizó una búsqueda de los estudios de vegetación realizados en la Región Occidental de Cuba (Pinar del Río, La Habana, Ciudad de La Habana e Isla de la Juventud) entre los años 1969 y 2008. Se tomó esta región pues es en la que más parcelas de vegetación se han realizado en el país, lo que permitía hacer un análisis más completo. De este volumen de información fueron seleccionados aquellos muestreos que garantizaran un inventario representativo de las áreas estudiadas y, por tanto, fueran comparables entre sí, y se conformó una matriz de 1159 especies y 60 localidades. A esta matriz se le añadió información sobre las localidades: (localización geográfica, geomorfología, tipo de formación vegetal, tipología bioclimática, litología, altitud) y las especies (si son herbáceas o leñosas y cuales son endémicas).

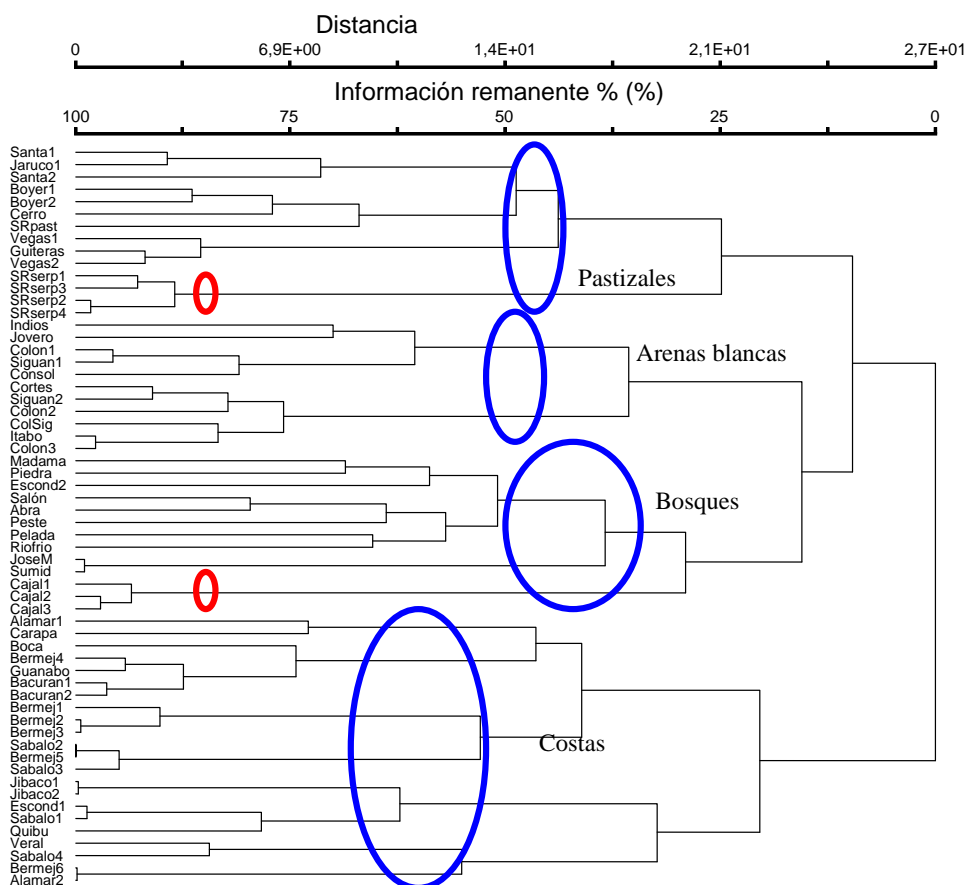


Fig. 6.9. Análisis de agrupamiento de las parcelas utilizando el método de Ward y el índice de similitud de Jaccard. En los círculos pequeños a la izquierda se encuentran enmarcadas las parcelas de vegetación sobre rocas ultramáficas (serpentinicas).

Se realizó un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Jaccard y el método agrupamiento de Ward. Utilizando la metodología de Casado *et al.* (1997), se determinó el espectro de valores de la *Amplitud Promedio de Nicho (A)* (Pielou, 1969, Pineda *et al.* 1981), como medida de la heterogeneidad espacial para diferentes niveles jerárquicos del dendrograma, resultando que mientras menos grupos se tienen en cuenta en el dendrograma, menor es el valor de **A** y por lo tanto, mayor la heterogeneidad entre grupos. En el dendrograma obtenido para agrupar las parcelas se puede observar que las de áreas costeras se asemejan entre sí más que el resto y se puede distinguir a continuación una separación entre las parcelas de bosque y vegetación herbácea (pastizales). En el siguiente paso se pueden distinguir las parcelas de bosque y a las comunidades vegetales sobre “arenas blancas” de Pinar del Río y la Isla de la Juventud, caracterizadas por poseer un alto endemismo vegetal. En los niveles jerárquicos siguientes se separan los grupos correspondientes a las comunidades vegetales sobre rocas ultramáficas (serpentinitas), tanto en pastizales como en bosques. La presencia de este sustrato constituye uno de los factores de especiación y endemismo más importantes en Cuba (López, 1998) (Fig. 6.9).

El mayor disimilaridad se observa entre las parcelas costeras y el resto. En la vegetación no costera, la existencia de paisajes antropizados (pastizales) es la que determina en primer lugar la diferencia entre parcelas, debido fundamentalmente a la presencia de especies sinantrópicas no presentes en las formaciones naturales. La presencia de sustratos de arena cuarcítica (arenas blancas) y serpentinitas juegan también un papel importante en la heterogeneidad especial de la vegetación, quedando otros factores, como el clima y el relieve, relegados a escalas espaciales menores. Durante la concepción de modelos predictivos es necesario tener en cuenta estas consideraciones en el diseño del perfil climático para la modelación, para lograr niveles aceptables de exactitud en las predicciones.

6.4 Diversidad biológica marina costera.

6.4.1 Características

La biodiversidad marina y costera de Cuba es una de las más ricas del hemisferio occidental. Está representada por variados ecosistemas y hábitats, la mayoría de los cuales gozan de un favorable estado de salud, que irradian vida al resto de la región caribeña a través de las corrientes marinas; las que en su recorrido por el Caribe, bordean todas las costas cubanas, favoreciendo el flujo de larvas y el reclutamiento entre las distintas regiones que componen el Gran Caribe.

Los principales ecosistemas marinos de Cuba son los arrecifes coralinos, pastos y manglares, cuya indisoluble conectividad mantiene las poblaciones de recursos marinos que sostienen las pesquerías de plataforma, fundamentalmente de peces y crustáceos, una de las diez principales actividades económicas más importantes del país. En este sistema interconectado, que involucra desde los manglares costeros que rodean el 70% del perímetro de la isla principal y más de 4 000

cayos, los 3 215 km de arrecifes coralinos y la mitad de los fondos de la plataforma marina cubierta por pastos marinos, se desarrollan numerosas especies de plantas y animales, desde pequeños microorganismos hasta grandes mamíferos como delfines y manatíes (Claro et al., 2007).

A partir de la línea costera de toda la Isla de Cuba, bordeada por manglares en casi toda su extensión, existen macrolagunas poco profundas donde predominan fondos fango-arenosos con vegetación, y donde es notable la influencia de los aportes terrígenos. En dirección hacia el mar, generalmente aumenta gradualmente el contenido de arena en los sedimentos y las características químicas del agua van acercándose a las oceánicas. El fondo es cada vez más arenoso o rocoso y puede presentar arrecifes de parches o “cabezos”, con dimensiones muy variables. Generalmente en su parte más alejada de la costa se presentan islas y cayos, o en su lugar el arrecife trasero, la cresta arrecifal y el arrecife frontal, que se proyecta a grandes profundidades. Esta secuencia se encuentra frecuentemente interrumpida por los cayos y cayuelos que abundan en casi toda la plataforma (Claro et al., 2007).

Entre los mencionados ecosistemas marinos y costeros se produce un estrecho intercambio de nutrientes y materia orgánica que define su distribución espacial y temporal. Grandes cantidades de material orgánico es deslavado de los manglares e incorporados a la trama trófica en el mar. La cantidad de hojarasca y detritus exportada por el manglar está en dependencia del grado de inundación y la elevación del bosque que posea la zona en cuestión, lo cual determina el grado y la frecuencia de inundación con agua marina. El manglar más alejado de la orilla, con un menor grado de inundación, puede exportar hasta 21% de hojarasca, mientras que el manglar del borde costero puede exportar como promedio 95% de la hojarasca. Datos obtenidos en Cuba (Menéndez et al., 2006, Gómez y Torres 2006) calculan entre 6000 y 12000 kg/ha/año de hojarasca por los manglares cubanos con un máximo de producción en período lluvioso.

La entrada de gran cantidad de materia orgánica al medio marino proveniente de los manglares, producida en el período de lluvias, y el establecimiento de otras condiciones esenciales de temperatura, salinidad y oxígeno en la columna de agua, constituye un mecanismo de disparo para la reproducción y garantía de alimento seguro para las primeras etapas de la vida de los organismos marinos, que junto al refugio para sus juveniles, que ofrecen los pastos, manglares y arrecifes coralinos, mantienen la vida marina en la plataforma cubana.

Basado en las interacciones ecosistémicas mencionadas Baisre (1985), que considera la existencia de tres sistemas ecológicos en la plataforma cubana, litoral-estuarino, seibadal-arrecifal y oceánico; la interconexión de los principales ecosistemas marinos y costeros está siendo estudiada con mayor intensidad en los últimos años en el Caribe, debido a la gran importancia que el tema reviste para la conservación de la diversidad marina y recuperación de los recursos pesqueros (Mumby et al., 2004). Se conoce que el hábitat de un pez adulto o un crustáceo no es generalmente el mismo que cuando éste se encuentra en etapa

juvenil y que los manglares funcionan como zonas de cría (Nagelkerken et al., 2000, Mumby 2005), alimentación y refugio (Verweij et al., 2006) para las primeras etapas de vida de la mayoría de las especies de interés comercial en el Gran Caribe. En algunas especies de peces de arrecifes, las distancias de dispersión larval pueden alcanzar entre 10 y 100 km (Cowen et al., 2006), por lo que las alteraciones de los procesos que ocurren en los hábitat costeros pudieran tener efectos muy negativos en hábitat marinos e incluso oceánicos, muy alejados de la costa.

La riqueza de la vida marina en las costas de Cuba ofrece numerosos servicios al hombre. Los productos de la pesca y la atracción que ejerce sobre el turismo la posibilidad de constatar la existencia de paisajes, especies y hábitats prístinos en las costas y mares, constituyen los principales servicios de la diversidad biológica marina para la población cubana (Figura 6.9).



Figura 6.9. Principales ecosistemas marinos y costeros de Cuba. De izquierda a derecha: manglares, pastos marinos y arrecifes coralinos.

El número de taxones o grupos superiores de organismos marinos conocidos en Cuba, es mayor en el mar que en la tierra, aunque el número de especies marinas conocidas es menor que el de las terrestres, probablemente debido a la complejidad y costos de los muestreos. Hasta la fecha, el número de invertebrados marinos registrados en Cuba sobrepasa la cifra de 5 700 especies y la de cordados más de 1 060 (principalmente peces). Considerando además, los microorganismos y la flora marina, en el año 2006 se conocían 7650 especies (Claro, R. (ed.). 2007) y ya en el 2008, la cifra asciende a 7894 (IV Reporte, CIGEA, 2009).

El nivel de conocimientos de la diversidad de organismos marinos (Figura 6.10) es diferente en las distintas regiones de la plataforma cubana, consideradas como 9 zonas, según las características oceanográficas, físicas y biológicas (Taller de ecoregionalización, Areces et al., 2002). Las zonas norte y sur orientales son las menos conocidas, con sólo cerca de 500 especies de organismos marinos, la mayoría de los cuales corresponden a invertebrados y peces, mientras que las más conocidas son la costa norte desde La Habana hasta Camaguey, incluyendo el Archipiélago Sabana-Camaguey y la región suroccidental, donde se localiza el Golfo de Batabanó. En ambas regiones, por ser las principales zonas pesqueras de Cuba, se han realizado numerosas investigaciones oceanográficas.



Figura 6.10. Número total de especies por grupos taxonómicos en las nueve zonas de la plataforma cubana determinadas en el Taller de Ecoregionalización (Areces et al., 2002).

Para conocer la riqueza de especies en cada ecozona se calculó el *Índice de Gleason* (Frontier y Pichod-Viale 1991), teniendo en cuenta el área de la plataforma que cada ecozona encierra (calculada por Ricardo Sánchez, especialista del Instituto de Oceanología).

Los resultados indican que las zonas de mayor riqueza de especies se encuentran en la costa sur de los extremos de la isla, en primer lugar el sur de la Región oriental y le sigue Guanahacabibes, en la zona suroccidental. Luego Jardines de la Reina, también en la costa sur, y el Archipiélago de los Colorados en la región noroccidental (Tabla 6.10).

Tabla 6.10. Riqueza de especies de organismos marinos en las nueve ecozonas de la plataforma cubana determinadas en el Taller de Ecoregionalización (Areces et al., 2002).

ECOZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Area sin cayos (km ²)	598,5	18264,8	349,1	22617,4	233,9	3371,9	408,0	10602,2	1103,0
Índice de Riqueza de Gleason	18,2	0,08	0,07	0,04	0,1	0,06	0,03	0,05	1,8

A partir del conocimiento existente sobre la diversidad de especies en el Gran Caribe, se ha estimado (con muy variable nivel de apreciación para cada taxon) que el número de especies probables en las aguas marinas de Cuba, pudiera sobrepasar la cifra de 10 500. A partir de esta estimación, se infiere que al menos

el 30% de las especies de la flora y fauna marina de Cuba aún está por descubrir. Estos porcentajes pueden ser mucho más elevados en relación con los microorganismos y con la fauna de aguas profundas, la cual, debido a su poca accesibilidad ha sido mucho menos estudiada (Claro et al., 2007).

En Cuba existe una tendencia explícita a aumentar el conocimiento taxonómico y sistemático de las especies, se estudian con diferentes grados de profundidad los diferentes ecosistemas y se han identificado indicadores para el monitoreo; labor en la que se continúa trabajando. Sin embargo, aún se debe hacer hincapié en el desarrollo de investigaciones y gestión de ecosistemas marino-costeros, dada la condición de archipiélago del país y avanzar rápidamente en la restauración, rehabilitación y monitoreo, lo que resulta una prioridad para la adaptación al cambio climático.

El conocimiento de la biodiversidad marina constituye un gran reto para la ciencia y la conservación debido a la gran extensión y limitada accesibilidad de los ecosistemas marinos. Aunque los procesos que mantienen la diversidad biológica en estos ambientes, en principio, son similares a los terrestres, existen grandes diferencias que es necesario considerar. En los últimos juegan un papel fundamental: la alta diversidad de especies, la existencia de especies endémicas, raras o amenazadas, los hábitats críticos o representativos de determinados tipos. Sin embargo, el medio marino se caracteriza por su alta conectividad a nivel regional y global, la naturaleza dispersa de las larvas, la existencia de notables gradientes espaciales, pobre endemismo, especies con amplia distribución y pocas posibilidades de extinción, alta renovación y mezcla de poblaciones, ausencia micro-hábitat específico y gran extensión y complejidad de los ecosistemas. Por ello la conservación de la diversidad ecológica, más que la diversidad de organismos, juega el papel relevante en las evaluaciones de la biodiversidad marina, ya que protegiendo los ecosistemas se garantiza en gran medida la conservación de la diversidad genética y de organismos (Claro, 2007).

6.4.1.1 Amenazas

Los posibles efectos del cambio climático y las alteraciones provocadas por el hombre han ocasionado la afectación de 30% del sistema arrecife-manglar-pastos marinos en las costas cubanas. La acción sinérgica de múltiples estresores (contaminación, represamiento, degradación de los hábitats, cambios globales, sobrepesca.) lógicamente pueden explicar la preocupante disminución de los recursos pesqueros y otras afectaciones a la biodiversidad marina de la plataforma cubana (Claro et al., 2007).

Entre las causas de afectaciones a los arrecifes coralinos se encuentran la sedimentación inducida por la deforestación, la contaminación, la pesca y el turismo. Los fondos duros no arrecifales están sujetos a similares amenazas que los arrecifes coralinos, pero también son afectados por aquellos factores que amenazan a los pastos marinos, los arenales y los cabezos coralinos que de forma parchada cubren este biotopo. Los pastos marinos por su parte están afectados por la contaminación orgánica, el incremento excesivo de la salinidad,

la pesca mediante rastreos con chinchorros, el uso de anclas, y el aumento de la temperatura a causa de los sistemas de enfriamiento de algunas industrias. En las lagunas costeras y los estuarios el represamiento de los ríos y otros cursos de agua ha conducido a la salinización y acumulación de sedimentos, con la consecuente reducción del espejo de agua y el incremento de la salinidad (Claro et al., 2007).

Un resumen de las principales amenazas a la diversidad biológica marina de Cuba de carácter antrópico, actuales y potenciales, según Claro et al., (2007) incluye las siguientes:

- el represamiento de las aguas fluviales, que disminuye el aporte de agua dulce y nutrientes, provocando hiper-salinización de las aguas costeras, con grandes secuelas para la flora y fauna, y en algunas regiones podría provocar déficit de elementos biogénicos para la fotosíntesis;
- la contaminación por residuales agrícolas, industriales y albañales que contienen plaguicidas, herbicidas, hidrocarburos, metales pesados, sustancias orgánicas, sólidos en suspensión y basura, que afectan seriamente el ecosistema litoral,
- la contaminación térmica, por el uso de aguas costeras para los sistemas de enfriamiento de diversas industrias;
- la sedimentación provocada por la deforestación y por la minería en tierra, por los dragados y por otros factores que provocan erosión y arrastre de los sedimentos al mar, lo cual afecta a las lagunas costeras, los pastos marinos, los arrecifes coralinos y los manglares,
- la pesca no sostenible, principalmente el uso de artes de pesca nocivos (ej. redes de arrastre, redes de sitio), el excesivo esfuerzo pesquero, la pesca furtiva o no controlada, la explotación de las agregaciones de desove, y otras prácticas de pesca no responsables;
- las construcciones costeras que interrumpen la circulación natural de las aguas litorales (pedraplenes, espigones, muelles), provocando cambios en el régimen hidrológico e hidroquímico, incrementos en la salinidad y temperatura del agua y otros efectos que dañan a los hábitats, alteran los procesos ecológicos, afectan el reclutamiento y dificultan el desarrollo normal de la vida marina;
- actividades de prospección y explotación de recursos minerales (principalmente hidrocarburos) en la zona costera;
- las actividades turísticas no controladas, como el buceo no regulado, motos acuáticas, exceso de turistas en áreas ecológicamente sensibles, anclaje sobre arrecifes;
- las actividades militares en la zona marino-costera,
- la explotación no sostenible de organismos de valor ornamental,

- la captura y comercialización de especies amenazadas, raras, carismáticas o de poblaciones reducidas (manatí, cocodrilos, tortugas, delfines, conchas de moluscos, coral negro, pez dama, guasas, caballitos de mar.),
- la introducción de especies exóticas.

Otros elementos, relacionados con diferentes eventos naturales, en algunos casos asociados a las actividades antrópicas a nivel global o local, factores socio-políticos y otras causas, impactan directa o indirectamente a la biodiversidad marina:

- las alteraciones provocadas por los cambios en el clima, como la elevación de la temperatura del agua, en particular durante los eventos *ENOS*, que provocan blanqueamiento de los corales y otras consecuencias sobre la fisiología de los organismos;
- las enfermedades de los corales como la “banda blanca”, “mancha amarilla”, “mancha oscura”, “viruela blanca” “banda negra”, “neoplasia” y otras,
- la proliferación excesiva de las algas en los arrecifes, como consecuencia de la reducción de los herbívoros y la nitrificación, exacerbada por el blanqueamiento y las enfermedades de los corales,
- la elevación del nivel del mar, que provoca inundaciones costeras con el consecuente cambio en la distribución y composición de las especies, incremento de la erosión en la línea de costas y afectaciones directas a los asentamientos humanos,
- las tormentas y huracanes, que destruyen los manglares y los arrecifes coralinos (éstos últimos se encuentran afectados por otros factores, y no resisten ni se recuperan fácilmente) y otros hábitats,
- la carencia de medios para garantizar el tratamiento o disposición adecuada de los residuales y productos químicos tóxicos, para la reutilización de las materias primas, el reciclaje y máximo uso de los productos, cuyos residuales en última instancia van a parar al mar;
- el funcionamiento ineficiente o ausencia de lagunas de oxidación y plantas de tratamiento de residuales líquidos, por falta de mantenimiento y limitaciones económicas para su operación, así como el deterioro de los medios de control y monitoreo de la calidad del agua proveniente de dichas instalaciones;
- el desconocimiento del valor económico de la biodiversidad y la carencia de una adecuada formación ambiental en la población, y en particular de muchos tomadores de decisiones;
- la pobre participación pública e insuficiente intervención de las autoridades locales en el manejo y conservación de la biodiversidad;
- el bloqueo económico impuesto por el gobierno de los Estados Unidos de América, que limita, encarece o impide la adquisición de recursos para disminuir la contaminación y establecer controles adecuados acordes con las regulaciones ambientales, promueve actividades económicas y militares

emergentes para solucionar las necesidades de la población y garantizar la defensa del país, limita la investigación científica y muchas otras actividades de conservación.

La sinergia entre el incremento de la temperatura superficial del mar, la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos en las costas de Cuba y el actualmente discreto, pero probablemente sostenido y gradual, incremento del nivel del mar, aumenta el riesgo de pérdida de biodiversidad, y de sus bienes y servicios, que ya se encuentra muy amenazada en las áreas costeras donde el hombre ha transformado la costa como, en el sector sur de la Habana, donde se pierden 2,5 m de terreno costero por año, con la consecuente pérdida de vegetación y diversidad de fauna marina asociada. Los organismos ciclónicos, por su mayor frecuencia e intensidad, son los eventos asociados al cambio climático que más afectaron la biodiversidad marina y costera de Cuba en las últimas décadas (Hernández-Zanuy et al., 2009).

A partir de 1988, coincidiendo con el embate del huracán Gilbert al Caribe, se inició un período de años con incrementos de la temperatura superficial del mar, muy cercanos o por encima de 30°C y de mayor frecuencia e intensidad de los huracanes, que coincide con la abrupta degradación de las crestas coralinas en los Canarreos y con el declive de las pesquerías de la langosta espinosa y otros recursos marinos también dependientes del ecosistema arrecifal, lo que pudiera ser un indicador de que la arremetida de estos eventos meteorológicos con lapsos de tiempo menores de cinco años, no permiten al sistema arrecife-pastos-manglares, recuperar su funcionalidad plena (Hernández-Zanuy et al., 2009).

Los ecosistemas de manglar y de pastos marinos al parecer poseen una resiliencia mayor que los arrecifes coralinos, manteniendo una elevada capacidad de recuperación ante eventos meteorológicos extremos, siempre que no hayan sufrido previamente alteraciones irreversibles ocasionadas por el hombre (Hernández-Zanuy et al., 2009).

El archipiélago posee una doble barrera natural para el enfrentamiento y adaptación al cambio climático, compuesta por los ecosistemas marinos y costeros naturalmente preparados para soportar el embate de fuertes vientos, marejadas e intensos oleaje. Un arrecife coralino sano, con elevada complejidad estructural, la barrera protectora de mangle rojo compuesta por fuertes raíces que penetran los sedimentos y tupido follaje, son elementos de defensa de la naturaleza para mantener, en territorios frágiles como el cubano, una inmensa riqueza de especies, hábitats y ecosistemas para las presentes y futuras generaciones y para el sostenimiento de la vida en el planeta.

La principal amenaza natural sobre la biodiversidad marina, el incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, pudiera aminorarse aumentando la resiliencia y protección de los ecosistemas marinos y las zonas costeras, para que disminuyan las inundaciones y la erosión en el litoral; así como desarrollando medidas que aumenten la adaptación de especies y ecosistemas con la reducción de tensiones no climáticas sobre ellos, como la

contaminación, explotación excesiva, pérdida y fragmentación de hábitats e introducción de especies exóticas e invasoras.

A pesar de las amenazas relacionadas anteriormente, la magnitud de los impactos antrópicos sobre los ecosistemas marinos de Cuba parecen ser de menor magnitud que en otros países del área, debido a la aplicación de una creciente política ambiental, a la centralización estatal de los principales medios de producción y de los programas de desarrollo; aunque las limitaciones impuestas a ese desarrollo por las restricciones económicas derivadas de las agresiones políticas al país afectan a estos ecosistemas (Claro et al., 2007).

Se prevé que el desarrollo del turismo internacional en general, y en particular el eventual levantamiento del bloqueo económico y comercial de los Estados Unidos, provocarán un flujo inusitado de turistas al país, con su secuela de impactos sobre los ecosistemas naturales, principalmente al medio marino-costero, donde se localizan la mayoría de los atractivos e infraestructuras. El gran aumento en el número de embarcaciones y personas, provocarán notables incrementos de consumo, transportación, producción de basura y muchas otras agresiones al medio marino costero. Esta amenaza constituye un verdadero reto para las autoridades encargadas de la protección ambiental, para lo cual debe prepararse con tiempo toda la infraestructura vinculada a esas actividades (Claro et al., 2007).

En los últimos años se ha comenzado un proceso de exploraciones y posibles perforaciones de pozos petroleros en aguas oceánicas territoriales, que constituye una nueva amenaza para la biodiversidad marina y costera, que obliga a fortalecer los mecanismos regulatorios y sistemas de alerta ante contingencias ambientales para la prevención de desastres. La confección de mapas detallados de la sensibilidad y puntos críticos de la biodiversidad marina y costera ante derrames de petróleo, constituye un requisito para el desarrollo de proyectos que está siendo cumplido con la mayor rigurosidad.

El desarrollo portuario previsto para la Bahía del Mariel en la costa noroccidental, que asumirá el mayor puerto de la costa norte del país, representará un incremento notable del tráfico portuario y una nueva amenaza a la biodiversidad marina y costera de Cuba, sobretodo en el tema de la introducción de especies exóticas e invasoras. El fortalecimiento de la *Estrategia Nacional Ambiental* y el *Nuevo Plan de Acción de la Diversidad Biológica de la República de Cuba*, preveen la incorporación de acciones concretas para evitar la degradación de los hábitats marinos y costeros y la pérdida de biodiversidad en general asociada a estas nuevas líneas de desarrollo socioeconómico del país.

6.4.2 Escenarios de cambio climático

6.4.2.1 Parámetros oceanográficos asociados a eventos climáticos.

Para conocer la posible influencia del cambio climático sobre la biodiversidad marina y costera en Cuba se utilizó la información del capítulo "*Evidencias oceanográficas del cambio climático en las aguas marinas cubanas*" (Fernández

Vila et al., 2009), basado en el análisis de los datos hidrológicos de las aguas de la plataforma cubana: 50989 valores de temperatura y 12751 valores de salinidad del agua, recopilados desde 1959 hasta el 2005 en 193 cruceros oceanográficos a las diferentes zonas de la plataforma cubana.

En el mencionado trabajo, el análisis de la variabilidad espacio-temporal de la temperatura superficial del mar (TSM) en aguas oceánicas y de la plataforma cubana, se realizó sobre la base de 20 series satelitales de TSM media diaria, (14 en zonas de la plataforma y 6 en aguas oceánicas cubanas), en el periodo 1985 – 2006, (22 años), de los radiómetros infrarrojos avanzados de alta resolución (*Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR*), usando la Interpolación Óptima (IO), en una red de resolución espacial de 0.25° y resolución temporal de un día. (Reynolds y col., 2007), 8 series de TSM mensual en 8 estaciones oceánicas al sur del Golfo de Batabanó, en el periodo 1950 – 2002, (53 años) y una serie anual de TSM para el cuadrante Cuba, en el periodo 1970 – 1998, (29 años), de la misma fuente. (Fernández Vila et al., 2008). Una síntesis del estudio de los parámetros oceanográficos asociados al cambio climático que pudieran afectar a la biodiversidad marina y costera en Cuba se ofrece en el Anexo 6.1 y los cambios estimados en la temperatura, la salinidad, el nivel del mar en Cuba y la frecuencia e intensidad de huracanes se resumen en la Tabla 6.11.

Tabla 6.11. Cambios estimados en la temperatura, la salinidad, el nivel del mar en Cuba y la frecuencia e intensidad de huracanes, según Fernández-Vila et al., (2009).

Variables asociadas al cambio climático	Cambios detectados
Temperatura superficial del mar	Incremento medio general de 0,285°C de la temperatura del agua, en las bahías del Archipiélago Sabana – Camagüey, en su conjunto, en los últimos 12 años. La TSM de las aguas oceánicas cubanas muestran anomalías con franca tendencia al aumento, con un amplitud promedio de 0,6°C, en el periodo 1985 - 2007
Salinidad del agua	Aumento del tenor halino en áreas afectadas por la acción humana: 57,01 ‰ en la bahía de Buenavista, 155,89 ‰ en la bahía de Los Perros y 95,00 ‰ en la bahía de Jigüey
Incremento del nivel del mar	La tasa de ascenso del nivel medio del mar, estimada a partir de mediciones directas, varía entre 0,005 y 0,214 cm/año en el archipiélago cubano
Frecuencia de eventos meteorológicos extremos	Para el Golfo de Batabanó y océano adyacente a él, la frecuencia de ocurrencia de huracanes ha aumentado en casi 8 veces durante el periodo reciente 1996 – 2005

6.4.2.2. Clima esperado

Los escenarios globales de cambios climáticos están basados en las predicciones realizadas por el *Panel Intergubernamental para el cambio climático, IPCC* (2007) que señalan un aumento de 0,2°C por décadas para un rango de escenarios de emisiones (Special Report on Emissions Scenarios-SER) y donde se espera que la temperatura pueda aumentar entre 1,8 y 4°C por encima del promedio de 1980-1999 (Tabla 6.12). Según el IPCC (2007) el nivel del mar aumentará entre 0,18 y

0,59 m y los ciclones tropicales serán más intensos con vientos máximos y precipitaciones más intensas.

Tabla 6.12. Proyección global sobre el calentamiento superficial y el incremento del nivel del mar para el Siglo XXI (IPCC, 2007).

Caso	Temperatura (°C) Mejor estimado	Temperatura (°C) Intervalo	Incremento del nivel del mar
Escenario B1	1,8	1,1-2,9	0,18-0,38
Escenario A1T	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
Escenario B2	2,4	1,4-3,8	0,20-0,43
Escenario A1B	2,8	1,7-4,4	0,21-0,48
Escenario A2	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
Escenario A1F1	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59

6.4.3 Vulnerabilidad ecológica e impactos del cambio.

Según Botello y Villanueva-Fragoso (2010) la vulnerabilidad está en función de la sensibilidad de un sistema a los cambios del clima y de su capacidad para adaptarse a ellos. Para este análisis se seleccionaron seis de los principales componentes del elemento de la Diversidad Marina y Costera “Recursos Marinos y Costeros Vivos”, (definido por la CBD) en Cuba. Cuatro de ellos: arrecifes coralinos, pastos marinos, pesquerías de la langosta espinosa, interacción tierra-mar en la región suroccidental de Cuba, habían sido analizados en el Informe de Proyecto “Evaluación de las posibles afectaciones del cambio climático a la biodiversidad marina y costera de Cuba” (Hernández-Zanuy et al., 2009) y actualizados en el Primer Taller de la Red CYTED “Evaluación integral de la biodiversidad en ecosistemas marinos y costeros del litoral de iberoamérica” (Hernández-Zanuy y Alcolado, 2010). Otros tres elementos: tortugas, comunidades de esponjas y comunidades de fitoplancton se adicionan al análisis y se anexan como Casos de Estudios independientes al igual que los mencionados anteriormente.

A continuación se relacionan cuáles son los componentes evaluados y los argumentos que justifican su elección.

Arrecifes coralinos

- En la V Reunión de la Conferencia de las Partes (COP5/CBD) se tomaron decisiones para el estudio del efecto del cambio climático sobre los arrecifes coralinos por ser el ecosistema marino más afectado por el incremento de la temperatura del mar, por lo que consta de un plan de trabajo individual (Apéndice II de la Decisión VII/5 del CBD).

- Existencia de datos históricos sobre el estado de salud de algunos arrecifes coralinos en Cuba y de publicaciones científico técnicas recientes dedicadas al estudio de las posibles afectaciones del cambio climático a los arrecifes coralinos.
- Ecosistema esencial para el mantenimiento de la biodiversidad marina y costera y de las especies comerciales de la plataforma cubana.

Pesquerías de la langosta espinosa

- Se conoce el ciclo de vida de la especie en Cuba y que el mismo vincula la costa con el océano.
- Existencia en Cuba de series largas de datos de pesquerías (varias décadas).
- Principal recurso pesquero de la plataforma cubana

Tortugas marinas

- Se registran cinco especies para aguas cubanas, tres de ellas
- Se distribuyen prácticamente en toda la plataforma cubana donde existen pastos marinos, arrecifes coralinos y playas arenosas adecuadas para su alimentación y reproducción.
- Se encuentran entre los organismos marinos más amenazados por el incremento del nivel del mar y de la temperatura superficial del mar en el mundo.

Pastos marinos

- Ecosistema esencial para las especies comerciales de la plataforma cubana.
- Existencia de datos de abundancia y distribución de los pastos marinos en el Golfo de Batabanó y en Sabana Camagüey.

Interacción tierra- mar

- Zona de mayor vulnerabilidad y peligro por inundaciones y por incremento del nivel del mar en Cuba.
- Existencia de información fotocartográfica de la mayor parte de la línea de costa, en tres momentos diferentes (1956, 1970 y 1997) .
- Incluye una de las zonas de cría principales de la langosta espinosa y del camarón en el Golfo de Batabanó.

Fitoplancton

- Constituye el primer eslabón de la cadena alimentaria en el mar por lo que los cambios en su composición son esenciales para el mantenimiento de la vida marina.

- Existe información histórica sobre la estructura de la comunidad del fitoplancton costero y oceánico de las aguas marinas cubanas que permite una comparación.

Eponjas

- Están presentes prácticamente en todos los hábitats marinos, en los que tienden a ocupar casi siempre uno de los primeros lugares en biomasa.
- La diversidad de especies de esponjas es alta en los arrecifes coralinos.

A continuación se resumen las evidencias de los impactos que los cambios de algunos parámetros oceanográficos asociados al cambio climático están ejerciendo sobre los componentes de la biodiversidad marina y costera en Cuba, a partir de publicaciones, informes científico-técnicos y análisis de criterios de expertos nacionales en la temática. Los artículos originales de donde se obtuvo la información aquí sintetizada forman parte de este acápite en forma de Estudios de Casos.

Resulta difícil discernir entre los impactos ocasionados por causas naturales y los originados por el desarrollo socioeconómico en la zona costera, más aún cuando éstos actúan de forma sinérgica, por lo que en el informe se seleccionaron sólo aquellos impactos mencionados en trabajos publicados o informes científico-técnicos con arbitraje, que muestran un vínculo directo entre algún componente de la *BMC* de Cuba y alguno de los parámetros asociados al cambio climático que se discuten en el Epígrafe 6.4.2: Escenarios de cambio climático.

El grado de vulnerabilidad de los componentes de la biodiversidad marina y costera analizadas se evalúa teniendo en cuenta la magnitud del impacto y su duración, según sugiere Bojorquez-Tapia (1998), pero sin calcular el índice básico de impacto ambiental debido a la dificultad que ofrece definir límites a la extensión de los componentes analizados. El grado de vulnerabilidad se indica en una escala de colores (rojo: muy alta, amarillo: alto y verde: medio) y se determinó a partir de criterios de expertos y Tabla 6.10.

Todos los componentes de la *BMC* analizados en el informe son vulnerables a los cambios climáticos. Los ecosistemas marinos arrecifes coralinos y los manglares y pastos marinos en la interconexión tierra-mar de la región suroccidental de Cuba, así como las tortugas y pesquerías de langosta resultan los componentes con mayor vulnerabilidad ecológica entre los analizados.

Tabla 6.13. Grado de vulnerabilidad de los componentes de la biodiversidad marina y costera (rojo: muy alta, amarillo: alto y verde: medio).

COMPONENTE	GRADO DE VULNERABILIDAD
Arrecifes coralinos	
Pesquerías de la langosta espinosa	
Tortugas marinas	
Interconexión tierra-mar en la costa suroccidental de Cuba	
Pastos marinos	
Fitoplancton	
Esponjas	

La interacción sostenida entre los componentes estudiados y otros no tenidos en cuenta en este informe, pero relevantes para la vida marina en Cuba, como las comunidades de peces, invertebrados bentónicos (moluscos, cangrejos, equinodermos, macroalgas, manatíes, delfines y otros organismos marinos) también son vulnerables a los cambios climáticos y deben ser objeto de estudio para conocer cómo los cambios en los parámetros oceanográficos asociados al cambio climático estarán afectando sus poblaciones, lo que permitirá la toma de medidas que mitiguen el impacto y contribuyan garantizar los servicios de la *BMC* en Cuba, definiendo acciones concretas para la adaptación al cambio climático.

El incremento de la resiliencia de los ecosistemas, la ampliación y manejo de áreas protegidas marinas locales y regionales que protejan procesos ecológicos, no sólo áreas geográficas y la rehabilitación de ecosistemas degradados sin dudas contribuirán a la disminución de la vulnerabilidad ecológica de la *BMC* ante el cambio climático.

6.4.4 Impactos en la diversidad marino y costera.

De mantenerse el estado actual de la dinámica costera y la degradación de los hábitats naturales, y teniendo en cuenta que se espera un incremento del nivel del mar entre 0,18 y 0,59 m, los ciclones tropicales serán más intensos con vientos máximos y precipitaciones más intensas (*IPCC*, 2007) los impactos esperados sobre la biodiversidad marina y costera en Cuba son los siguientes:

- Si sigue aumentando la temperatura superficial del mar, puede llegarse a la muerte fisiológica directa de los corales sin mediación de enfermedades ni blanqueamiento.
- Aplanamiento de las crestas arrecifales con pérdida de su valor protector y complejidad estructural que disminuye la disponibilidad de sustrato, alimentación y refugio de numerosas especies.
- Desaparición de los arrecifes de tipo promedio al cabo de aproximadamente 7 a 26 años para crestas y 5 a 20 años para arrecifes frontales, si las tendencias ambientales se mantienen.
- Desaparición de los arrecifes de borde de plataforma cubana para el año 2050, sin descartar que queden algunos remanentes en zonas con características muy particulares que les confieren resiliencia, que pudieran constituir fuentes de larvas para una posible recuperación futura de arrecifes degradados o desaparecidos cuando las condiciones ambientales lo permitieran.
- Disminución de las poblaciones de peces arrecifales como resultado de la degradación de hábitat.
- De continuar el ascenso de la temperatura del aire, tanto la anidación como el comportamiento reproductivo de las tortugas sufrirá afectaciones severas con peligro para la supervivencia de la especie, por lo que pudiera producirse la pérdida de la especie en aguas cubanas.
- Pérdida del hábitat costero que afectarán la producción de huevos y proporción de sexos de los neonatos.
- Cambios en el hábitat oceánico que afectará la distribución de tortugas juveniles y adultas así como sus fuentes de alimentación.
- Posible extinción de las especies de tortugas en aguas cubanas.
- Desaparición de áreas de anidación del carey en Cuba e interrupción de sus rutas migratorias.
- No se ha evaluado el impacto del incremento de las cianofíceas en la cadena trófica en el mar pero se espera que el cambio en la composición y abundancia del fitoplancton produzca cambios en el resto de los componentes de la trama trófica.
- Se pueden producir eventos severos de marea roja con la consiguiente producción de toxinas y muerte a organismos marinos.
- Colapso de las pesquerías de langosta espinosa por:
 - a) Afectación a la fisiología de la especie (rango óptimo de TSM entre 26.7 y 26.9 °C en profundidades entre 43 y 70 m. Variaciones de

temperatura diferentes a esos valores óptimos producirán afectaciones en la fisiología tanto de larvas como de adultos.

- b) Degradación del sistema arrecife-seibadal-manglar, esencial para el ciclo de vida de la especie.
- c) Afectación a la construcción de esqueletos calcáreos por posible acidificación de los océanos.
- Disminución de la cobertura vegetal del fondo y riqueza de organismos asociados por disminución de la función protectora de los manglares de borde y cayo.
- Degradación de los ecosistemas de manglar y pastos marinos por pérdida de su cobertura espacial, promoviendo la pérdida de la función protectora de estos ecosistemas y consecuente exposición de las comunidades costeras y tierras agrícolas al inminente impacto del incremento del nivel del mar y embate de eventos meteorológicos extremos.
- Cambios en la abundancia y riqueza de especies con pérdida de numerosas especies y cambios en la dominancia de especies en los hábitats extremos: reducción de la diversidad biológica de estuarios con posible dominancia de la claria y del sistema pastos-arrecifes con posible dominancia del pez león (ambas especies exóticas invasoras), establecimiento de nuevas relaciones tróficas y conectividad ecosistémica.
- Posible incremento de enfermedades de esponjas.
- Incremento en la reducción del área de principales ecosistemas marinos y costeros captadores de carbono atmosférico y por tanto de su función como sumideros
- Reducción de las poblaciones naturales de peces de arrecifes.
- Disminución de las capturas de pescado de plataforma.

A los impactos anteriores se añadirían los ocasionados en las especies y ecosistemas marinos subsiguientes, debido al intercambio de materia y energía que entre estos se produce y que serán afectados por el incremento de la temperatura superficial del mar e incremento de su acidez, lo que provocará la desaparición de los arrecifes coralinos del borde externo de la plataforma insular y los que habitan en los cabezos coralinos dispersos en los seibadales así como valores asociados a la producción de arenas singulares como las oolitas que se producen en el Golfo de Batabanó que de cambiar el estado de la acidez de las aguas marinas de la región será fuertemente impactado (Estudio de Casos).

6.4.5 Medidas de adaptación.

La adaptación en la diversidad biológica significa, en primer lugar, devolver la funcionalidad plena de los ecosistemas marinos y costeros como defensa natural y comprobada ante esta amenaza.

Para ello se debe:

- Devolver las condiciones físicas de la costa de manglar que permitan la rehabilitación natural y artificial de manglares, pastos y arrecifes coralinos y su funcionalidad ecosistémica.
- Eliminar las amenazas sobre la biodiversidad marina y costera promoviendo medidas de conservación de especies, hábitats y ecosistemas.
- Elaborar y controlar planes de manejo sostenible de los principales recursos pesqueros y orientar su explotación según compatibilización de intereses de sectores agrícola, hídrico, turístico, de transporte y alimenticio.
- Estudiar y ofrecer alternativas para la pesca de subsistencia en las comunidades costeras.
- Proponer y profundizar en alternativas para implementar el Manejo Basado en Ecosistemas e implementar el Planeamiento Espacial Marino como herramienta para el desarrollo sostenible en Cuba.
- Realizar acciones urgentes de rehabilitación ecosistémica que incluyan la construcción artificial de viveros de diferentes especies de mangle, de corales como *Acropora palmata* y fomentar el cultivo de peces depredadores como los pargos y meros y otros organismos marinos que contribuyan al control biológico de especies exóticas e invasoras en Cuba.

6.4.6. Estudios de casos de diversidad biológica marina costera.

6.4.6.1 Corales.

6.4.6.1.1 Blanqueamiento coralino

Según Alcolado (2010), los reportes de blanqueamiento en Cuba comenzaron desde 1983, pero se hicieron más frecuentes a partir de 1994. Los años 1995, 1998, 2005 y 2009 han sido de blanqueamiento generalizado, con reportes de mayor intensidad tanto en Cuba como el Gran Caribe. A pesar de la intensidad con que ha ocurrido el blanqueamiento en numerosos puntos del país, los informes han indicado una marcada tendencia a la recuperación, con casos aislados de mortalidad moderada, algunas de las cuales no fueron verificadas.

Existe una *Red de Monitoreo Voluntario de Alerta Temprana de Arrecifes Coralinos*, que involucra a centros de buceo, áreas protegidas, centros de investigación y colaboradores comunitarios. A partir de su creación en el marco del Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey, y mediante la firma de un memorando de entendimiento entre la Agencia de Medio Ambiente del CITMA, el Ministerio de Turismo y el Instituto de Oceanología de Cuba, se obtiene información sobre el estado de los arrecifes coralinos a nivel nacional.

En el último reporte de blanqueamiento de la red (Alcolado 2011), se considera que en el año 2010 ocurrió un evento de gran intensidad y extensión geográfica, junto con 1995, 1998, 2005 y 2009. No hubo un solo reporte indicando ausencia de blanqueamiento

(Figura 6.11). Existe blanqueamiento casi total (75-100%) en dos puntos de la mitad oriental del Archipiélago Sabana-Camagüey y en dos del extremo sudeste de Cuba (provincias de Santiago de Cuba y Granma). Los voluntarios de Granma (Base Náutica de Marea del Portillo), opinan que el masivo blanqueamiento observado en junio en esa provincia fue causado por la fumigación de campos de cebolla y otros cultivos. Esto es probable ya que en junio las temperaturas del mar no eran tan altas como para causar este fenómeno.

6.4.6.1.2 Degradación de los arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos en Cuba presentan diferentes grados de deterioro (Alcolado et al., 2001 a y b), tanto los de crestas como los frontales, con una marcada tendencia al empeoramiento. Las causas de degradación son varias, y aparecen en diferentes combinaciones, principalmente: proliferación excesiva de algas por gran escasez de animales herbívoros (como el erizo negro de espinas largas

Diadema antillarum (Figura 6.12), así como peces loros y barberos) y huracanes más frecuentes e intensos desde 2001. En menor grado han influido enfermedades de corales, incluido el blanqueamiento, y de manera muy localizada, la contaminación. Cálculos recientes realizados compilando toda la información nacional disponible arrojan un 91,3% de degradación de los arrecifes coralinos en Cuba (Alcolado et al., 2011).

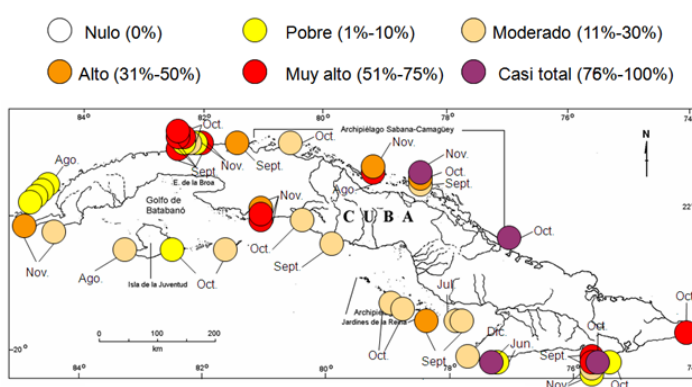
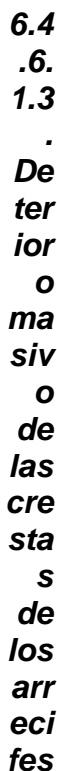
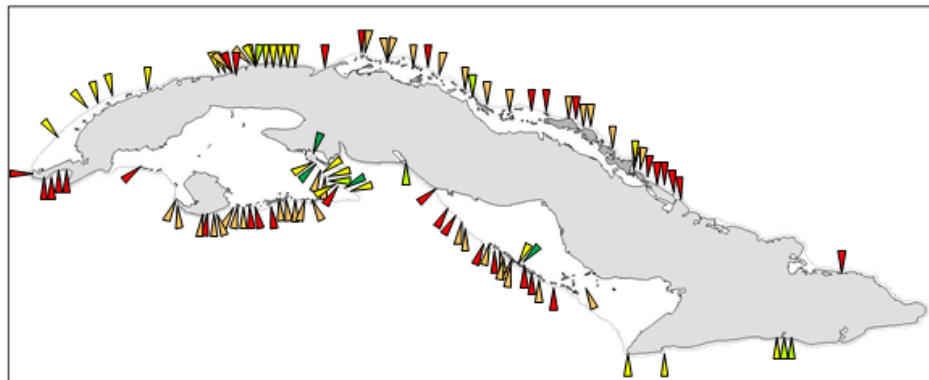


Figura 6.11. Nivel de blanqueamiento de corales en Cuba (Junio-Diciembre 2010).



coralinos

299



	En buen estado	3,5%				
	Poco deterioradas	4,3%	Sanas o casi sanas	7,8%	Sanas o casi sanas	7,8%
	Deterioradas	20,9%	Deterioradas	20,9%		
	Muy deterioradas	40,0%			Deterioradas	91,3%
	Extremadamente deterioradas	30,4%	Muy deterioradas	70,4%		

Figura 6.13. Estado general de las crestas de arrecifes de Cuba según la escala de clasificación del grado de deterioro. Tomado de Alcolado *et al.*, 2011.

6.4.6.1.4 Cambios en los patrones de predominio de especies

Se produjeron cambios en el predominio de especies de corales hacia las que son más tolerantes a la sedimentación y el oleaje, y con crecimiento más rápido, como ocurrió en los cayos Palomo, Cantiles, Rosario y Rico en el la región suroccidental de Cuba entre los años 2001 y 2007 (Alcolado *et al.*, 2009, Figura 6.15). Entre los corales de rápido crecimiento:

- *M. complanata* es muy resistente al oleaje y por su forma es poco afectado por la sedimentación (Alcolado *et al.*, 2009). La ocupación de esta especie es poco deseable desde el punto de vista del buceo, por su carácter muy urticante y, desde el punto de vista ecológico, por limitar la posibilidad que el espacio ocupado por ésta sea recuperado por *A. palmata*, coral típico y de ventajosa función de refugio de organismos diversos, y de mantenimiento de la estructura física de la cresta, que no suple la especie sustituta. Por otra parte *A. palmata*, por su profusa ramificación y fortaleza, disipa con mayor efectividad la energía del oleaje.
- *P. astreoides* es resistente al oleaje, que por su hábito incrustante apenas contribuye a la armazón de la cresta ni funciona como refugio. Su extensión sobre el fondo también debe limitar la posibilidad de reclutamiento de nuevas *A. palmata* (Alcolado *et al.*, 2009).

- *prolifera*, si bien puede crear abundante refugio con sus ramas, éstas no tienen el grosor ni fortaleza de *A. palmata* como para garantizar la integridad futura de una cresta, y sus poblaciones pueden ser fácilmente destruidas por otro ciclón (Alcolado *et al.*, 2009).

Estos cambios vienen sucediendo desde poco después de 1988 en los sitios del sur del golfo (Alcolado *et al.*, 2009), produciendo la pérdida de solidez de las crestas, el desarrollo estructural de su armazón y la funcionalidad de una cresta normal y, al menos las dominadas por el coral de fuego, deben haber perdido en buena parte la capacidad de volver a su estado inicial en un plazo corto o mediano. Solo la cresta donde *A. palmata* cedió parte de su predominio a *A. prolifera* (Boya de cayo Palomo) conserva el potencial de volver a su estado inicial, si una menor frecuencia e intensidad de los ciclones permite a *A. palmata* recuperar su predominio por diferentes mecanismos (por reclutamiento de nuevas colonias, refinación y desarrollo a partir de fragmentos vivos, o recapamiento de las ramas muertas por tejido vivo remanente o por tejido de nuevos reclutas).

6.4.6.1.5. Pérdida de funciones protectoras del ecosistema arrecifal.

Las crestas coralinas se están volviendo menos efectivas como refugio para peces y como disipadoras del oleaje, a causa de la pérdida de complejidad estructural (Alcolado *et al.*, 2011). A lo largo de las últimas cuatro décadas, la complejidad arquitectónica del arrecife se está destruyendo más rápido de lo previsto en todo el Gran Caribe, ya que los esqueletos remanentes de los corales que van muriendo, sufren erosión acelerada (Alvarez-Filip *et al.*, 2009). Esto da lugar al fenómeno que los autores llaman “*aplanamiento de arrecifes*” (*reef flattening*). Debido a este proceso, los arrecifes van dejando de ejercer sus funciones ecológicas (refugio para depredadores y presas, protección de la base rocosa del arrecife) y de brindar sus servicios ambientales (protección costera, pesca, turismo.). Según los autores citados, la proporción de arrecifes con relieve complejo se ha reducido, aproximadamente, de 45% en 1969 a sólo 2% en 2008. Una extrapolación de la tendencia de pérdida de complejidad arquitectónica, pronostica la desaparición de los arrecifes con estructura compleja para el año 2015 en el Gran Caribe. Por otra parte, deben reducirse enormemente las expectativas de recuperación de los arrecifes a través del recapamiento con tejido vivo de coral (Jordan-Dahlgren, 1992) y del reclutamiento de corales sobre las estructuras remanentes de antiguos corales.

La tasa de disminución anual promedio del cubrimiento vivo del fondo por corales pétreos para las crestas de arrecifes y para los arrecifes frontales de Cuba son de 1,76%/año y 1,42%/año respectivamente, con un promedio conjunto de 1,57%/año (Alcolado *et al.*, 2011). La disminución del cubrimiento vivo del fondo por corales pétreos constituye una pérdida de hábitat y afectación al ciclo de vida de numerosas especies arrecifales.

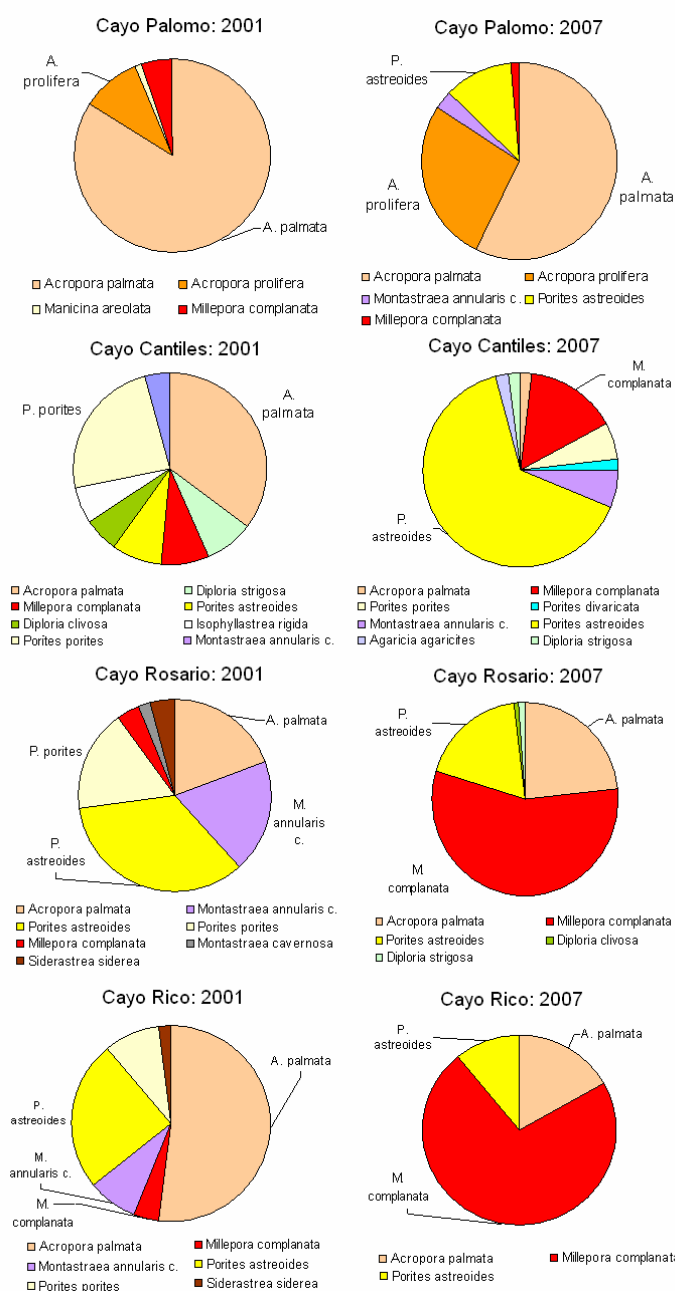


Figura 6.14. Porcentaje numérico de colonias de las especies de corales duros en los sitios de crestas Tomado de Alcolado *et al.*, 2009.

6.4.6.1.6. Incremento de las enfermedades por microorganismos

La incidencia de enfermedades producidas por microorganismos en arrecifes coralinos es generalmente inferior al menos de 2% de las colonias, y raramente excede de 5%. Las enfermedades más frecuentes observadas han sido plaga

blanca, manchas oscuras, mancha amarilla, viruela blanca y banda blanca (en *Acropora cervicornis* principalmente). La banda negra es común pero ha aparecido en pocas colonias.

Las disminuciones en los porcentajes de corales enfermos no son significativas, y es notoria la frecuencia de valores cero en 2007, lo que pudiera ser una señal incipiente de una adaptación de los corales mediante reajustes de sus asociaciones microbianas, como se plantea en literatura reciente (Alcolado *et al.*, 2009).

El Caribe ha sido blanco de acción de enfermedades que han ocasionado serios problemas a los arrecifes coralinos y por tanto a la biodiversidad marina de la región, en general. La enfermedad de banda blanca provocó la muerte de miles de colonias de dos especies fundamentales en la construcción durante siglos de arrecifes; *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* por lo que desde el año 1972 se encuentran en la Lista de Especies Amenazadas (Aronson y Precht 2001).

6.4.6.2 Las tortugas

6.4.6.2.1 Proporción de sexos de las tortugas.

El incremento anual en la proporción sexual favorable a las hembras, observado en las áreas de pesca de Nuevititas y Cocodrilo (Isla de la Juventud), a partir del monitoreo entre los años 1995 y 2006 para la tortuga carey; indica un predominio de las hembras en esas áreas (Moncada *et al.*, 2010).

A la temperatura de incubación de 29°C, conocida como temperatura pivote, nace un 50% de cada sexo. Al aumentar la temperatura del aire aumenta la temperatura de incubación y se obtienen cada vez porcentajes más elevados de hembras, como indican estimaciones realizadas en diferentes playas de Centroamérica, Gran Caribe y la Florida en las que se han estimado porcentajes de hembras superiores al 95%.

6.4.6.2.2. Área de cría e interrupción del ciclo de vida de las tortugas

La evidencia de afectación de las tortugas marinas producto de factores asociados al cambio climático en Cuba está dada por la coincidencia de la temporada reproductiva con la temporada ciclónica, que provoca la destrucción de los huevos, nidos y neonatos (Moncada *et al.*, 2010), observado en los Archipiélagos de los Canarreos y Jardines de la Reina (Tabla 6.14) durante el paso del huracán Paloma en el 2008 y en la Península de Guanahacabibes (Tabla 6.15).

6.4.6.2.3. Nidificación y reproducción

Como consecuencia del aumento del nivel medio del mar, la incidencia de tormentas y huracanes en las áreas de cría, se producirán cambios en la nidificación y el comportamiento reproductivo de tres especies de tortugas, que se caracterizan por hacer usos diferentes de la playa para estos fines: el carey próximo o dentro de la vegetación; la caguama próxima a la línea de marea; y la tortuga verde intermedia, aunque más cercana a la vegetación (Moncada *et al.*,

1998; Nodarse *et al.*, 2004). Estos cambios fueron documentados en las playas de la Península de Guanahacabibes por Ibarra *et al.*, 2008 y Azanza, 2009). Las principales zonas de anidación de las tortugas en Cuba se encuentran en la costa sur (Figura 6.15), donde son más frecuentes las afectaciones producidas por tormentas y huracanes.

Tabla 6.14 Evaluación de pérdida de nidos causada por los ciclones en temporadas de reproducción en algunos sitios del Archipiélago de los Canarreos.

Huracanes 2008	Área de anidación	Nidos destruidos	Especie	% pérdida de	Estimación de total de huevos destruidos
Gustav e Ike	San Felipe	96	T. verde Caguama Carey	43.0	11,136
	Guanal	90	T. verde Caguama	28.3	10,500

Tabla 6.15. Evaluación de pérdida de nidos, huevos y neonatos, causada por tormentas y ciclones en temporadas de reproducción en la Península de Guanahacabibes (Azanza, 2009).

Año	2002	2003	2004	2005	2007
Tormentas	Isidore y Lily	Claudette	Charley e Iván	Arlene, Katrina y Wilma	Dean
Nidos destruidos	31	26	81	136	28
Huevos destruidos	3 019	2 964	9 234	15 504	3 192
Nidos eclosionados	607	168	60	113	309
Producción de huevos	69 198	19 152	6 840	12 882	35 226
Producción de neonatos	55 358	15 332	5 472	10 306	28 181
Porcentaje de pérdida	5	13	57	55	8

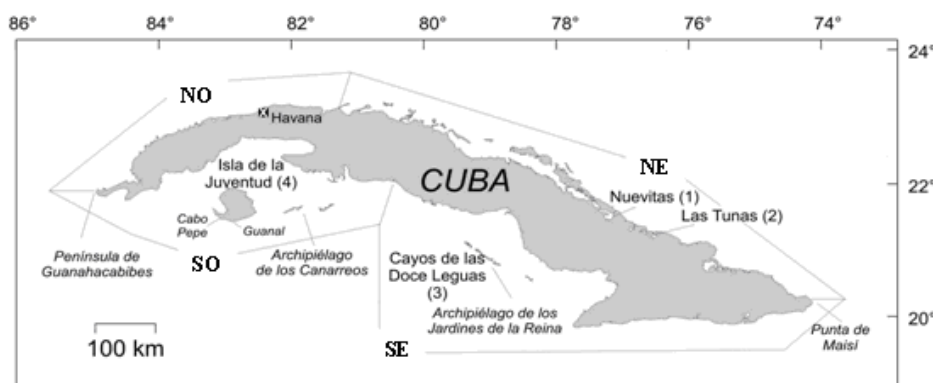


Figura 6.15. Sitios de monitoreo: anidación (Archipiélago de los Canarreos, Archipiélago Jardines de la Reina y Península de Guanahacabibes). Tomado de Moncada *et al.*, 2010.

6.4.6.2.4. Area de anidación del carey

La afectación que provocan los huracanes y tormentas severas en las costas de arena, en ocasiones producen la pérdida de la playa, como en Cayo Anclitas, debido a la erosión y afectación a la vegetación por el paso de huracanes y en Cayo Alcatraz, ambos sitios en los Cayos y Laberinto de las Doce Leguas (Archipiélago Jardines de la Reina), principal área de anidación del carey en Cuba (Moncada *et al.*, 1998, 1999).

6.4.6.2.5. Destrucción de huevos, nidos y neonatos

Según Moncada (2010) y Azanza (2009) la destrucción de huevos, nidos y neonatos provocará una disminución de las poblaciones de tortugas en aguas cubanas así como en las aguas del Caribe teniendo en cuenta que este es uno de los grupos de organismos marinos migratorios.

6.4.6.3. Cianobacterias en fitoplancton.

Los resultados obtenidos por Loza (2010), indican que de 1996 al 2006, la riqueza de especies de cianobacterias se ha incrementado tanto en aguas costeras como en aguas oceánicas alrededor de Cuba (Tabla 6.16), lo que pudiera estar relacionado con el incremento de temperatura superficial del mar reportado por Fernández-Vila *et al.*, 2010.

Tabla 6.16. Variación en el número de taxones de cianobacterias en las aguas marino-costeras de Cuba.

Zona costera			
Región	Cruceros	Número de taxones	Bibliografía
Plataforma NW	1967 - 1972	7	López-Baluja y Borrero (1977)
	1977 - 1978	8	Popowski, López-Baluja y Borrero (1982)
	2001 - 2006	27	Loza (2004) y Carmentate et al. (2007)
Plataforma SW	1977	8	López-Baluja et al. (1980)
	1998 - 2000	37	Loza et al. (2003)
Zona pelágica			
Aguas oceánicas adyacentes	1968	3	López-Baluja y Vinogradova (1972)
	1981	4	Popowski y Campos (1987)
	1965 - 1985	8	López-Baluja et al. (1992)
	1989 - 2005	23	Loza (2010)

6.4.6.4. Reclutamiento de langosta espinosa y capturas.

Según Puga *et al.* (2010) se produjo un descenso de los desembarques de langosta en Cuba de hasta un 54%, independientemente de los niveles de esfuerzo ejercidos, y un descenso del reclutamiento a un 65 % entre 1991 y 2002 y a un 40 % a partir de 2003, en relación con el período de mayor nivel que abarcó de 1979 a 1987 (Figura 6.16). Los mencionados autores señalan que después de un período prolongado de 12 años (1978-1989), con capturas altas de forma sostenida, los desembarques de langosta en Cuba han descendido hasta un

54 % en la actualidad, independientemente de los niveles de esfuerzo ejercidos. La disminución del esfuerzo pesquero entre 1991 y 1995 debido al período especial, y el perfeccionamiento del sistema de manejo desde 1999 (disminución del esfuerzo, aumento del período de veda e incremento de la talla mínima legal) no han logrado revertir esta desfavorable situación.

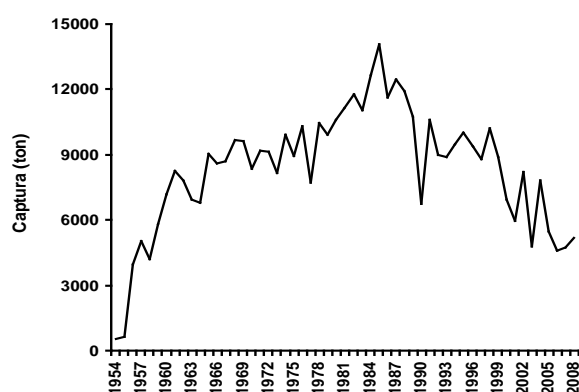


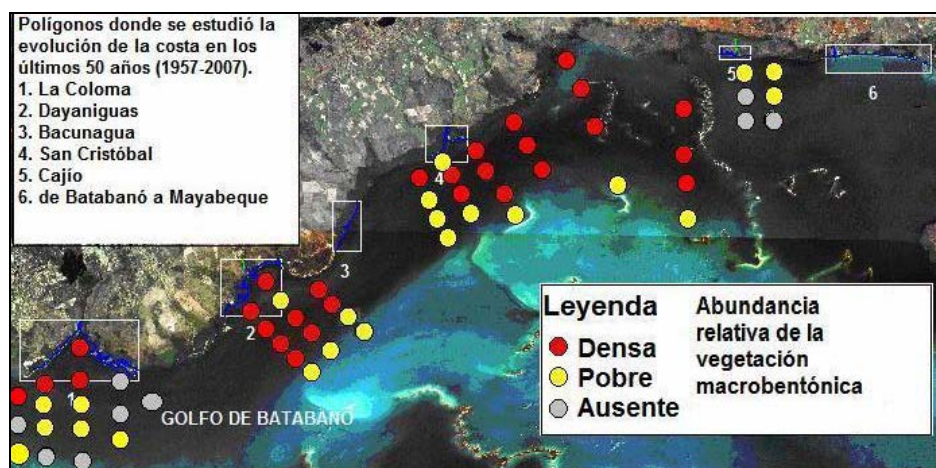
Figura 6.16. Variaciones anuales de la captura de langosta en Cuba. Datos a partir de estadísticas oficiales del MINAL Tomado de Puga *et al.*, 2010.

Los resultados encontrados aportan fuertes evidencias de que la disminución del reclutamiento, y por lo tanto del tamaño de la población y de las capturas subsiguientes, se deben a la sinergia entre la intensa explotación pesquera, actuando sobre la abundancia de la población, y factores climáticos y antrópicos, influyendo sobre el hábitat oceánico y de plataforma que determina el éxito del reclutamiento (Puga *et al.*, 2010).

6.4.6.5. Biodiversidad marina en manglares de borde degradados.

El manglar de borde y de cayo son los tipos de manglar más ampliamente distribuidos en la plataforma cubana, según la clasificación de los manglares propuesta por Lugo y Snedaker (1977). En segundo lugar se encuentran los manglares de ribera, con una distribución menor en el territorio nacional, pero de gran importancia en la desembocadura de los ríos y por tanto de importancia para el suministro de nutrientes y materia orgánica al medio marino. La mayor parte del borde entre el mar y la tierra del territorio nacional, se encuentra cubierta por manglares (70 % según Menéndez *et al.*, 2000) y amplias zonas de la plataforma insular orlada por cayos y pequeñas islas formadas casi totalmente por manglares.

Estudios recientes (Hernández-Zanuy *et al.*, 2009), demuestran que en la costa sur occidental de Cuba, la vegetación marina es aún abundante en zonas frente a sectores costeros en los cuales se observó una elevada estabilidad de la línea de costa; así lo demuestra el fotomontaje de los años 1957, 1970, 1997 y 2000, correspondientes a manglares de borde que no han sido alterados por el hombre (Figura 6.17).



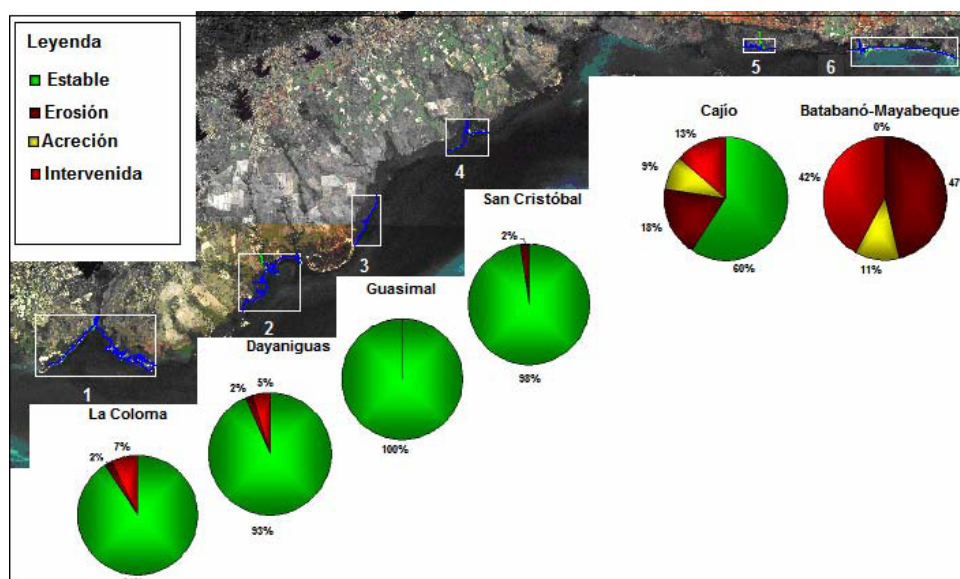


Figura 6.17. Estado de la línea costera expresado en el porcentaje que cada categoría: Estable, Erosión, Acreción e Intervenido, ocupa del total de la distancia de la costa medida en cada uno de las localidades. Para las mediciones se utilizaron los fotomontajes realizados con las fotos tomadas en los vuelos de 1957, 1970 y 1997.

6.4.6.6. Riqueza y abundancia de esponjas.

El aumento de la temperatura del mar afecta la frecuencia y severidad de las enfermedades, aumentando la virulencia de los patógenos, mientras que facilita la invasión de otros, al disminuir la resistencia y resiliencia de las esponjas (Webster, 2007). Aunque en Cuba no han sido detectadas con frecuencia enfermedades de esponjas, existe un antecedente en 1939, donde se perdieron entre el 70 y el 90% de las especies comerciales (Galstoff *et al.*, 1939; Smith, 1941). Existe la posibilidad de que sucesos similares a este se repitan, por la elevada incidencia que tiene en la región (Rützler, 1988; Paz, 1997; Cowart *et al.*, 2006; Wulff, 2006b, c). Además, se dificulta la detección de estos eventos, debido a que por la consistencia de las esponjas, los individuos enfermos no perduran mucho tiempo, de modo que desaparece así toda evidencia de manera muy rápida. Por dicha razón no se descarta que las enfermedades también se encuentren afectando a las esponjas de Cuba.

6.4.5.7 Estructura de las comunidades de peces.

Según Claro y colaboradores (2007) las comunidades de peces de los arrecifes de coral del Archipiélago Sabana-Camagüey sufrieron una disminución significativa de su densidad y biomasa como resultado de la reducción de la cobertura coralina, debido a varios eventos de blanqueamientos y subsecuentes incrementos de la cobertura algal.

6.4.6.8. Ecosistemas marinos y costeros y su función de sumideros.

La retención de carbono estimada para los pastos marinos cubanos es tres veces mayor a la de los manglares (Martínez-Daranas, 2010), ya que ocupan un área cinco veces mayor, aunque la tasa de captura de carbono promedio mundial por parte de los manglares es superior a la de los pastos marinos, (Tabla 6.19).

Tabla 6.19. Tasa de captura de carbono promedio anual (según Nelleman *et al.*, 2009) por los manglares y pastos marinos del mundo, área ocupada por los manglares y los pastos marinos cubanos, y la cantidad estimada de carbono enterrado anualmente por estos ecosistemas en Cuba (Martínez-Daranas, 2010).

Ecosistemas	Tasa captura promedio mundial (Ton C ha ⁻¹ año ⁻¹)	Área que ocupan en Cuba (ha)	Captura carbono (Tg C año ⁻¹)
Manglares	1,39	5 27452,8	0,73
Pastos marinos	0.83	26 56300	2.20
Total		31 83752,8	2,93

Según Martínez-Daranas (2010) con el valor capturado por pastos y manglares en conjunto, se estaría asimilando más del 40% del CO₂ emitido a la atmósfera por Cuba, según los datos del año 2004 (24 242,76 GgCO₂; López, Fernández, Manso, Valdés, León, Guevara, González, García, Legañoa, González, Dávalos, López, Pérez, Ricardo, Pire, Ameneiros, Mercadet y Álvarez, 2009) (Figura 6.18).

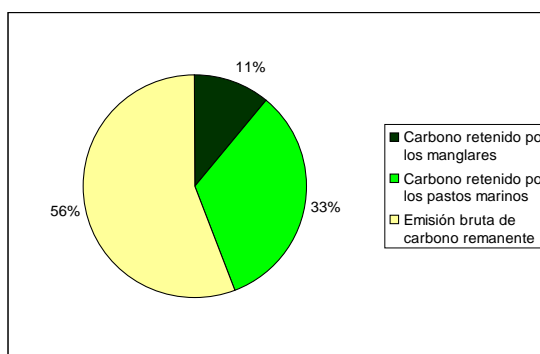


Figura 6.18. Proporción que representa la cantidad estimada de carbono retenida anualmente por los pastos marinos y manglares, de las emisiones de carbono por Cuba. El círculo representa el 100% de la emisión bruta de CO₂ de Cuba en el 2004 (López *et al.*, 2009) Tomado de Martínez-Daranas (2010).

6.5 Bibliografía.

1. Alcolado, P. M., Martínez-Daranas, B., Caballero-Aragón, H., Hidalgo-Rodríguez, G., Busutil-López, L., Durán-Rodríguez, A. y Lake-Barragán, J. J. 2009. *Informe final de biología marina para el proyecto Gestión ambiental de la zona costera como contribución a la sostenibilidad del desarrollo turístico en Santa Lucía, Camagüey*. Instituto de Oceanología, La Habana.
2. Alcolado, P. M., Ginsburg, R. N., Kramer, P., Kosminin, V., de la Guardia, E., González, S. & Hernández, M. (2001^a). *Estado de salud del bentos de los arrecifes coralinos del sur y este del Golfo de Batabanó: Informe Preliminar de la Expedición CUBAGRRA. Marzo*. (Informe final). Archivo del Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba.
3. Alcolado, P. M., Claro-Madruga, R., Martínez-Daranas, B., Menéndez-Macía, G., García-Parrado, P., Cantelar, K., Hernández, M. & del Valle, R. (2001b). Evaluación ecológica de los arrecifes coralinos del oeste de Cayo Largo del Sur, Cuba: 1998-1999. *Bol. Mar. Coas. Res.*, 30, 109-13.
4. Alcolado, P. M., Caballero, H. & Perera, S. (2009^a). Tendencia del cambio en el cubrimiento vivo por corales pétreos en los arrecifes coralinos de Cuba. *Serie Oceanológica*, 5, 1-14.
5. Alcolado, P. M., Hernández-Muñoz, D., Caballero, H., Busutil, L., Perera, S. & Hidalgo, G. (2009b). Efectos de un inusual período de alta frecuencia de huracanes sobre el bentos de arrecifes coralinos. *Rev. Cien. Mar. Cost.*, 1, 73-93.
6. Alcolado, P. M., Morgan, I. E., Kramer, P. A., Ginsburg, R. N., Blanchon, P., Guardia, E. de la, Kosminin, V., González-Ferrer, S. & Hernández, M. (2010). Condition of remote reefs off southwest Cuba. *Ciencias Marinas*, 36(2), 179-197.
7. Alvarez-Filip, L., Dulvy, N. K., Gill, J. A., Cote, I. M. & Watkinson, A. R. (2009). Flattening of Caribbean coral reefs: region-wide declines in architectural complexity. *Proc. R. Soc. B.*, (doi: 10.1098/rspb.2009.0339). <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2009.0339>.
8. Areces, A.J. (ed) (2002). *Ecoregionlización y clasificación de hábitats marinos en la plataforma cunama. Resultados*. Taller celebrado del 20-23 de Mayo 2002. IDO. WWF- Canadá, Env. Def., CANAP, La Hanana, Cuba 82 pp.
9. Azanza Ricardo, J. (2009). Estrategia reproductiva de la tortuga verde, *Chelonia mydas*, (Testudines, Cheloniidae) y su impacto en la estructura genética de áreas de anidación del occidente del archipiélago cubano. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Biológicas, 135 pp

10. Baisre, J. (1985). Los complejos ecológicos de pesca: Definición e importancia en la administración de las pesquerías cubanas. *FAO Fisheries Report*, 327,251-272.
11. Carmenate, M., S. Loza., Y. Pereiro y M. Sánchez. 2007. Evaluación de la calidad de las aguas en una zona del litoral Noroccidental de Ciudad de la Habana (Cuba) utilizando las comunidades de fitoplancton como indicador. *Proceeding III Convención de Medio Ambiente*.
12. Capote López, R.P. R.O. Cruz, y A. Vantour, 2006. Fragmentación de Vegetación en el Archipelago Cubano; Conservación de Diversidad Biológica y Mitigación de Desertificación. Pp 33-36, 1 mapa. En *Memorias 1er Taller Binacional y Regional sobre Desertificación*. Eds. M. Riveros, L.E. Sánchez y J. Paoli. Editorial IVIC, Caracas, Venezuela. 150pp.
13. CBD, 2009, Secretariat of the Convention on Biological Diversity *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal, CBD Technical Series No. 41, 126 pages. www.biodiv.org
14. Cejas, F.; Amaro, S. Cifras Diversidad Biológica Cubana. Centro Nacional de Biodiversidad. <http://www.ecosis.cu/cenbio/biodiversidadcuba/varios/diversidadbiotacubanacifras.htm#diversidad>.
15. Centella, A. J, Llanes, L. Paz, C. López y M. Limia, 2001. República de Cuba. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La Habana, Instituto de Meteorología. 169 pp.
16. CITMA, 2009. IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica. República de Cuba, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.(Coord: Salabarría, D.; A. de la Torre; J.A. Hernández; L. Coya; M. Fernández; D. Vilamajó y R. Montiel). 197 pp.
17. Claro, R. (Ed.) (2007). *La biodiversidad marina de Cuba*. Instituto de Oceanología, La Habana. CD-ROM, ISBN: 978-959-298-001-3. 317 pp. disponible en: <http://www.redciencia.cu/cdbio/>
18. Cowart, J. D., Henkel, T. P., McMurray, S. E., y Pawlik, J. R. (2006). Sponge orange band (SOB): a pathogenic-like condition of the giant barrel sponge *Xestospongia muta*. *Coral Reefs*, 25: 513
19. Cowen R. K., C. B. Paris, A. Srinivasan 2006. Scaling of Connectivity in Marine Populations. VOL 311 SCIENCE. Internet: [www://sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)
20. Fernández-Vila, L., Piñeiro, R., Pérez I., Simanca, J. y Vega, F. 2009. Evidencias oceanográficas del cambio climático en las aguas marinas cubanas. En. *La biodiversidad marina y costera y el cambio climático en Cuba*
21. Fernández-Vila, L. J., Piñeiro, R., Pérez, I. y Simanca, J. (2008). Variabilidad espacio – temporal de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), en aguas oceánicas y de la plataforma cubana. En: *Caracterización oceanográfica de la*

- plataforma insular cubana y la influencia de variaciones antrópicas. Resultado No.1 del Informe final para el proyecto "Bases Oceanográficas para el estudio de las afectaciones del Cambio Global en la Biodiversidad Marina - Costera de Cuba". GEOCUBA Estudios Marinos, 47 pp. + Anexos.
22. Fernández-Vila, L., Piñeiro, R., Pérez I., Simanca, J. y Vega, F. 2009. Evidencias oceanográficas del cambio climático en las aguas marinas cubanas. En. La biodiversidad marina y costera y el cambio climático en Cuba.
23. Ferrás, H., A. López, A. Martell y A.G. Suárez 1999. Relaciones de la diversidad en la flora endémica cubana con la vegetación y la aridez del clima. II Estudio de las variables climáticas. Acta Botánica Cubana No 136.
24. Galstoff, P. S., Brown, H. H., Smith, C. L., and Walton Smith, F. G. (1939). Sponge mortality in the Bahamas. *Nature*, 143: 807-808.
25. Gitay, H. A.G.Suarez, R. Watson (eds) "*Climate Change and Biodiversity*" *IPCC Technical Paper V*, Grupo Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático (IPCC siglas en inglés). 78 pp. www.ipcc.int
26. Gitay H., Miguel Lovera, A. G. Suárez, Y. Tsubaki y R. Watson- *Chapter 3, Climate Change and Biodiversity: observed and projected impacts*. En: "*Interlinkages between Biological Diversity and Climate Change*" *Advice on the integration of biological considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto Protocol*" Report of the Ad Hoc Technical Expert Group on Biological Diversity and Climate Change as CBD Technical Series #10, Biological Diversity Convention . 2003. www.cbd.org
27. Hernández, M; A Hernández; L Arriaza; J Simanca; S Lorenzo; S Cerdeira; L Rodas; G Díaz; I Hernández; O Marzo; J Chang; A Oviedo y H Alfonso, 2005. Estimación de la tasa de incremento del nivel medio del mar a partir de mediciones directas y evaluación de su impacto en el Golfo de Batabanó y en la Península de Zapata. *Proceedings de Geociencias 2005*. Sociedad Cubana de Geología. 5-8 Abril 2005. La habana, Cuba. 24pp. CD-ROM ISBN 959-7117-03-7.
28. Hernández-Zanuy A., R. T. Capote, P. Alcolado, E. Tristá, S. Lorenzo, B. Martínez, M. Hernández, M. Martínez, M. Esquivel, M. Guerra 2006. Diagnóstico para la rehabilitación ecológica del tramo de costa comprendido entre Surgidero de Batabanó y Mayabeque, costa sur de Cuba. Informe Final de Proyecto. Archivo Científico IDO, 120 pp.
29. Hernández-Zanuy, A. C., Alcolado, P. M., Caballero, H., Busutil, L., Perera, S., Hidalgo, G., Martínez-Daranas, B., Puga, R., Piñeiro, R., Capetillo, N., de León, M. E., Cobas, L. S., Lorenzo Sánchez, S., Esquivel, M., Guerra, R., Sosa, M. y Fernández-Vila, L. J. (2008). Evaluación de las posibles afectaciones del cambio climático a la Biodiversidad Marina y Costera de

Cuba. Informe final para el proyecto "Bases Oceanográficas para el estudio de las afectaciones del cambio global en la biodiversidad marina y costera de Cuba". GEOCUBA Estudios Marinos - Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba, 26 pp. + Anexos.

30. Hernández-Zanuy, A., Fernández Vila L., Alcolado M., Puga R., Martínez-Daranas B., Lorenzo Sánchez S., Hernández-Muñoz D., Caballero H., Busutil L., Perera S., Hidalgo G., Piñeiro R., Capetillo N., de León M. E., Cobas S., Pérez Santos I., Simanca J., Vega F., Macario Esquivel, Guerra R. y M. Sosa. (Informe Final de Proyecto del Programa Nacional de Cambios Climáticos, 2007-2008). Archivo Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-298-017-4
31. Hernández-Zanuy A. y Alcolado P.M. 2010. Primer Taller de la Red CYTED "Evaluación integral de la biodiversidad en ecosistemas marinos y costeros del litoral de iberoamérica" Memorias
32. Ibarra, M. E. Azanza. J. & Hernández. J. (2008, diciembre). *Cambios climáticos y su impacto en la conservación de las tortugas marinas*. Ponencia presentada en el VIII Congreso Latinoamericano de Herpetología. Cuba.
33. IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
34. Jordán-Dahlgren, E. & Rodríguez-Martínez, R. E. (1998). Post hurricane initial recovery of *Acropora palmata* in two reefs of the Yucatán Peninsula. México. *Bul. Mar. Sci.*, 63(1), 213-228.
35. López, C., Fernández, P. V., Manso, R. W., Valdés, A., León, A., Guevara, A. V., González, C., García, M. E., Legañoa, G., González, T. M., Dávalos, J., López, I., Pérez, D., Ricardo, H., Pire, S. F., Ameneiros, J. M., Mercadet, A. y Álvarez, A. (2009). *Emisiones y remociones de gases de invernadero en Cuba. Reporte preliminar para el año 2004 y Actualización para el periodo 1990-2002*. CITMA/ AMA/ Instituto de Meteorología, La Habana, 37 pp.
36. López-Baluja, L. y L. Vinogradova 1972. El fitoplancton en aguas adyacentes al archipiélago cubano. Ser. Oceanol., ACC, 13: 1 - 24.
37. López-Baluja, L. y N. Borrero 1977. Lista de especies de algas unicelulares para las aguas de la plataforma cubana. Acad. Cien. Cuba. Inf. Cient. -Tec. (11): 20pp.
38. López-Baluja, L.; G. Popowski y Arujo, M. 1980. Comparación entre el fitoplancton colectado con red y con botella hidrográfica en la región NW de la plataforma de Cuba. Rev. Invest. Mar. 1(1): 105-153.

39. López-Baluja, L., Zernova, V.V. y Semina, G. I. 1992. El fitoplancton de aguas cubanas y del Golfo de México (en ruso). Nauka Press, Moscow, Rusia. 215 p.
40. López, A. 1998. *Algunas características del endemismo en Cuba Oriental*. En: *La diversidad biológica de Iberoamérica II*, Volumen especial, Acta Zoológica Mexicana, nueva Serie. Ed. Gonzalo Halfter. Instituto de Ecología, Xalapa, pp. 83- 110.
41. Loza, S. 2010. Estructura y funcionamiento del fitoplancton menor de 133 μm en las aguas oceánicas de Cuba. Tesis en Opción al Grado de Dr. en Ciencias Biológicas, 150 p.
42. Loza, S., K. Barrios, M.E. Miravet, M. Lugioyo, E. Perigó y M. Sánchez. 2003. Respuesta del Fitoplancton ante el estrés ambiental en los ecosistemas arrecifales. Protección del Hombre y la Naturaleza. Cátedra de Educación Ambiental. Vol. VIII. Soporte Magnético: 21-24 pp.
43. Loza, S. 2004. Fitoplancton. En: Calidad Ambiental de la Zona Costera al Oeste de Ciudad de la Habana (S. Cerdeira, A. Areces, J. F. Montalvo, S. Loza, R. del Valle, Y. Delgado, M. Sosa, L. Rivas, R. Guerra, S. González, Z. Marcos, J. Gutiérrez, S. Lorenzo, I. García, M. Sánchez, R. Núñez, M. E. César, S. Esponda, V. Delgado, R. García, J. L. Hernández, M. Hernández, A. Niévares). Informe Final. Arch. Cient. Inst. Oceanol., 66 pp.
44. Martínez-Daranas, B., Cano-Mallo, M., Díaz-Larrea, J., Pérez, D. M., Esquivel, M. y Hernández, M. (2005b). *Estado de Conservación de los Pastos Marinos del Golfo de Batabanó*. Informe final de Resultado para el Proyecto de investigación "Hacia el uso sostenible del Golfo de Batabanó: Análisis de sistemas y modelación de escenarios", Archivo Científico, Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 25 p.
45. Martínez-Daranas, B., Cano-Mallo, M., Perdomo, M. E., Clero-Alonso, L., Díaz-Larrea, J., Guimaraes, M., Zúñiga-Ríos, D., Alcolado, P. M., Duarte, C. M. y Siret, S. (2007). 4.2. Estado de los pastos marinos. En: P. M. Alcolado, E. E. García & M. Arellano-Acosta. (Eds.) *Estado de los ecosistemas marinos y costeros, y algunas características ambientales y tendencias. Ecosistema Sabana-Camagüey: Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*. (pp. 51-56). Editorial Academia, La Habana
46. Menéndez, L. y a. Priego (1994) Los manglares de Cuba: Ecología. 64-75 pp. En Suman, D. (Ed.) El ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: su manejo y conservación. Rosenthal School of Marine and Atmospheric Science and The Tinker Foundation. 263 pp.
47. Menéndez, L., J.M. Guzmán, R.T. Capote, L.F. Rodríguez y A.V. González: Situación de los manglares del Archipiélago Cubano. Casos de estudios: Archipiélago Sabana Camagüey ç, franja sur de la Habana, y costa norte de

- Ciudad Habana. p 435-451. En Memorias IV Convención nacional sobre medio ambiente y desarrollo. CDs-ROM. La Habana, Cuba 1013 pp.
48. Menéndez, L. y Guzmán, J. M. (Eds.) (2006). *Ecosistemas de manglar en el archipiélago cubano*. Editorial Academia, La Habana, Cuba, 473 p. Menéndez, L. J.M, Guzmán y A. Priego, 2006. Manglares del Archipiélago Cubano: aspectos generales. Pp. 17-27. En (L. Menéndez y J. M. Guzmán, eds.). *El ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión*. Editorial Academia 331 p.
49. Menéndez L., A. González, J. M. Guzmán, L. Rodríguez, R. Capote, R. Gómez, R. T. Capote, I. Fernández, R. Oviedo, P. Blanco, C. Mancipa y Y. Jiménez 2000. Bases Ecológicas para la Restauración de Manglares en Áreas Seleccionadas del Archipiélago Cubano y su relación con los Cambios Climáticos Globales (Código 01302123). Programa Nacional de Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano.
50. Mitrani, I., R. Pérez Parrado, Y. Juantorena, I. Salas, O. F. García, M. Ballester, P. Beauballet, C. Rodríguez y A. L. Pérez. 2000. *Las penetraciones del mar en las costas de Cuba, las zonas más expuestas y su sensibilidad al cambio climático. Informe de resultado científico INSMET- IPF, La Habana. 102 pp.*
51. Moncada, F. Pérez, C., Nodarse, G., Elizalde, S., Rodríguez, A. M., & Meneses, A. (1998). Reproducción y anidación de *E. imbricata* en Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. 22 (1), 101-116
52. Moncada, F., Carrillo, E., Saenz, A. & Nodarse, G. (1999). Reproduction and nesting of the hawksbill Turtle, *Eretmochelys imbricata*, in the Cuban Archipelago. *Chelonian Conservation and Biology* (3), 257-263.
53. Mumby P. J. 2005 Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. Elsevier, pp 2-8.
54. Mumby P., Alasdair A., J. E. Arias-González, K. Lindenman, P. Blackwell, Gall A., M. Gorczynska, A. Harborne, C. Pescod, H. Renken, C. Wabnitz, G. Llewellyn 2004. *Nature* Vol. 427.
55. Nagelkerken I., Veldea G. van der, Gorissena M. W., Meijera G. J., Hofc T. van'ty Hartoga C. den 2000. Importance of Mangroves, Seagrass Beds and the Shallow Coral Reef as a Nursery for Important Coral Reef Fishes, Using a Visual Census Technique. Internet: online at <http://www.idealibrary.com> on
56. Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdés, L., DeYoung, C., Fonseca, L. & Grimsditch, G. (Eds.) (2009). *Blue Carbon. A Rapid Response Assessment*. Birkeland Trykkeri AS, Norway, 78 p.
57. Nodarse, G., Moncada, F., Rodríguez, C., Escobar, C., Hernández, F. & Ávila. O. (2004). Marine turtles nesting in Cuban archipelago in 2002 and 2003. En: Mast, R.B., B. J. Hutchinson y A. H. Hutchinson. *Proceeding of the Twenty-*

- fourth Annual Sea Turtles Symposium*. U.S. Dep. Commer. NOAA. NMFS-SEFSC-567, p. 144.
58. Parry, M.L.; O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, 2007: *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK,
59. Paz, M. (1997). New killer disease attacks giant barrel sponge. San Pedro Sun, Belize: 7 March. <http://sanpedrosun.net/old/sponge.html>
60. Pielou, E.L. 1969. *An introduction to Mathematical Ecology*, John Wiley, New York
61. Pineda, F.D., Nicolas, J.P., Ruiz, M., Peco, B. & Bernáldez, F.G. 1981. *Succesion, diversité et amplitude de niche dans les pâturages du Centre de la Péninsule Ibérique*. *Vegetatio* 47: 267-277.
62. Popowski, C. G. y Campos, A. 1987. Estructura comunitaria del plancton oceánico alrededor de Cuba en marzo de 1981. *Reporte de Investigación*, 64, 1-15.
63. Popowski, C. G., López-Baluja, L y Borrero, N. 1982. Distribución del fitoplancton en la región noroccidental de la plataforma de Cuba. *Ciencias Biológicas*, 7, 33 – 51.
64. Puga R., Piñeiro, R., Capetillo, N., de León, M.E. & Cobas, S. (2009). Caso de estudio 2: Estado de la pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) y su relación con factores ambientales y antrópicos en Cuba. En: Hernández A. et al. *Evaluación de las posibles afectaciones del cambio climático a la biodiversidad marina y costera de Cuba*. ISBN:978-959-298-017-4. <http://www.redciencia.cu/>
65. Reig, et al; En; UNEP 1995: *Global Biodiversity Assessment*. United Nations Environmental Programme. (UNEP) Cambridge University Press, 1140 pp.
66. Rodríguez, L., J. M. Guzmán y L. Menéndez. 2008. Los manglares del archipiélago Sabana Camagüey: posibles escenarios en relación con el cambio climático. Pp. 101-109 en *Efecto de los cambios globales sobre la biodiversidad* (A. Volpedo y L. Fernández, eds.). Red 406RT0285 "Efecto de los Cambios Globales sobre los Humedales de Iberoamérica". Programa CYTED.
67. Rützler, K. (1988). Mangrove sponge disease induced by cyanobacterial symbionts: failure of a primitive immune system? *Dis. Aquat. Organ.*, 5: 143-49.
68. Samek, V.. 1973. *Regiones Fitogeograficas de Cuba*. Academia de Ciencias. Serie Forestal 15;163.
69. Smith, F. G. W. (1941). Sponge disease in British Honduras, and its transmission by water currents. *Ecology*, 22: 415-421.

70. Suman, D, 1994. *El Ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe*. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Universidad de Miami & the Tinker Foundation. New York. 263 p
71. Suárez, A.G., Lopez, A., Ferras, H., Chamizo, A., Vilamajó, D., Martell, A., Mojena, E. Capítulo 6 *Biodiversidad y Vida Silvestre*. En: Gutierrez, T., A. Centella, M. Limia and M. López (eds.). *Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba*. Proyecto No. FP/CP/2200-97-12, UNEP INSMET, La Habana, Cuba 164- 178 pp, 1999.
72. Vales, M. A.; Álvarez, A. L. Montes y A. Ávila (Compiladores) 1998: Estudio Nacional de la Diversidad Biológica en la República de Cuba. 488 pp. Editorial CESYTA, España.
73. Verweij M. C., Nagelkerken I. Graaff D., Peeters M., Bakker E. J., Velde G. van der. 2006. Structure, food and shade attract juvenile coral reef fish to mangrove and seagrass habitats: a field experiment. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 306: 257–268, 2006. Pp 257-268.
74. Webster, N. S. (2007). Sponge disease: a global threat? *Environmental Microbiology*, 9(6): 1363-1375.
75. Wulff, J. L. (2006b). A simple model of growth form-dependent recovery from disease in coral reef sponges, and implications for monitoring. *Coral Reefs*, 25: 419-426.
76. Wulff, J. L. (2006c). Rapid diversity and abundance decline in a Caribbean coral reef sponge community. *Biol. Conserv.*, 127: 167-176.