

1 **SEGUNDO ESTUDIO DE PAIS**

2 **Parte A. Conocimiento de la Biodiversidad**

3 **Capitulo: 1 Los Ecosistemas Costeros, Insulares y Epicontinentales**

4 **ARC: Dr. Rubén Lara Lara**

6 **I. El Estado del Conocimiento:**

7 **Ecosistemas Costeros**

- 8 1. Los Manglares (Alf Meling, USON)
- 9 2. Los Humedales (Patricia Moreno, INECOL)
- 10 3. La Franja Intermareal y las Dunas (Anamaria Escofet, CICESE, e Ileana Espejel,
- 11 UABC)
- 12 4. Las Lagunas Costeras (Víctor Camacho, UABC, José Alfredo Arreola, CIBNOR
- 13 y Guadalupe de la Lanza, UNAM)
- 14 5. Las Macroalgas (José Zertuche, UABC y Lydia Ladah, CICESE)
- 15 6. Los Arrecifes de Coral (Luis Calderón, CICESE y Héctor Reyes Bonilla, UABCS)

16 **Ecosistemas Insulares**

- 17 7. Las Islas del Pacífico Mexicano (Eduardo Ríos, U de G)

18 **Ecosistemas Epicontinentales**

- 19 8. Los Sistemas Limnéticos (Manuel Guzmán, U de G y Martín López, UNAM)

21 **II. Impactos y Vulnerabilidad de los Ecosistemas**

22 **III. Prioridades de Investigación**

23 **IV. Retos para la Toma de Decisión**

26 **Introducción general**

27 México tiene una extensión territorial de 1,964,375 km², de los cuales 1,959,248 km²
28 corresponden a superficie continental y 5,127 km² son Islas. Sobresale el hecho de que
29 nuestro país cuenta con 231,813 km² de mar territorial y cerca de 3,149,920 km² de
30 zona económica exclusiva (de la Lanza, 2004), entre ambas vertientes oceánicas casi un
31 50 % mas con respecto a la extensión territorial continental. Administrativamente se
32 reconocen dos grandes masas de agua: la plataforma continental y el mar territorial y
33 zona económica exclusiva. La zona costera cubre una extensión territorial de alrededor
34 de 430,000 km².

35
36 De las 32 entidades federativas del país, 17 tienen frente litoral. Existen 263 municipios
37 costeros, 150 municipios con frente de mar y 113 municipios con influencia costera. La
38 longitud de la línea de costa de dichos estados, sin contar el territorio insular es de
39 11,122 km, de los cuales, 7,828 km corresponden ha estados que tienen acceso al
40 Océano Pacífico y Golfo de California, mientras que los estados del Golfo de México y
41 Mar Caribe comparten 3,294 km de línea de costa (INEGI, 2001). La zona costera es
42 habitada por aproximadamente 15 % de la población del país, sin embargo, algunas de
43 sus localidades presentan las mayores tasas de crecimiento poblacional (2.8% en
44 promedio).

45
46 México posee una gran riqueza natural en sus regiones oceánica y costera, ligada a la
47 extensión territorial y diversidad, producto asimismo de su singular fisiografía y
48 posición geográfica intertropical. La extensión de su Zona Económica Exclusiva es
49 mayor aun que la de su extensión territorial y la relación de esta con respecto a sus
50 litorales es similar a la que muestran los estados insulares. El dinamismo de la zona

51 costera es producto de la interfase entre el continente, el océano y la atmósfera, donde
52 ocurren diversas actividades económicas de relevancia nacional e incluso global, como
53 son la pesca y la acuicultura, la extracción de hidrocarburos y minerales y la
54 transportación marítima y el turismo, por citar algunos, en un marco de alta diversidad
55 ambiental y sociocultural. Esta diversidad de actividades económicas ejerce una gran
56 presión sobre ambientes frágiles y de gran diversidad biológica. Asimismo, la falta de
57 orden, propicia que las actividades económicas se afecten entre ellas, por ejemplo la
58 pesca, la acuicultura y el turismo.

59

60 Actualmente la importancia de las zonas costeras es estratégica, tanto desde el punto de
61 vista del desarrollo económico como de la seguridad nacional, al albergar como se
62 menciono anteriormente, una alta diversidad de actividades económicas, y que suelen
63 presentar conflictos por el uso y apropiamiento de los recursos, tales como el suelo, el
64 agua y el paisaje.

65

66 Se estima que más de la mitad de la población mundial vive dentro de una franja de 100
67 km de costa y se prevé que para el año 2025 el 75% de la población mundial podría
68 habitar en las zonas costeras, muchos de ellos concentrados en megalópolis con
69 problemas de marginación y pobreza, así como los consecuentes impactos ambientales
70 derivados del abasto para las mismas y la generación de enormes volúmenes de
71 desechos, contaminación de acuíferos y deterioro generalizado.

72

73 A diferencia de la tendencia de crecimiento costero mundial, en México se estima que
74 una cuarta parte de la población habita en las planicies costeras. Sin embargo, el
75 desarrollo acelerado de las actividades económicas han inducido un crecimiento
76 desordenado en la zona costera y zonas urbanas de la costa con los consecuentes
77 conflictos ambientales derivados de la competencia por el espacio, el uso de los recursos
78 y la generación de residuos y contaminantes. Conflictos que inciden en la calidad de
79 vida y la disminución de la competitividad de los mismos sectores y sus actividades
80 económicas.

81

82 Los ecosistemas costeros son de los mas productivos, pero también los ecosistemas mas
83 amenazados en el mundo; ellos incluyen ecosistemas terrestres (por ejemplo, los
84 sistemas de dunas), áreas en donde el agua dulce y el agua de mar se mezclan
85 (estuarios), y las áreas costeras cercanas al litoral. En general los sistemas costeros están
86 definidos desde menos de 200 m de profundidad y hacia el interior de la tierra hasta 100
87 km o 50 m de elevación (cualquiera que sea la mas cercana al mar).

88

89 Los ecosistemas costeros proveen muchos servicios a la sociedad humana, entre ellos
90 alimentación a través de las pesquerías, materiales de construcción (manglares),
91 farmacéuticos (recursos biológicos), regulación del clima, recreación, etc.

92

93 Los ecosistemas costeros proveen servicios de soporte en la forma de un amplio rango
94 de habitats. Estuarios, manglares, lagunas costeras, praderas marinas y bosque de
95 microalgas, sirven como refugios de área de alimentación para una diversidad de peces
96 y otras especies, muchas de ellas de interés comercial. Otros habitats tales como las
97 playas, dunas, marismas, estuarios juegan un papel importante en el ciclo de vida de una
98 diversidad de peces, moluscos y aves migratorias. Los ecosistemas costeros juegan un
99 rol importante en la productividad marina.

100

101 Los mares y la zona costera de México son uno de los pilares para el desarrollo
102 nacional. Desafortunadamente, el deterioro ambiental con la consecuente pérdida de la
103 biodiversidad marina y de muchos recursos socioeconómicos, cada día sigue
104 incrementándose. México es actualmente uno de los países con los ecosistemas marinos
105 más frágiles y vulnerables ante los impactos de los fenómenos naturales y los de origen
106 antropogénico, entre ellos el cambio climático.

107

108 **Ecosistemas Costeros**

109 La zona costera es el espacio geográficos de interacción mutua entre el medio marino, el
110 medio terrestre y la atmósfera (Fig. 1), comprendido por: a) una porción continental
111 definida por 263 municipios costeros; 150 con frente de playa y 113 municipios
112 interiores adyacentes a estos con influencia costera alta y media, b) una porción marina
113 definida a partir de la plataforma continental delimitada por la isobata de los -200m y c)
114 una porción insular representada por las islas nacionales.

115

116 1.- Los Manglares

117 Los manglares son un tipo de vegetación que está compuesta por árboles que viven
118 alrededor de bahías, lagunas costeras y playas protegidas del oleaje. Son ecosistemas
119 que están directamente en contacto con el mar y con el ambiente terrestre. Por lo
120 general, son tropicales y llegan a medir más de 30 metros de altura y abarcando
121 extensiones de miles de hectáreas (Fig. 2).

122

123 En México existen cinco especies de mangle: *Rhizophora mangle* (mangle rojo),
124 *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erecta* (mangle botoncillo),
125 *Avicennia germinans* (mangle negro), *Avicennia bicolor* (mangle negro) (Instituto
126 Nacional de Ecología, 2005), y *Rhizophora harrisonii*. Las 4 primeras especies son las
127 que forman los manglares de México y son las más distribuidas y abundantes en ambas
128 costas mexicanas.

129

130 Aunque no existe un acuerdo sobre cuál es la extensión en hectáreas de los manglares
131 mexicanos (660 000 [SARH, 1994], 932 800 [Spalding et al., 1997] y 886 760
132 [CONABIO, 1998]), ni cuanta cobertura se ha perdido, la versión oficial dice que
133 existen 660 000 ha de mangles en México, 69 389 menos que en 1994, y 65% menos
134 que en 1970 (CONABIO, 1998). Sin embargo, también se menciona que existen 721
135 000 y de éstas 426 000 se encuentran protegidas. En el Ier. Estudio de País de la
136 CONABIO consideran 40 623 km², que rebasa enormemente las cifras mencionadas
137 anteriormente.

138

139 En el Pacífico mexicano, los manglares se encuentran distribuidos a través de casi toda
140 la costa. Las áreas más extensas se localizan en el sistema de Chantutla-Tocolutlan-
141 Panzacola en Chiapas y en Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales en Sinaloa y
142 Nayarit. Estos dos sistemas corresponden al 22% del total de áreas de manglares de
143 México (Flores-Verdugo *et al.*, 1992), aunque el estado con mayor extensión es
144 Campeche. En su distribución extrema por el Pacífico es hasta las costas de las zonas
145 áridas, sobre el 29°19' en el Golfo de California, alcanzando alturas menores a los tres
146 metros y localizados en pequeños parches de pocas hectáreas. Este límite es importante
147 porque está compartido en 3 zonas mexicanas: Punta Abreojos, sobre el pacífico
148 bajacaliforniano, se localiza *C. erectus* con pequeños árboles de 1 m. En el extremo este
149 del Golfo de California, se localiza *R. mangle*, en Bahía de los Ángeles; y, en el estero
150 El Sargento, al norte de Bahía de Kino, podemos encontrar a las 4 especies.

151
152 Los manglares son zonas de transición entre el mar y la tierra, y se caracterizan por ser
153 muy dinámicos, sus procesos ecológicos son intensos, sin embargo son muy sensibles a
154 cualquier perturbación. Los recursos ecológicos así como los de valor económico son
155 diversificados, ya que se encuentran especies del ambiente terrestre y del marino,
156 además de contar con otras especies que sólo se desarrollan en ese hábitat (Pannier y
157 Pannier, 1980), y un sinnúmero de especies comerciales. La interacción de las
158 relaciones abióticas y ecológicas dentro de los manglares y los ecosistemas adyacentes
159 se he demostrado debido a las interacciones entre las especies.

160
161 El manglar se considera de los ecosistemas más productivos del mundo, los cuales
162 proporcionan importantes servicios ambientales como son: sumideros de carbono,
163 estabilización de la línea costera, formación de barreras contra huracanes, hábitat para
164 fauna silvestre, funcionan como filtros biológicos, son fuente de nutrientes para
165 ambientes marinos adyacentes a las regiones áridas, por su valor económico como
166 productores de madera y leña, como atractivo turístico y valor cultural (Flores-Verdugo
167 et. al., 1998).

168
169 Existe un gradiente biogeográfico en riqueza de especies y complejidad estructural que
170 va desde manglares subtropicales uniespecíficos con poca diversidad y altura hasta
171 bosques de manglar de mayor altura asociados con otras especies tropicales en zonas
172 más húmedas y de mayor temperatura (López-Portillo y Ezcurra, 2002). Mientras que a
173 nivel local, la distribución estructural de los manglares depende de la topografía del
174 lugar, períodos de inundación, precipitación, entradas de agua dulce y temperatura. La
175 zonación de los manglares depende de factores como la salinidad, nivel de agua, pH,
176 flujo de sedimentos, oxígeno, estrés hidrodinámico, y competencia interespecífica y
177 factores sucesionales.

178
179 La constante producción de hojarasca de los manglares es una fuente de energía para
180 organismos marinos en zonas adyacentes a los hábitats de manglar. Se cree que existe
181 un gradiente de producción de hojarasca desde las zonas tropicales y hasta las regiones
182 áridas. Los valores reportados van desde más de 1, 400 gPS m⁻² año⁻¹ (López-Portillo y
183 Ezcurra, 2002) hasta 175 g PS m⁻² año⁻¹, en manglares dominados por *A. germinans* de
184 zonas áridas (Arreola-Lizárraga et al., 2004).

185 186 2.-Los Humedales

187 Los humedales conjuntan una variedad de comunidades con distinta composición,
188 formas de vida y estructura. Frecuentemente se les considera como un solo tipo de
189 ecosistema, comparable a los bosques o pastizales. Sin embargo, los humedales
190 conjuntan gran parte de la variabilidad ambiental que se puede encontrar entre los
191 ecosistemas más secos y forman una serie de tipos que de manera general son
192 comparables, difiriendo principalmente en su grado de humedad o inundación. Por lo
193 tanto, la hidrología, es decir la cantidad, calidad y estacionalidad de la inundación es el
194 principal factor ambiental que determina y afecta los humedales. Cuando están cerca de
195 la costa, la salinidad es otro factor que produce heterogeneidad ambiental (López-
196 Portillo y Ezcurra, 1989; Noe, 2002). Otras fuentes de variabilidad son los flujos de
197 nutrientes, las diferencias en cuanto al origen o fuente de agua y los mecanismos de
198 abastecimiento al humedal (Kellogg et al., 2003), disturbios locales, y las actividades
199 humanas que se producen tanto en los propios humedales como en el nivel de paisaje
200 (Travieso-Bello et al., 2005).

201
202 Los humedales de México ocupan una extensión mayor en la costa que en tierra dentro
203 (Figura 3). Incluyen, por mencionar algunos, desde las lagunas costeras someras con sus
204 pastizales marinos, las marismas y Oasis de la Península de Baja California, los cenotes,
205 manglares, y retenes de la Península de Yucatán, los popales, tulares palmares y selvas
206 inundables de la planicie costera, los lagos someros de Michoacán, de Hidalgo y
207 Coahuila, los manglares de Marismas Nacionales y de la Encrucijada en el Pacífico, las
208 lagunas interdunarias de Veracruz, hasta los manejados por el hombre como son las
209 chinanpas de Xochimilco y los potreros inundables de las planicies costeras del Golfo
210 de México. Esta gran variabilidad conjunta una enorme cantidad de especies de flora y
211 fauna y por tanto una alta biodiversidad, a pesar de que algunos de ellos por sí mismos
212 sean poco diversos. Los humedales de la planicie costera se ubican en las tierras bajas
213 inundables que reciben el escurrimiento del altiplano así como en aquellas zonas donde
214 hay influencia de marea. Esta ubicación geográfica genera un gradiente de humedales
215 con distinto grado de inundación y salinidad.

216
217 La flora de los humedales está compuesta por una gran variedad de especies
218 pertenecientes a numerosas familias. Lot (2004a) indica que son 78 las familias de
219 angiospermas con representantes acuáticos. Reconoce para México 24 familias de
220 fanerógamas acuáticas estrictas con 46 géneros y aproximadamente 122 especies. Así
221 mismo Lot (2004a) considera que la flora acuática y subacuática está representada de
222 manera preliminar por 49 familias con 199 géneros.

223
224 Así como existen extensas descripciones de la flora de humedales, cabe decir que es
225 mucho más reducido el número de trabajos sobre la estructura de vegetación y de su
226 relación con los factores ambientales del suelo y de agua. La mayor parte de estas
227 investigaciones se han enfocado a los manglares (ver sección de manglares de este
228 capítulo). Para los humedales de agua dulce se pueden consultar las revisiones
229 presentadas en los trabajos de Lot (2004b) y Moreno-Casasola et al., (2005).

230
231 La hidrología es el principal factor que determina y afecta los humedales (Junk, 2002).
232 Muchas de las diferencias entre los distintos humedales se basan en características del
233 hidropereodo. Este afecta de manera importante la composición de especies, la
234 estructura de suelo, los procesos metabólicos y frecuentemente abre el ecosistema a
235 entradas y salidas laterales de materiales. En México en los últimos años se han
236 registrado periodos secos de mayor extensión y eventos lluviosos, frecuentemente
237 asociados a tormentas y huracanes lo cual conlleva fluctuaciones en el nivel de agua, las
238 cuales son fundamentales para el mantenimiento de la diversidad de los humedales. La
239 frecuencia y los cambios en la presencia en los eventos El Niño y La Niña así como la
240 frecuencia e intensidad de huracanes, han producido inundaciones y sequías que han
241 afectado todo el territorio Mexicano. Entre las principales causas naturales de pérdidas
242 de humedales está la sequía, las tormentas, las subsidencias, y la elevación del nivel del
243 mar (Dugan, 2005).

244
245 Los cambios en los humedales han sido documentados principalmente para los
246 manglares. Para los humedales de agua dulce hay muy poca información, debido a la
247 carencia de tipificaciones, inventarios y mapas. Ello dificulta la valoración de cuanto se
248 ha perdido y su estado actual. Sin embargo, se pueden describir los principales factores
249 que han producido cambios y las tendencias generales, lo cual nos permitirá tener una
250 idea de que tan grave es su situación. Entre los factores están los cambios demográficos

251 y el desarrollo de la zona costera, como son la generación de energía, el desarrollo y
252 crecimiento portuario y el establecimiento de nuevos desarrollos turísticos y corredores
253 como el de Cancún-Tulum. Así mismo, las actividades agropecuarias y de acuicultura
254 se han incrementado considerablemente en el litoral costero mexicano. El deterioro de
255 los humedales por las causas arriba expuestas, los hace más vulnerables a otro tipo de
256 impactos como lo que conlleva la variabilidad y el cambio climático.

257

258 3.- La Franja Intermareal y las Dunas

259 La franja intermareal y de dunas costeras constituyen el epitoma de la interfase tierra-
260 mar, un punto central en los estudios ambientales de países costeros. Propuestas
261 recientes indican que el espacio costero debe estar integrado por tres elementos: la línea
262 de costa, algún espacio hacia el mar, y algún espacio hacia tierra, conformando una
263 Zona Costera Mínima, u Obligada (Clark, 1996; Sorensen, 1997). La franja del
264 intermareal y dunas se posicionan en parte central de esta triada, es decir la línea de
265 costa. Los estudios diagnósticos de la biodiversidad deben considerar en modo
266 dinámico los factores que la regulan, es decir que influyen sobre la composición de
267 especies, y sobre la abundancia relativa y distribución de las especies. En el sub-
268 universo formado por la franja intermareal y las dunas son relevantes dos espacios
269 conceptuales. A nivel macro, el que liga la composición de especies con diferentes tipos
270 de sustratos, a nivel de cada tipo de sustrato, el que identifica el alcance espacial de las
271 relaciones funcionales que influyen sobre la abundancia y distribución de las especies
272 que le son propias.

273

274 Entre los 17 estados de México con frente litoral, Baja California y Baja California Sur
275 son peculiares por tener costa tanto sobre el Pacífico como sobre el Golfo de California.
276 La diversa base estructural provee las condiciones para una biodiversidad regional, la
277 cual en general, distingue a las playas de arena con alrededor de 93 especies de infauna,
278 de las cuales solo 6 reúnen el 70 por ciento de la abundancia total. Los fondos lodosos
279 albergan unas 44 especies de infauna, de las cuales solo dos especies reúnen el 80 por
280 ciento de la abundancia total. El sustrato rocoso tiene alrededor de 60 especies
281 epifaunales. Las dunas, y la hondonada humedad adyacente, reúnen alrededor de 35
282 especies vegetales. Los cantos rodados no presentan rasgos bióticos destacados, aunque
283 proporciona un importante servicio ambiental.

284

285 Sobre el estado del conocimiento en cuanto al funcionamiento del ecosistema de la
286 franja intermareal y dunas, la costa pacífica de Baja California puede ser un ejemplo a
287 seguir a nivel nacional, ya que la academia dispone de conocimiento para portar
288 operativamente el tema de la biodiversidad en la franja intermareal y dunas mediante
289 resultados de investigaciones que trascienden las etapas descriptivas y enumerativas
290 para acceder a la identificación de relaciones funcionales, incluyendo en varios casos el
291 factor antropogénico y acciones de manejo. Esencialmente, puede mostrarse que la
292 biodiversidad regional descansa sobre un mosaico de fisonomías diferentes que la franja
293 de intermareal y dunas constituyen un sistema abierto que mantiene un intercambio de
294 materia y energía respecto del entorno marino y terrestre, y que el análisis dinámico de
295 la biodiversidad en espacios tan accesibles al ser humano deben considerar el efecto
296 relativo de factores de modelación tanto naturales como antropogénicos.

297

298 4.- Las Lagunas Costeras

299 Dentro de lo que se denomina zona costera (aproximadamente comprendida desde la
300 plataforma mar abierto hasta donde crece la vegetación halófila tierra adentro) se

301 encuentran diversos rasgos (con excepción de los cenotes) que conforman la línea de
302 costa, como: lagunas, estuarios, esteros, marismas, bahía, caletas, ensenadas; sin
303 embargo dentro de esta zona existen también: cenotes, aguadas, sartenejas, entre las más
304 importantes (Fig. 4). Dicha diversidad morfológica ha sido consecuencia de la ubicación
305 latitudinal tropical donde se encuentra México y su evolución geológica.

306
307 Según Lankford (1977) en el país se encuentran 123 rasgos costeros importantes, sin
308 contar con los cenotes y cuerpos asociados; por su parte Contreras (2005) reporta de la
309 presencia de poco más de 600 en donde incluye todos los rasgos arriba citados (sin
310 contar con los cenotes también) tomando como unidades individuales a los que
311 pertenecen a un mismo sistema lagunar pero intercomunicados. En el caso de los
312 cenotes y su diversidad morfológica, se localizan fundamentalmente en la Península de
313 Yucatán y Estado de Campeche en un número aproximado de 10,000
314 (<http://www.mexico desconocido.com.mx>).

315
316 En forma general, existen marcadas diferencias entre los sistemas costeros del Golfo de
317 México y los del Pacífico, incluso los del Golfo de California y el lado occidental de la
318 península del mismo nombre, resultado del clima que trae consigo el patrón, recurrencia
319 e intensidad de las lluvias o la ausencia de las mismas que se traducen en aportes
320 fluviales desde grandes ríos hasta escasos y efímeros arroyuelos.

321
322 La mayoría de los sistemas costeros del Golfo de México son alimentados por un río
323 más o menos permanente, que en el caso de las lagunas han recibido el nombre de
324 sistemas fluvio-lagunares o estuarino lagunares, que en esta vertiente se encuentran
325 ocho dentro de las más importantes (Ortiz-Pérez y de la Lanza-Espino en prensa),
326 específicamente localizadas en los estados de Tamaulipas, Veracruz y Campeche. En la
327 Península de Yucatán, por el lado del golfo no se encuentran estos sistemas; pero en la
328 parte del norte Celestum y por sus dimensiones destaca Ría Lagartos; en el Estado de
329 Quintana Roo existe la Laguna La Paila y las bahías Ascensión, Espíritu Santo y
330 Chetumal, en especial con mayor aporte marino pero también en algunos casos con
331 aguas subterráneas.

332
333 Los sistemas costeros del Golfo de México son de oligohalinos a mesohalinos (<5 a 18
334 ups) con algunos ambientes dulces como la Laguna de Tlaliscoyan (parte de la Laguna
335 de Alvarado que recibe aguas del Río Papaloapan y agua marina), Pantanos de Centra
336 que reciben agua del sistema Grijalva- Usumacinta, Pom-Atasta que es parte de la
337 Laguna de Términos, entre otros. Dentro de la categoría de mesohalino se puede dividir
338 en: estuarinos con aporte de agua dulce o fluvial como los ejemplos ya citados y
339 eurihalinos con mayor aporte de agua marina como: Chetumal, Ría Lagartos, las bahías
340 Ascensión, Espíritu Santo y Chetumal, Sian Ka'an y La Paila. Los ambientes
341 hipersalinos (>35 ups) se caracterizan por tener climas áridos y secos extremos.

342
343 En el Pacífico mexicano destaca la presencia de cuatro sistemas estuarino lagunares
344 importantes que son alimentadas por un río, pero que en la mayoría de los casos es
345 temporal y extremoso. El sistema estuarino lagunar más importante es Teacapán-Agua
346 Brava-Marismas Nacionales, en Nayarit, alimentada por cinco ríos: Bejuco,
347 Rosamorada, Acaponeta, San Pedro (marcadamente estacionales) y el Santiago que le
348 imprimen una salinidad desde <5 a >30 ups considerado como de eurihalino hasta
349 polihalino; esta última salinidad causada por el manejo antropogénico (apertura de la
350 Boca de Cuautla y la construcción de la Presa Aguamilpa). En esta vertiente también

351 existen ambientes oligohalinos como la Laguna de Tres Palos, Guerrero, que mantiene
352 una salinidad anual de 2 a 4 ups y que es alimentada por el Río la Sabana y se encuentra
353 aislada del mar. Dentro de la categoría de hipersalina está la Laguna de Huizache y
354 Caimanero, Sinaloa, que en la época de sequía alcanza >100 ups.

355
356 En el Golfo de California se encuentra las categorías eurihalinas e hiperhalinas, según la
357 época, como: bahías de Concepción, Aldair, Guaymas, Topolobampo y Ouirá y como
358 estuarina Ensenada del Pabellón; las últimas cinco ubicadas en Sinaloa y la primera en
359 la costa occidental del Golfo de California. En la costa occidental de la península se
360 encuentran también sistemas eurihalinos-hiperhalinos, según la temporada, como: las
361 bahías de San Ignacio, Magdalena, Ballenas, entre otras.

362
363 En relación con la productividad primaria, la zona costera se caracteriza por ser de los
364 ambientes de más alta producción, no solamente por que es el almacén y vivero de un
365 buen número de organismos marinos, sino también por el de mayor recurso pesquero
366 (más o menos 70% de la pesca mundial) y su gran diversidad; según Contreras (2005)
367 en la zona costera de México se tienen aproximadamente en promedio 400 especies de
368 peces, 50 de moluscos y 90 de crustáceos algunos de importancia comercial, asociados
369 en cierta fase de su vida a la comunidad de manglar.

370
371 La alta productividad de las lagunas costeras, está basada no solamente en la producción
372 fitoplanctónica (máximos de $1 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) (Tabla 1), sino también en la vegetación
373 sumergida (fanerógamas de $2 \text{ a } 5 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), macroalgas y el manglar. (Tovilla
374 Hernández, 1998).

375
376 En las costas de los estados de Sonora, Baja California Sur y Baja California, existen
377 alrededor de 43 sistemas lagunares costeros (Castañeda-López y Contreras-Espinosa,
378 2003), con una gran diversidad de tamaños, fisiografías, comunidades bióticas, tiempos
379 de residencia y grados de perturbación o actividad antropogénica. En esta región se
380 encuentran algunas lagunas costeras reconocidas nacional e internacionalmente por su
381 importancia ecológica y/o económica incluyendo, entre otras, Ojo de Liebre, sitio
382 importante como criadero de la ballena gris; Guerrero Negro, donde está establecida una
383 de las salineras mas grandes del mundo; Bahía de Guaymas, importante puerto
384 pesquero; y el Estero de Punta Banda, que por su valor ecológico recientemente ha sido
385 designada como sitio Ramsar. En cuanto a su diversidad en área superficial, por
386 ejemplo, las 24 lagunas costeras del estado de Sonora oscilan entre las 40 ha de la
387 laguna Santa Rosa y las 17,700 ha de la laguna Agiabampo. Sin embargo, estas 24
388 lagunas costeras, en su conjunto, representan una superficie equivalente a solo la mitad
389 del área del sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas (con alrededor de 117,000
390 ha) localizado en Baja California Sur. En términos de impacto antropogénico, se puede
391 considerar que la mayoría de las lagunas costeras localizadas en la península de Baja
392 California son pristinas o levemente impactadas (Ibarra-Obando et al., 2001). En
393 contraste, la mayoría de las lagunas costeras en Sonora reciben aportes de nutrientes
394 por vertimientos de aguas residuales agrícolas, urbanas y/o camaronícolas.

395
396 A pesar de los contrastes entre las lagunas costeras del NO de México, todas ellas
397 tienen en común el hecho de estar ubicadas en una región árida o semi-árida subtropical,
398 por lo que la precipitación pluvial es tan baja (< 300 mm por año) que los
399 escurrimientos desde el continente hacia la mayoría de los cuerpos costeros son escasos
400 e intermitentes. Por lo tanto, en contraste con la mayoría de las lagunas costeras del

401 resto del país, los aportes terrestres de materiales (carbono, nutrientes, sedimentos, etc.)
402 de origen natural hacia las lagunas costeras del NO son limitados.

403

404 A pesar de la escasez de aportes continentales de nutrientes, las lagunas costeras del NO
405 de México son altamente productivas. En contraste con los ecosistemas estuarinos, la
406 productividad de estas lagunas debe ser sostenida por aportes de nutrientes desde el mar
407 adyacente y su intenso reciclamiento al interior de las mismas. Aunque hay muy pocos
408 estudios publicados en la literatura internacional, en los que se presenten mediciones
409 directas o indirectas de los flujos de nutrientes del mar hacia lagunas costeras de la
410 región (Lara-Lara et al., 1980; Camacho-Ibar et al., 2003), de manera cualitativa se
411 puede generalizar que tanto las lagunas costeras de la costa oeste de la península de
412 Baja California, como las de la costa de Sonora, se fertilizan con aguas marinas ricas en
413 nutrientes inorgánicos producto de los eventos de surgencias.

414

415 Uno de los aspectos menos estudiados en cuanto a flujos de materiales en ecosistemas
416 lagunares en México, es la dinámica de la materia orgánica tanto particulada como
417 disuelta. Si bien los productores primarios consumen fundamentalmente nutrientes en
418 forma inorgánica disuelta, la materia orgánica lábil representa un almacén temporal de
419 dichos nutrientes, y este almacén suele ser mucho más grande que el contenido de
420 nutrientes inorgánicos disueltos presentes en la columna de agua. Por ejemplo, con base
421 en datos recientes del contenido de fósforo orgánico lábil en los sedimentos de Bahía
422 San Quintín (Ortíz-Hernández, 2006) se puede calcular que mientras la columna de
423 agua contiene alrededor de 8 ton de PO_4 , solo los dos primeros centímetros de la
424 superficie de los sedimentos contienen 150 ton de PO_4 en forma orgánica lábil. Por esta
425 razón, el proceso de descomposición de la materia orgánica en los cuerpos costeros
426 someros juega un papel fundamental en la disponibilidad de nutrientes inorgánicos y, en
427 consecuencia, en la productividad de dichos ecosistemas. En el caso de la región NO del
428 país, en varias lagunas costeras se ha determinado que, si bien la producción primaria
429 puede ser alta, durante primavera-verano la respiración de la comunidad puede ser aún
430 mayor. Es decir, el Metabolismo Neto del Ecosistema ($MNE = P - R$; donde P es la
431 producción primaria y R la respiración de la comunidad) en dichos sistemas es
432 heterotrófico (Smith et al., 1999). Esta observación es una evidencia que estos
433 ecosistemas no solo reciben aportes de nutrientes inorgánicos disueltos desde el mar
434 adyacente, sino que deben recibir un subsidio de material orgánico que les permita
435 mantener la condición heterotrófica neta.

436

437 5.- Las Macroalgas

438 Las macroalgas son productores primarios presentes en prácticamente todas las zonas costeras.
439 Con frecuencia son la base de ecosistemas de gran importancia, particularmente en aquellas
440 costas influenciadas por aguas frías, ricas en nutrientes (debidos a surgencias) y en cuerpos
441 costeros semicerrados como lagunas costeras, bahías y golfos. Además de proveer biomasa
442 vegetal, producir oxígeno y funcionar como sumideros de carbono, también proveen alimento y
443 son hábitat de numerosas especies, algunas de gran interés comercial.

444

445 México es un país con una muy alta diversidad de macroalgas marinas debido a la variedad de
446 ambientes costeros con que cuenta. Existen al menos 55 especies de algas con un potencial
447 comercial para el Golfo de California (GC) y un número similar para las costas de la Península
448 de Baja California (BC). El estado del conocimiento actual sobre la función de las macroalgas
449 en el ecosistema esta principalmente basada en estudios en BC y en la zona oeste del GC. Estas
450 son las únicas zonas del país donde se lleva a cabo una explotación comercial de macroalgas a

451 partir principalmente de cuatro especies: *Macrocystis pyrifera*, *Gelidium robustum*,
452 *Chondracantus canaliculatus* (en BC) y *Gracilariopsis lemaneiformis* (en el GC). Para el
453 resto de los mares mexicanos prácticamente no existen estudios que permitan inferir su
454 relevancia en el ecosistema. Habría que resaltar, sin embargo, que existe un esfuerzo importante
455 por partes de científicos mexicanos por conocer, a través de estudios florísticos y taxonómicos
456 la presencia de macroalgas.

457

458 La costa de BC esta dominada por la presencia de grandes mantos de algas pardas conocidos
459 como “Bosques de Sargazos” que han sido el enfoque de estudios de investigación desde los
460 años cincuentas. Estos mantos están constituidos principalmente por *Macrocystis pyrifera* que
461 comúnmente rebasa los 30 m de longitud y tiene una de las tasas de crecimiento más altas para
462 un productor primario en el mundo y forma un ecosistema extremadamente diverso. Existen
463 otros sargazos menores que habitan en su sombra que de igual relevancia pero menos
464 estudiados, además de un número considerable de otras algas y animales. La estructura de
465 estos ecosistemas esta influenciada por surgencias, tormentas, herbivoría (principalmente
466 erizos), por eventos de alta frecuencia como la marea y ondas internas, y por eventos climáticos
467 de baja frecuencia, que afectan la temperatura y los nutrientes, como el fenómeno de El Niño.
468 La biomasa de *Macrocystis pyrifera*, estimada en alrededor de 100,000 ton húmedas, puede
469 reducirse hasta en un 90% por efectos de El Niño. Aparte de la cosecha sustentable de algas, de
470 este ecosistema también se cosechan organismos bentónicos de gran interés comercial como el
471 abulón, el erizo, el caracol, la langosta, y el pepino de mar.

472

473 El hecho de que el GC sea un cuerpo costero semi-cerrado acentúa la influencia ecológica de
474 las macroalgas que habitan ambas costas, la peninsular y la continental, además de la costa
475 insular. Solo para el caso de la costa occidental del Golfo, se cuenta con estudios sobre la flora
476 marina desde el punto de vista funcional. Los estudios sobre las biomásas de algas en el GC
477 demuestran que son tan grandes como en el BC pero con la diferencia que su presencia tiene
478 una estacionalidad muy fuerte pues la mayoría de las plantas fenecen a finales del verano
479 cuando las aguas el Golfo alcanzan su máxima temperatura. Destacan las altas biomásas de los
480 mantos de las especies de *Sargassum* presentes a lo largo del Golfo que alcanzan, en su
481 conjunto, valores de alrededor de 150,000 ton húmedas. La mayoría de esta biomasa termina en
482 las playas en forma de arribazones. Con excepción de la tortuga marina, no se observan
483 herbívoros importantes sobre las algas. Algunos estudios demuestran que varias especies
484 endémicas como *Eucheuma uncinatum* y *Chondracantus scuarrulosus*, tiene altas tasas de
485 productividad y crecimiento. Las estimaciones de biomasa de las principales especies capaces
486 de formar mantos sobre la costa occidental del GC, permiten inferir que las macroalgas actúan
487 como sumidero de al menos 20,000 ton de carbono durante la primavera cuando se alcanzan las
488 mayores biomásas. Valores similares podrían suponerse para la costa oriental del GC o el PTM
489 pero no existen estudios que lo comprueben. Y aunque en el GC, existen también especies
490 bentónicas importantes comercialmente, como el pepino de mar, langosta y varios bivalvos, se
491 desconoce el papel de las algas sobre estos recursos.

492

493 La costa de BC y el GC se reconocen a nivel mundial por su riqueza de macroalgas. Para las
494 costas del Pacífico Tropical, el Caribe y el Golfo de México, no se tienen suficientes estudios
495 para evaluar la relevancia que las macroalgas tengan en el ecosistema. Sin embargo, es de
496 esperarse que los grandes complejos lagunares como Laguna Madre, Laguna de Términos y la
497 zona costera del Golfo de Tehuantepec, presenten grandes concentraciones de macroalgas con
498 un potencial aprovechable y un papel relevante en el saneamiento (por medio de la remoción de
499 nutrientes) de sus aguas.

500

501 6.- Los Arrecifes de Coral
502 Los arrecifes de coral están reconocidos como biomas con enorme diversidad biológica
503 y sitios de relevancia económica ya que ofrecen recursos pesqueros y atractivos
504 turísticos (Calderón Aguilera y Reyes Bonilla, 2005). México cuenta con este tipo de
505 ecosistema en ambas costas (Carricart Ganivet y Horta Puga, 1993), y en los últimos
506 tres lustros se ha incrementado el interés científico sobre los mismos. Al 2005 existen
507 más de 80 referencias arbitradas sobre los arrecifes del Océano Pacífico y más de 150
508 para los del Golfo de México (Jordán Dahlgren y Rodríguez Martínez, 2003; Reyes
509 Bonilla et al., 2005).

510
511 Los arrecifes coralinos del Océano Pacífico mexicano son pequeños y están
512 geográficamente aislados entre sí (Reyes Bonilla, 2003) Fig. 5. Los más norteños se
513 encuentran al sur del Golfo de California (La Paz, 24°N), seguidos por los situados en
514 Nayarit-Jalisco (20°N), Manzanillo, Col. (19°N), Zihuatanejo, Gro. (17°N), y entre
515 Puerto Angel y Huatulco, Oax. (15°N).

516
517 Estos arrecifes se caracterizan por la gran abundancia de peces, grupo fundamental para
518 la transferencia de energía.

519
520 En el Océano Pacífico los corales presentan varios tipos de zooxantelas (Iglesias Prieto
521 et al., 2004), y esos dinoflagelados junto con los tapetes de algas son los fijadores clave
522 de carbono y nitrógeno. La energía es puesta en circulación cuando las algas son
523 consumidas por los herbívoros, pero también en forma de mucus altamente energético
524 proveniente del coral que es consumido por peces y por los invertebrados asociados a
525 las colonias (como los decápodos *Trapezia* spp. y *Alpheus* spp.).

526
527 Los arrecifes de coral de las costas del Golfo de México son los mejor conocidos del
528 país, gracias a múltiples investigaciones nacionales e internacionales llevadas a cabo
529 con particular énfasis entre los 1960s y 1990s (Jordán Dahlgren, 1993). Esos biomas
530 aparecen en tres regiones generales: la costa de Veracruz (incluyendo Tuxpan y el
531 Sistema Arrecifal Veracruzano; 19° a 21°N), el Banco de Campeche (arrecifes insulares
532 relativamente aislados situados entre los 20° y 22°N, pero con buen desarrollo, como es
533 el caso del arrecife Alacranes, 22°N) y el Caribe, donde forman parte del Sistema
534 Arrecifal Mesoamericano (18° a 20°N). La riqueza de especies es alta, normalmente
535 entre 60 especies de corales duros y blandos, y el centenar de tipos de peces (Vargas
536 Hernández y Román Vives, 2002; Spalding, 2004). Las relaciones tróficas son
537 semejantes a las descritas para el Pacífico, pero la red es relativamente más compleja
538 debido a la mayor diversidad local y al acoplamiento de ecosistemas adyacentes. Por
539 ejemplo, desde el punto de vista de la producción primaria los corales y sus zooxantelas
540 aportan energía; sin embargo, otros organismos del arrecife como las algas coralinas o
541 verdes como *Halimeda* o *Ulva* y aquellas plantas que se distribuyen en la zona costera
542 adyacente o en las lagunas arrecifales como los mangles y pastos marinos, también fijan
543 carbono en grandes cantidades y lo exportan en forma particulada y disuelta (Vega
544 Cendejas y Arreguín Sánchez, 2001). Además, está bien reconocido el acoplamiento de
545 estos ecosistemas, donde los juveniles habitan los manglares y pastos, y posteriormente
546 pasan su vida adulta dentro de las zonas arrecifales (Mumby et al., 2004). El
547 intercambio de energía producto de estas interacciones hace que el Caribe presente
548 sistemas posiblemente más resistentes que los del Pacífico, pero mucho más propensos
549 a ser afectados de manera indirecta por presiones antropogénicas (Pandolfi et al., 2003).
550 En el caso del Caribe, la información funcional se ha centrado en aspectos ligados a

551 modelos de redes tróficas y aspectos relacionados.

552

553 **Ecosistemas Insulares**

554 Las islas son fragmentos de hábitat natural en donde se han establecido y evolucionado
555 especies y comunidades separadas del continente; además, contienen especies
556 continentales que, sumadas a las insulares, constituyen una biota muy diversa, en
557 ocasiones única en el mundo, por lo que son de importancia crítica para la biodiversidad
558 global. Los ambientes insulares son también sitios de reproducción, anidación, descanso
559 o alimentación de fauna marina y aves migratorias. (Tershy y Croll, 1994). Sin
560 embargo, debido a que la mayoría de las especies insulares han evolucionado en
561 ausencia de grandes depredadores o herbívoros, no tienen defensas o no pueden
562 competir eficientemente ante su presencia, lo que las hace particularmente sensibles a
563 las perturbaciones y extremadamente vulnerables.

564

565 7.- Las Islas del Pacífico Mexicano

566 En términos de biodiversidad nuestro país es una de las cinco regiones más importantes
567 del mundo, y las islas de México son parte importante de esta riqueza (Vales et al.,
568 2000). En el Pacífico Mexicano, la mayor parte de las islas se encuentran en la región
569 noroeste que comprende el Golfo de California y la costa oeste de la Península de Baja
570 California. En esta región existen cerca de 900 islas e islotes. Otro grupo de islas e islotes
571 se encuentra en la costa de Jalisco, en el Pacífico central mexicano, entre estas se
572 distinguen las islas La Pajarera, Cocinas, Mamut, Colorada, San Pedro, San Agustín, San
573 Andrés y Negrita, y los Islotes Los Anegados, Novillas, Mosca y Submarino.

574

575 Las islas de la región noroeste son áreas esenciales para la reproducción de más de 30
576 especies de aves marinas del Pacífico oriental, dos especies de tortugas marinas, y cuatro
577 pinnípedos. Son además hogar de al menos 218 especies y subespecies endémicas de
578 plantas y animales entre los que se encuentran 81 reptiles, 45 aves terrestres y 92
579 mamíferos¹. Actualmente, muchas de estas especies se encuentran amenazadas o en
580 peligro de extinción.

581

582 En el Pacífico Mexicano se distingue también el archipiélago volcánico Revillagigedo,
583 un asombroso y frágil ecosistema, fascinante por su riqueza biológica de valor
584 incalculable que tiene también importancia adicional en términos de soberanía de los
585 recursos marinos, ya que su lejanía del continente incrementa en casi el doble la
586 extensión de la zona económica exclusiva de México en la región del Océano Pacífico.

587

588 Las islas del Pacífico Mexicano contienen considerable biodiversidad, y aunque muchas
589 se clasifican como continentales, es decir con flora y fauna cercanamente relacionada a
590 las formas del continente aledaño (Brown y Lomolino, 1998), existen también islas
591 oceánicas con endemismos importantes de varios niveles taxonómicos entre las que
592 destacan Guadalupe, el archipiélago Revillagigedo y las rocas Alijos. Asimismo, el
593 aislamiento geográfico de las islas oceánicas que lo componen le confiere características
594 singulares que representan un patrimonio natural de gran relevancia para la humanidad.
595 En el archipiélago Revillagigedo existe un alto grado de endemismo (30%) de las
596 especies terrestres y marinas que resaltan su importancia biológica y ecológica, motivo
597 por el cual han sido consideradas reserva de la biósfera (Friscione, 2005). El medio
598 ambiente marino que las rodea tiene además una particular riqueza en cuanto a
599 biodiversidad por tratarse de una zona que recibe la influencia de la región tropical y la
600 transición templado tropical del Pacífico mexicano, además de cierta influencia de la

601 región indopacífica.

602

603 Las islas del Golfo de California son reconocidas, por la comunidad científica
604 internacional, como uno de los ecosistemas insulares ecológicamente más intactos del
605 mundo y de los pocos laboratorios naturales aún existentes. Su aislamiento y sus
606 procesos naturales, permiten probar teorías concernientes a las formas de evolución,
607 tasas de extinción y colonización de especies; así como, sobre las interacciones entre las
608 especies y su adaptación a los ambientes insulares.

609

610 Desde que dieron comienzo las grandes exploraciones y colonizaciones, los humanos
611 han ocupado de manera temporal o permanente las islas de todos los océanos. En
612 muchos casos, las especies que ocupan las islas han sido afectadas por esta presencia
613 (Sánchez et al., 2000). En consecuencia, la principal causa de la mayoría de las
614 extinciones de especies y subespecies de islas en el mundo (67%) se atribuyen a las
615 especies introducidas (Diamond, 1989). La más seria amenaza para las islas de todo el
616 mundo es la introducción de flora y fauna exótica. De las 484 extinciones de especies
617 reportadas desde el siglo XVII en el mundo, 363 (75%) han sido especies endémicas de
618 islas (Groombridge, 1992), y de éstas, 67% son atribuidas a las especies introducidas
619 (Diamond, 1989).

620

621 Las islas del Pacífico Mexicano son ricas en endemismos, principalmente de cactáceas,
622 reptiles y mamíferos. Así mismo, su importancia radica en la presencia de ecosistemas
623 "tipo" en buen estado de conservación ecológica.

624

625 Las islas del Pacífico Mexicano tienen gran importancia por sus colonias de anidación
626 de aves marinas, poblaciones de lobos marinos, vegetación de grandes cactus y especies
627 de reptiles endémicos.

628

629 En realidad, la biodiversidad de peces en las aguas adyacentes a las islas del Pacífico es
630 muy alta, debido a los diferentes tipos de ambientes que podemos encontrar en sus
631 costas: manglares, arrecifes rocosos someros, fondos arenosos y rocosos, paredes
632 verticales que llegan a zonas de gran profundidad y bajos oceánicos.

633

634 Históricamente estas islas han estado protegidas por su aridez y su aislamiento en una
635 de las regiones menos poblada de México. Sin embargo, en los últimos 60 años, la
636 población humana se ha incrementado dramáticamente, aunado al hecho de que los
637 recursos marinos en las aguas continentales han disminuido, ha significado un aumento
638 en el uso de las islas. Los visitantes pueden introducir especies exóticas de manera
639 intencional (mascotas o alimento), o accidental (entre la carga pueden esconderse
640 ratones, insectos, y semillas). Adicionalmente a los efectos directos, las especies
641 introducidas causan numerosos efectos indirectos que pueden traer consecuencias
642 dramáticas en las comunidades y ecosistemas de las islas alterando su equilibrio natural
643 (Cushman, 1995; Elton, 1958; Mooney y Drake, 1986; Moors, 1985).

644

645 **Ecosistemas Epicontinentales**

646 Los ríos son sistemas dulceacuícolas que presentan constante movimiento
647 unidireccional sobre la superficie terrestre; forman parte del ciclo hidrológico; se surten
648 de agua a lo largo del año a partir de la precipitación pluvial y de los escurrimientos
649 superficiales, asimismo se proveen combinadamente de los mantos freáticos y del
650 deshielo de las montañas altas. De toda el agua en el planeta, solo el 0.0001 %

651 corresponde a los ríos, los cuales a lo largo de la historia han sido importantes en el
652 establecimiento de importantes civilizaciones y en consecuencia los primeros en recibir
653 los desechos de las diferentes actividades humanas.

654

655 8.- Los Sistemas Limnéticos

656 Las aguas con flujo o sistemas lóticos (arroyos y ríos) son una de las fuerzas erosivas
657 sobre la superficie terrestre que ha efectuado su acción a lo largo de miles de millones
658 de años; su hábitat presenta frecuentes y rápidos cambios, reflejándose en variaciones
659 en la cantidad y calidad del agua y consecuentemente en la composición y abundancia
660 de sus comunidades biológicas. Los cambios ambientales y biológicos en los ríos son
661 más rápidos y menos predecibles que los lagos (Whitton, 1975).

662

663 El reconocimiento de que los ríos y los arroyos son fundamentales para la existencia
664 humana así como para la biodiversidad global, en diferentes países el interés por
665 proteger a los sistemas de corrientes se ha reflejado en la creciente legislación y
666 políticas de manejo específicamente dirigidas para su protección o restauración. No
667 obstante que en las últimas dos décadas ha habido evidente progreso en el manejo
668 adecuado de los ríos, es mayor y continuo el crecimiento de las actividades
669 antropogénicas impactantes en los sistemas de corriente de todo el mundo.

670

671 La abundancia en número y caudal de los ríos en México es regida principalmente por
672 la heterogeneidad en las condiciones topográficas, fisiográficas y climáticas. A lo largo
673 de aproximadamente 2 millones de kilómetros cuadrados de superficie nacional, cerca
674 del 65% es terreno montañoso; acorde con la distribución geográfica de temperatura
675 ambiental y del régimen de lluvias, 31% del país es desértico y árido, 36% semiárido y
676 31% es subhúmedo y húmedo.

677

678 Del total de lluvia en nuestro país, equivalente al 0.00003% del total mundial, con
679 precipitación media anual estimada en 775 mm anuales con un escurrimiento medio
680 aproximado de 1 500 000 millones de m³ en las 320 cuencas hidrográficas (Arreguin et
681 al, 2004); gran parte de la precipitación se pierde por evapotranspiración (60-72 %) o
682 por infiltración (10-20 %); del promedio de agua disponible, de 410 a 420 millones de
683 m³, de entre el 10 y 28 % llega a los ríos (Alcocer, 2002; Aldama, 2002; López, 2006).
684 México es un país de rango intermedio en la disponibilidad anual de agua pero que está
685 en un delicado equilibrio entre la disponibilidad y demanda de agua; se tiene una
686 disponibilidad natural de 4,986 m³/año/habitante, se estima que para el año 2025 será de
687 2 745 m³ (Shiklomanov, 2002).

688

689 En México existen alrededor de 50 ríos principales (Fig. 6) cuyas cuencas de captación
690 se encuentran en las vertientes: del Océano Pacífico, Océano Atlántico (Golfo de
691 México y Mar Caribe), y la vertiente interior cuyos ríos desembocan generalmente en
692 lagos interiores (INEGI, 1997). En la vertiente del Pacífico destacan las cuencas de los
693 ríos Yaqui, Fuerte, Mezquital, Lerma- Santiago y Balsas; en la costa del Golfo de
694 México las cuencas de los ríos Bravo, Pánuco, Papaloapan, Grijalva y Usumacinta. El
695 60% del caudal anual proviene de los ríos Usumacinta, Grijalva, Papaloapan,
696 Coatzacoalcos, Pánuco, Balsas y Santiago, cuyas cuencas en conjunto ocupan casi el 27
697 % del área nacional.

698

699 El 67% del territorio de México se ubica en torno al Trópico de Cáncer, al igual que las
700 zonas de los grandes desiertos del Hemisferio norte. La mayor parte de los

701 asentamientos humanos, de las instalaciones industriales y de las áreas agrícolas de
702 riego, presentan condiciones de aridez o semiáridéz, ya que reciben únicamente 1/3 del
703 escurrimiento superficial. En contraparte, el 33% restante es húmedo o subhúmedo.
704 Entre las 320 cuencas hidrográficas que posee México, se encuentran más de 14,000
705 cuerpos de agua en su mayoría artificiales, el 83.5% son menores a 10 hectáreas y
706 también 70 lagos naturales, con superficies mayores a 10 hectáreas (Arredondo y
707 Aguilar, 1987; García y de la Lanza, 2002; García, et al, 2002).

708

709 Existen mas de 4,200 presas, de ellas 667 son grandes presas. Se cuenta con una
710 capacidad de almacenamiento de alrededor de 180 km³ (38.1%) que permite regular un
711 volumen de 84 km³ (17.8%) del total anual disponible de 472 km³. La mayoría de los
712 ríos más caudalosos se encuentran parcial o totalmente controlados mediante presas de
713 propósitos múltiples.

714

715 En el caso de las aguas continentales, se tienen identificadas 110 Regiones Hidrológicas
716 Prioritarias (RHP), de las cuales el 75% está considerado como áreas de alta riqueza
717 biológica. En cerca del 70% de las RHP existen serias amenazas a su biodiversidad y en
718 el 26% la información está muy limitada. La principal problemática detectada es la
719 sobreexplotación de las aguas que ocasiona una disminución en la cantidad del líquido
720 disponible, la desertificación, el deterioro de los sistemas acuáticos, su contaminación,
721 eutrofización y la introducción de especies exóticas a los cuerpos de agua, las cuales
722 desplazan a las especies nativas y reducen la diversidad biológica (Arriaga et al., 2000).

723

724 En las cuencas de los ríos Pánuco, Lerma, San Juan y Balsas se recibe el 50% de las
725 descargas de aguas residuales del país. Los acuíferos más contaminados se localizan en
726 la Comarca Lagunera, el Valle de México, la región del Bajío y el Valle del Mezquital,
727 como resultado de los lixiviados de los agroquímicos. En cuanto a los 19 km³ de aguas
728 residuales que generan al año la agricultura de riego, la industria y la población,
729 escasamente el 0.95 km³ (5%) recibe algún tipo de tratamiento. Algunos de los
730 contaminantes de estas aguas son materia orgánica, agroquímicos y en algunos casos
731 metales pesados (Fig. 7). Los procesos de deforestación también contribuyen
732 ampliamente a la degradación de la calidad del agua en las cuencas (Arreguín et al.,
733 1996).

734

735 Para México, las ecorregiones hidrológicas prioritarias más importantes para la
736 conservación son los ríos Bravo, Conchos, San Juan, Pánuco, Coatzacoalcos, Grijalva-
737 Usumacinta, cuenca alta del río Verde, Cuatro Ciénegas, los llanos de El Salado, Lago
738 de Chapala, el sureste de Veracruz, Catemaco y Yucatán (Fig. 8). Todas estas
739 ecorregiones están consideradas como en peligro o vulnerables y requieren acciones
740 urgentes para su conservación. Entre las regiones con estatus crítico y en peligro cuya
741 conservación es prioritaria a escala regional, se encuentran el delta del río Colorado, las
742 costas de Sonora y Sinaloa, el Complejo Guzmán, el Bolsón de Mapimí, los ríos Salado,
743 Santiago, Lerma, Balsas, Ameca y Tehuantepec. Estas regiones se encuentran
744 fuertemente afectadas, por lo que las acciones de conservación deben darse en un
745 ámbito regional (Arriaga et al., 2000).

746

747 Los ríos con más diversidad de peces son el Pánuco (75 especies, 30% endémicas),
748 Lerma-Santiago (57 especies, 58% endémicas), Coatzacoalcos (53 especies, 13%
749 endémicas) y Papaloapan (47 especies, 21% endémicas). Algunos de los sistemas
750 lacustres más importantes por su biodiversidad y alto número de endemismos conocidos

751 son el lago de Chapala, los lagos-cráter de la Cuenca de Oriental, el lago de Catemaco,
752 la laguna de Chichankanab y el lago de la Media Luna. Cuatro Ciénegas, en el estado de
753 Coahuila, es un sitio particularmente importante, ya que en esta pequeña zona viven 12
754 especies de crustáceos (la mitad endémicas), 33 de moluscos, 16 de peces, la mayoría
755 endémicas y en peligro de extinción (Arriaga et al., 2000). La CONABIO dentro de su
756 programa de especies invasoras reporta 74 especies de peces pertenecientes a 15
757 familias. En las 172 principales presas y lagos del país se tienen registradas la captura
758 de 108 especies dulceacuícolas sujetas a explotación pesquera y/o acuícola: 97 especies
759 de peces, tres de anfibios, cinco de crustáceos, una de insectos, una de moluscos y una
760 de gusanos (DOF, 2004).

761
762 Como en otras partes del mundo, la acuicultura incluye actividades de repoblación en
763 ambientes naturales y artificiales de crías y juveniles de peces producidos en centros
764 piscícolas. La acuicultura extensiva en México se ha desarrollado exitosamente con
765 impactos positivos sobre la captura pesquera en aguas continentales, donde los embalses
766 son compartidos con acuicultores que utilizan jaulas y encierros para la engorda de
767 tilapias, bagres y otras especies de valor comercial. Los recursos que pueden ser
768 aprovechados mediante la acuicultura incluyen a: 26 especies de peces dulceacuícolas
769 (9 nativas, 14 introducidas y 3 híbridas), 6 de crustáceos dulceacuícolas (4 nativos y 2
770 introducidos) y 6 especies de anfibios (5 nativas y una introducida) (DOF, 2004).

771
772 El Eje Neovolcánico ocupa una de las áreas más importantes de México dada su
773 ubicación, forma, altitud, orientación y su historia geológica; es una verdadera barrera
774 física que divide en dos porciones al país (Bassols, 1976). Es el límite de las grandes
775 placas tectónicas, la de Norteamérica y la de Cocos (Tricart, 1985). Es acertado
776 considerar a esta región como el límite físico entre Norte y Centroamérica (Tamayo,
777 1984); de hecho separa a las dos grandes provincias biogeográficas Neártica y
778 Neotropical (Alvarez y de la Chica, 1974). Se extiende entre los paralelos 19° y 20° de
779 latitud norte, por la mayor parte de los estados del centro de México (INEGI, 1991)
780 (Fig. 9.).

781
782 Se encuentran las mayores cuencas de México: parte de las cuencas exorreicas del Río
783 Grande de Santiago, Río Lerma, Río Balsas y Río Papaloapan. Las cuencas endorreicas
784 de Magdalena, Villa Corona, San Marcos, Atotonilco, Sayula, Zapotlán (Jalisco);
785 Guadalupe, Jaripo, Magdalena, Tocombo, Zacapu, Zirahuén, Cuitzeo, Pátzcuaro
786 (Michoacán); los restos de los lagos de Xochimilco, Texcoco, Tlalocan y Chalco (Valle
787 de México); los lagos de Apan (Hidalgo); Tecuitlapa, Atexcac, Aljojuca, Quechulac, La
788 Preciosa, Alchichica, conocidos como Axalapaxcos (Llanos de San Juan, Puebla)
789 (West, 1964; Tamayo y West, 1964; Tamayo, 1984; Vidal, et al, 1985; Arredondo y
790 Aguilar, 1987; Guzmán, 1990; Arredondo, 1995; García y de la Lanza, 1995; Torres y
791 Pérez, 1995). Desde un punto de vista biogeográfico, la región del Eje Neovolcánico
792 recibe el nombre de Provincia Biótica Volcánica Transversal. Esta bien caracterizada
793 por tres aspectos fisiográficos: una altitud de más de 1,500 m en su mayor parte, un
794 considerable número de depósitos lacustres, y por último el vulcanismo activo que ha
795 configurado los procesos orogénicos. Estas características hacen de la región una de las
796 más variadas en lo que se refiere a tipos de climas y vegetación (Álvarez y de la Chica,
797 1974). Presenta las comunidades vegetales acuáticas de agua dulce y de clima templado
798 dentro de las más extensas e importantes del país, representadas tanto por las micro y
799 macroalgas, como por las plantas superiores. En general, la línea de división de las dos
800 grandes regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, no se sigue estrictamente a lo

801 largo de la cordillera: empieza al norte de Mazatlán, bordea por el sur al propio eje y a
802 la depresión del Balsas, el norte de los valles centrales de Oaxaca, la vertiente exterior
803 de la Sierra Madre Oriental en Veracruz y termina en el norte de Tampico,
804 constituyendo una faja de transición (Bassols, 1976).

805
806 Numerosos grupos zoológicos están presentes. Dentro de ellos, los macroinvertebrados
807 acuáticos, como insectos, moluscos y crustáceos, son de gran interés no solo biológico,
808 sino sanitario y económico. El endemismo es muy marcado; como ejemplo los
809 crustáceos astácidos (Hobbs, 1972; Villalobos, 1982) y la mayor parte de los grupos de
810 vertebrados acuáticos, como es el caso de los ajolotes, o anfibios ambystomátidos
811 (Maldonado-Koerdell, 1953), en la cuencas alta y media; Smith y Taylor, 1966) y las
812 ranas *R. megápoda* y *R. neovolcánica* endémicas de la región (Guzmán, 1990). Como
813 ejemplo de la importancia de la fauna acuática, se presentan algunos datos para peces y
814 aves acuáticas.

815
816 Miller (1986) reporta 500 especies de peces dulceacuícolas para México, agrupados en
817 47 familias. Espinosa y colaboradores (1993) registran un total de 506 especies.
818 Guzmán (1990), para el occidente de México en el Eje Neovolcánico (Nayarit, Jalisco,
819 Guanajuato y Michoacán), menciona 98 especies de peces. En México se encuentra el
820 60% de los peces de agua dulce de Norteamérica y el 6% del total mundial. De las siete
821 familias con mayor número de especies endémicas cinco se encuentran en la zona:
822 Petromizontidae (lampreas), Goodeidae (godeidos), Cyprinidae (carpas), Atherinidae
823 (charales y pescados blancos) y Poeciliidae (pecílidos). Las dos primeras son exclusivas
824 del área. El endemismo es alto en la cuenca Lerma-Santiago (66%) y un poco menor en
825 la cuenca del Ameca (32%) y del Duero (15%) (Espinosa, 1993). Sánchez (1994)
826 menciona que 14 especies de peces de agua dulce han desaparecido en México y dos
827 extirpadas (sólo existen en otro país). De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-
828 059-ECOL-1994 se reportan 139 especies de peces de agua dulce para México que
829 están amenazadas (A+) o en peligro de extinción (P+), de las cuales 20 (14.4 %) se
830 encuentran en la región del Eje Neovolcánico. La presencia de las lampreas y de los
831 atherinidos nos recuerda el origen marino de esta peculiar fauna acuática en proceso de
832 extinción.

833
834 Los ecosistemas acuáticos del Eje Neovolcánico son una parte vital de la ruta central de
835 las aves migratorias que vienen de Canadá y de los Estados Unidos. Dentro de las
836 familias de aves migratorias y residentes presentes están: Podicipedidae, Anatidae,
837 Ardeidae, Rallidae, Pelecanidae, Phalacrocoracidae, Threskiornithidae,
838 Recurvirostridae, Jacanidae, Scolopacidae, Phalaropodidae, Laridae, Alcedinidae. En
839 Chapala hiberna un comunidad muy importante de pelícanos blancos (*Pelecanus*
840 *erythrorhynchus*) y en Sayula otra de gansos blancos (*Chen caerulescens*).

841
842
843 En general, más de 85% de las ecorregiones hidrológicas de Latinoamérica y el Caribe
844 están consideradas como críticas, en peligro o vulnerables. Si las comparamos con las
845 ecorregiones terrestres, las cuales presentan 60% de ecorregiones consideradas como
846 críticas, en peligro o vulnerables, resulta evidente que los ecosistemas de aguas
847 epicontinentales han sido sustancialmente más impactados que los terrestres.

848
849
850

851 **II. Impactos y Vulnerabilidad de los Ecosistemas**

852 Entre los principales problemas que atañen a las zonas costeras de México se
853 encuentran: la pérdida del hábitat en zonas intermareales, dunas o acantilados debido a
854 la deforestación, al cambio de uso de suelo para desarrollos urbanos, portuarios y
855 turísticos, a la minería o al relleno para construcción; la desaparición o disminución de
856 humedales debido a cambios en el uso de suelo o por asolvamiento o sedimentación,
857 producto de la alteración de los causes cuenca arriba (presas, deforestación).

858

859 Existe un mayor riesgo de los asentamientos humanos a los desastres naturales debido a
860 su emplazamiento en zonas inundables y por la eliminación o el deterioro de la
861 vegetación ribereña que estabiliza el sustrato y previene las avenidas; el deterioro del
862 paisaje y la calidad del agua; incendios; conflictos entre los sectores agropecuario,
863 turístico, industrial, pesquero, acuícola y minero; el déficit en el empleo y problemas de
864 delimitación, de regularización y de inspección y vigilancia, debido a la ocupación
865 irregular de la zona federal marítimo terrestre.

866

867 Los ecosistemas costeros son los ecosistemas mas amenazados por la actividad
868 antropogénica, debido a los efectos de la actividad industrial, agricultura aledaña,
869 turística, pesca, acuicultura, explotación de hidrocarburos y minerales, así como las
870 descargas de desechos urbanos, aguas negras y residuos industriales peligrosos. Los
871 humedales, por ejemplo, se encuentran entre los ecosistemas más afectados por las
872 actividades del hombre, tanto de manera directa como indirecta. Esta afectación está
873 llevando a una pérdida de servicios ambientales de gran importancia para la sociedad.
874 Las tendencias de deterioro van en aumento y las medidas tomadas aún son
875 insuficientes

876

877 En toda la zona costera, desafortunadamente el común denominador es el elevado grado
878 de contaminación acuática. En comparación, los ecosistemas mas contaminados están
879 en la región del Golfo de México, sin embargo, las regiones costeras del Pacifico están
880 también seriamente amenazadas por el desarrollo (turístico, industrial y acuícola)
881 insustentable que se esta dando en todo el litoral Mexicano. Aunado al impacto local y o
882 regional ahora tenemos la amenaza del potencial cambio climático, el cual a través del
883 calentamiento y la elevación del nivel del mar impactara a todos los ecosistemas
884 costeros. Pareciera que el litoral de México esta muriendo silenciosamente, hasta ahora
885 no ha existido la voluntad política ni la participación social para detener este deterioro.

886

887 **III. Prioridades de Investigación**

888 A nivel nacional, existe una importante carencia de información sistemática sobre
889 diferentes temas relacionados con los océanos y las costas, adicionalmente la
890 información existente se encuentra dispersa, sectorizada, y muchas veces acotada a una
891 cobertura local o micro-regional. A continuación se enuncian algunas de las prioridades
892 de investigación:

893

- 894 • Establecer la importancia de la investigación inter, multi y transdisciplinaria
895 para el manejo integrado de zona costera.
- 896 • Definir una estrategia que permita consolidar la investigación en el tema,
897 mediante la coordinación con y entre los centros de investigación y promover la
898 creación de redes para compartir y difundir la información.
- 899 • Propiciar la toma de decisiones informada con base en la mejor evidencia
900 científica y técnica, esto es la integración ciencia-manejo.

- 901 • Urge conocer cómo funcionan e interactúan verdaderamente todos los
902 componentes, biológicos y físico-ambientales, que constituyen a un manglar,
903 para integrar esa información al ecosistema entero.
- 904 • Para restaurar zonas de manglar, es necesario, además comprender la demografía
905 y estructura de las comunidades, así como su fisiología, fenología, dispersión y
906 reclutamiento, además en qué medida el clima, la hidrología, características del
907 suelo, determinan la dinámica de los manglares.
- 908 • Es necesario analizar la respuesta del ecosistema de manglar a los cambios
909 ambientales, tanto naturales como antropogénicos e identificar su potencial de
910 uso, sobre la base de sus atributos estructurales: bondades y limitaciones del
911 manejo, capacidad de extracción contra regeneración.
- 912 • Es urgente realizar la descripción inventaria, y mapeo de los humedales.
- 913 • Para los ecosistemas de la zona intremareal y dunas, se requiere promover la
914 investigación interdisciplinaria, y mejorar el proceso de gestión.
- 915 • Para los pocos ecosistemas del país para los que existe información sobre flujos
916 de carbono, nitrógeno y fósforo, la información suele ser puntual en el espacio o
917 en el tiempo, y con frecuencia es incompleta como para poder tener una imagen
918 integral de los procesos y almacenes que controlan dichos flujos, urge
919 desarrollar estos temas a nivel nacional.
- 920 • Es recomendable iniciar estudios integrales y sistemáticos de las lagunas
921 costeras estableciendo, incluso, algunos sitios para su monitoreo a largo plazo
922 (por ejemplo, contar con sitios LTER en el medio marino).
- 923 • Es necesario conocer la biomasa, estrategias de reproducción y crecimiento de
924 las macroalgas en relación a los parámetros oceanográficos y biológicos que los
925 afectan. Es necesario un enfoque sobre los mecanismos e interacciones a nivel
926 del ecosistema (no solo de un especie), que comprenda los varios niveles
927 temporales y espaciales de los eventos oceanográficos que influyen, desde
928 eventos de alta frecuencia como ondas internas (minutos) hasta eventos de baja
929 frecuencia como ENSO (años) o PDO (décadas).
- 930 • Se requiere incrementar el esfuerzo en estudios que permitan conocer el papel
931 ecológico de las macroalgas, particularmente en sistemas lagunares del Golfo de
932 México, el Golfo de Tehuantepec y del Mar Caribe. Desde el punto de vista
933 ecológico y de sustentabilidad, sería prioritario el estudio de algas capaces de
934 formar mantos.
- 935 • Los análisis de redes tróficas y de la ecología funcional ofrecen una nueva visión
936 sobre los arrecifes de coral, y ambos deben ser explorados con mayor
937 profundidad ya que ofrecen información fundamental para el planteo de
938 estrategias de conservación no sólo de la estructura, sino también de la función
939 del sistema.
- 940 • Se requiere conocer el papel de los ecosistemas coralinos en el flujo de carbono
941 océano – atmósfera es fundamental, ya que su estructura está basada en CaCO_3 ,
942 por lo que es impostergable llevar a cabo estudios in situ.
- 943 • En las investigaciones sobre los ecosistemas limnéticos, es importante definir un
944 criterio en cuanto a la unidad básica de estudio: ecorregión, región, cuenca
945 hidrográfica o cuenca hidrológica o al menos establecer las interrelaciones entre
946 ellas.
- 947 • La conservación y rehabilitación de los cuerpos de agua y de su biodiversidad
948 acuática es una prioridad nacional ante la crisis ambiental que ha enfrentado el
949 país en las últimas décadas.

- 950 • El establecimiento de prioridades requiere de una regionalización que, tomando
951 en cuenta diferentes criterios, es utilizada cada vez más en el contexto ambiental
952 con fines de planeación, manejo y conservación de los ecosistemas y sus
953 recursos.
- 954 • Es necesario hacer uso de regionalizaciones que permitan estudiar por partes y
955 de una manera ordenada y jerárquica con relación al resto del territorio nacional,
956 las características ecológicas (geomorfológicas, climáticas, biológicas y otras)
957 que influyen en la disponibilidad de agua con la cantidad, calidad y
958 temporalidad que los diferentes sectores de la sociedad requieren.
959

960 **IV. Retos para la Toma de Decisión**

961 La problemática de la zona costera ha sido abordada por la gestión pública de manera
962 desarticulada y los esfuerzos institucionales por manejar la franja costera han sido
963 planteados desde visiones sectoriales aisladas. De este modo, los planes y programas
964 vinculados a la zona costera se encuentran dispersos en distintas instituciones públicas,
965 sin articulación evidente. Asimismo, la información científica existente sobre nuestros
966 océanos y costas es heterogénea y fragmentaria debido ha sido generada para cumplir
967 objetivos parciales y dispersos.
968

969 Las regiones costeras de México son un mosaico de procesos y ecosistemas,
970 interrelacionados con los sistemas productivos en mayor o menor medida. Es por lo
971 tanto urgente implementar un enfoque de “manejo integrado de ecosistemas”, el cual ha
972 sido impulsado recientemente en los foros internacionales, el cual busca lograr la
973 sustentabilidad intergeneracional de los bienes y servicios que brindan los ecosistemas a
974 través del mantenimiento de sus estructura y función y de los procesos que dependen de
975 estos. El enfoque representa un cambio de paradigma al pasar de un visión de enfoques
976 temáticos sectoriales de corto plazo y de manejo monoespecífico, hacia una visión de
977 manejo integral que reconoce las interconexiones entre los sistemas biológicos y los
978 sistemas económicos y sociales como parte de los ecosistemas mismos, con
979 características emergentes a través de las escalas de estudio y temporalmente hacia el
980 largo plazo.
981

982 Asimismo, esta visión implica la interdisciplinariedad en los programas de investigación
983 de los ecosistemas y los procesos productivos, así como una transversalidad en términos
984 de la gestión ambiental y la coordinación interinstitucional a fin de dotar de un marco de
985 gobernanza que involucre y responsabilice a toda la sociedad en su conjunto.
986

987 La zona costera de México debe ser considerada como una zona prioritaria y su gestión
988 debe abordarse integralmente como un tema de seguridad nacional que incluye a los
989 riesgos por fenómenos naturales y la vulnerabilidad de la población e infraestructura a
990 estos, así como de autosuficiencia alimentaria, manejo hídrico, soberanía, entre otros,
991 impulsando una política ambiental nacional sobre océanos y costas que proporcione las
992 bases para su desarrollo sustentable.
993

994 Hay tres problemas principales que enfrentan los tomadores de decisión, un limitado
995 conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas y de la dinámica de los recursos
996 acuáticos, una capacidad mínima para administrar los recursos, y una habilidad limitada
997 para integrar prioridades de los ambientes acuáticos para elaborar las políticas públicas
998 apropiadas para un manejo sustentable de los mismos. El limitado conocimiento sobre
999 el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y sus recursos, resulta en una pérdida de

1000 oportunidades para el desarrollo socioeconómico integral (productos, servicios y
1001 empleos) de los estados costeros y el país en general. La reducida capacidad de
1002 administración resulta en una falta de producción a niveles altos y sostenidos, y la poca
1003 capacidad para integrar las prioridades en políticas públicas apropiadas, causa conflictos
1004 e impactos negativos en la economía y la sociedad y por ende en el medioambiente. Al
1005 final, además de la sociedad, el perdedor es el capital natural del país, esto es la tan
1006 conocida “tragedia de los bienes comunes”. Para promover un desarrollo sostenible que
1007 garantice el patrimonio ecológico para generaciones futuras, se requiere de
1008 investigaciones orientadas al conocimiento y cuantificación, en detalle, de los procesos
1009 físicos, químicos, biológicos y por lo tanto ecológicos, responsables de los flujos de
1010 materiales y energía. Esto implica la participación multi e interdisciplinaria de un gran
1011 número de especialistas desde aspectos básicos hasta aplicados. Asimismo, se requiere
1012 cuantificar el impacto de la actividad pesquera, de la actividad industrial, conocer la de
1013 capacidad de carga y nivel de deterioro de los ecosistemas, evaluar y controlar el
1014 crecimiento poblacional, diversificar las actividades productivas, conocer y aprovechar
1015 recursos naturales alternativos a los ya explotados, realizar estudios de monitoreo
1016 ecológico, entre otras actividades de investigación necesarias. La información emanada
1017 de este tipo de investigaciones es la base para una toma de decisiones adecuada en el
1018 manejo de los recursos naturales de nuestro país. Los ecosistemas marinos son
1019 complejos, ecológicamente sensibles, extremadamente vulnerables, que están
1020 enormemente y muchas veces bajo presiones ignoradas. Minando su funcionamiento
1021 estamos poniendo en riesgo la extinción de especies, la pérdida de hábitat y la
1022 destrucción de corredores biológicos que pueden comprometer seriamente los procesos
1023 que sustentan la vida en el planeta.

1024

1025 **Referencias**

1026 Alcocer, J. 2002. Surface water- major challenges in Mexico. *LakeLine*, North American Lake
1027 Management Society. 22, 28.31 p..

1028

1029 Aldama, A. 2002. Water resources in Mexico. *LakeLine*, North American Lake Management
1030 Society. 22, 12-19 p

1031

1032 Álvarez, T. y de Lachica, F., 1974. Zoogeografía de los vertebrados de México. *En* El Escenario
1033 geográfico II. Recursos naturales. Sría. Educ. Públ., Inst. Nal. Antropol. Hist., México. 219-332
1034 pp.

1035

1036 Arredondo, F.J.L. y C.D. Aguilar. 1987. Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas
1037 realizadas en lagos mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna. *En* Gómez, A.S. y V.F.
1038 Arenas. (Ed.) Contribuciones en hidrobiología. Mem. Reunión A. Villalobos. Inst. Bio.I, Univ.
1039 Nal. Autón. México. México. 113-123 pp.

1040

1041 Arredondo, F.J.L., 1995. Los Axalapascos de la Cuenca Oriental, Puebla. *En* García,
1042 C.J.L. y de la Lanza, E.G. 1995 (Comp.) Lagos y Presas de México. Centro de Ecología
1043 y Desarrollo. 65-88 pp.

1044

1045 Arreguín, C.F.I., A.K. Biswas y A.R. Talavera. 1996. Fortalecimiento de las capacidades
1046 institucionales del subsector agua en México. Com. Nal. Agua., Inst. Méx. Tecnol. Agua.,
1047 Morelos. 54 pp.

1048

- 1049 Arreguín, C.F.I., A.P.F. Martínez y L.V. Trueba. 2004. El agua en México. Una visión
1050 institucional. En Jiménez, B. y L. Marín. (Ed.) El agua en México vista desde la
1051 academia. Academia Mexicana de Ciencias. México. 251 – 270 pp.
- 1052
- 1053 Arreola-Lizárraga, A; Flores-Verdugo, F. J., y Ortega-Rubio, A. 2004. Structure and litterfall of
1054 an arid mangrove stand on the Gulf of California. *Aquatic Botany*, 79:137-143.
- 1055
- 1056 Arriaga, C.L., S.V. Aguilar y D.J. Alcocer. 2000. Aguas Continentales y Diversidad Biológica
1057 de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 327
1058 pp.
- 1059
- 1060 Bassols, 1976. Geografía Económica de México. Ed. Trillas. México. 440 pp.
- 1061
- 1062 Brown, J. H. y M. V. Lomolino. 1998. Biogeography. Second Edition. Sinauer Ass., Inc.
1063 Publishers. Sunderland, MA. EUA. 691 p.
- 1064
- 1065 Calderon-Aguilera L.E y H. Reyes Bonilla. 2005. Arrecifes, una interacción de bella
1066 complejidad. *Ciencia y Desarrollo (México)*, 30:7-11.
- 1067
- 1068 Camacho-Ibar, V.F., Carriquiry, J.D. y Smith, S.V. (2003). Non-conservative P and N Fluxes and Net
1069 Ecosystem Production in San Quintin Bay, México. *Estuaries*. 26 (5): 1220-1237
- 1070
- 1071 Carricart Ganivet, J.P. y G. Horta Puga. 1993. Arrecifes de coral en México. pp. 81-92 En: S. I.
1072 Castañeda-López, O. y Contreras-Espinosa, F. (2003). El Centro de Documentación
1073 “Ecosistemas Litorales Mexicanos” como herramienta de diagnóstico. *ContactoS* 48, 5-17.
- 1074
- 1075 Castañeda-López, O. y Contreras-Espinosa, F. (2003). El Centro de Documentación
1076 “Ecosistemas Litorales Mexicanos” como herramienta de diagnóstico. *ContactoS* 48, 5-
1077 17.
- 1078
- 1079 Clark, J. R. 1996. Coastal Zone Management Handbook. CRC/Lewis Publishers, NY., 704 pp.
- 1080 CONABIO. 1998. La Diversidad Biológica de México: Estudio de País.
1081 http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/estrategia_nacional/doctos/estudio_pais.html
- 1082
- 1083 Contreras, F., 2005. Humedales costeros mexicanos. En: Abarca F. y Herzig M. (eds). Manual
1084 para el manejo y la conservación de los Humedales en México. Octava Edición: 64p.
- 1085
- 1086 Cushman, J. H. 1995. Ecosystem-level consequences of species additions and deletions on
1087 islands. Pages 135-147 in P. M. Vitousek, L. L. Loope and H. Anderson (eds.), *Islands:*
1088 *Biological Diversity and Ecosystem Function*. Springer-Verlag. New York.
- 1089
- 1090 De la Lanza-Espino, G. 2004 Zona costera y oceánica de México. *Ciencias*. Octubre-diciembre
1091 p.p. 4-13.
- 1092
- 1093 Diamond, J. M. 1989. Overview of recent extinctions. En: D. Western and M. C. Pearl (eds.),
1094 *Conservation for the Twenty-first Century*. Oxford University Press, p. 37-41, New York.
- 1095
- 1096 DOF. 2004. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. México. Marzo 15.
- 1097
- 1098 Dugan, P. 2005. Guide to wetlands. Firefly Books Ltd. Notario, Canada. 296 pp
- 1099
- 1100 Elton, C. S. 1958. The Ecology of Invasions by Animals and Plants. Methuen, London.

1101
1102 Flores-Verdugo, F. J.; González-Farías F., Zamorano D. S. y Ramírez-García P., 1992.
1103 Mangrove Ecosystems of the Pacific Coast of Mexico: Distribution, structure, litterfall and
1104 detritus dynamics. In U. Seliger (Eds.). Coastal plant communities of Latin America. Academic
1105 Press, Inc. p:269-288.
1106
1107 Flores-Verdugo, F., F. González-Farías y U. Zaragoza-Araujo. 1998. Ecological parameters of
1108 the mangroves of semi-arid regions of Mexico: Important for ecosystem management. p: 123-
1109 132. En: H. Lieth y A. Al Massom (eds.). Towards the rational use of high salinity tolerant
1110 plants. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
1111
1112 Friscione Carrascosa, A. 2005. Archipiélago Revillagigedo, una extensión de nuestras fronteras.
1113 Universidad Nacional Autónoma de México y Secretaría de Marina. México, D.F. 117 p.
1114
1115 García, C.J.L. y E.G. de la Lanza. 1995. (Comp.) Lagos y Presas de México. Centro de Ecología
1116 y Desarrollo. México. 320 pp.
1117
1118 García-Calderón, J. L. y G. de la Lanza-Espino. 2002. Las aguas epicontinentales de México.
1119 En de la Lanza-Espino, G. y J.L. García-Calderón. Lagos y Presas de México. AGT Editor.
1120 México. 5 – 34 pp.
1121
1122 García-Calderón, J.L., de la Lanza-Espino, G. e Ibáñez-Aguirre, A.L. 2002. Las aguas
1123 epicontinentales de México y sus pesquerías. En: Pérez-Velázquez, P.A., L.E. Cruz-Suárez.
1124 E.A.
1125
1126 Groombridge, B. 1992. Global biodiversity: status of the earth's living resources. World
1127 Conservation Monitoring Center. Chapman and Hall. London.
1128
1129 Guzmán, A.M., 1990. La Fauna Acuática de la Nueva Galicia. Una aproximación a la
1130 problemática de su estudio y conservación. Universidad de Guadalajara. Tiempos de
1131 Ciencia 20. 1-46 pp.
1132
1133 Hobbs, H.H., 1972. Biota of freshwater ecosystems, Crayfishes (Astacidae) of North
1134 and Middle America. U.S. Env. Prot. Agen., Identification manual 9: 145, 150-152 pp.
1135
1136 Ibarra-Obando, Camacho-Ibar, V.F., Carriquiry, J.D., y Smith, S.V. (2001). Upwelling and
1137 lagoonal ecosystems of the dry Pacific coast of Baja California, p. 315–329. In U. Seliger and
1138 B. Kjerfve (eds.), Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Springer-Verlag, Germany.
1139
1140 Iglesias Prieto, R., V.H. Beltrán, T.C. LaJeunesse, H. Reyes Bonilla y P.E. Thomé. 2004.
1141 Different algal symbionts explain the vertical distribution of dominant reef corals in the eastern
1142 Pacific. Proceedings of the Royal Society of London, series A 271: 1757 – 1763
1143
1144 INEGI. 1991. Datos básicos de la Geografía de México. Inst. Nal. Estad. Geo. Info.,
1145 México. 141 pp.
1146
1147 INEGI, 1997. Estadísticas del medio ambiente. México. *INEGI*, México
1148
1149 INEGI, 2001. Portal de Internet del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática.
1150 [Http://p.mapserver.inegi.gob.mx/geografia/español/datosgeogra/extterri/frontera.cfm?c=154](http://p.mapserver.inegi.gob.mx/geografia/español/datosgeogra/extterri/frontera.cfm?c=154).
1151

- 1152 Jordán Dahlgren, E. 1993. El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico mexicano.
1153 Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 44: 157-175.
- 1154 Jordán Dahlgren, E y R. Rodríguez Martínez. 2003. The Atlantic coral reefs of Mexico. pp 331-
1155 349, En: J. Cortés (ed.). Coral reefs of Latin America. Elsevier, Amsterdam.
- 1156
- 1157 Junk, W.J. 2002. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands.
1158 Environmental conservation 29 (4): 414-435
- 1159
- 1160 Kellogg, C. H., S. D. Bridgham, y S. A. Leitch. 2003. Effects of water level, shade and time on
1161 germination and growth of freshwater marsh plants along a simulated successional gradient.
1162 Journal of Ecology 91:274-282.
- 1163
- 1164 Lankford, R.R., 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. 182-215. En.
1165 Willey (Ed). Estuarine Processes, Academia Press, Inc. Nueva Cork.
- 1166
- 1167 Lara-Lara, J. R., Alvarez-Borrego, S., y Small, L.F.. (1980). Variability and tidal exchange of
1168 ecological properties in a coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 11:613-637.
1169
- 1170 López, H. M., 2006 (en prensa). Los ríos en México: sistemas altamente vulnerables. En: De la
1171 Lanza, E. G. Las aguas interiores de México, conceptos y casos. AGT.
- 1172
- 1173 López-Portillo J. y E. Ezcurra. 2002. Los Manglares de México: Una revisión. Madera y
1174 Bosque. Número Especial: 27-51.
- 1175
- 1176 López-Portillo, J. y E. Escurra. 1989. Zonation in mangrove and salt marsh vegetation at
1177 Laguna de Mecoaacán, México. *Biotropica* 21 (2):107-114.
- 1178
- 1179 Lot, A. y A. Novelo. 2004. Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y
1180 sus alrededores. UNAM. México D.F. 206 pp.
- 1181
- 1182 Maldonado-Koerdell, M., 1953. Anfibios. En Beltrán, E., (Edit). Vida silvestre y
1183 recursos naturales a lo largo de la carretera Panamericana. Inst. Méx. Rec. Nat. Renov.,
1184 México. 107-120 pp.
- 1185
- 1186 Miller, R.R., 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of México.
1187 An. Esc. Nal. Cien. Biol., México. 30. 121-153 pp.
- 1188
- 1189 Mooney, H. A. y J. A. Drake (eds.). 1986. Ecology of Biological Invasions of North America
1190 and Hawaii. Springer-Verlag. New York.
- 1191
- 1192 Moors, P. J. 1985. Conservation of Island Birds. International Council for Bird Preservation.
1193 Cambridge, England.
- 1194
- 1195 Moreno-Casasola, P., H. López R. y S. Garza. 2005. Flora y vegetación de los humedales de
1196 México. En: Abarca, F. y M. Herzig. (Ed.). *Manual para el Manejo y Conocimiento de los*
1197 *Humedales. Textos Adicionales.* SEMARNAP-Arizona Fish and Wildlife. México D.F.
- 1198
- 1199 Mumby, P.J., A.J. Edwards, J.E. Arias González, K.C. Lindeman, P.G. Blackwell, A. Gall, M.I.
1200 Gorchynska, A.R. Harborne, C.L. Pescod, H. Renken, C.C.C. Wabnitz y G. Llewellyn. 2004.
1201
- 1202 Noe, G. B. 2002. Temporal variability matters: effects of constant vs. varying moisture and
1203 salinity on germination. *Ecological Monographs* 72 (3):427-447.
- 1204

- 1205 Ortíz- Hernández, M.C. (2006). Contribución de las interacciones abióticas a los flujos no-
1206 conservativos del fósforo inorgánico disuelto en la Bahía de San Quintín, B.C. Tesis de
1207 Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California. 142 pp.
1208
- 1209 Ortiz-Pérez, M.A. y de la Lanza-Espino, G. (en prensa). Diferenciación del espacio costero de
1210 México: un inventario regional. Instituto de Geografía, UNAM.
1211
- 1212 Pandolfi, J.M., R.H. Bradbury, E. Sala, T.P. Hughes, K.A. Bjorndal, R.G. Cooke, D. McArdle,
1213 L. McClenachan, M.J.H. Newman, G. Paredes, R.R. Warner y J.B.C. Jackson. 2003. Global
1214 trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science* 301: 955-958.
1215
- 1216 Pannier R. y F. Pannier. 1980. Estructura y dinámica del ecosistema de Manglares: Un enfoque
1217 global de la problemática. En: UNESCO, Oficina regional de ciencia y tecnología para América
1218 Latina (Ed.), Estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares. Memorias del
1219 seminario organizado por UNESCO, con el auspicio del Gobierno de Colombia. Cali,
1220 Colombia. 27 de noviembre al 1° de diciembre de 1978. p: 47-54.
1221
- 1222 Reyes Bonilla, H. 2003. Coral reefs of the Pacific coast of México. pp 331-349, En: J. Cortés
1223 (ed.). *Coral reefs of Latin America*. Elsevier, Amsterdam.
1224
- 1225 Reyes Bonilla, H., L.E. Calderón Aguilera, G. Cruz Piñón, P. Medina Rosas, R.A. López Pérez,
1226 A.L. Cupul Magaña, M.D. Herrero Pérezrul, G.E. Leyte Morales y J.D. Carriquiry. 2005. Atlas
1227 de los corales pétreos del Pacífico de México. CICIMAR/CICESE/ Universidad de
1228 Guadalajara/Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz.
1229
- 1230 Sánchez, P. J. A., Tershy, B. y J. L. Aguilar. 2000. Acciones de conservación de las islas de
1231 México. *Gaceta Ecológica* 56:41-45.
1232
- 1233 SARH. 1994. Inventario Nacional Forestal. Periodo 1992-1994. Informe de la Subsecretaría
1234 Forestal y de la Fauna Silvestre. México.
1235
- 1236 Shiklomanov, I. 2002. World Water resources at the beginning of the 21st century, PHI-
1237 UNESCO.
1238
- 1239 Smith, H.M. y Taylor, E.H., 1966. Herpetology of Mexico Annotated checklist and keys
1240 to the amphibians and reptiles. E. Lundberg. Maryland. 253 pp.
1241
- 1242 Smith, S.V. , Marshall-Crossland, J.I., y Crossland, C.J. (Editores). (1999). Mexican and central
1243 American coastal lagoon systems: carbon, nitrogen and phosphorus fluxes (Regional Workshop
1244 II). *LOICZ Reports and Studies No.13* , + 115 pp. LOICZ, Texel, The Netherlands.
1245
- 1246 Sorensen, J. 1997. National and international efforts at integrated coastal management:
1247 definitions, achievements, and lessons. *Coastal Management* 25: 3-41.
1248
- 1249 Spalding, M.D. 2004. A guide to the coral reefs of the Caribbean. University of California
1250 Press, Berkeley.
1251
- 1252 Spalding. M. D., F. Blasco y C. Field. 1997. World mangrove atlas. The International Society
1253 for Mangrove Ecosystem. Japan, 178 pp.
1254
- 1255 Tamayo, J.L. y West, R.C., 1964. The Hidrography of Middle America. *En* Vauchope,
1256 R. (Edit.), *Handbook of Middle American Indians*. Vol. I. Natural environment and
1257 early cultures. Univ. Texas Press. Austin. 84-121 pp.

- 1258
- 1259 Tamayo, J.L., 1984. Geografía moderna de México. Edit. Trillas. México. 400 pp.
- 1260
- 1261 Tershy, B. R. and D. Croll. 1994. Avoiding the problems of fragmentation by preserving
1262 fragments: the benefits of conserving small islands. Page 158 in Abstracts, 1994 International
1263 Meeting of the Society for Conservation Biology and the Association for Tropical Biology.
1264 Guadalajara, Jalisco, México.
1265
- 1266 Torres, O.B.R. y A.R. Pérez. 1995. El Lago de Catemaco. *En* García, C.J.L. y de la Lanza, E.G.
1267 1995 (Comp.) Lagos y Presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo. 155-176 pp.
- 1268
- 1269 Tovilla-Hernández, C., 1998. Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos
1270 socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoanapa, Guerrero, México. Tesis Doctoral.
1271 Facultad de Ciencias. UNAM 363 p.
1272
- 1273 Travieso-Bello, A.C. 2005. Evaluación de indicadores de sustentabilidad de la
1274 ganadería bovina en la costa de Veracruz central, México. Doctorado en Ecología y
1275 Manejo de Recursos. Tesis Doctoral. Instituto de Ecología A.C., Xalapa. Ver. 8 de
1276 septiembre de 2005.
1277
- 1278 Tricart, J., 1985. Pro-Lagos, Los lagos del Eje Neovolcánico de México. Inst. Geog., Univ. Nal.
1279 Autón. México. Univ. L. Pasteur, Strasbourg I. Con. Nal. Cien. Tecnol. Cent. Nat. Rech. Sci.,
1280 México. 66 pp.
- 1281
- 1282 Vales, G., F. Rodríguez, R. De La Maza, M. Gomez, C. Bretón. 2000. Areas Naturales
1283 Protegidas de México. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP.
1284
- 1285 Vargas Hernández, J.M. y M.A.M. Román Vives. 2002. Corales pétreos de Veracruz: Guía de
1286 identificación. Acuario de Veracruz, Veracruz.
1287
- 1288 Vega Cendejas, M.E. y F. Arreguín Sánchez. 2001. Energy fluxes in a mangrove ecosystem
1289 from a coastal lagoon in Yucatan Peninsula, Mexico. *Ecological Modelling*. 137: 119-133.
1290
- 1291 Vidal, L.J., Valero G.M. y Rangel, R.M., 1985. Frontera acuícola. Sría. Rec. Hidrául.,
1292 Comisión Plan Nacional Hidráulico. México. 216 pp.
- 1293
- 1294 Villalobos, F.A., 1982. Decápoda. *En* Hurlbert, S.H. y Villalobos, F.A., Aquatic Biota
1295 of México, Central America and the West Indies. San Diego St. Univ., San Diego. 215-
1296 239 pp.
- 1297
- 1298 West, C.R., 1964. The natural regions in Middle America. *En* Vauchope, R., (Edit.),
1299 Handbook of Middle American Indians. Vol. I. Natural environment and early cultures.
1300 Univ. Texas Press. Austin. 363-383 pp.
- 1301
- 1302 Whitton, B. A. 1975. River ecology. Blackwell Scientific Publications, Great Britain. 725 pp.
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309

1310 **Lista de Leyendas de las Figuras**

1311

1312 Figura 1. Zona costera

1313

1314 Figura 2. Ubicación de manglares derivado de mapa de “Uso de suelo y Vegetación”
1315 INEGI-INE 1996, agrupado por CONABIO 1998. Escala 1: 1 000 000. Manglar en

1316 Rojo.

1317

1318 Figura 3. Distribución de los humedales de México

1319

1320 Figura 4. Perfil idealizado del sistema lagunar - estuarino

1321

1322 Figura 5. Distribución de arrecifes coralinos

1323

1324 Figura 6. Los principales Ríos de México

1325

1326 Figura 7. La contaminación orgánica

1327

1328 Figura 8. Áreas naturales protegidas y las regiones hidrológicas prioritarias

1329

1330 Figura 9. El eje neovolcánico y la megadiversidad de México (Guzmán, 2005)

1331

1332

1333

1334 **Lista de Leyenda de Tablas**

1335

1336 Tabla 1. Tasas de productividad primaria del fitoplancton de diversas lagunas costeras
1337 de México.