

El Colegio de Sonora  
BIBLIOTECA



\* 2 6 2 9 9 \*

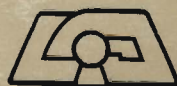
# Agua, Recursos Naturales y Medio Ambiente en Sonora



*Proambiente*



GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA  
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA URBANA Y ECOLOGÍA

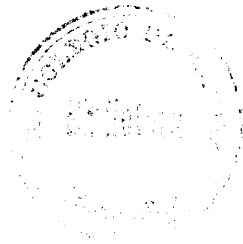


El Colegio de Sonora

Primera edición, 1992

**Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología**  
Ignacio Cabrera Fernández  
Secretario

**El Colegio de Sonora**  
Jorge Luis Ibarra Mendívil  
Rector



04540-88.M49  
.E36

Reg/14949

Fotografía de portada: Memo Moreno

D.R. © Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología  
Palacio Administrativo. 1<sup>er</sup> Piso.  
Tehuantepec y Comonfort  
C.P. 83270  
Hermosillo, Sonora, México.  
y  
El Colegio de Sonora  
Obregón 54  
C.P. 83000  
Hermosillo, Sonora, México.

ISBN 968-6755-05-5

## Índice

<i>Presentación.</i>	
Manlio Fabio Beltrones Rivera. . . . .	11
<i>Prólogo.</i>	
Jorge Luis Ibarra Mendívil. . . . .	13
<i>Introducción.</i>	
Ignacio Cabrera Fernández. . . . .	17
<b>Parte I: Ecología</b>	
<i>Ecología, utilización y conservación de las comunidades vegetales en el estado de Sonora. Un análisis.</i>	
Alejandro Castellanos. . . . .	25
<i>Las áreas naturales protegidas y el desarrollo ecológico del estado de Sonora.</i>	
Alberto Búrquez y Angelina Martínez. . . . .	39
<i>Ecología y conservación del Alto Golfo de California.</i>	
Juan Carlos Barrera y José Campoy. . . . .	47
<i>Importancia ecológica del Estero del Soldado.</i>	
Mauricio Cervantes, Lloyd Findley, Karl Holtschmit, Fernando Manrique, Carlos Pantoja, Alejandro Robles, Guillermo Soberón y Omar Vidal. . . . .	73
<i>Recursos bióticos del Desierto de Sonora.</i>	
Richard Felger. . . . .	91

**Parte II: Recursos Naturales**

*Desarrollo y conservación de la biodiversidad.*  
 Carlos Galindo. . . . . 101

*Plantas del Desierto Sonorense con utilización actual y potencial.*  
 Gilberto Solís y Carmen Molina. . . . . 107

*Zacate buffel y biodiversidad en el Desierto Sonorense.*  
 Donald Johnson y Alberto Navarro. . . . . 117

*La actividad forestal en el estado de Sonora.*  
 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. . . . . 123

*Perspectivas del manejo de agostaderos y el fomento de fauna silvestre.*  
 Carlos Alcalá . . . . . 129

*Fauna de Sonora: riqueza y estado actual.*  
 Iván Parra y Adrián Quijada . . . . . 139

**Parte III: Medio Ambiente**

↳ *Diagnóstico de la contaminación del agua en el estado de Sonora.*  
 Patricia Celis. . . . . 165

*Efectos ambientales en la agricultura: uso de plaguicidas y estrategias de manejo de insecticidas.*  
 José Luis Martínez Carrillo. . . . . 189

*La ganadería bovina sonorense: cambios productivos y deterioro del medio ambiente.*  
 Emma Paulina Pérez. . . . . 197

*El impacto ambiental de la acuicultura sobre la costa del Mar de Cortés.*  
 Walter Dioni. . . . . 217

*Hidrocontaminación salina del río Colorado.*  
 Arturo González. . . . . 223

*Pesca y medio ambiente en Guaymas. Algunos aspectos sobre la problemática ambiental.*  
 Shoko Doode, Miguel Angel Cisneros y Gabriela Montemayor. . . . . 241

✕ *Problemática actual de la contaminación de la bahía de Guaymas, Sonora y proximidades.*  
 Marco Carrillo y Catalina González. . . . . 253

↳ *Industria, ciudad y medio ambiente en la frontera sonorense.*  
 Francisco Lara. . . . . 267

↳ *Productos tóxicos y potencialmente peligrosos en la industria fronteriza.*  
 Catalina Denman. . . . . 277

↳ *Propuesta integral de reforestación y tratamiento de aguas residuales en Hermosillo.*  
 José María del Castillo. . . . . 299

↳ *Concentración de partículas suspendidas totales en la ciudad de Hermosillo. (1990-1991).*  
 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. . . . . 333

*Probables impactos ambientales del Tratado de Libre Comercio en el estado de Sonora.*  
 José Luis Moreno. . . . . 349

**Parte IV: Medio Ambiente y Participación Ciudadana**

*La problemática ecológica de Sonora y la sociedad civil.*  
 María Elena Barajas. . . . . 363

*Industrialización, contaminación del agua y alternativas en Nogales.*  
 Richard Kamp. . . . . 371

- Estudio sobre la basura en Nogales, Sonora. María Guerrero y Miguel Salazar. . . . .	381
* Integración comunitaria en la defensa del medio ambiente. Teresa Leal . . . . .	385
- Seguridad pública: propuestas para reducir riesgos ambientales. Gildardo Acosta y Miguel Angel González. . . . .	391
Directorio de autores . . . . .	397

## Presentación

Con honestidad los sonorenses reconocemos que, al igual que otras muchas sociedades, también cedimos ante las espectaculares perspectivas de un crecimiento acelerado, orientado a fortalecer lo material, por encima de lo natural.

Nuestro entorno ecológico se fue degradando y, si bien es cierto que con aquel criterio pudimos edificar una gran plataforma para producir riqueza, también lo es que lo alcanzado tuvo un costo desproporcionado en términos de un detrimento ambiental en algunos casos irreversible.

Es por ello que quienes nacimos en este girón de la patria nos proponemos hacer de Sonora sinónimo de cariño a la tierra, acicate de fuerza y conciencia por defender e integrarnos al habitat regional.

No debemos permitir que los jóvenes, los niños y, mucho menos, las futuras generaciones, sufran las consecuencias de los desequilibrios que ahora podemos evitar. Por eso estamos empeñados en revertir el daño inferido a la biodiversidad, la cual, estoy seguro, lograremos sin necesidad de renunciar al desarrollo que justamente anhelamos.

La sociedad sonorense aspira legítimamente a vivir con mejores oportunidades, y a disfrutar de los bienes naturales en todo su valor y belleza. Esta es la dimensión moral del progreso que demandan los tiempos de modernidad. La administración que me honro en encabezar, asegura la continuidad de las acciones de salud a través del respeto a los recursos naturales, que son nuestro mejor legado a la población del porvenir.

La meta es conciliar progreso con responsabilidad ecológica, y en ello estamos trabajando; muestra clara es el programa estatal ambiental -Proambiente-, que hemos puesto en marcha, al cual debemos agregar este fruto editorial que compendia múltiples esfuerzos científicos dirigidos a preservar nuestro aire, tierra, agua, flora y fauna.

Esta publicación contiene alternativas de solución a la dificultad que actualmente padece el medio natural sonorense, y el objetivo de

de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.  
UABC-Unidad de Ciencias Marinas, Tomo I, Sec.I p. 5-177.

Vermeij, G.J. (1978). *Biogeography and adaptation, patterns of marine life*.  
Harvard Univ. Press, 332pp.

Vidal, O. (1990). Population biology and exploitation of the vaquita,  
*Phocoena sinus*. Rep. Inédito presentado en la 42 Reunión de  
la Comisión Ballenera Internacional, Holanda, Junio 1990.30  
P.

Villareal, G. (1990). Observaciones ecológicas en Laguna Percebú,  
Baja California. *Ciencias Marinas* 16 (3):77-91.

Walker, B.W. (1960). The distribution and affinities of the marine fish  
fauna of the Gulf of California. *Syst. Zool.* Vol. 9: 123-133.

## Importancia ecológica del Estero del Soldado

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey<sup>1</sup>

### Introducción

Mucha gente considera a los manglares como tierras inservibles y sin ninguna utilidad. Una de las finalidades de este trabajo es demostrar lo contrario, ya que son sistemas con gran importancia ecológica y económica.

El estero del Soldado es una pequeña laguna costera localizado en los 27°57'N y 110°59'W, aproximadamente a 20 km al noroeste de la ciudad de Guaymas, a menos de 10 km al este de la bahía de San Carlos, Sonora.

La laguna es pequeña, con una extensión de 1.4 km<sup>2</sup>, y aguas muy someras, con profundidad promedio de 60.9 cm (quedando, en las mareas más bajas, expuesto el fondo de toda la laguna con excepción de la cabeza). Está localizada en una depresión delimitada al noreste por un arco de montañas y al suroeste por el Mar de Cortés (Figura 1) (Russell, 1981).

Debido a que la evaporación es mayor que la precipitación y a la ausencia de aportes fluviales, la laguna tiene un gradiente de salinidad negativo de la boca a la parte posterior; esto es, se tienen mayores salinidades en la cabeza de la laguna (>40‰) que en la boca (~35‰) (Thomson, 1973).

Según Thomson (1973), el Estero del Soldado tiene 5 hábitats, caracterizados por distintos tipos de comunidades: (1) orilla rocosa en el sureste, (2) manglar en el centro y porciones marginales cerca

---

1 Este trabajo fue realizado en el Departamento de Ciencias Marinas del Campus Guaymas. En él participaron: Mauricio Cervantes, Lloyd T. Findley, Karl H. Holtschmit, Fernando Manrique, Carlos Pantoja, Alejandro Robles, Guillermo Soberón-Chávez y Omar Vidal.

de la boca, (3) fondos y orillas lodosas en la cabeza de la laguna, (4) orillas arenosas en la región del delta antiguo y en los canales principales y, (5) aguas abiertas (pelágico).

La comunidad de manglar cubre una extensión aproximada de 1.9 ha, extendiéndose desde la boca al oeste y noroeste, formando dos franjas paralelas.

## El manglar del Estero del Soldado

### a) Definición de manglar.

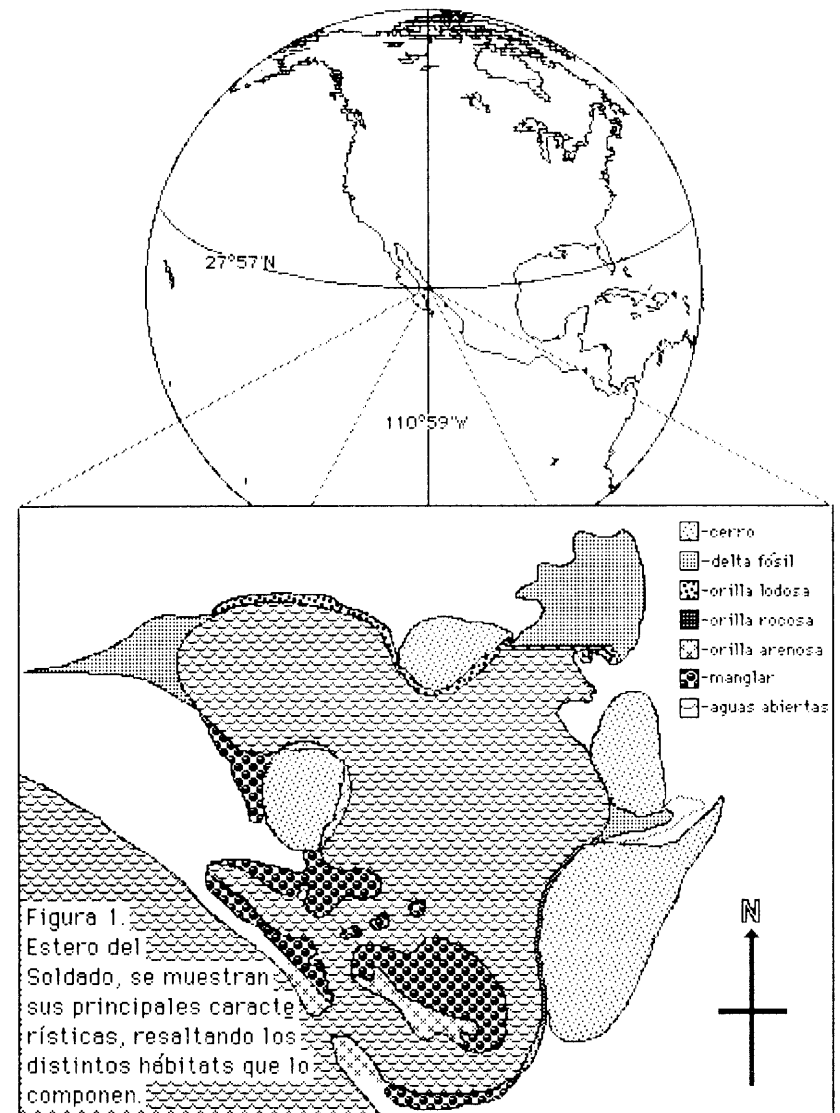
Según Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983a), la palabra manglar se usa para designar a un grupo de especies de árboles o arbustos que poseen adaptaciones que les permiten colonizar terrenos anegados y sujetos a intrusiones de agua salada. El manglar incluye a varias especies que poseen adaptaciones similares pero pertenecientes a diferentes familias. Es cada vez más común utilizar el término manglar para la comunidad y el término mangle para las plantas individuales que forman el manglar. Una característica importante de los manglares que resalta Mann (1982), es que de todos los sistemas de macrófitas marinas, los manglares son los únicos que están formados por árboles, de forma tal que la comunidad tiene el aspecto de un bosque. Este tipo de vegetación se puede encontrar desde el nivel más alto de mareas vivas hasta el nivel del mar, en costas protegidas de todos los trópicos, pero extendiéndose también a las zonas subtropicales (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b; Mann, 1982).

La distribución latitudinal del manglar está delimitada principalmente por la temperatura, debido a su falta de tolerancia a las heladas. Se pueden encontrar en zonas donde la temperatura media del agua del mes más frío es de 15-16°C, y la media anual mayor a 20°C (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983b).

En el manglar habitan en forma permanente gran número de peces, cangrejos, moluscos y otros invertebrados, y es utilizado en forma estacional como zona de protección, alimentación, reproducción y crianza por una gran variedad de especies marinas, muchas de importancia comercial.

### b) Especies de mangles en América y en el Estero del Soldado.

En América existen mangles pertenecientes a 4 familias, con un total de 5 géneros y 9 especies.



Familia *Rhizophoraceae*

En América esta familia cuenta en América con un género: *Rhizophora*, representado por 3 especies: *R. mangle*, *R. harrisonii* y *R. racemosa*. De éstas, la más común es la primera, mientras que *R. racemosa* sólo se encuentra en el Atlántico. Con *R. harrisonii* suele haber problemas de identificación, pues presenta características intermedias entre las otras dos especies (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b).

Los mangles del género *Rhizophora* son conocidos como "mangle rojo" y se encuentran en la parte frontal del mangle, adyacentes al cuerpo de agua. Su principal característica es el sistema de raíces aéreas, que parten del tronco y ramas laterales hacia el suelo. En general los árboles de *Rhizophora* tienen de 4 a 10 m de altura, pero en zonas de óptimo desarrollo, como en las costas de Laguna de Términos en Campeche, pueden alcanzar más de 20 m.

Familia *Avicenniaceae*

En América encontramos 4 especies de esta familia, todas pertenecientes al género *Avicennia*: *A. germinans*, *A. schaueriana*, *A. bicolor* y *A. tonduzzi*. La primera es común en ambos litorales, la segunda exclusiva del Atlántico y las dos últimas sólo se encuentran en el Pacífico (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b).

En México los árboles de este género son llamados comúnmente "mangle negro". Se encuentran en la parte interna del manglar, detrás de la franja de *Rhizophora*. Su principal característica es la presencia de neumatóforos. Estos neumatóforos se originan en el sistema radicular y pueden sobresalir 20 cm del suelo. El mangle negro mide alrededor de 15 m de altura, con un diámetro de tronco de hasta 50 cm. Otra característica de este género es su tolerancia a condiciones climáticas, siendo el que soporta los regímenes de temperatura más extremos (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a).

Familia *Combretaceae*

Existen dos géneros de esta familia. El primero es monotópico, la especie es: *Laguncularia racemosa*, la cual está circunscrita a América y a la costa occidental de África (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b). En América es conocido principalmente como "mangle blanco". Normalmente se encuentra detrás de los árboles de *Avicennia*, pero puede estar también en partes cercanas al cuerpo de agua. El mangle blanco posee un sistema radicular poco profundo con neu-

matóforos cerca del tronco, los cuales no están tan desarrollados como los de *Avicennia*.

El otro género de esta familia es *Conocarpus*, del cual hay dos especies, pero sólo *C. erecta* (mangle botán) está asociada al manglar, e inclusive no se considera un verdadero mangle, sino más bien una especie periferal. Ocurre en partes más elevadas, en terreno arenoso y con menos sal que las otras especies. Comúnmente sólo se desarrolla como un arbusto, aunque en lugares favorables puede llegar a pasar los 5 m de altura. Su principal característica es que es el único mangle que tiene hojas alternas (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b).

Los límites de distribución de los mangles son: al norte en el Océano Pacífico de América; Puerto Lobos en Sonora (31°15' N) para *Avicennia*, aproximadamente 29°N, cerca de la Isla del Tiburón en la costa de Sonora, para *Rhizophora*, y el Estero del Soldado, Sonora (27°57'N) para *Laguncularia* (Thomson, 1973; Schaeffer-Novelli, 1981; Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a). En el Atlántico se encuentra *Avicennia* en los 30°24'N y *Rhizophora* y *Laguncularia* se encuentran hasta los 29°08'N (Savage, 1972 en Schaeffer-Novelli, 1981).

Al sur el manglar tiene su límite de distribución en los 3°48'S y en el Atlántico *Rhizophora* llega a los 27°53'S y *Avicennia* y *Laguncularia* llegan a los 28°30'S (Schaeffer-Novelli, 1981; Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a).

Thomson (1973), Findley (1976) y Schaeffer Novelli (1981) describen los mangles del Estero del Soldado. El mangle negro, *A. germinans*, es el más abundante y tiene una apariencia verde clara en fotos aéreas, encontrándose en la parte posterior del manglar. Sus hojas tienen un aspecto coriáceo debido a la gran cantidad de sal, que al ser excretada se acumula en la superficie foliar. La parte densa interior adyacente al cuerpo de agua está formada por el mangle rojo, *R. mangle*, con una apariencia de color verde más oscura que la del mangle negro en las fotos aéreas. En éstos es imposible distinguir un tronco principal, por el gran desarrollo de su sistema de raíces aéreas. Por último, el mangle blanco, *L. racemosa*, se encuentra ocasionalmente junto a los árboles de mangle rojo.

Es importante resaltar que el límite de distribución de manglar representativo, no de especies de mangle, sino de la comunidad multiespecífica, es el Estero del Soldado, donde se encuentran juntas y en estado saludable, estas tres especies de mangles.

**c) El manglar como base de la trama trófica.**

Según Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983a), entre el 20 y el 40% de la producción del manglar es en forma de hojas, flores y frutos que eventualmente caen al suelo. A este conjunto de componentes se le denomina hojarasca. La tasa de caída de hojarasca es fundamental, ya que este flujo de materia orgánica es el aporte más importante del manglar a las cadenas alimenticias de los cuerpos de agua adyacentes. Estos mismos autores han desarrollado la siguiente expresión que relaciona el diámetro del rodal (tronco) a la altura del pecho con la producción aproximada de hojarasca:

$$H = 59 + (84.6)DAP \quad (1)$$

donde H es la producción de hojarasca en g/(m<sup>2</sup> año) y DAP es el diámetro del rodal (en cm) a la altura del pecho.

Al caer la hojarasca al cuerpo de agua se pierden los constituyentes solubles, que en sí son un tipo de contribución de materia orgánica. El material que queda es más refractario y su degradación es mediada por sucesiones de organismos saprófitos, siendo las bacterias y hongos los primeros y principales degradadores de este material. En el proceso de descomposición también participan ciliados, nemátodos y organismos mayores que pastorean la superficie e ingieren parte del detritus, como los anfópodos, poliquetos, oligoquetos, gasterópodos y bivalvos. Durante la descomposición, la razón carbono:nitrógeno disminuye, como reflejo de una disminución en la proporción de carbohidratos y un incremento en la de proteínas, con lo cual aumenta el valor nutricional de los detritus (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b).

La producción y exportación de materia orgánica de estos sistemas es de gran valor para los sistemas acuáticos vecinos. Allí se utiliza esta fuente como aporte al metabolismo de sus consumidores (Lugo y Morris, 1982). Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983a, 1983b) estiman que los manglares exportan materia orgánica a los cuerpos de agua adyacentes a razón de 3 ton por ha al año de los cuales un 10% es transformado en tejido de peces y otros organismos marinos.

En la Figura 2, se muestran las interacciones entre los procesos físicos y ecológicos en un ecosistema de manglar. La cantidad de consumidores de manglar es relativamente alta, incluyendo gasterópodos, crustáceos, insectos, aves, reptiles y mamíferos. Todos éstos se incluyen en un sólo grupo en el diagrama, para resaltar así la

producción y exportación de detritus orgánico de este tipo de ecosistemas.

La disponibilidad de alimento en los cuerpos de agua adyacentes a los manglares hace que éstos sean utilizados por una gran cantidad de organismos. Algunos son residentes permanentes, mientras que otros lo utilizan en forma estacional como zonas de alimentación, reproducción y crianza. Es abundante la literatura sobre el papel ecológico de los detritus en la organización estructural de los ecosistemas costeros, particularmente de las estructuras tróficas (Heald, 1970; Odum y Heald, 1975a, 1975 b; Day y Yáñez-Arancibia, 1982).

Los detritus son reconocidos como la piedra angular de producción de energía para distintos niveles tróficos, Soberón-Chávez y Yáñez-Arancibia (1985), sugieren la realización de estudios a nivel análisis de sistema para poder comprender la magnitud de la importancia de estos detritus en la trama alimenticia de la zona costera.

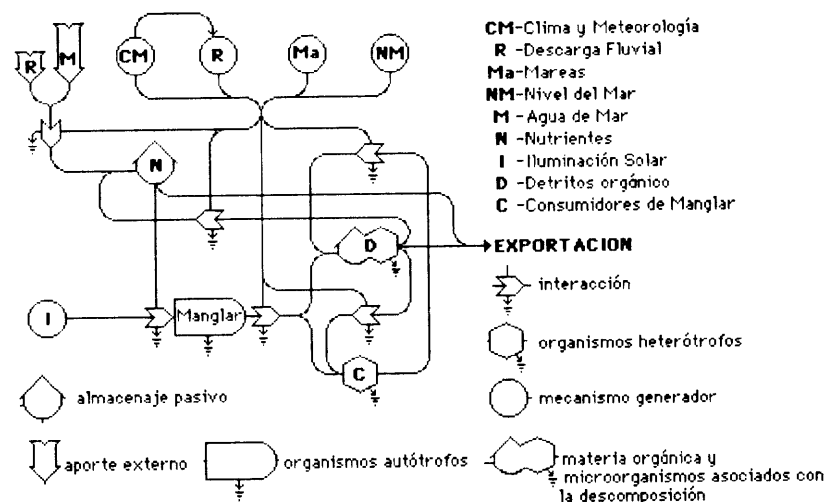


Figura 2. Diagrama de un ecosistema de manglar, resaltando su papel como exportador de detritus y los principales factores físicos que actúan sobre el ecosistema (Modificado de Soberón-Chávez y Yáñez-Arancibia, 1985).

En el Estero del Soldado, Schaeffer-Novelli (1981) reporta un DAP de 10 cm, de donde se puede estimar una producción de 905 g por m<sup>2</sup> al año, con base en la expresión 1. Los valores medidos de producción de hojarasca semanal son de aproximadamente 9 g por m<sup>2</sup> a la semana, esto equivale a 469.3 g por m<sup>2</sup> al año. El período en



que se tomaron estos datos incluye los meses de febrero a abril, pero considerando las cifras de los meses más cálidos este valor sería mayor.

Con el valor de producción de hojarasca estimado de la expresión de Cintrón y Schaeffer Novelli (1983a) y la extensión de manglar (1.9 ha) tenemos que el manglar del Estero del Soldado produce al año casi 17,195 kg de materia orgánica que se está incorporando a la trama trófica del estero y de la zona costera adyacente. Esta producción determina la estructura de dicha trama, siendo mucho más importante la trama de detritos que la de pastoreo a partir del fitoplancton. La primera aproximación de la trama trófica la presentó Thomson (1973), basándose en las estimaciones de las abundancias relativas de las especies de la laguna y del conocimiento de los hábitos alimenticios de estas especies. La Figura 3 es una modificación de la trama alimenticia presentada por este autor. En dicha figura dentro de los filtradores se incluyen a cirripedios, almejas, ostiones, esponjas y a peces pelágicos filtradores como anchovetas. En los detritívoros de fondo, lisas, mojarras, jaibas, camarones y anfípodos. Dentro de los zooplanctófagos están varias larvas y adultos de peces. Finalmente, los consumidores superiores incluyen, entre otros, a robalos, corvinas, cabrillas y pargos.

Para comprender mejor la trama trófica del estero se requiere de un estudio a largo plazo de la laguna, incluyendo análisis de producción primaria y secundaria, y la composición de las especies que la utilizan en ciclos anuales.

El inventario de las especies conocidas en el Estero del Soldado incluye a 43 especies de plantas, 156 especies de invertebrados marinos, 77 especies de peces marinos y 80 especies de aves. Varias de éstas tienen importancia comercial. Por ejemplo, almejas (*Chione californiensis*), ostiones (*Crasostrea*), camarón café (*Penaeus californiensis*), camarón azul (*P. stylirostris*), jaibas (*Callinectes*), tiburones (*Rhizoprionodon longurio*), robalos (*Centropomus*), meros y cabrillas (*Mycteroperca*, *Epinephelus* y *Paralabrax*), lisas (*Mugil*), mojarras (*Gerris*, *Diapterus* y *Eucinostomus*), jurel (*Caranx marginatus*), pámpano (*Trachinotus paitensis*), pargos (*Lutjanus*), burritos (*Anisotremus*, *Orthopristis* y *Pomadasy*), mojarrín (*Calamus brachysomus*) y corvina (*Cynoscion parvipinnis*, *C. reticulatus*).

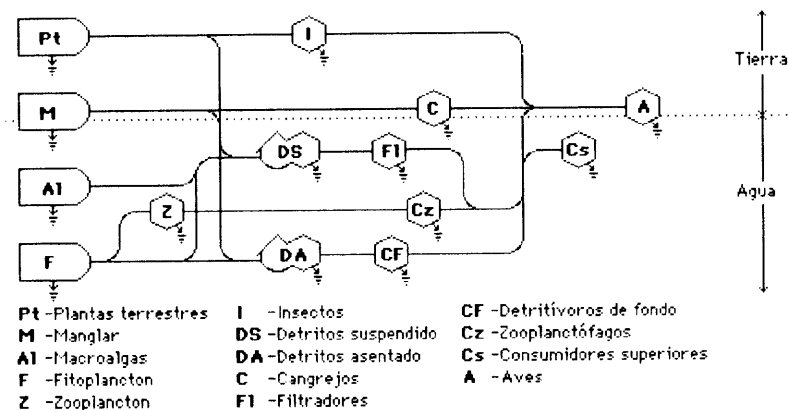


Figura 3. Trama trófica del Estero del Soldado, mostrando los principales productores y consumidores, así como destacando el papel de los detritos orgánicos en la determinación de la estructura trófica del sistema (Modificada de Thomson, 1973).

### Vulnerabilidad a agentes estresantes

Los manglares están sometidos a agentes estresantes naturales y antropogénicos, que pueden actuar sobre el sistema en forma aguda. En ambientes rigurosos, como el del manglar del Estero del Soldado, el efecto de estos agentes es mayor que en el de ambientes adecuados para el desarrollo del manglar. En esto radica el interés e importancia del manglar de este estero, ya que a pesar de dichos agentes estresantes el manglar se encuentra en estado saludable.

Como se mencionó anteriormente, la temperatura es el principal factor que regula la distribución de los manglares. Una temperatura del agua menor a 18°C es un agente estresante que causa un gasto de energía muy grande por el manglar. El Estero del Soldado se somete a este tipo de estrés por un período de aproximadamente 5 meses al año. Otro agente importante es la hipersalinidad la cual es un estresante crónico si se presenta en forma permanente, causando un aumento en la tasa de respiración y disminución de la producción neta. Siendo el Estero del Soldado una laguna con salinidad mayor a la del mar, el manglar se ve sometido a este agente. Esto se refleja en el aspecto coriáceo de las hojas de *Avicennia germinans* por la cantidad de sal en ellas. Al mismo tiempo las altas salinidades limitan el desarrollo de insectos, arácnidos y otros organismos que se alimentan del manglar.

## Posibles impactos humanos futuros en el Estero del Soldado

### a) Megadesarrollo "El Soldado de Cortés"

Han habido varios proyectos de desarrollo relacionados con la industria turística en el Estero del Soldado, actualmente existe el proyecto del "megadesarrollo" náutico "El Soldado de Cortés". Dicho proyecto contempla espacios para 3000 embarcaciones, 129 ha para desarrollar hoteles y condominios, 127 ha para uso turístico-náutico, 400 ha para villas residenciales, 150 ha de uso comercial hotelero, 8 ha para centro de convenciones, 126 ha para club privado, 90 ha para campo de golf y 39 ha para casas rodantes; más 26 ha que apoyen la actividad turística. Para construir toda esta infraestructura se realizarán diversas actividades que afectarán la dinámica del Estero del Soldado y sus comunidades biológicas. Toda esta infraestructura terminará con la armonía del paisaje actual al ser sustituido por uno totalmente artificial. Desafortunadamente el principal daño no es solamente estético, sino ecológico. En este sentido es importante hacer notar que la construcción de una marina en otro estero de la región (Esteros de Miramar) alteró adversamente este lugar (ver Manrique, 1989).

Actualmente se puede navegar sólo en lanchas de poco calado, exclusivamente en la parte posterior del estero y durante la marea alta en los canales de circulación. Para que puedan transitar las 3000 embarcaciones contempladas en el "megadesarrollo" se requiere de un dragado intenso en todo el estero, especialmente en su boca. Este dragado causaría la liberación de grandes cantidades de ácido sulfhídrico producido por los microorganismos anaerobios de los fondos lodosos, envenenando al estero. Este ácido se produce naturalmente en el fondo, pero queda atrapado en el agua intersticial de los sedimentos, a menos que dichos sedimentos se remuevan. Otro efecto sería un aumento excesivo en la cantidad de sedimentos en suspensión. Aunque los manglares están adaptados a ambientes de alta sedimentación, estas adaptaciones son a largo plazo y tienen un límite. Los sedimentos extraídos de las actividades de dragado causarían una mortalidad masiva de los mangles al bloquear sus estructuras de respiración (neumatóforos). Un efecto más sería la desaparición de muchos organismos que forman parte de las comunidades del fondo. La acción conjunta de estos factores tendría consecuencias desastrosas e irreversibles.

Para mantener en estado transitable la boca del estero se requiere la construcción de escolleras, diseñadas para disminuir la sedimentación. Para conseguir esto, el diseño de las escolleras deberá promover un mayor hidrodinamismo, lo cual sería adverso para los manglares. Actualmente el mayor desarrollo de manglares es en las proximidades de dicha boca, al noroeste y sureste de las misma. Al verse sometido a corrientes intensas se impedirá la fijación de nuevas plántulas y con ello el establecimiento de nuevos árboles. Esto causará la desaparición del manglar en estas áreas. El proyecto del "megadesarrollo" contempla el respetar sólo una pequeña área del manglar, que se encuentra precisamente donde este efecto hidrodinámico será mayor.

En el proyecto se requiere construir diques o represas, que podrían actuar sobre el manglar principalmente de dos maneras. La primera causando una interrupción en el flujo de agua al manglar, ya que debido al exceso de evaporación éste quedaría sin agua, y desaparecería. La segunda impidiendo el escurrimiento del agua de las lluvias al manglar. Aunque la precipitación pluvial es baja, estos escurrimientos causan una disminución en la salinidad del suelo, sin los cuales el estrés debido a la hipersalinidad en el manglar sería mayor, tanto en el aumento de la cantidad de sal como en el tiempo en que el manglar se vería sometido a ella.

La presencia de 3000 embarcaciones y de gasolineras para su abastecimiento causará contaminación por aceites y gasolinas en el estero. Los manglares son especialmente sensibles a estas sustancias, ya que al cubrir los neumatóforos impedirán el intercambio gaseoso causándoles una muerte rápida. Además estos hidrocarburos tienen una gran cantidad de compuestos tóxicos solubles que, aún en concentraciones muy pequeñas, actuarían sobre las raíces de los mangles, sobre los microorganismos del suelo (degradadores del detritus) y organismos filtradores, destruyendo de esta manera los eslabones principales de la trama alimenticia del estero.

Según el proyecto se establecerían un total de casi 1000 ha de zonas urbano-turísticas, incluyendo hoteles, condominios, villas residenciales, zonas comerciales, etc. Este desarrollo tan grande generará una gran cantidad de desechos urbanos. Las descargas de estas aguas serían muy perjudiciales si llegaran al estero. Debido a la mezcla por vientos y mareas, actualmente el estero tiene aguas bien oxigenadas. La incorporación de materia orgánica proveniente de aguas fecales causaría la disminución de los niveles de oxígeno

disuelto, dando lugar a la producción de sustancias tóxicas y pestilentes (por ejemplo metano y ácido sulfhídrico) por parte de organismos anaerobios. Además se propiciaría la presencia en el estero de organismos patógenos como coliformes fecales y salmonelas, entre otras.

Otro problema con el desarrollo de una extensión urbano-turística tan grande es el suministro de agua potable, actualmente la región de Guaymas tiene una gran escasez de agua. Este desarrollo causará que dicho problema se agrave en gran medida.

Una de las principales características del estero es la alta diversidad de hábitats y de comunidades. Actualmente existen 5 hábitats: orilla rocosa, manglar, fondos y orillas lodosas, orillas arenosas y aguas abiertas. Esto causa que la diversidad biológica del estero sea muy alta, siendo en este aspecto *único entre los esteros del Mar de Cortés*. La destrucción de varios de estos hábitats (manglar, orilla rocosa y orilla lodosa), la transformación de las orillas arenosas en zonas de recreación tipo playa y el impacto en la zona pelágica por el paso continuo de embarcaciones, así como el efecto de sustancias tóxicas provenientes de hidrocarburos y de las descargas de aguas fecales sobre los organismos, causaría una disminución irreversible de la biodiversidad del estero. Cabe resaltar que el estero se encuentra en una zona de transición faunística, coincidiendo con el límite de distribución de muchas especies, algunas de las cuales se encuentran hacia el sur de Guaymas y otras hacia el norte. Muchas de estas especies utilizan el estero para alimentación o para reproducción y crianza o ambas. Al impactar al Estero del Soldado no sólo se disminuirá su biodiversidad, sino la del área de Guaymas en general.

Además de todo lo anterior, el estero es una región arqueológicamente importante, en él encontramos evidencias culturales de utilización del estero por los grupos étnicos más importantes de la región: yaquis, seris y pimas bajos y sus ancestros. Las evidencias más obvias son los conchales (acumulaciones de conchas derivadas de la alimentación). Con base en los restos de organismos hallados en los conchales, principalmente conchas de bivalvos y restos óseos de peces (en especial de otolitos), se pueden realizar estudios de los animales marinos que consumían dichos grupos étnicos y las estaciones del año en que exportaron dichos recursos del estero. Por medio del análisis de los restos de herramientas y otros objetos abandonados se podrían hacer estudios de la cronología de la ocupación de estos grupos en el área de Guaymas. Hasta la fecha se han hecho sólo

estudios preliminares, los cuales indican la gran importancia que el estero tiene para conocer la historia de la región. Algunas zonas han sido designadas como Sitio Arqueológico, pero su estudio es incompleto. Sería una desgracia perder estos datos históricos sin haberlos conocido.

#### b) Proyectos de acuicultura en el Estero del Soldado.

Actualmente la cooperativa "Ostioneros de Bacochibampo" tiene la concesión del cuerpo de agua para fines de acuicultura. Esta actividad no es intensa y se ignora si causa problemas a la ecología del estero. La introducción de especies exóticas debe ser evitada por dos razones principales. La primera es la introducción de agentes patógenos que podrían causar mortalidades masivas de las especies autóctonas. La segunda es que la introducción de estos organismos podría desplazar a especies del estero que tengan nichos ecológicos similares. Se consideró necesario supervisar las actividades de dicha cooperativa, ya que una expansión en sus actividades podría tener efectos adversos.

Por otra parte el CONALEP está considerando iniciar la carrera de Técnico en Acuicultura, para lo cual ha solicitado el Estero del Soldado, en donde ubicarían laboratorios, salones de clase y estanques de cultivo. Este proyecto, si esta bien diseñado, no debe entrar en conflicto con la armonía del estero. Sin embargo, es importante que se especifique la distribución, localización, cantidad y dimensión de las instalaciones, de las rutas de comunicación con la carretera, así como el destino final de las aguas de descarga de los estanques y de las instalaciones sanitarias. De igual manera es fundamental que se defina con qué especies se estará trabajando y evitar la utilización de especies exóticas.

### Alternativas para el aprovechamiento del Estero del Soldado

#### a) Consideraciones

El desarrollo turístico del área de Guaymas es importante, ya que la economía de esta región depende en aproximadamente un 70% de la actividad pesquera, misma que podría hallarse más allá de los niveles óptimos de explotación. Esto muestra una necesidad urgente en diversificar la economía. Una opción, que generaría una gran

cantidad de ingresos a la región sería el turismo, pero éste debe estar bien planificado.

El patrimonio de cualquier región lo podemos dividir en tres tipos de componentes: el económico, el socio-cultural y el biológico. Desafortunadamente, los planes de desarrollo están basados en el componente económico, y ocasionalmente en el componente socio-cultural. El componente biológico no es considerado o se considera como sacrificable. Los desarrolladores turísticos deben entender que el turismo no debe estar en conflicto con la naturaleza, más bien depende de ella. Una región con un medio ambiente deteriorado no atrae tanto turismo como una región que ofrece uno saludable. Lo que realmente vende la industria turística local son las bellezas naturales y es su deber y conveniencia conservarlas.

**b) Centro de Historia Natural del Estero del Soldado: una alternativa.**

Para conservar una región como el Estero del Soldado, se debe hacer un estudio a fondo de todas las alternativas. Una de éstas es el desarrollo de un Centro Ecológico, que además de proteger el estero será un atractivo turístico, cultural, educativo y científico, para los visitantes nacionales y extranjeros. Es importante resaltar la falta de lugares de esparcimiento y desarrollo cultural en Guaymas.

El Estero del Soldado es bastante accesible, no ocupa un área muy grande y existe una gran extensión de terreno adyacente. Esto facilitaría que se pudiera disponer de un área para manejo, administración e investigación, que podría implementarse para poner paseos. En estos se podrían instalar: (1) acuarios mostrando la fauna del estero y de otras regiones costeras del Mar de Cortés; (2) cartelones con fotografías de las aves costeras que usan el estero y que podrían ser contempladas durante la visita; y (3) vitrinas mostrando las características ecológicas del manglar. También se podrían tener visitas guiadas a algunos puntos del manglar con explicaciones sobre las especies de mangle y su importancia, así como de la flora y fauna que en él habita.

Algunas zonas del manglar y de la laguna deberán permanecer fuera del acceso de los paseantes y estar restringidas para preservación y monitoreo ecológico. Lo más recomendable es que dichas zonas fueran adyacentes a la boca de la laguna e incluyan áreas de manglar y de zona rocosa.

De igual manera se podrían ofrecer paseos hacia los conchales, con explicaciones sobre su importancia como indicadores arqueológicos y paleoecológicos. Estos conchales deberán tener algún tipo de vallas para evitar su deterioro por los paseantes (que actualmente es alto), y algunos de esos conchales deberán estar en zonas restringidas para la investigación por personal competente.

Se podrían diseñar instalaciones donde se mostraran reconstrucciones de las actividades de las antiguos habitantes de la región. Estas instalaciones incluirían maquetas y cartelones mostrando el desarrollo geológico de la región. Esta alternativa permitirá al mismo tiempo crear un atractivo turístico, un centro socio-cultural, un centro de investigación ecológica y, así, preservar un ecosistema frágil, invaluable y único.

**Bibliografía**

- Cintrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli, (1983a). *Introducción a la ecología del Manglar*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe -ROSTLAC- Montevideo, Uruguay. 109 p.
- Cintrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli, (1983b). Mangrove forests: ecology and response to natural and man induced stressors. En: Ogden J. C. y E. H. Gladfelter (eds.) *Coral Reefs, Sea Grass Beds and Mangroves: Their Interaction in the Coastal Zone of the Caribbean*. UNESCO Rep. Mar. Sci., 23: 87-113.
- Day Jr., J. W. y A. Yáñez-Arancibia, (1982). Coastal Lagoons and Estuaries: ecosystem approach. *Ciencia Interamericana* (Mar. Sci.) OEA, 22 (1 y 2): 11-26.
- Findley, L. T., (1976). Aspectos ecológicos de los Esteros con Manglares en Sonora y su Relación con la Explotación Humana. p. 95-108. En: Braniff, B. y R. S. Felger, (eds.) *Sonora: Antropología del Desierto*. Colección Científica N° 27, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México D.F.
- Heald, E., (1970). The production of organic detritus in a south Florida estuary. *Univ. of Miami Sea Grant Tech. Bull.*, 6 : 1-110.

- Lugo, A. E. y G. L. Morris, (1982). *Los Sistemas Ecológicos y la Humanidad*. Sría. Gral. de la OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington D.C. Monografía 23. 82 p.
- Mann, K. H., (1982). *Ecology of Coastal Waters, a systems approach*. Studies in Ecology (8). University of California Press, Berkeley, U.S.A. 322 p.
- Manrique, F., (1989). Impacto Ambiental en el Estero de Miramar, Sonora. *Resúmenes del II Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, A. C.*, Octubre, 1989, Hermosillo, Sonora. CICTUS, Centro Ecológico de Sonora, CONACyT, Hermosillo, Sonora, México. 74 p.
- Odum, W. E. y E. Heald, (1975a). Mangrove forests and aquatic productivity, p. 129-136. En: Hasler A. D. (ed.) *Coupling of Land and Water Systems*. Springer-Verlag, Nueva York. 309 p.
- Odum, W. E. y E. Heald, (1975b). The detritus food web of an estuarine mangrove community, p. 265-286. En: Cronin, L. E. (ed.) *Estuarine Research*. Academic Press, New York, 1: 738 p.
- Russell, (1981). A seventeen month study of the meteorology, geology and water chemistry of Laguna (Estero) El Soldado, Guaymas, Sonora, México. Informe Técnico, no publicado.
- Schaeffer-Novelli, Y., (1981). Nota previa sobre algunas manguizais de Sonora (México) e Florida (U.S.A.). Parte III En: Relatorio de Viagem. Informe Técnico a Instituto Oceanográfico de Universidad de Sao Paulo, UNESCO/ROSTLAC, Brasil (no publicado).
- Sneadecker, S. C. y J. G. Sneadecker (eds.), (1984). *The Mangrove Ecosystem: Research Methods*. Monographs on Oceanographic Methodology, 8. UNESCO.
- Soberón-Chávez, G. y A. Yáñez-Arancibia, (1985). Control ecológico de los peces demersales: variabilidad ambiental de la zona costera y su influencia en la producción de los recursos pes-

- queros, Cap. 9: 399-486. En Yáñez-Arancibia, A. (ed.) *Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón*. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. Mar. y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México, D. F. 748 p.
- Thomson, D. A., (1973). Ecological survey of Estero del Soldado, Sonora, México. Reporte Técnico presentado a Cella, Bar, Evans & Associates, Tucson, Arizona. Circulación restringida.