



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA LAGUNAR
TRES PALOS, GUERRERO
Y PROPUESTAS PARA SU
REHABILITACIÓN ECOLÓGICA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA DE SISTEMAS Y RECURSOS ACUÁTICOS)
P R E S E N T A :
BIOL. MARÍA GABRIELA CARRANZA ORTIZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MA. LUISA ANDREA RAZ-GUZMÁN MACBETH

MÉXICO, D.F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Por su apoyo a pesar del tiempo y porque
aportaron inspiración para concluir este
trabajo:*

Papá, Marco, Norma, Tere y Pablo...

¡Gracias!

Agradecimientos

A través de estas líneas hago patente mi más sincero agradecimiento a la Dra. Ma. Luisa Andrea Raz-Guzman Macbeth por su paciencia y por no cejar en la dirección de esta tesis, a la Dra. Guadalupe de la Lanza Espino por las múltiples revisiones críticas y acertadas a este trabajo, así como a la Dra. Leticia Huidobro Campos, al Dr. Steven Czitrom Baus y al Dr. Artemio Gallegos por su valioso apoyo y recomendaciones.

Al Dr. Francisco Contreras Espinoza (†) por las recomendaciones e información proporcionadas, así como al Mtro. Alfredo Juárez A. del Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Departamento de Hidrobiología, UAM-Iztapalapa, por el valioso apoyo en la determinación de nutrientes y clorofila *a* en las muestras de agua.

A la Comisión Federal de Electricidad a través del Ing. Carlos Lecanda, y al Programa Universitario de Medio Ambiente de la UNAM a través de la Dra. Irma Rosas Pérez, que me permitieron en su momento utilizar la información de la Manifestación de Impacto Ambiental de “La Parota” y me proporcionaron valiosas sugerencias.

Al Ing. Sergio Rosas de Alba, por su apoyo de siempre y por proporcionarme información sobre los costos de construcción del canal artificial.

Al M. en C. Salvador Gil Guerrero, por la información sobre producción pesquera de la Laguna de Tres Palos.

A los pescadores de la laguna que pacientemente me proporcionaron información relevante para este trabajo.

CONTENIDO

Capítulo	Descripción	Página
	Resumen	2
1	Introducción	3
2	Antecedentes	4
3	Objetivos	6
4	Zona de Estudio	7
5	Materiales y Métodos	16
6	Resultados	24
7	Discusión	40
8	Recomendaciones	56
9	Literatura Citada	58
	<i>ANEXO I</i>	64
	<i>ANEXO II</i>	66
	<i>ANEXO III</i>	68

Resumen

Las lagunas costeras son ecosistemas con una elevada productividad y procesos ecológicos fundamentales que, además de exportar nutrientes al mar, sustentan una diversidad de organismos que mantienen a las pesquerías, así como a diversas actividades económicas, culturales y tradicionales de la región. Por lo anterior, el realizar acciones de manejo y mejoramiento de las condiciones ambientales de las lagunas permitirá beneficiar a las poblaciones que dependen de estos ecosistemas.

El objetivo de este estudio fue caracterizar ambientalmente a la Laguna de Tres Palos, Guerrero, y analizar cuatro propuestas de rehabilitación para la laguna que fueron planteadas con anterioridad en diversos trabajos: 1) Apertura permanente del canal de comunicación al mar (Sevilla *et al.*, 1980), 2) Bombeo de agua de mar por energía de oleaje (Czitrom, 1996), 3) Saneamiento del Río La Sabana y sistema de drenaje de localidades circunvecinas (Delegación Estatal de CONAGUA, 2002) y 4) Desvío de una porción del caudal del Río Papagayo hacia la laguna (Reuniones derivadas de la MIA La Parota, 2003).

Para determinar la calidad ambiental del agua y los sedimentos de la laguna, se llevaron a cabo dos muestreos en 1993 (en secas y lluvias). Se determinaron en el agua superficial: la profundidad, turbidez, temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, clorofila *a* y nutrientes (fósforo total, ortofosfatos, nitrógeno total, amonio, nitratos, nitritos). En los sedimentos: la textura y el contenido de carbonatos y de materia orgánica, además de peces y crustáceos. Los valores registrados se compararon con la información presentada en 2003 en la Manifestación de Impacto Ambiental de "La Parota". Se determinó que el Río La Sabana aporta a la Laguna de Tres Palos, altas concentraciones de contaminantes (nutrientes, plaguicidas y desechos industriales), dado que las áreas más contaminadas de la laguna fueron la zona de la desembocadura de este río y la zona de la descarga de aguas residuales del aeropuerto.

Para abordar el análisis de la laguna y construir los escenarios para analizar las cuatro alternativas de rehabilitación de la laguna planteadas en trabajos anteriores, se utilizó el enfoque ecosistémico como estrategia de gestión integrada de tierra, agua y recursos bióticos. La integración de la información y la construcción de los escenarios de cada una de las alternativas de rehabilitación se realizó con base en el marco de referencia de la RAMSAR.

Se identificaron los bienes y servicios ambientales que proporcionaría la Laguna de Tres Palos si se mejoraran sus condiciones ambientales, éstos se clasificaron, valoraron y, los resultados de estos se compararon en una matriz multifactorial mediante la cual se evaluó ambiental y económicamente la aplicación de cada propuesta de rehabilitación. Asimismo, se llevó a cabo un análisis costo-beneficio para determinar el tiempo de recuperación de la inversión. El resultado del ejercicio anterior permitió seleccionar como más adecuadas a las propuestas: Apertura permanente del canal de comunicación al mar y Saneamiento del Río La Sabana y del sistema de drenaje de localidades circunvecinas. Para cada una de las cuatro propuestas se discutieron las ventajas y desventajas de su aplicación, y se plantearon recomendaciones.

1 Introducción

Las lagunas costeras son sistemas estuarinos en los cuales las superficies limitantes (continental, marítima, sustrato y atmósfera), participan en el intercambio de energía por medio de múltiples procesos físicos, químicos, geológicos y biológicos que interactúan entre sí (Yañez-Arancibia, 1986). El conjunto de estos procesos regula la dinámica de los sistemas de manera compleja, creando condiciones que generan variaciones en la salinidad, temperatura, profundidad, sedimentación, corrientes, oxígeno disuelto, nutrientes, así como la presencia y distribución tanto de flora como de fauna.

Estos cuerpos de agua conforman ecosistemas con una elevada productividad donde la energía disponible es mayor que la de otros sistemas acuáticos, como resultado del considerable subsidio energético que reciben y de los procesos ecológicos fundamentales que incluyen el regular los regímenes hidrológicos, estabilizar el clima local, otorgar recursos y diversidad biológicos, sustentar las pesquerías, suministrar agua y ser relevantes para el patrimonio cultural y usos tradicionales de las comunidades que los rodean (RAMSAR, 1971, Contreras y Castañeda, 2004).

La Laguna de Tres Palos en Guerrero presenta un estado de contaminación avanzado debido principalmente a los aportes de aguas residuales que recibe del Río La Sabana y de las poblaciones asentadas en sus márgenes. Estas incluyen San Pedro de las Playas, El Arenal, La Estación, Punta de Caza, Lomas de Chapultepec, y asentamientos irregulares como Acapulquito (al norte de la Laguna Azul y al sureste de la Laguna de Tres Palos). Por la parte suroeste, la laguna recibe las descargas provenientes de la Unidad Habitacional Vicente Guerrero y las del Aeropuerto Internacional de Acapulco (Gil y Juárez, 2007).

De acuerdo con lo señalado por González *et al.* (2007), la contaminación de la laguna se debe, entre otros aspectos, principalmente a la falta de control sobre el vertido de contaminantes, en algunos casos de forma indirecta por el deterioro de los recolectores municipales, lo que ha sido el producto de la ausencia de planeación y de programas técnicos adecuados, resultado del desconocimiento existente de las fuentes de contaminación y de los volúmenes de contaminantes producidos.

El aporte de agua del Río La Sabana a la laguna ha disminuido debido a que su cauce se ha modificado por el uso industrial y doméstico al que se destina parte de su flujo. Estas modificaciones en el sistema hidrológico han provocado que la boca de la laguna permanezca cerrada casi todo el año, aumentando el tiempo de residencia del agua de la laguna (IMTA, 2000), incrementando la concentración de contaminantes y disminuyendo la productividad. Actualmente, el proceso que rige las condiciones de salinidad de la Laguna de Tres Palos es el aporte del Río La Sabana que, junto con la disminución del tiempo de apertura de la barrera, ha provocado que la laguna se comporte como un receptáculo de contaminantes.

Considerando lo anterior, y dado que la Laguna de Tres Palos es un cuerpo de agua al que por su tamaño y valor paisajístico se asocian actividades económicas, en el presente trabajo se analizaron cuatro propuestas de rehabilitación para la laguna, las cuales fueron planteadas con anterioridad en diversos trabajos y que son: a) Apertura permanente del canal de comunicación al mar (Sevilla *et al.*, 1980), b) Bombeo de agua de mar por energía de oleaje (Czitrom, 1996), c) Saneamiento del Río La Sabana y sistema de drenaje de localidades circunvecinas (Delegación Estatal de CONAGUA, 2002) y d) Desvío de una porción del caudal del Río Papagayo hacia la laguna (Reuniones derivadas de la MIA La Parota, 2003). Lo anterior, con la finalidad de incrementar la productividad pesquera de este cuerpo de agua para beneficio de las poblaciones aledañas.

2 Antecedentes

Los estudios anteriormente efectuados en la Laguna de Tres Palos se identificaron mediante una búsqueda bibliográfica, encontrándose información relevante entre los años 1952 a 2008.

La primera descripción general de la zona costera del estado de Guerrero fue hecha por Lankford en 1974. El mismo autor efectuó estudios geológicos en el área en 1975 y realizó un trabajo sobre el origen y clasificación de las lagunas costeras de México en 1977. Guzmán *et al.* (1985) presentaron una caracterización morfométrica de seis lagunas costeras de la zona, donde se incluye a la Laguna de Tres Palos. Alcocer *et al.* (1985) llevaron a cabo una regionalización del sistema lagunar de la costa de Guerrero y tomaron como parámetros de análisis a variables morfométricas, climatológicas, hidrológicas y biológicas.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos (1970) publicó el Boletín Hidrológico No. 31 de las regiones 19 y 20 del estado de Guerrero. Tamayo y West (1971) desarrollaron un estudio sobre la Hidrografía de Mesoamérica, donde se incluyó información sobre los ríos costeros de Guerrero. Castellanos (1975) elaboró un trabajo sobre la hidrología de la costa de Guerrero. Arpi *et al.* (1974) presentaron un informe sobre la hidrología en las lagunas del estado de Guerrero.

El primer informe de tipo biológico y pesquero fue realizado por Ramírez (1952a, 1952b) donde incluyó aspectos ecológicos de la laguna. Gutiérrez (1970) elaboró un informe sobre aspectos naturales del estado. Stuardo y Martínez (1974 y 1975) hicieron una prospección sobre los recursos pesqueros del sistema lagunar y del litoral. Guzmán *et al.* (1985) realizaron una regionalización del sistema lagunar de la costa de Guerrero, e incluyeron datos sobre peces, crustáceos y moluscos. Zarur (1982) publicó un estudio sobre la ictiofauna de la Laguna de Tres Palos.

Holthuis (1952a) llevó a cabo una revisión de los palemónidos de América y registró siete especies de *Macrobrachium* en México, incluyendo una descripción y la distribución geográfica de cada uno. Ramírez (1952b) reportó palemónidos en la Laguna de Tres Palos. Stuardo *et al.* (1974) y Weinborn (1974) registraron en la Laguna de Tres Palos a *Macrobrachium tenellum*.

En la década de los 70s, se realizaron una serie de estudios de aspectos biológicos, ecológicos y pesqueros, todos enfocados al cultivo y semicultivo de *Macrobrachium tenellum* en la región de Guerrero (Guzmán, 1975, 1976, 1977; Negrete, 1977 y Cabrera *et al.*, 1979).

Los estudios que se realizaron durante la década de los 80s, se enfocaron a la reproducción y al desarrollo larval, así como a la biología en general y aspectos poblacionales, todos para establecer aspectos de cultivo y semicultivo en el estado de Guerrero (Villalobos *et al.*, 1982, Guzmán *et al.*, 1982 y 1985; Guzmán y Román, 1983 y Granados 1984). En el Simposio Latinoamericano de Acuicultura, se presentaron varios trabajos de las lagunas costeras del estado de Guerrero, sobre el grupo *Macrobrachium* y con enfoque primordialmente de cultivo (Guzmán, 1987).

Guzmán (1987) presentó un estudio sobre el estado trófico de la Laguna de Tres Palos con datos del año 1976. Entre otros datos informó que las condiciones hasta ese momento no eran preocupantes para la pesca y/o el cultivo de *Macrobrachium* sp. Así mismo, hizo referencia a la incidencia de los camarones peneidos de la laguna. Pescadores de la laguna en el año de 1993, informaron verbalmente que la pesca tanto del camarón blanco como del langostino disminuyó considerablemente, lo que atribuyeron a las condiciones de contaminación de la laguna y manifestaron también preocupación por el olor característico de agua "estancada" en algunas zonas de la laguna. En 2008, De la Lanza *et al.* realizaron un análisis químico y biológico de Laguna de Tres Palos para determinar su estatus trófico.

Sevilla *et al.* en 1980 presentaron una prospección ecológica de Laguna de Tres Palos, donde señalaban que al compensar el balance hidrológico de esta laguna, se abriría el canal de comunicación al mar y se mejoraría la calidad del agua. Por su parte Contreras *et al.* (1991, 1992, 1994, 1995, 2004) hicieron una evaluación de parámetros fisicoquímicos y condiciones ambientales de varias lagunas costeras, incluyendo a Laguna de Tres Palos, comparando su estado trófico y utilizando para ello las concentraciones de clorofila *a*.

Domínguez en 1979, realizó un estudio de la calidad de las aguas costeras en la Bahía de Acapulco, Gro. y proximidades. Para tratar de determinar alguna comparación con la calidad ambiental de la laguna de estudio, se consultaron algunos autores (Rosado-Solórzano, 1998; Ferreira, 2000; Dell'Anno, 2002; Bricker, 2003) que desarrollaron distintos métodos para establecer índices de calidad en estuarios.

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Analizar cuatro propuestas de rehabilitación para la Laguna de Tres Palos, Guerrero, planteadas en trabajos anteriores, considerando para ello una caracterización ambiental de la laguna, con la finalidad de incrementar la riqueza de especies de importancia económica a través del mejoramiento de las condiciones ambientales de la laguna.

3.2 Objetivos Particulares

- A.** Caracterizar ambientalmente a la laguna (calidad del agua y de los sedimentos) e identificar los principales agentes de perturbación ambiental.

- B.** Evaluar la viabilidad ambiental, técnica y económica de cuatro propuestas de rehabilitación para la laguna planteadas en trabajos previos.

4 Zona de Estudio

4.1 Descripción Regional

La información bibliográfica disponible sobre clima, precipitación, geomorfología e hidrología de la región se utilizó para establecer el marco regional de la laguna, considerando que las condiciones de la región afectan directamente los materiales que a través del Río La Sabana o del drenaje superficial llegan a la laguna. En esta descripción regional se incluye también información publicada en la Manifestación de Impacto Ambiental de la Planta Hidroeléctrica “La Parota” (MIA La Parota) realizada en el año de 2003.

La Laguna de Tres Palos se ubica en el estado de Guerrero dentro de la denominada Costa Grande que limita al noroeste con el Río Balsas y al sureste con la Costa Chica. La laguna se encuentra en el municipio de Acapulco de Juárez, entre los 16° 47' y 16° 49' de latitud norte y los 99° 39' y 99° 47' longitud oeste (Figura 1).

El clima en esta zona, según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), es del tipo Aw1 (w) iw", que corresponde a un clima caliente, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor al 5%, y con presencia de canícula (sequía intraestival, una pequeña temporada menos húmeda que se presenta en la mitad caliente y lluviosa del año).

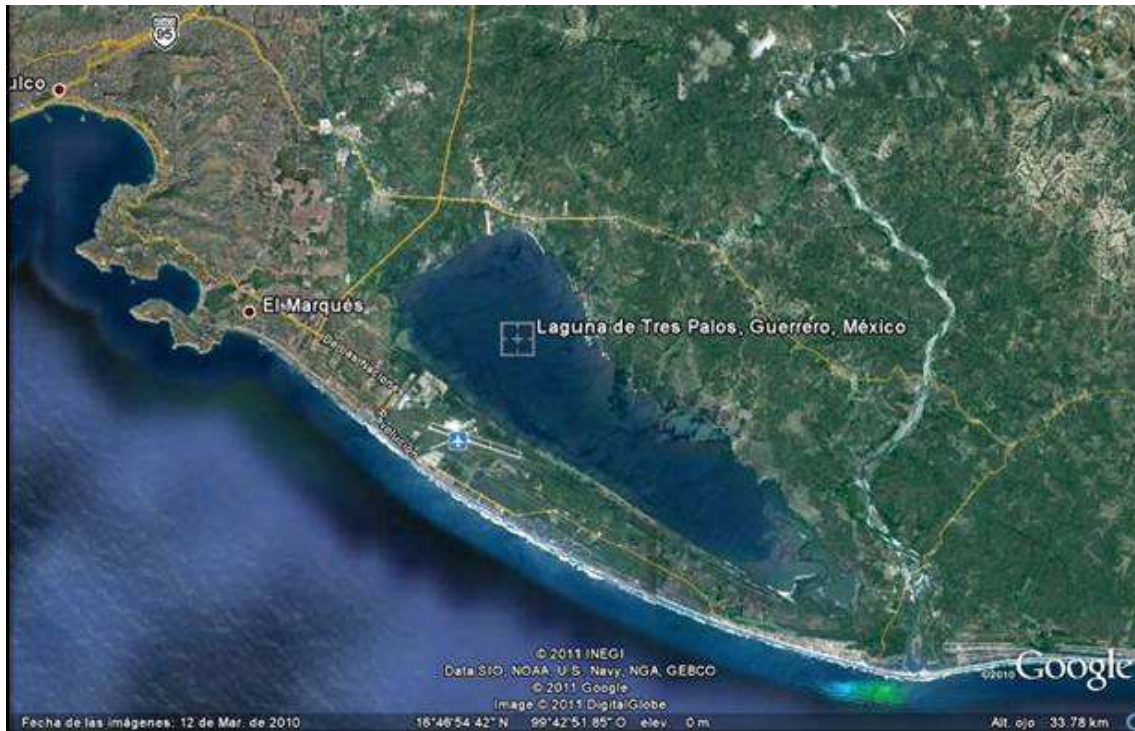


Figura 1. Laguna de Tres Palos, Guerrero (INEGI, 2011).

La temperatura de la zona está determinada en gran medida por la altitud y la topografía. La temperatura media en las costas con elevaciones bajas es superior a los 27°C. El viento dominante en la región es de dirección oeste a lo largo del año. La máxima se registra con dirección S-SW para el mes de mayo y con dirección oeste para el mes de julio. Los fenómenos meteorológicos severos que llegan a presentarse son huracanes y tormentas tropicales durante los meses de mayo a octubre (Mañón, 1985).

En función de las condiciones hidrológicas que están determinadas por los climas regionales, la zona costera de Guerrero se subdivide en dos tipos: de alta y de baja precipitación (Mañón, 1985). La zona donde se localiza la laguna es de alta precipitación con más de 1,400 mm/año. La zona de alta precipitación se extiende hasta el límite con Oaxaca, con una longitud de 360 km, un ancho máximo de 60 km, una planicie costera muy angosta que se encuentra en la cota de los 100 m a 10 km del litoral. De 1978 a 1998 en la estación de Acapulco, el periodo de lluvias de verano-otoño fue muy marcado de junio a octubre, mientras que la época seca

extrema de invierno-primavera se presentó en los meses de diciembre a abril (MIA La Parota, 2003) (Figura 2).

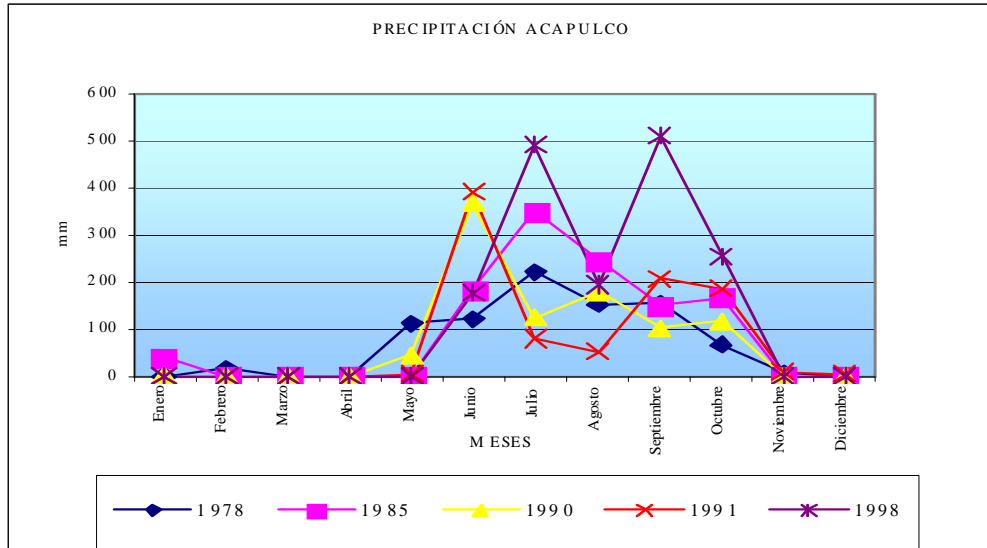


Figura 2. Variación mensual de la precipitación en la estación meteorológica de Acapulco (tomado de la MIA La Parota, 2003).

La mayor parte de la precipitación ocurre durante el flujo del aire marítimo del sureste que beneficia principalmente el flanco costero (barlovento) de la Sierra Madre del Sur. En la llanura costera, la precipitación está en equilibrio con la evaporación. Sin embargo, los valores de precipitación y evaporación anuales registrados en las estaciones de La Parota-Tres Palos y de Acapulco muestran que la evapo-transpiración en algunos años es considerablemente mayor en la de La Parota-Tres Palos que en la de Acapulco (MIA La Parota, 2003) (Figura 3).

De acuerdo con la regionalización hidrográfica de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, el área de estudio se ubica en la Región Hidrológica No. 19 (Costa Grande de Guerrero, Figura 4), la cual se encuentra situada al suroeste del estado, limitando al norte con la región 18 (Río Balsas) y al este con la región 20 (Costa Chica). La cuenca pertenece a la subregión A que se ubica en la parte oriental de la región hidrológica y está integrada por los Ríos Tecpan, Coyuca y Sabana.

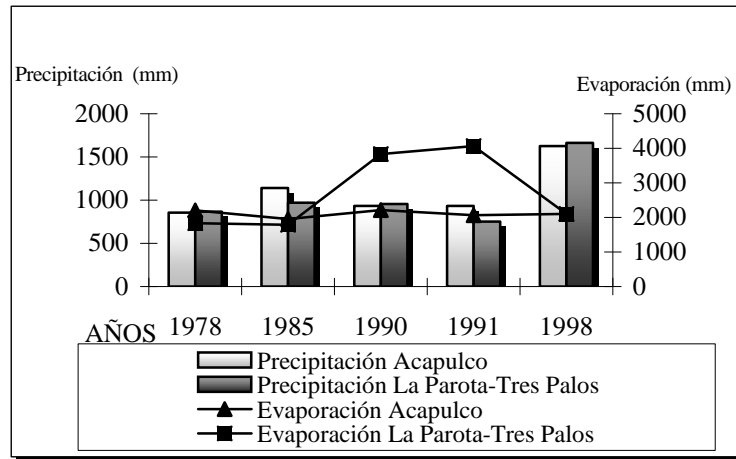


Figura 3. Variación anual de la precipitación y evaporación en las estaciones meteorológicas de La Parota-Tres Palos y de Acapulco (tomado de la MIA La Parota, 2003).

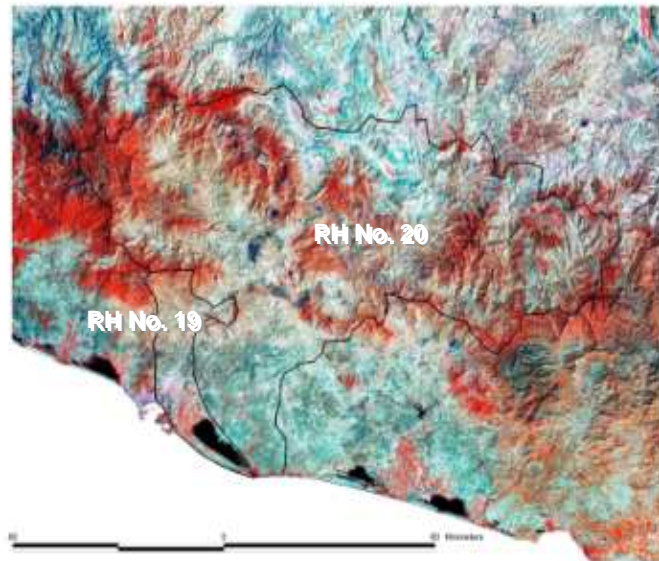


Figura 4. Regiones hidrológicas en la costa de Guerrero.

La región hidrológica No. 19 cuenta con un escurrimiento de 12,736 millones de m³/año. La principal corriente superficial de Acapulco es el Río La Sabana con una cuenca de 296 km². El río nace en la Sierra Madre del Sur, específicamente en el cerro de San Nicolás. En su nacimiento recibe el nombre de Aguacatillo, al penetrar en el área por el noroeste cambia su nombre a Río La Sabana, sigue un curso sinuoso, no recibe aportaciones importantes, y

desemboca en la Laguna de Tres Palos después de drenar el valle localizado al este de Acapulco. Su gasto anual promedio es de 4 m³/seg (Mañón, 1985).

Las aguas del Río La Sabana son usadas para abastecimiento doméstico e industrial, y para riego de la zona por la que drena. Las principales descargas de aguas residuales provienen de los poblados de La Venta y La Sabana, de plantas procesadoras de aceite de limón, y de las empresas Cementos de Acapulco, el rastro municipal y la Coca Cola de Tulancingo, así como de descargas domésticas de los asentamientos irregulares que lo rodean. El área donde se localiza la Laguna de Tres Palos se encuentra influida fuertemente por la hidrología del lugar, alimentándose por escurrimientos condicionados por el relieve de la zona. La figura 5 representa la región donde se ubican algunas de las localidades mencionadas.

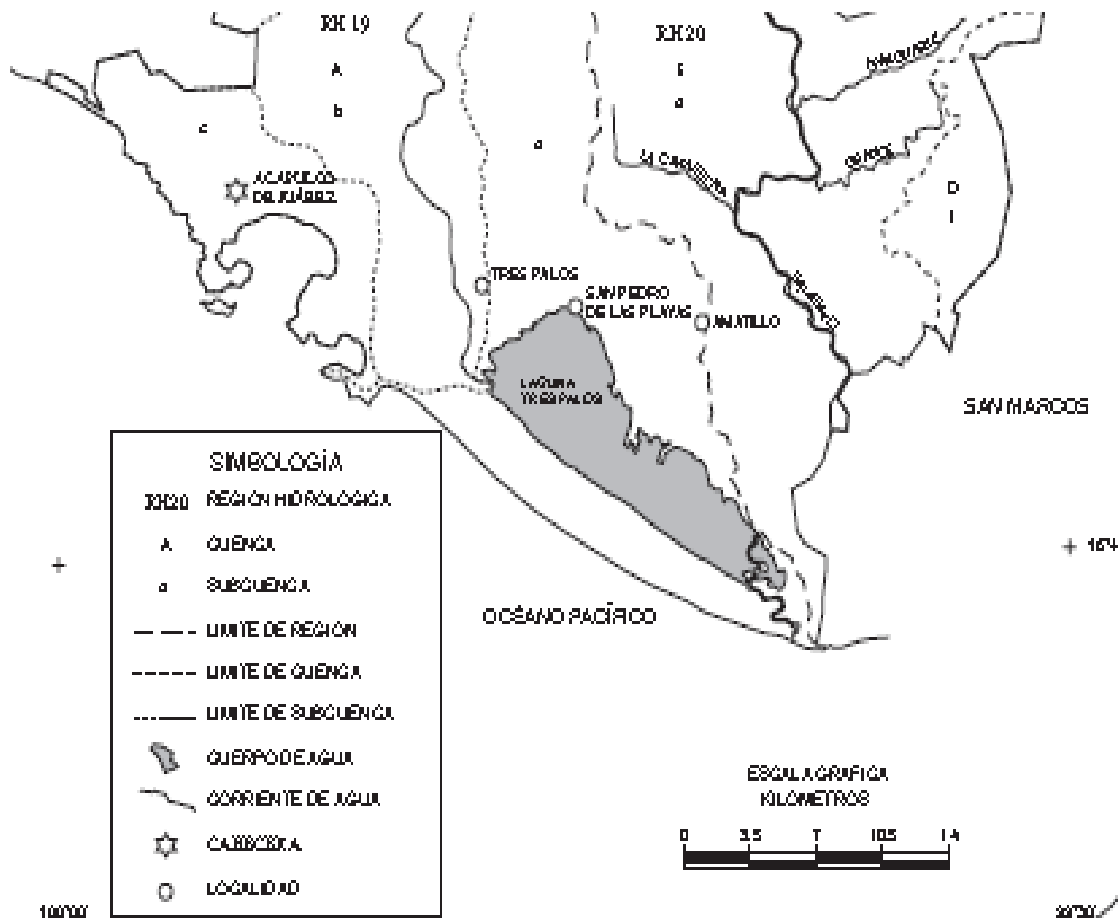


Figura 5. Localidades cercanas a la Laguna de Tres Palos.

4.2 Características Generales de la Laguna de Tres Palos

La Laguna de Tres Palos es una laguna costera de forma subcircular a elíptica, se conforma de dos zonas separadas por una península lo que le da una forma característica de 8. Tridimensionalmente es de forma cónica, somera y de fondo plano, y los contornos batimétricos son regulares y uniformemente espaciados. La parte norte de la laguna es de contorno irregular con grandes ensenadas y litorales rocosos, mientras que el litoral sur es regular. El largo máximo de la laguna es de 9.85 km (Mañón, 1985). Cuenta con una extensión aproximada entre 56,5 y 61 km² (Sevilla *et al.*, 1980; Banderas y González, 2000), con un volumen de 0.150 a 0.190 km³. Situada entre el Río La Sabana y el Río Papagayo, su principal aporte de agua es el Río La Sabana (Mañón, 1985).

En la parte occidental se encuentra la boca del Río La Sabana y en la parte oriental se encuentra un canal meándrico de comunicación con el mar de aproximadamente 12 km de longitud que termina en el poblado de Barra Vieja. Históricamente este canal de comunicación se abre de manera natural una sola vez al año durante 12 a 15 días. En los últimos 20 años, la apertura de la boca ha sido realizada mecánicamente por los pobladores permitiendo que el intercambio de agua incremente la riqueza de especies marinas en la laguna, aunque la influencia generada por la apertura de la boca se observa en una parte limitada de la laguna.

Destaca del resto de las lagunas de Guerrero por ser una de las de mayor volumen, superficie y profundidad, y por presentar un balance con salinidades máximas de 10 ups. La laguna es predominantemente oligohalina la mayor parte del año, con influencia marina en las épocas de avenidas cuando se abre la comunicación con el mar.

Según Guzmán (1987), la profundidad máxima en la laguna es de 7 m en la parte central, y disminuye de manera concéntrica hacia los bordes, con una media de 2 m. El 30% del volumen de agua se localiza a 3.5 m de profundidad (Figura 6).

En la Laguna de Tres Palos se ha registrado la presencia de 56 especies de peces y de dos especies de crustáceos, *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) y *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Yañez-Arancibia, 1980), algunas de las cuales son explotadas por los pescadores de la laguna, teniendo un potencial alto la producción del langostino *M. tenellum*

(Guzman *et al.*, 1982). Ambas especies capturadas con atarraya son consideradas como de interés comercial (Hendricks, 1995).



Figura 6. Batimetría de la Laguna de Tres Palos (tomado de Guzmán, 1987).

De acuerdo a lo registrado en la MIA La Parota (2003), las especies dominantes de peces son *Ariopsis guatemalensis* (Günther, 1864), *Atherinella guatemalensis* (Günther, 1864), *Lile gracilis* (Castro-Aguirre y Vivero, 1990), *Microgobius miraflorensis* (Gilbert y Starks, 1904), *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867), *Poeciliopsis fasciata* (Meek, 1904) y *Poecilia sphenops* (Cuvier y Valenciennes, 1846). Siendo la especie *Lile gracilis* es la dominante en la mayor parte del año. Cabe señalar que en junio del 2003, *L. gracilis* y *M. miraflorensis* conformaron casi el 80% del total de la colecta, lo que indica que ambas especies están bien establecidas en el sistema lagunar y mantienen valores altos de dominancia.

En septiembre, los valores altos de dominancia fueron registrados para *Atherinella guatemalensis*, *Poeciliopsis fasciata* y *Lile gracilis* (Figura 7).

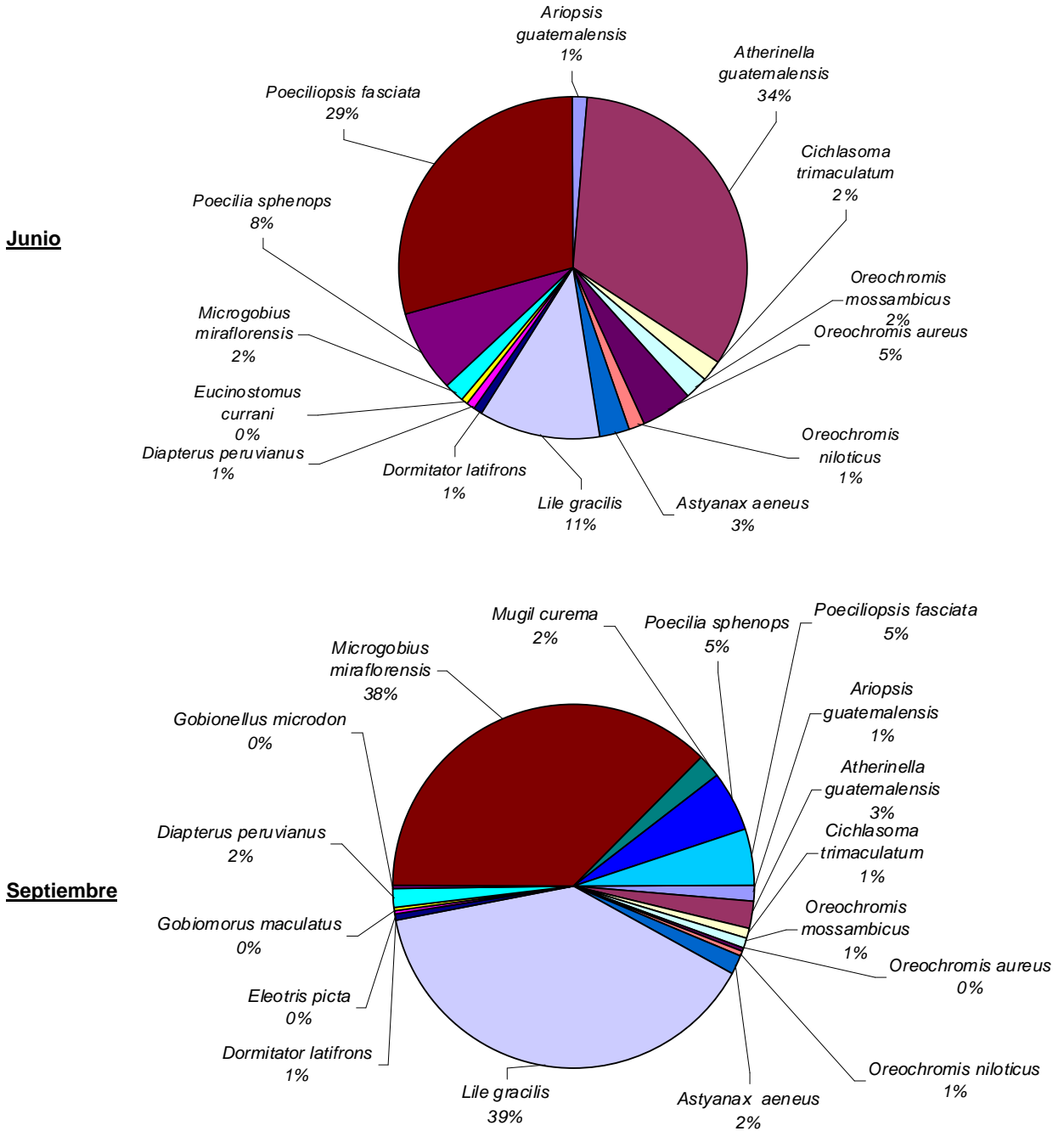


Figura 7. Abundancia relativa por especie de peces en junio y septiembre (tomado de la MIA La Parota, 2003).

Cabe destacar que debido a la extensión de la laguna, al nivel permanente del agua y a la cobertura vegetal, así como a condiciones favorables para la anidación, se encuentran aves acuáticas asociadas al manglar a lo largo del margen noreste de la laguna, que se alimentan directamente en la laguna, y cuya afluencia es en general constante a lo largo del año. De acuerdo con información proporcionada por los pobladores, llegan tortugas marinas a la playa de la barrera que divide la Laguna de Tres Palos del mar, cerca de la desembocadura del Río Papagayo, durante la época de anidación que abarca los meses de julio a octubre, siendo considerable el número de arribazones.

Con respecto a las pesquerías, las lagunas costeras en México, de acuerdo con Contreras y Castañeda (2004), se mantienen en promedios de producción pesquera de aproximadamente 100 kg/ha/año. Gil y Rojas (2005) encontraron 17 federaciones pesqueras registradas, con más de 149 agrupaciones y un total de 15,000 cooperativistas con permisos para escama de agua dulce y langostino chacal para la Laguna de Tres Palos. Estos autores analizaron los datos de producción pesquera de las principales especies comerciales registrados de 1981 a 2004 por el Departamento de Ordenamiento Pesquero y Acuícola de la Subdelegación de Pesca, con la finalidad de determinar si existía una sobre-explotación pesquera.

En los datos obtenidos hasta el año 2000, se observaron producciones fluctuantes que disminuyeron aparentemente por la presencia del huracán "Pauline" en el año 1997. Para el 2001 y hasta el 2004 se observaron datos que rebasaban las producciones anteriores, registrándose los volúmenes mayores para las especies de interés comercial de charal 1,805 ton, popoyote 157 ton, cuatete 74 ton, tilapia 49 ton, lisa 21 ton y charra 3 ton. Otras especies de interés en la zona son el robalo, la huevina y el pijolín (Gil y Rojas, 2005).

Gil y Rojas (2005) también aplicaron una encuesta para identificar la opinión de las comunidades pesqueras respecto a la situación actual de las pesquerías en la Laguna de Tres Palos, Gro. Los resultados arrojaron que alrededor del 40% de la población encuestada respondió que no identifican sus actividades pesqueras como uno de los elementos que generan el deterioro de esta laguna, el 95% manifestó su compromiso de participar en

proyectos y programas de rehabilitación y el 97% dijo estar dispuesto a hacer algo para evitar el deterioro de este cuerpo de agua.

5 Materiales y Método

5.1 Trabajo de Campo

Para la definición de los parámetros ambientales, además de la revisión de los antecedentes existentes para el área, se realizaron visitas al Instituto de Biología, UNAM, Instituto Nacional de Ecología e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, a las Secretarías de Pesca, de Desarrollo Social y de Recursos Hidráulicos, y a la Comisión Nacional del Agua. Los datos que se obtuvieron mediante revisión bibliográfica se corroboraron y completaron mediante los muestreos realizados.

La información recopilada permitió hacer una descripción de la zona de estudio, donde se consideraron tanto los factores climáticos y geológicos, como los edafológicos, sedimentológicos y fisicoquímicos. Se consideró importante el análisis de los datos, tanto para la laguna de interés como para las zonas aledañas, de manera que fuera posible identificar la dinámica integral de la región y definir el grado de influencia que sobre la laguna tienen los ecosistemas que la rodean.

Para delimitar el área de estudio, se realizaron dos visitas de prospección, en mayo y noviembre del año 1993, con el fin de identificar tanto los aspectos ambientales como las actividades antropogénicas que influyen de manera significativa en la Laguna de Tres Palos. De estas visitas se concluyó que el Río La Sabana es el elemento de mayor importancia ya que, además de ser el principal aporte hídrico, es la principal fuente de contaminantes de la laguna. Por lo anterior se determinó que la subcuenca del Río La Sabana se integraría a la zona de interés del presente trabajo.

La recopilación de los datos en campo, se llevaron a cabo en las dos salidas de prospección en las que se observaron las dos épocas climáticas características en la región, en época seca (mayo) en la que las muestras se tomaron entre las 9:00 a 13:45 hrs y en época de lluvias

(noviembre) en la que las muestras se tomaron entre las 11:45 a 17:08 hrs, esta última la campaña coincidió con la apertura del canal de comunicación con el mar.

Durante la primera salida se realizó un reconocimiento del área de estudio y por características geomorfológicas se establecieron los puntos de muestreo, considerando además las condiciones presentes en el cuerpo de agua, la accesibilidad y el vertimiento de aguas sanitarias. Se muestrearon en total nueve estaciones que fueron denominadas de la siguiente manera: 1.- El Arenal, 2.- La Grava, 3.- Boca del Canal, 4.- El Podrido, 5.- El Plan, 6.- Frente a la Punta, 7.- El Aeropuerto, 8.- Boca del río y 9.- La Profunda (Figura 8).



Figura 8. Ubicación de las estaciones de muestreo en 1993.

En cada localidad de muestreo se registraron la profundidad con un estadal graduado, la turbidez con un disco de Secchi, la temperatura superficial del agua con un termómetro, el pH con un potenciómetro de campo y la salinidad superficial con un refractómetro de campo. Se colectaron muestras de agua con una botella van Dorn para determinar la concentración de oxígeno disuelto y nutrientes (fósforo total, ortofosfatos, nitrógeno total, amonio, nitratos y nitritos). Se tomaron muestras de 500 ml de agua y se filtraron en un filtro Whatman® de fibra de vidrio tipo GF/F de 0.47 μm de apertura de poro con ayuda de un equipo de filtración Millipore® de 13 mm de diámetro, para obtener muestras de clorofila. Los filtros fueron preservados en seco (sílica gel), en oscuridad y en hielo para su análisis posterior en

laboratorio. Asimismo, se colectó sedimento con una draga van Veen de 3 litros para determinar la textura y el contenido de carbonatos y materia orgánica.

Las especies acuáticas se recolectaron en cada localidad con una red Renfro (luz de malla de 1 mm) cubriendo un área de barrido de 50 m². También se empleó un chinchorro (luz de malla de 4 cm) para recolectar necton y se efectuaron cinco lances al azar con atarraya (luz de malla de 2 cm) en las estaciones con profundidad máxima de 3 m. Los organismos se fijaron con formol al 10% para ser transportados al laboratorio.

5.2 Trabajo de Laboratorio

Las muestras de agua superficial recolectadas en la laguna se analizaron en el Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, para determinar el oxígeno disuelto siguiendo el método de Winkler modificado por Strickland y Parsons (1972), el fósforo total por medio de la técnica sugerida por la Inland Waters Directorate (1974) originalmente de Menzel y Corwin (1965), los ortofosfatos con el método de Murphy y Riley (1962), y el nitrógeno total inorgánico (amonio+nitratos+nitritos) con el método de Solórzano (1969) y de Bendschneider y Robinson (1952). Por último, se calculó el índice N:P (inorgánico).

Para determinar indirectamente la turbidez se utilizó el Coeficiente de Extinción, el cual se obtuvo a partir de graficar los valores de lectura del disco de Secchi contra los valores de clorofila-a (Wetzel y Likens, 1979).

En sedimento se determinó la textura (método gravimétrico), el contenido de materia orgánica total (Dean, 1974) y de carbonatos (Shackley, 1975, Paez-Ozuna *et al.*, 1984).

Los especímenes de fauna se identificaron con base en las claves taxonómicas especializadas de Castro-Aguirre (1978) para peces y de Holthuis (1952b) para langostinos. El camarón blanco se identificó *in situ*. Los ejemplares recolectados se encuentran en el Laboratorio de Ecología del Bentos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Los datos se utilizaron para determinar la relación entre la presencia de organismos

y los valores de los parámetros de calidad de agua que se consideraron representativos para el presente estudio.

Con el fin de enriquecer la discusión, la información obtenida a partir de los muestreos fue comparada con la información publicada en la Manifestación de Impacto Ambiental de la Planta Hidroeléctrica “La Parota” (MIA La Parota) realizada en el año de 2003. Como se consideró que los valores de metales pesados en columna de agua y de plaguicidas en sedimentos aportan información relevante en cuanto a las condiciones ambientales de la laguna, esta información se tomó de la MIA “La Parota” y se cruzó con información sobre la problemática ambiental de la laguna, que fue revisada en diversas publicaciones (IMTA, 2000; MIA “La Parota”, 2003; Gil y Juárez, 2007; de la Lanza *et al.*, 2008).

Para la integración de la información y la construcción de los escenarios de cada una de las alternativas de rehabilitación se utilizó como marco de referencia lo establecido en la “Convención sobre los Humedales” (RAMSAR, 1971). Este ordenamiento intergubernamental que proporciona un ámbito de negociación entre las acciones nacionales y la cooperación internacional para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos, y que maneja las siguientes definiciones:

- Uso racional: *“El uso racional de los humedales consiste en su uso sostenible para beneficio de la humanidad de manera compatible con el mantenimiento de las propiedades naturales del ecosistema”.*
- Uso sostenible: *“El uso de un humedal por los seres humanos de modo que produzca el mayor beneficio continuo para las generaciones presentes, manteniendo al mismo tiempo su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras”.*
- Propiedades naturales del ecosistema: *“Aquellos componentes físicos, químicos y biológicos tales como el suelo, el agua, las plantas, los animales y los nutrientes, y las interacciones entre ellos”.*

La estrategia para entender la importancia de los ecosistemas e incorporar este análisis a las decisiones productivas y económicas, requiere del establecimiento de un vínculo entre lo que representan los ecosistemas, y sus bienes y servicios, para el beneficio de los individuos, por lo que para identificar los bienes y servicios ambientales de la Laguna de Tres Palos se utilizó el esquema integrado de análisis costo-beneficio del Economics for the Environment Consultancy (EFECT, 2005) para la valoración económica, social y ecológica de los ecosistemas (Figura 9).

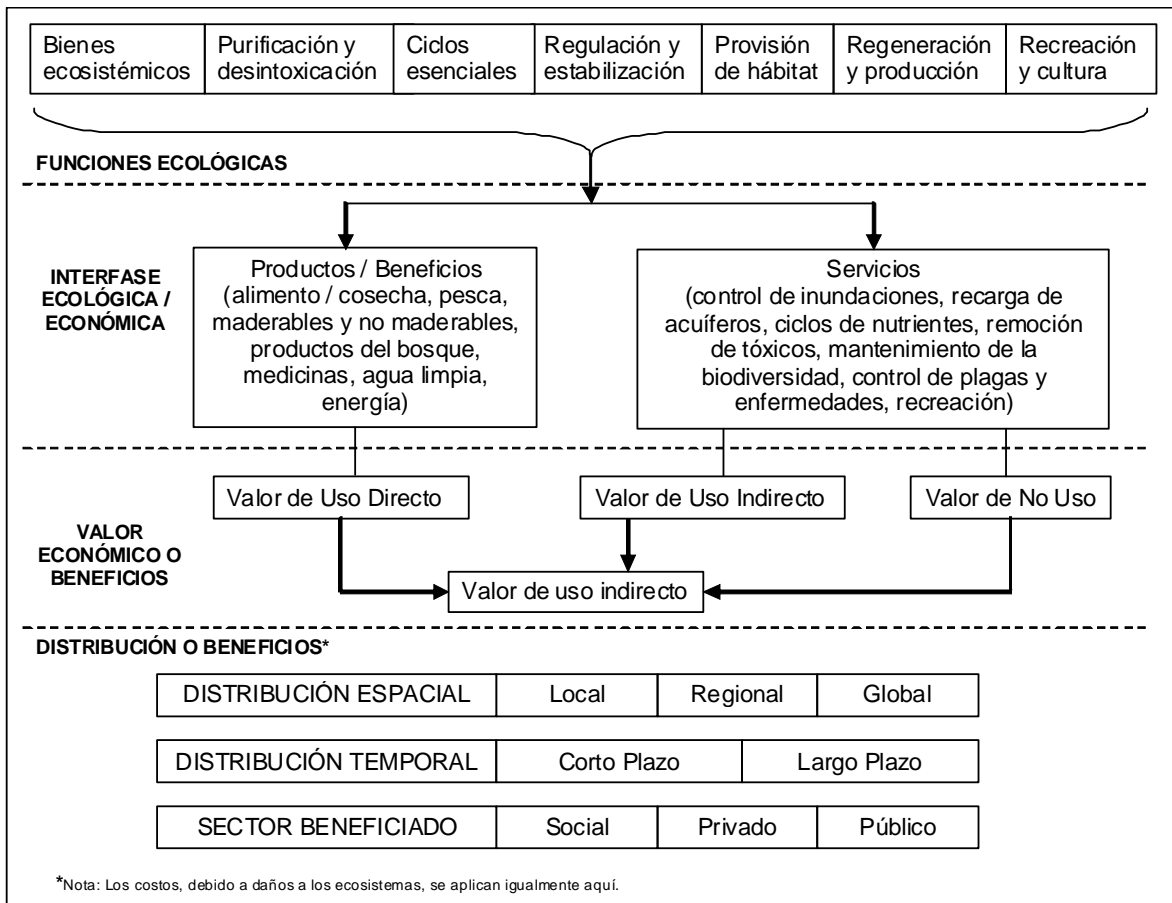


Figura 9. Esquema integrado de análisis costo-beneficio (tomado de EFECT, 2005).

Así mismo se siguieron los siguientes dos pasos también descritos en el EFECT (2005), para tener más detalle de cada uno de los bienes y servicios identificados:

1. Crear una interfase ecológica-económica para identificar los bienes y servicios que suministra directamente el ecosistema y que están indirectamente disponibles o influenciados positiva o negativamente por las actividades humanas. Entre los diferentes tipos de bienes y servicios que proporcionan los estuarios se incluyen:
 - Servicios de purificación, desintoxicación y filtración de agua y sedimentos.
 - Procesos de ciclos esenciales como los ciclos de fijación del nitrógeno y la captura de carbono.
 - Servicios de regulación y estabilización como regulación del clima, mitigación de tormentas e inundaciones, control de la erosión, regulación de lluvias y abastecimiento de agua.
 - Provisión de hábitat y refugios de animales y plantas, y almacenes de material genético.
 - Regeneración y producción de biomasa, materiales y alimento.
 - Valores estéticos, recreacionales, culturales y espirituales, y educación e investigación.
 - Funciones ecológicas que producen los bienes y servicios ambientales.

2. Identificar los grupos beneficiados por los bienes o servicios ambientales.

Una vez identificados los bienes y servicios, se clasificaron con la finalidad de facilitar su valoración. Dicha clasificación fue asignada de acuerdo al uso que prestan al hombre según lo establecido en el EFECT (2005) y en la “Convención sobre los Humedales” (RAMSAR, 1971; Barbier *et al.*, 1997), una vez clasificados, a estos bienes y servicios se les otorgó un valor de análisis por beneficio ambiental. A continuación se presentan los valores que se asignaron a cada bien y servicio y que fueron utilizados para calcular la calificación correspondiente en la matriz que se describe en la página 38:

Valor de Uso: involucra acciones que se realizan directamente o indirectamente con los recursos como:

- *Valor Directo*: es el que involucra la interacción humana con el ecosistema para obtener de él los recursos y que se identificó como el bien o servicio ambiental que provee la

laguna. Se asignó un valor de 3 puntos por cada uno de los servicios ambientales que podrían incrementarse o generarse por la aplicación de la medida.

- *Valor Indirecto*: es el que se deriva de los servicios que provee el ecosistema como la remoción natural de nutrientes y se identificó a partir de:
 - La distribución espacial local, regional o global, que se calificó con valores de 1, 2 y 3 respectivamente.
 - La distribución temporal a corto, mediano o largo plazo, que se calificó como 1, 2 y 3 respectivamente.
 - Los beneficiarios que podían pertenecer a los sectores privado, público o social, a los que se les asignó un valor de 3 a cada uno.
- *Valor de No Uso* del bien o servicio ambiental: es el que se asocia con los beneficios que se derivan simplemente del conocimiento de los ecosistemas, es decir, beneficios intangibles. Para entender este valor intangible se utilizan tres componentes básicos:
 - Valor de Existencia: que se deriva simplemente de la satisfacción de saber que un ecosistema continúa existiendo.
 - Valor de Legado: se asocia con el conocimiento de que los ecosistemas y sus servicios pasarán a los descendientes, manteniéndose así la oportunidad de que sean disfrutados en el futuro.
 - Valor Altruista: se deriva del conocimiento que los beneficiarios pueden disfrutar de los bienes y servicios de los ecosistemas.

A cada uno de los valores se les asignó un punto una vez que se clasificaron considerando si los bienes eran de existencia (valor actual), de legado (mantenimiento del bien de manera intertemporal), de altruismo (valor actual compartido por la comunidad) o de oportunidad (uso propio en el futuro).

Valor de Opción: se deriva de garantizar que los servicios de los ecosistemas estarán disponibles para el uso futuro. En este sentido es una forma de Valor de Uso, aunque esta valoración permite considerar la posible utilización futura. A menudo se asocia con el potencial de la información genética inherente a la diversidad biológica para ser utilizada en la investigación, por ejemplo, en productos farmacéuticos, repoblación de ecosistemas, etc.

Para abordar el análisis de la Laguna de Tres Palos y construir los escenarios para analizar las cuatro alternativas de rehabilitación de la laguna planteadas en diversos trabajos, se utilizó el enfoque ecosistémico, considerando que el análisis de sistemas es una estrategia para la gestión integrada de tierra, agua y recursos bióticos, en la que se promueve la conservación y utilización sostenible, con base en la aplicación del método científico y considerando los niveles de organización biológica, los procesos, las funciones y las interacciones entre los organismos y su ambiente.

En este esquema se consideran como componentes integrantes del ecosistema al hombre junto con su diversidad cultural y las actividades productivas que realiza y mediante las cuales modifica el entorno. En la figura 10 se esquematiza de manera general la información disponible que se analizó para determinar las condiciones de la laguna e identificar los cuatro escenarios que permitieron valorar las propuestas de rehabilitación ecológica que fueron planteadas en trabajos previos.

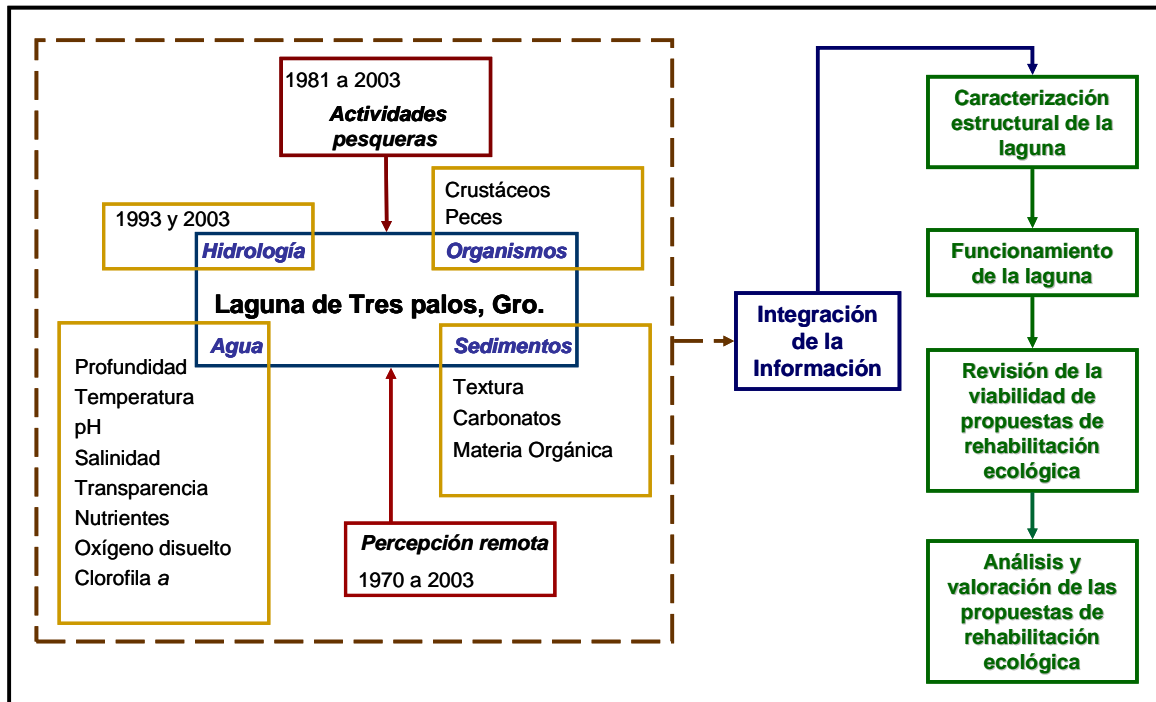


Figura 10. Información analizada sobre la Laguna de Tres Palos, Gro.

Una vez identificados los valores de los bienes y servicios que prestaría la laguna una vez mejoradas sus condiciones ambientales, se analizó la importancia que representaría la recuperación y conservación de la laguna para la región. Además se comparó la riqueza específica de los peces presentes en la Laguna de Tres Palos, con la de otras lagunas de la costa de Guerrero (Coyuca, Tecomate, Mitla, Nuxco) para determinar la importancia que puede representar la recuperación y conservación de esta laguna..

Finalmente, se construyó una matriz multifactorial mediante la que se integró la información para evaluar ambiental, económica y socialmente la aplicación de cada una de las propuestas de rehabilitación, aplicando al final un análisis costo-beneficio para determinar el tiempo de recuperación de la inversión después de la implementación de aquellas propuestas de las que se obtuvieron datos económicos.

6 Resultados

Los resultados obtenidos se presentan por parámetro analizado, considerando los dos períodos estacionales con el fin de identificar variaciones en el tiempo, de secas (en mayo) y lluvias (en noviembre) de 1993 (Anexo I).

6.1 Agua

6.1.1 Temperatura superficial

La temperatura del agua superficial en la época seca fue de 30-30.5°C en todas las estaciones, excepto la estación 8 que se encuentra en la desembocadura del Río La Sabana en donde se registró un valor de 31°C. En la época de lluvias, la temperatura mínima fue de 29°C en la estación 5 y la máxima fue de 30.5°C en las estaciones 3 y 6 (Figura 11).

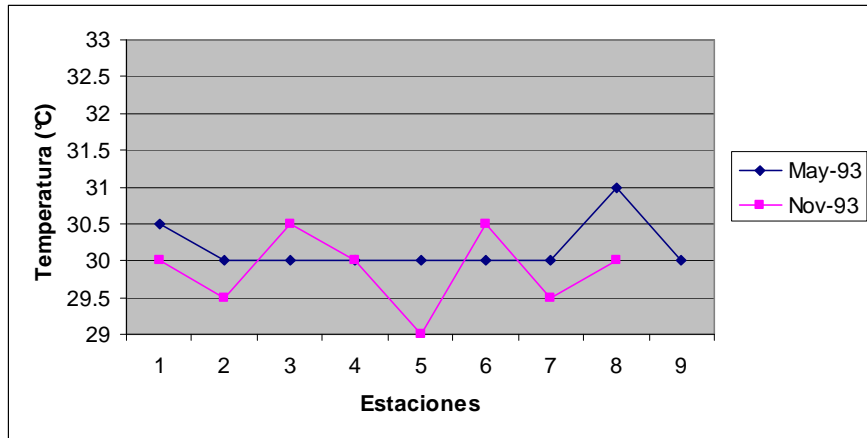


Figura 11. Distribución espacial y temporal de la temperatura superficial del agua.

6.1.2 Salinidad

La salinidad en la época seca fue de 2 ups en todas las estaciones, excepto la estación 9 donde se registró un valor de 4 ups, mientras que en la época de lluvias los valores variaron entre 1.4 y 1.9 ups, con un mínimo de 0.3 ups en la estación 8 en la desembocadura del Río La Sabana (Figura 12).

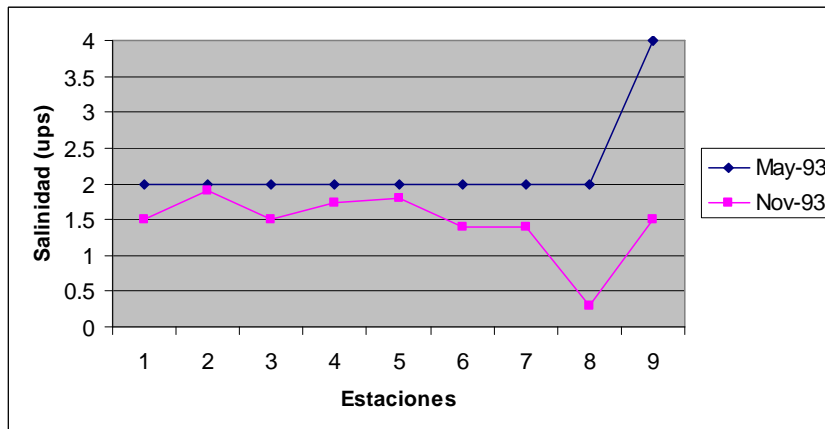


Figura 12. Distribución espacial y temporal de la salinidad.

6.1.3 pH

Los valores obtenidos en la época seca variaron de 7.9 a 8.3, y los de la época de lluvias de 7.6 a 9.12. Destaca el valor menor de 7.6 que se registró en la estación 8 en la época de lluvias (Figura 13).

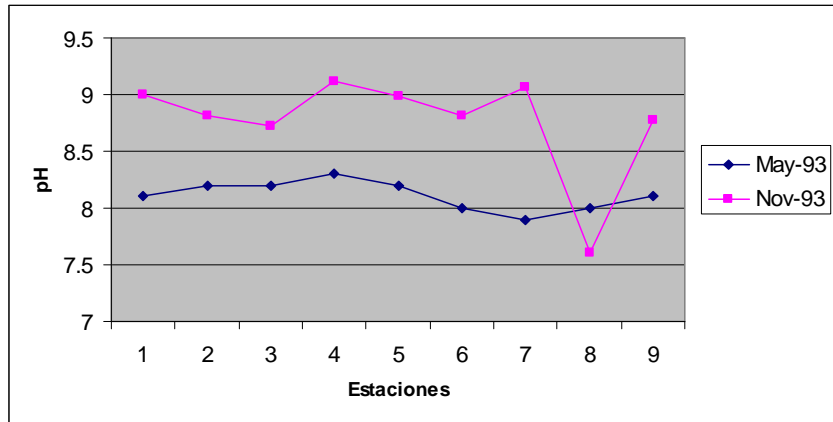


Figura 13. Distribución espacial y temporal del pH.

6.1.4 Oxígeno Disuelto

En la temporada seca los valores de oxígeno disuelto variaron de 0.29 a 4.28 mg/l, y en la época de lluvias de 6.17 a 13.11 mg/l. Al hacer una comparación de los valores obtenidos en las dos campañas, se puede observar que se registraron los valores más bajos en el mes de mayo, mientras que en noviembre se presentó una tendencia al incremento, excepto por las estaciones 8 y 9 (cercasas a Río La Sabana) donde los valores fueron menores (Figura 14).

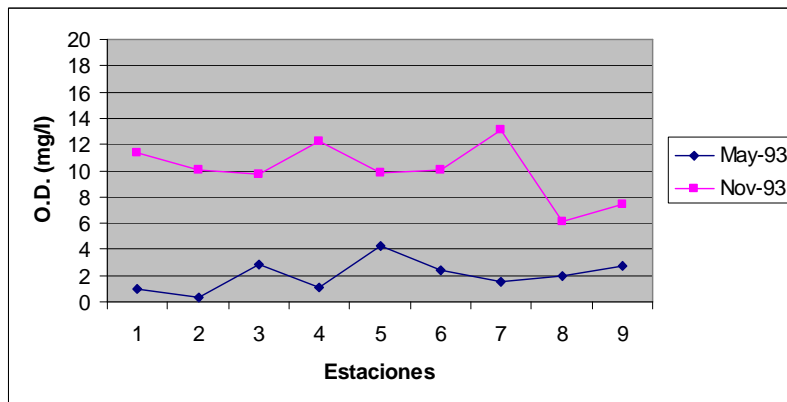


Figura 14. Distribución espacial y temporal del oxígeno disuelto.

6.1.5 Turbidez

Los valores obtenidos en la época seca (mayo) se registraron entre 0.75 y 1.1 m, mientras que en la época de lluvias (noviembre) se registró una menor turbidez con valores entre 0.5 a 0.7 (Figura 15).

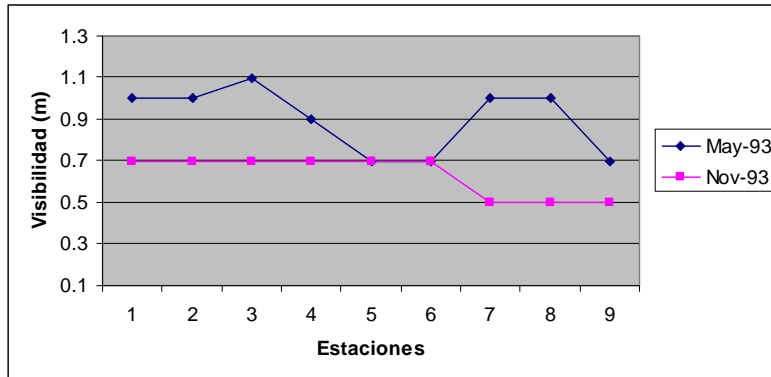


Figura 15. Distribución espacial y temporal de la turbidez.

6.1.6 Clorofila-a

Con respecto a los valores de clorofila-a, la estación número 2 que se encuentra en la parte media de la laguna sobresale por tener el máximo registrado en la época seca de 237.55 mg/m³. Los demás valores estuvieron por debajo de 95 mg/m³ en ambas épocas (Figura 16).

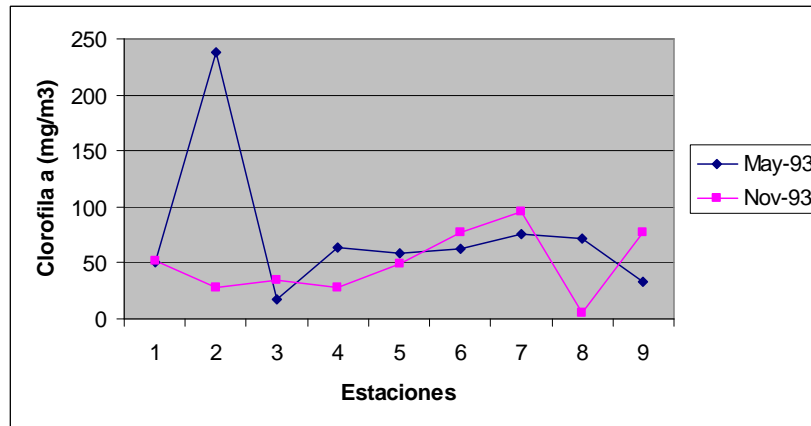


Figura 16. Distribución espacial y temporal de la clorofila a.

6.1.7 Coeficiente de Extinción

Los valores obtenidos para el coeficiente de extinción se registraron entre 1.44 y 2 en la época seca, y entre 2.06 y 2.88 en la época de lluvia (Figura 17).

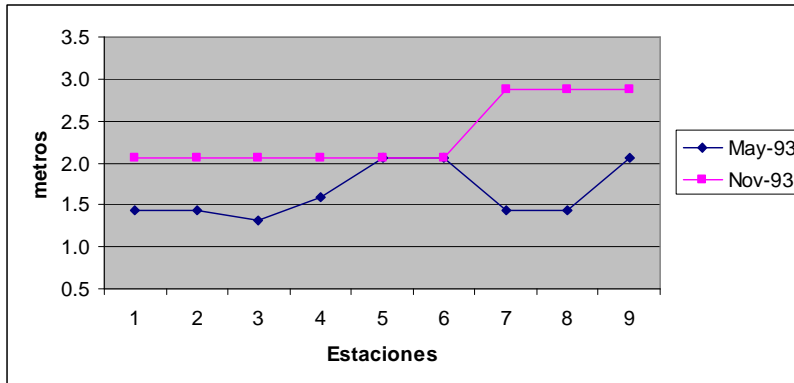


Figura 17. Distribución espacial y temporal del coeficiente de extinción.

6.1.8 Nutrientes

Espacialmente se observó que algunas de las mayores concentraciones de nutrientes se registraron en las estaciones cercanas a la desembocadura del Río La Sabana, destacando en particular las estaciones 8 y 9 que tuvieron en general los valores más altos (Figuras 18 a 23). Los valores de nutrientes registrados para ambos muestreos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de los nutrientes registrados en mayo y noviembre en la Laguna de Tres Palos.

Nutriente ($\mu\text{g-at/L}$)	Mayo (1993)	Noviembre (1993)
Fósforo Total	1.68 – 4.22	5.52 – 10.38
Ortofosfatos	1.39 – 2.64	2.45 – 44.04
Nitrógeno Total	6.33 – 36.04	3.3 – 8.76
Amonio	4.22 – 38.24	1.64 – 5.19
Nitritos	0.64 – 1.66	0.25 – 7.39
Nitratos	0.73 – 2.55	0.6 – 2.88

A continuación se presenta una descripción de los valores registrados en las dos épocas para cada parámetro.

Fósforo Total. En la época seca, la estación donde se observa la mayor concentración es la 9, con 4.22 $\mu\text{g-at/L}$, que corresponde al área de descarga del Río La Sabana. Las estaciones con valores medios son la 3 y la 7, con 3.21 y 3.44 $\mu\text{g-at/L}$ respectivamente. En las otras estaciones, los valores se encuentran entre 1.68 y 2.38 $\mu\text{g-at/L}$, el valor mínimo, con 1.68 $\mu\text{g-at/L}$ se encuentra en la estación 5. En la época de lluvia, el valor máximo de 10.38 $\mu\text{g-at/L}$ se registró en la estación 8, frente al Río La Sabana, mientras que en las demás estaciones las concentraciones se distribuyeron entre 5.64 y 6.72 $\mu\text{g-at/L}$ (Figura 18).

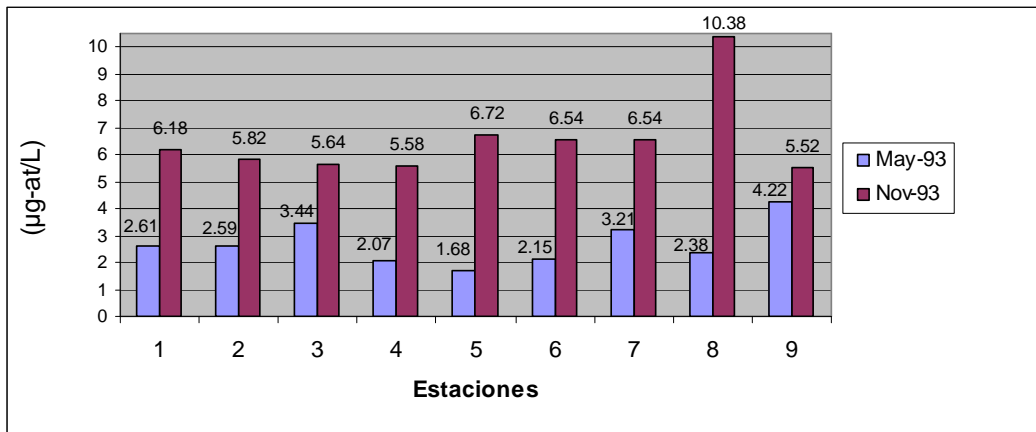


Figura 18. Distribución espacial y temporal del fósforo total.

Ortofosfatos. En la época seca, las concentraciones de ortofosfatos presentaron valores muy bajos de 1.39 a 2.64 $\mu\text{g-at/L}$, el valor más alto se encontró en la estación 9. En la época de lluvias, la estación 8 frente al Río La Sabana registró un incremento significativo, con una concentración de 44.04 $\mu\text{g-at/L}$, mientras que en las otras estaciones los valores variaron del mínimo de 2.45 $\mu\text{g-at/L}$ en la estación 5, a 11.28 $\mu\text{g-at/L}$ en la estación 9 (Figura 19).

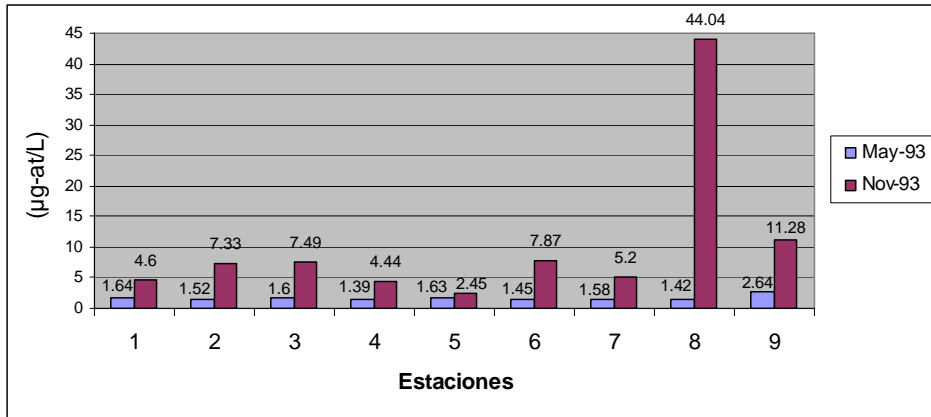


Figura 19. Distribución espacial y temporal de los ortofosfatos.

Nitrógeno total. En la época seca, el valor máximo registrado fue el de la estación 9 con 36.04 µg-at/L, las estaciones 1, 2, 6 y 7 presentaron valores intermedios de 21.77 a 27.53 µg-at/L, y las demás estaciones registraron de 6.33 a 9.27 µg-at/L. En la época de lluvias, el valor más alto se registró nuevamente en la estación 8 con 8.76 µg/l, mientras que las concentraciones de las demás estaciones variaron de 3.3 a 4.08 µg-at/L (Figura 20).

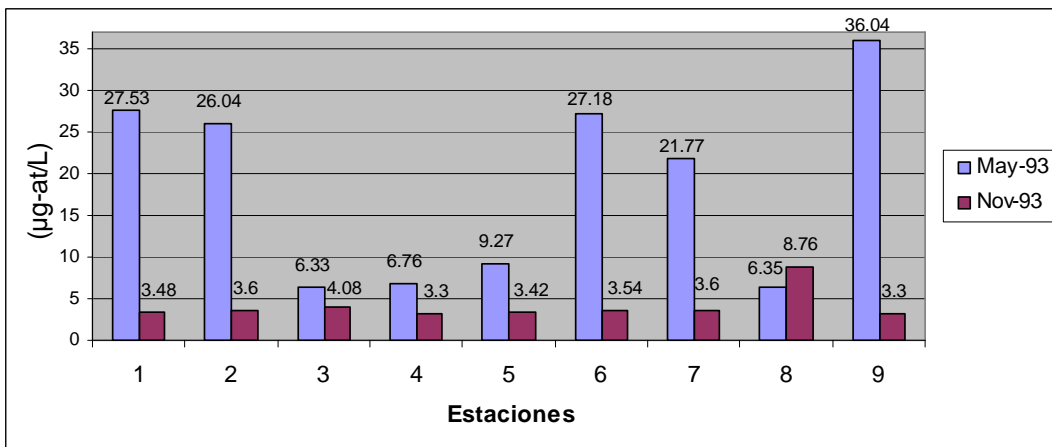


Figura 20. Distribución espacial y temporal del nitrógeno total.

Amonio. En la época seca, el valor máximo se registró en la estación 9 con 38.24 $\mu\text{g-at/L}$, los valores medios de 19.71 a 25.52 $\mu\text{g-at/L}$ se registraron en las estaciones 1, 2, 6 y 7, y los valores menores de 4.22 a 7.0 $\mu\text{g-at/L}$ fueron registrados en las estaciones 3, 4, 5 y 8. En la época de lluvias, los valores variaron entre 1.64 y 5.19 $\mu\text{g-at/L}$, con el máximo registrado en la estación 6 (Figura 21).

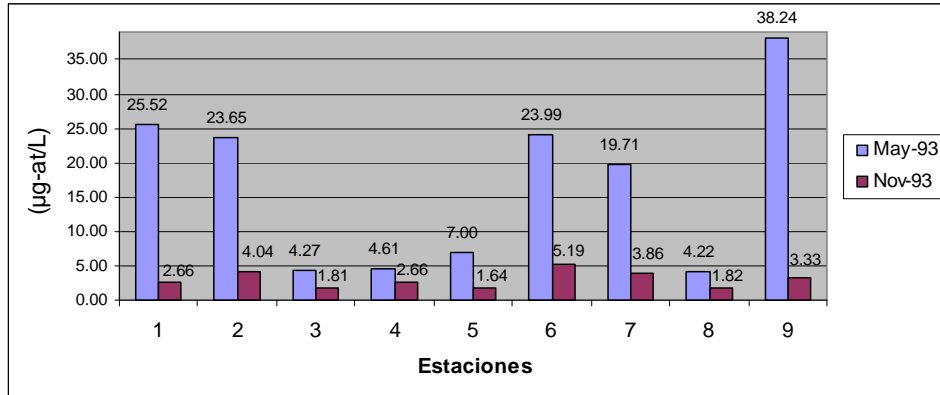


Figura 21. Distribución espacial y temporal del amonio.

Nitritos. En la época seca, el valor más alto se registró en la estación 9 (1.66 $\mu\text{g-at/L}$), el valor más bajo en la estación 6 (0.64 $\mu\text{g-at/L}$), y el resto de las estaciones registraron valores entre 0.89 y 1.33 $\mu\text{g-at/L}$. En la época de lluvias, el valor más alto registrado de 7.39 $\mu\text{g-at/L}$ se observa en la estación 9, seguido de las estaciones 2 y 3 con 2.76 y 4.8 $\mu\text{g-at/L}$ respectivamente, y las estaciones restantes con valores que se distribuyen entre 0.25 y 2.06 $\mu\text{g-at/L}$ (Figura 22).

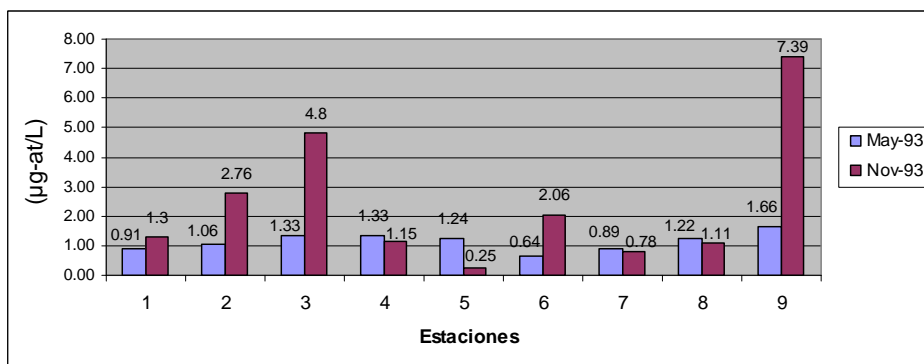


Figura 22. Distribución espacial y temporal de los nitritos.

Nitratos. En la época seca, los valores mayores se registraron en la estación 6 con 2.55 $\mu\text{g-at/L}$ y en la 9 con 2.06 $\mu\text{g-at/L}$, mientras que en el resto de las estaciones se registraron entre 0.73 y 1.29 $\mu\text{g-at/L}$. En la época de lluvias, el registro más alto se encontró en la estación 8 frente al Río La Sabana con 2.88 $\mu\text{g-at/L}$, y en las demás estaciones los valores se registraron entre 0.52 0.88 $\mu\text{g-at/L}$ (Figura 23).

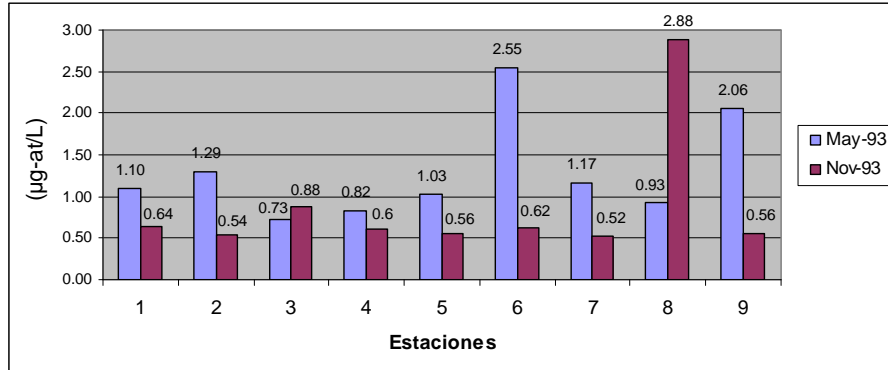


Figura 23. Distribución espacial y temporal de los nitratos.

6.2 Sedimentos

6.2.1 Carbonatos

El porcentaje de carbonatos registrado en la época seca varió de 1.4 a 24%, con los valores más altos en las estaciones 2 y 9 y el mínimo en la 7. En la época de lluvias los porcentajes se incrementaron encontrándose entre 3.88 a 84.9%, con los valores altos en las estaciones 3, 6 y 9, y el valor mínimo en la estación 2 (Figura 24).

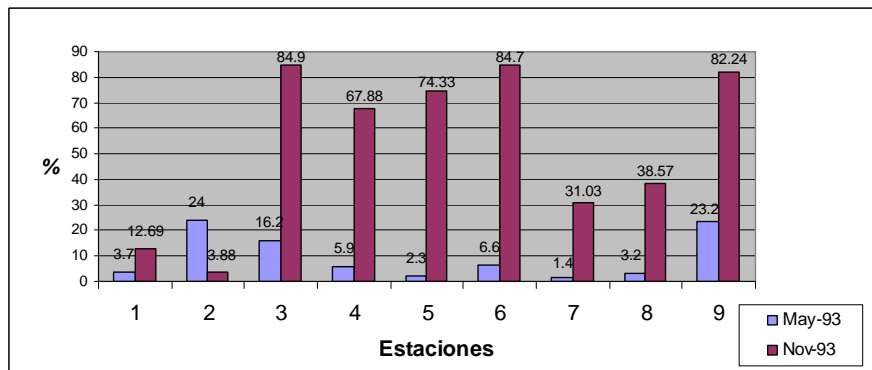


Figura 24. Distribución espacial y temporal de los carbonatos en el sedimento.

6.2.2 Materia Orgánica

El porcentaje de este parámetro varió de 5 a 21% en la época seca y de 0.95 a 61.99% en la época de lluvias. Los valores más altos en la época seca se registraron en las estaciones cercanas al centro y la boca del canal de la laguna (2, 3, 4) y las cercanas a la desembocadura del Río La Sabana (8, 9), mientras que en época de lluvias éstos se registraron en el centro de la laguna (5, 6) (Fig. 25).

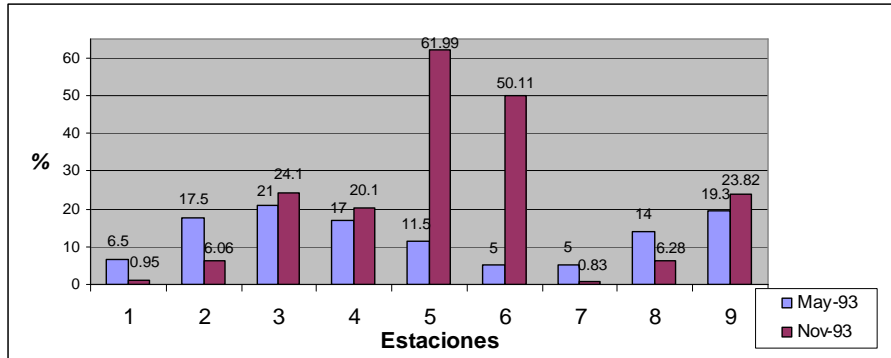


Figura 25. Distribución espacial y temporal de la materia orgánica en el sedimento.

6.2.3 Textura

En la época seca, la textura predominante del sedimento fue la de limo-arcillas con porcentajes entre 57.65 y 91.33% respectivamente en las estaciones 3, 4, 6, 8 y 9. En las estaciones 1, 2, 5 y 7 predominaron las arenas con porcentajes de 72.8 a 98.09%. Las gravas registraron porcentajes bajos en todas las estaciones con valores entre 0.94 y 20% (Figura 26).

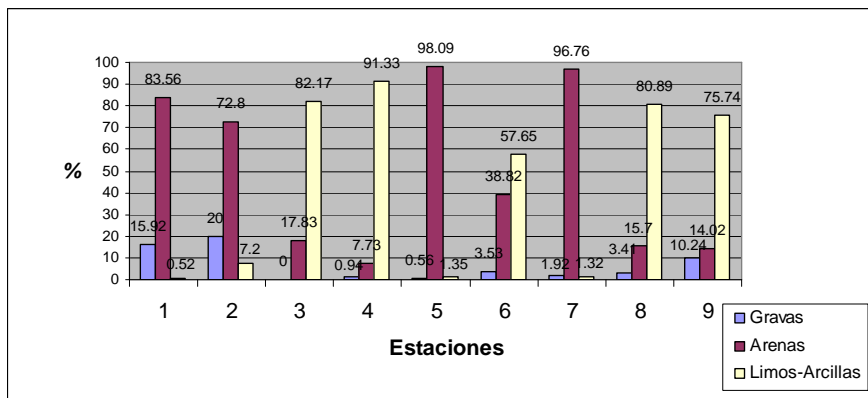


Figura 26. Distribución espacial de la textura del sedimento en mayo.

En la época de lluvias, se observan porcentajes altos de limo-arcillas de 57.4 a 99% en las estaciones 4 a 9, de arenas con 68.1 y 94.6% en las estaciones 1 y 3 respectivamente, y de gravas con 86.3% únicamente en la estación 2. Las estaciones 2, 3, 5 y 7 presentaron una variación significativa de textura entre las dos épocas (Figura 27).

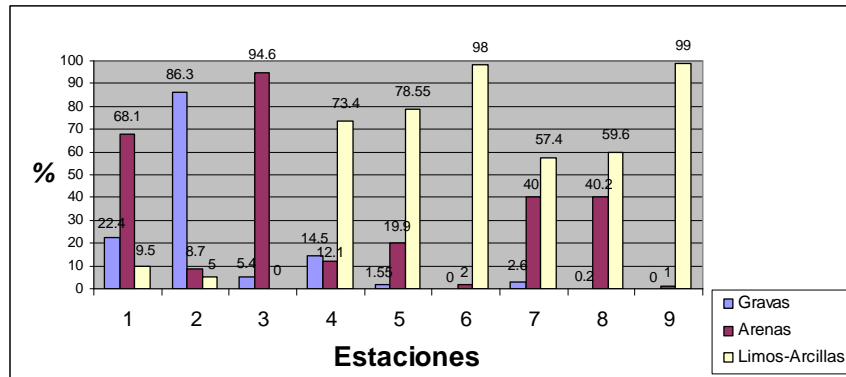


Figura 27. Distribución espacial de la textura del sedimento en noviembre.

6.3 Fauna

En los muestreos realizados en la época seca, se registró la presencia de *Lile gracilis* y *Microgobius miraflorensis*, excepto en las estaciones 6 y 9 en las que no se obtuvo ningún organismo. Con respecto a los crustáceos, en las muestras obtenidas en las estaciones 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se registró la presencia de *Macrobrachium tenellum*, siendo la última estación en donde se recolectó un número mayor de organismos, y únicamente ejemplares en estado juvenil. Los pescadores obtuvieron en su jornada de pesca organismos adultos de *M. tenellum* y de camarón blanco.

En la época de lluvia no se obtuvieron organismos en las estaciones 1, 3, 6 y 9. En las estaciones 5, 7 y 8 se recolectaron ejemplares de *L. gracilis* y *M. miraflorensis*, y en las estaciones 2 y 4 se obtuvieron muestras de *Ariopsis guatemalensis*. En cuanto a crustáceos, en las estaciones 8 y 5 se registró la presencia de *M. tenellum*. Los pescadores del lugar obtuvieron en su jornada de pesca, de manera sobresaliente, a *A. guatemalensis* y *M. tenellum*.

6.4 Propuestas de Rehabilitación para la Laguna de Tres Palos

La Laguna de Tres Palos es un cuerpo de agua con valor paisajístico y económico para los pobladores. Con el objeto de estudiar la posibilidad de lograr su recuperación ecológica se seleccionaron cuatro propuestas de rehabilitación mencionadas en estudios previos. Estas se compararon para determinar el posible incremento en la calidad ambiental del agua y en la productividad de la laguna, para beneficio de las poblaciones aledañas. Las medidas de rehabilitación seleccionadas son:

- a) Apertura permanente del canal de comunicación al mar (Sevilla *et al.*, 1980).
- b) Bombeo de agua de mar por energía de oleaje (Czitrom, 1996).
- c) Saneamiento del Río La Sabana y sistema de drenaje de localidades circunvecinas (IMTA, 2000).
- d) Desvío de una porción del caudal del Río Papagayo hacia la laguna (Reuniones derivadas de la MIA La Parota, 2003).

Para el análisis de las propuestas primero se desarrolló la Tabla 2, la cual contiene los bienes y servicios ambientales esperados y que, como se describe en el capítulo de Método, se eligieron y clasificaron considerando que pueden ser brindados por la Laguna de Tres Palos una vez que se mejoraran sus condiciones ambientales. En esta misma tabla se señala de manera general, en la escala territorial, la zona de influencia del bien o servicio ambiental que se espera obtener con la mejora de las condiciones ambientales de la laguna.

El análisis de la información de las propuestas se realizó utilizando una matriz para comparar multifactorialmente los valores por beneficio ambiental y económico para las cuatro alternativas de rehabilitación, con lo que se determinó la más viable. Una vez clasificados se les aplicaron los valores descritos en el capítulo de Método, considerando el valor que representarían para la población y el área de influencia que alcanzarían los beneficios generados por las modificaciones de las condiciones ambientales. Los resultados obtenidos se revisaron tomando en cuenta lo establecido en la “Convención sobre los Humedales” (RAMSAR, 1971; Barbier *et al.*, 1997) y en el Reporte EFECT (2005).

Tabla 2. Clasificación y valor de bienes y servicios identificados si mejoran las condiciones ambientales de la Laguna de Tres Palos.

Valor	Bienes y Servicios	Local	Regional	Global
De Uso Directo	Pesquerías.	X	X	
	Fibras para construcción y producción de artesanías. Madera para combustible.	X		
	Valor estético de la laguna, recreación.	X	X	X
De Uso Indirecto	Control de Tormentas.	X	X	
	Regulación de inundaciones.	X	X	
	Caudal de agua.	X	X	
	Sedimentos y ciclo de nutrientes, la mejora de la calidad del agua.	X	X	
	Control de erosión (vegetación).	X	X	
	Captura de carbono y mitigación del cambio climático.			X
De Opción	Futuros usos directos e indirectos diferentes a los bienes y servicios.	X	X	X
De No Uso	Existencia, legado y valor altruista de los hábitats y de especies de humedales. Conocimiento, tradición y cultura.	X	X	X

Para el valor de análisis por beneficio ambiental se incluyeron los valores de los servicios y bienes ambientales identificados y que también fueron descritos en el capítulo de Método.

Por su parte el valor de análisis económico se incluyó en los casos en los que se tuvo la información sobre los costos totales por la aplicación de cada una de las propuestas, ya que los objetivos básicos a cumplir incluyen mejorar la calidad del agua del sistema y aumentar la riqueza específica en la laguna. Asimismo, se tomó en cuenta el número posible de fuentes a partir de las cuales se podían obtener los recursos para la realización de las obras o actividades necesarias, donde un mayor número de posibles fuentes de financiamiento está relacionado directamente con los sectores o grupos a los que beneficia la propuesta de rehabilitación.

En la tabla 3 se presenta la matriz multifactorial de valoración ambiental y económica que se obtuvo a partir de la valoración que se aplicó a cada una de las propuestas. Los valores más altos están asociados con las medidas que tienen mayores beneficios ambientales y factibilidad económica de realización, con respecto al beneficio otorgado a más sectores.

Respecto a la propuesta de a) Apertura permanente del canal de comunicación al mar, que tiene el costo de aplicación más alto, el cálculo de dicho costo se basó en el costo de construcción proporcionado de manera directa por personal de la Comisión Federal de Electricidad. El costo de construcción de un canal de 5 m de ancho por 3 m de profundidad asciende a \$5,000 por metro construido y, considerando que el canal meándrico de la laguna tiene una extensión de 12 km, el costo total de la construcción ascendería a 60 millones de pesos.

Finalmente y para complementar el análisis de factibilidad de las cuatro propuestas de rehabilitación, se aplicó un análisis rápido para identificar el tiempo de recuperación de la inversión. Se tomó como costo de aplicación el mayor conocido, que corresponde a la propuesta: a) Apertura permanente del canal de comunicación al mar, considerando como caso hipotético el que los pescadores tuvieran que pagar esta inversión en su totalidad.

Tabla 3. Matriz Multifactorial de Valoración Ambiental y Económica por Alternativa de Rehabilitación.

Propuestas	Costo obra Información requerida para conocer costos	Valor Análisis Económico (por obtención de recursos para cubrir costos)	Valor Análisis por Beneficio ambiental					Valor Análisis Económico y Ambiental	Observaciones	
			Directo	Indirecto			No uso			Subtotal
				Espacial	Temporal	Beneficia- rios				
Sistema de Bombeo por Energía de Oleaje (SIBEO)	\$ 50'000,000.00	- Apoyos al sector pesquero (Federación) - Pescadores (El costo beneficia a un sólo sector, lo que limita las opciones para obtener los recursos económicos)	.Calidad del agua .Incremento de riqueza específica .Incremento de germoplasma .Exportación de nutrientes .Pesquerías	local (ribera sur de la laguna)	Corto plazo	Social	Existencia, altruismo	28	Influencia localizada, solo se beneficia a pescadores, la construcción de los canales de SIBEO afecta temporalmente a hoteleros y otros servicios establecidos en la barra. Se incrementan los servicios ambientales de biodiversidad y provisión de zooplancton	
			6	15	1	1	3			2
Desvío de una porción del caudal del Río Papagayo hacia la laguna	Se requiere hacer el cálculo del caudal necesario para crear la suficiente presión hidrodinámica que promueva la apertura de la barrera. Se requiere realizar el cálculo del costo de instalación de tubería (aproximadamente 20 km) así como la infraestructura necesaria para control de flujos	- Gobierno del Estado - Gobierno Municipal, - Apoyos al sector pesquero (Federación) - Plan Puebla Panamá (Se requiere realizar la gestión con los dueños de las tierras donde se ubicaría la tubería. Revisar las opciones donde se pueden obtener los apoyo en recursos económicos u obras como CFE)	.Calidad del agua .Incremento de riqueza específica .Incremento de germoplasma .Exportación de nutrientes .Microclima .Belleza Escenica .Pesquerías .Captura de carbono por incremento del manglar	Regional (laguna y poblados ubicados en la ribera sureste)	Largo plazo	Privado (turismo), público y social	Existencia, legado, altruismo, oportunidad	54	Se benefician todos los sectores lo que puede facilitar la obtención de recursos, aunque se prevee que por la magnitud de la obra debe ser un costo muy alto y que está sujeto a decisiones políticas. Al restablecerse la dinámica de la laguna se incrementan todos los servicios ambientales que provee la laguna, incluyendo la producción pesquera y se elimina paulativamente la concentración de contaminantes de la laguna. Se dotaría de agua potable a parte de la población	
			12	24	2	3	9			4
Saneamiento del río La Sabana y sistema de drenaje de localidades circunvecinas	Se requiere: Identificar industrias y núcleos poblacionales con descarga directa al río y sin sistemas de tratamiento. Conocer calidad y volumen de descarga de las empresas con plantas para determinar nivel de eficiencia. Número de poblaciones sin drenaje dirigido a sistemas de tratamiento. Realizar campañas de concientización.	- Gobierno del Estado - Gobierno Municipal, (Se requiere establecer un Programa de Gestión con los servicios que se utilizan descargan al caudal del río La Sabana para obtener los recursos de quienes deben tener responsabilidad)	.Calidad del agua .Microclima .Belleza Escenica .Pesquerías	Regional (laguna y río La Sabana)	Largo plazo	Privado (turismo), público y social	Existencia altruismo	34	No se incrementa la diversidad de especies eurialinas, se incrementa la producción pesquera de especies dulceacuícolas. Se incrementa el servicio ambiental de recreación	
			6	12	2	3	9			2
Apertura permanente del canal de comunicación al mar	Costo de construcción de un canal meándrico de 12 km de largo por 5 m de ancho y 3 m de profundidad: \$ 60'000,000.- (\$5,000.00por metro construido) Se requiere de un estudio batimétrico y de hidrodinámica de la costa para determinar si se requiere, la construcción de escolleras.(Este concepto está considerado en las acciones del Plan Puebla Panamá)	- Gobierno del Estado - Gobierno Municipal, - Apoyos al sector pesquero (Federación) - Plan Puebla Panamá - Pescadores (Se requiere realizar la gestión con servicios que se encuentran rodeando a la laguna)	.Calidad del agua .Incremento de riqueza específica .Incremento de germoplasma .Exportación de nutrientes .Microclima .Belleza Escenica .Pesquerías .Captura de carbono por incremento de manglar	Regional (laguna y región marina aledaña)	Largo plazo	Privado (turismo), público y social	Existencia, legado, altruismo, oportunidad	57	Se benefician todos los sectores lo que puede facilitar la obtención de recursos para su realización. Al restablecerse la dinámica de la laguna se incrementan todos los servicios ambientales que provee este cuerpo de agua, incluyendo diversidad de especies de interés económico y pesquero. La eliminación de concentración de contaminantes de la laguna aunque lenta, será constante lo que también permitirá que no haya cambios drásticos en el habitat de los organismos ya presentes.	
			15	24	2	3	9			4

En la tabla 4 se presenta el análisis del tiempo en el que se recuperaría la inversión. Para este cálculo se utilizó como monto de pago anual el 30% del total que se obtendría del valor de venta por producción pesquera, teniendo como referencia la producción del año 2004 reportada por Gil y Rojas (2005), por ser un año de producción promedio. Se consideró el 30% como el destinado al pago ya que es el porcentaje recomendado para destinar a pagos de crédito sin descapitalización.

Tabla 4. Análisis de recuperación de la inversión (precios tomados de: Subdelegación de Pesca, Departamento de Ordenamiento Pesquero y Acuícola, 2005).

COSTO 2004				30% a Crédito	ANO	CAPITAL	SALDO AL MES	ABONO
Tipo	Toneladas	Precio	Subtotal					
Charal	107	\$ 5,000.00	\$ 535,000.00		1	\$60,000,000.00	\$60,000,000.00	\$1,953,150.00
Popoyote	148	\$ 1,500.00	\$ 222,000.00		2	\$58,046,850.00	\$58,046,850.00	\$2,011,744.50
Cuatete	173	\$ 25,000.00	\$ 4,325,000.00		3	\$56,035,105.50	\$56,035,105.50	\$2,072,096.84
Tilapia	163	\$ 8,000.00	\$ 1,304,000.00		4	\$53,963,008.67	\$53,963,008.67	\$2,134,259.74
Lisa	79	\$ 1,500.00	\$ 118,500.00		5	\$51,828,748.92	\$51,828,748.92	\$2,198,287.53
Charra	4	\$ 1,500.00	\$ 6,000.00		6	\$49,630,461.39	\$49,630,461.39	\$2,264,236.16
					7	\$47,366,225.23	\$47,366,225.23	\$2,332,163.24
		TOTAL	\$ 6,510,500.00	\$ 1,953,150.00	8	\$45,034,061.99	\$45,034,061.99	\$2,402,128.14
					9	\$42,631,933.85	\$42,631,933.85	\$2,474,191.98
					10	\$40,157,741.87	\$40,157,741.87	\$2,548,417.74
					11	\$37,609,324.12	\$37,609,324.12	\$2,624,870.28
					12	\$34,984,453.85	\$34,984,453.85	\$2,703,616.38
					13	\$32,280,837.46	\$32,280,837.46	\$2,784,724.88
					14	\$29,496,112.59	\$29,496,112.59	\$2,868,266.62
					15	\$26,627,845.96	\$26,627,845.96	\$2,954,314.62
					16	\$23,673,531.34	\$23,673,531.34	\$3,042,944.06
					17	\$20,630,587.28	\$20,630,587.28	\$3,134,232.38
					18	\$17,496,354.90	\$17,496,354.90	\$3,228,259.35
					19	\$14,268,095.55	\$14,268,095.55	\$3,325,107.13
					20	\$10,942,988.41	\$10,942,988.41	\$3,424,860.35
					21	\$7,518,128.07	\$7,518,128.07	\$3,527,606.16
					22	\$3,990,521.91	\$3,990,521.91	\$3,633,434.34
					23	\$357,087.57	\$357,087.57	\$357,087.57
					24	\$0.00	\$0.00	\$367,800.20

Considerando los valores de venta por producto pesquero de la Subdelegación de Pesca para el año 2005, se realizó una proyección de tiempo de 24 años para cubrir la deuda calculada en 60 millones de pesos para llevar a cabo las obras antes señaladas.

7 Discusión

7.1 Caracterización ambiental de la Laguna de Tres Palos

La Laguna de Tres Palos se encuentra en una costa de colisión con régimen micromareal, es una laguna cerrada que tiene baja circulación de agua, la mezcla se realiza principalmente por el viento, tiene una sedimentación positiva por el arrastre de materiales limo-arcillosos provenientes de los escurrimientos originados por el relieve de la subcuenca, y no tiene suficiente intercambio con el mar. Esta falta de intercambio, y siendo el Río La Sabana el aporte principal de agua dulce a la laguna (Ortiz, 1977; Mañón, 1985; de la Lanza *et al.*, 2008), ha mantenido una salinidad baja con un valor máximo de 5 ups.

En los muestreos realizados en el presente estudio, se registraron salinidades bajas y temperaturas altas en las estaciones más cercanas a los lugares donde existe mayor influencia de aportes de agua dulce de origen antropogénico, que son las estaciones que se localizan entre el Río La Sabana y el área donde el aeropuerto y los hoteles descargan sus aguas residuales. Los valores de temperatura superficial del agua por arriba de 29°C caracterizan a la laguna como cálida y somera en latitud tropical. En cuanto al pH registrado, se presentó una tendencia a la alcalinidad con un valor mínimo de 7.6 y un máximo de 9.12 en la época de lluvias, lo que puede dar una idea de que existen materiales en suspensión de origen calcáreo resultado de las escorrentías de la época, que coincide con los carbonatos registrados en sedimento, ya que se encontraron valores de hasta 84.9 % para la época de lluvias en la que se encontraron los valores de transparencia menores, por los materiales en suspensión, resultado de las escorrentías de la época. En la época de lluvias se registró hasta un 84.9% de carbonatos en el sedimento.

Respecto a los resultados obtenidos en el año 2003 y reportados en la MIA La Parota, el pH se mantuvo en valores semejantes a los registrados en el año 1993, observándose una ligera tendencia a la alcalinidad también en la época de lluvias. En cuanto a la temperatura superficial, la variación entre estaciones fue de 3.3°C y el incremento de temperatura se registró en las estaciones más cercanas al Río La Sabana. De acuerdo con los resultados obtenidos, se considera que los parámetros fisicoquímicos de temperatura, salinidad y pH no presentaron diferencias significativas en lo registrado en los años 1993 y 2003.

El oxígeno disuelto se registró entre 0.29 y 13.11 mg/l, con valores promedio de 2.03 mg/l en la época seca y 10.01 mg/l en la época de lluvias. Esto indica que para el año 1993, el oxígeno disuelto no fue un factor limitante para el funcionamiento de la laguna puesto que, de acuerdo con los estándares internacionales (como el citado por el Programa Nacional de Estuarios de Estados Unidos (NEP), 2009) el valor mínimo necesario para la sobrevivencia de los peces es de 5 a 6 mg/l. En contraste, el intervalo de los valores registrados por la MIA La Parota en 2003 fue mayor, registrándose entre 5 y 19.9 mg/l, lo cual indica que este parámetro varía entre las épocas del año, así como entre años. Contreras y Gutiérrez (1991) y Contreras y Castañeda (1995) efectuaron una comparación entre lagunas mexicanas, y reportaron valores de oxígeno disuelto por debajo de los de la Laguna de Tres Palos, con un mínimo de 1.87 mg/l para la Laguna de La Mancha, Veracruz, y un máximo de 7.32 mg/l para la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz (ver Anexo II). En un estudio posterior, Lozano (1993) comparó los valores de oxígeno disuelto de tres lagunas de Veracruz (Alvarado, Pueblo Viejo y Sontecomapan) y la Laguna de Términos en Campeche encontrando el valor menor en la Laguna de Términos (4.1 mg/l) y el mayor en la Laguna de Pueblo Viejo (26.86 mg/l). En general, los valores variaron entre 5.85 y 10.50 mg/l y son semejantes a los registrados en este estudio en la Laguna de Tres Palos. Lo anterior, permite notar que los valores de oxígeno disuelto en la Laguna de Tres Palos coinciden con los valores registrados para otras lagunas mexicanas.

Con respecto a la turbidez, y comparando los valores registrados en este estudio en 1993, con los reportados 10 años después por la MIA La Parota (2003), se observó que existen diferencias entre los dos años de estudios, ya que la turbidez se incrementó considerablemente por el aumento de materiales suspendidos que se refleja claramente de manera indirecta en el coeficiente de extinción, por la tendencia de las lagunas costeras a azolverse, y por el incremento de la concentración de clorofila-*a* en el sistema.

Los valores de clorofila-*a* registrados en este estudio tuvieron grandes variaciones, con un mínimo de 5.24 mg/m³ en la época de lluvias y un máximo de 237.55 mg/m³ en la época seca. En la MIA La Parota (2003), este parámetro registró una variación de 96 a 155.47 mg/m³. Estos valores pueden compararse con los de otras lagunas de México como La Joya-Buenavista (192 mg/m³), Cerritos (142 mg/m³), Carretas (121 mg/m³) y Chantuto (115

mg/m³) en Chiapas, y Laguna de Alvarado (99 mg/m³) (Contreras *et al.*, 1994), Pueblo Viejo (36.72 mg/m³) y Sontecomapan (32.5 y 74.5 mg/m³) en Veracruz (Lozano, 1993). Las concentraciones usuales de nutrientes en los ecosistemas costeros, sobre todo los situados en latitudes tropicales, rebasan a sus similares en otras latitudes (Contreras, 1991, 1992 y 1994). En el Programa Nacional de Estuarios de Estados Unidos (NEP, 2009) se encontró un valor de referencia de 40 mg/m³, aunque este valor no puede ser utilizado para comparar con los valores encontrados en lagunas mexicanas, se tomó como un valor indicativo ya que en la literatura no se encontraron valores de referencia para estuarios tropicales.

En cuanto a los nutrientes, todos los parámetros medidos presentaron un incremento temporal de 1993 a 2003, lo que se explica por el aumento en la presión antropogénica que se ejerce en esta laguna (de la Lanza *et al.*, 2008). Las mayores concentraciones de nutrientes se registraron en las estaciones cercanas a la desembocadura del Río La Sabana, por lo que se considera que éste es el principal aporte de nutrientes a la laguna. Las concentraciones disminuyeron a lo largo de la laguna, lo cual indicó que en 1993 no existió una circulación dinámica en este cuerpo de agua. El fósforo, el nitrógeno total y los nitratos (0.16-1.86 µg/l, 1.53-9.63 µg/l, 0.11-1.04 µg/l, respectivamente) se incrementaron en los muestreos realizados 10 años después y registrados en la MIA La Parota (2003), con lo que se comprueba que la laguna se está comportando como un reservorio de nutrientes provenientes del Río La Sabana, siendo este cuerpo de agua el factor que influye más fuertemente en la calidad del agua del sistema.

El fósforo se incrementó en las estaciones cercanas al aeropuerto y poblaciones aledañas, por lo que se puede considerar que en el año de 1993 este elemento fue un factor limitante para el adecuado desarrollo de la producción fitoplanctónica (Rabalais, 2002) y de una mayor abundancia de organismos. Asimismo, los sedimentos de la laguna presentaron en 2003 valores altos de fósforo comparados con lo registrado para el agua, lo que hace suponer que los sedimentos son una fuente potencial de fósforo (de la Lanza *et al.*, 2008) que no está siendo incorporado de manera eficiente en la interfase sedimento-agua de esta laguna. Estos valores altos de fósforo en el sedimento pueden explicarse, no únicamente como una entrada natural al sistema por el aporte del río y los escurrimientos, sino como

una concentración en el tiempo generada por la descarga de plaguicidas, fertilizantes y aguas residuales (Rabalais, 2002).

Entre los valores de nitrógeno total registrados por Contreras y Gutiérrez (1991) para 11 lagunas, los valores mínimos se encuentran entre 4.48 y 7.32 $\mu\text{g-at/L}$, mientras que la Laguna de Tres Palos presentó un valor de 3.3 $\mu\text{g-at/L}$. En contraste, el valor máximo en esta última laguna (36.04 $\mu\text{g-at/L}$) se encuentra por arriba de los registros de las otras lagunas, siendo el mayor de ellas el de la Laguna del Ostión, Ver. (33.71 $\mu\text{g-at/L}$).

Por otro lado, los valores elevados de amonio en el agua superficial en la época seca (38.24 $\mu\text{g-at/L}$, en la estación 9), y de materia orgánica en el sedimento (hasta 89.9%), permiten esperar que los aportes de las descargas de aguas residuales y de los escurrimientos a la laguna, son los responsables de los valores tan altos de nutrientes.

El índice N:P por lo general es bajo en lagunas costeras y $>6:1$ en ecosistemas con influencia marina (Contreras *et al.*, 1995). Los valores de 4.71:1 observado en este estudio y de 18:1 calculado, con base en lo registrado 10 años después por la MIA La Parota (2003), indican que los valores están por arriba de lo esperado para una laguna típicamente cerrada, con una comunicación limitada con el mar.

La distribución de las texturas del sedimento se ha modificado en el tiempo. En 1993 se registraron porcentajes altos de arenas y limo-arcillas. La presencia de arenas en 1993 se explica por la apertura periódica, aunque limitada, de la barrera. En contraste, en 2003 la MIA La Parota (2003) registró predominantemente limo-arcillas provenientes del arrastre de materiales por el río y los escurrimientos, aunado al hecho de que en este año ya no se abría la barrera de la playa.

Otro de los aportes de agua que transportan contaminantes a la laguna es el originado por los escurrimientos de las áreas agrícolas de la región que rodean a la laguna. Hacia el norte del Municipio de Acapulco de Juárez se cultivan hortalizas (maíz, calabaza y tomate entre otros), y en las poblaciones de La Sabana, El Salto y San Pedro se cultiva el limón. Asimismo, en la margen norte de la Laguna de Tres Palos se encuentran viveros de pasto y

plantas de ornato, y a lo largo de la zona costera existen huertos de coco (SAGARPA y Gobierno del Estado de Guerrero, 2008). El desarrollo de actividades agrícolas ha generado una acumulación de plaguicidas en el tiempo, ya que éstos son contaminantes orgánico persistentes.

Los escurrimientos de la zona, además de arrastrar plaguicidas y fertilizantes, llevan una carga de materia orgánica y sedimentos que se deposita en la laguna. Independientemente de los efectos en los organismos, la combinación de los contaminantes con las altas concentraciones de nutrientes originadas por el vertimiento de aguas residuales y el arrastre de fertilizantes, provocan con el tiempo una disminución en el oxígeno disuelto y favorecen el establecimiento de condiciones anaerobias y la muerte de los organismos (IMTA, 2000). Asimismo, se encontraron plaguicidas que, por sus efectos sobre la salud y el ambiente, han sido prohibidos en México (UNEP, 2001).

En el caso de los metales pesados en el sedimento, en la MIA La Parota (2003) se mencionó que los valores no sobrepasan las concentraciones establecidas en los criterios ecológicos. Sin embargo, como el sedimento representa una fuente potencial de contaminación para los organismos, se deberá realizar en su oportunidad un estudio que permita descartar que los metales pesados en el sedimento no afecten de alguna manera el desarrollo del sistema.

Entre los plaguicidas encontrados en los muestreos realizados para la MIA “La Parota” (2003), hay algunos cuya fabricación y utilización en México ha sido prohibida desde 1991, debido a su toxicidad y los efectos que tienen sobre la salud humana y el ambiente (UNEP, 2001). Aunque no existen límites permisibles de concentración de plaguicidas en cuerpos de agua, hay que mencionar que los seis que se reportaron en la MIA La Parota (2003): metil paratión, endosulfán, lindano, dieldrín, 4-4-DDT, 4-4-DDD y 4-4-DDE, son considerados como bioacumulables, persistentes y tóxicos letales en concentraciones menores de las que se encontraron en la laguna (MICROMEDEX, 1999).

Los estuarios y lagunas costeras son ecosistemas donde se acumulan nutrientes y contaminantes (Nixon, 1988) como resultado de su ubicación geográfica, su geomorfología y

su comunicación limitada con el mar, y es claro que el principal problema de la Laguna de Tres Palos reside en que se comporta como tal. Lo anterior se origina, en primer lugar, por la baja calidad del agua del Río La Sabana que acarrea altas concentraciones de contaminantes (nutrientes, plaguicidas y desechos industriales). Los valores de los parámetros fisicoquímicos registrados en este estudio permitieron identificar a la región noroeste como el área de la laguna con las condiciones ambientales más desfavorables. Esta área corresponde a las estaciones de muestreo 8 y 9 en donde las concentraciones de nutrientes fueron las mayores como resultado del aporte de agua del Río La Sabana y de las descargas directas del aeropuerto y poblaciones ribereñas.

Por otro lado, al no existir un suficiente aporte de agua a la laguna por parte del Río La Sabana, no se favorece el balance hídrico necesario para que se establezca una comunicación periódica con el mar, lo que magnifica la concentración de contaminantes (De la Lanza *et al.*, 2008) que aumentará en el tiempo, favorecida asimismo por el aumento de la población y las actividades económicas de la región.

De 1993 a 2007 la zona suburbana creció hasta alcanzar una población superior a los 300,000 habitantes asentados en las márgenes del Río La Sabana y sus desechos domésticos e industriales son arrojados hacia este sistema por no contar con servicios urbanos suficientes (González *et al.*, 2007). Algunas empresas ubicadas en las márgenes del río vierten sus aguas residuales de manera directa, aunque algunas previamente dirigen su caudal a plantas de tratamiento, que en su mayoría no funcionan de manera adecuada para garantizar que las aguas resultantes cumplan con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 (que determina los límites máximos para las descargas de aguas residuales a cuerpos de agua).

A la laguna llegan descargas directas de aguas residuales provenientes de los asentamientos humanos que se localizan en los alrededores, así mismo se deposita basura doméstica, que son vertidos de manera directa a la laguna por los mismos pobladores (SAGARPA y Gobierno del Estado de Guerrero, 2008). Las deficiencias en el manejo de los residuos sólidos de la región y la falta de concientización que existe en la población favorecen que en las márgenes de la laguna (IMTA, 2000; Gil y Juárez, 2007; de la Lanza *et*

al., 2008), se deposite basura sobre todo en áreas cercanas a los asentamientos humanos, como en el caso de la población denominada La Zanja en la que se usa la ribera del Río La Sabana, como tiradero a cielo abierto.

Una afectación importante en la zona es la disminución de la vegetación natural, incluyendo los manglares, que es causada tanto por los asentamientos humanos como por la contaminación y la disposición a cielo abierto de residuos sólidos municipales (Gil y Juárez, 2007). El 16.68% de la superficie del Municipio de Acapulco de Juárez presenta vegetación natural (bosque de pino, pino-encino, selva mediana caducifolia y selva baja caducifolia), y de esta cifra únicamente el 0.13% corresponde a manglar (SAGARPA y Gobierno del Estado de Guerrero, 2008).

Esta disminución de la vegetación natural ha sido producto de la tala inmoderada por el aumento de asentamientos urbanos y actividades agrícolas, pecuarias e industriales, y por otro lado por el incremento de zonas destinadas a uso turístico sin control. La agricultura inadecuada que se realiza en gran porcentaje con el método tumba-roza-quema propicia, junto con las actividades anteriores, la desaparición de la flora silvestre, así como que la fauna, principalmente aves y mamíferos, migre y se restrinja a las márgenes de la laguna o se desplace hacia zonas más altas y poco accesibles al hombre (Noriega, 1990; SAGARPA y Gobierno del Estado de Guerrero, 2008).

La producción pesquera en la laguna también se ha visto afectada por una disminución en la abundancia y riqueza de especies sujetas a explotación comercial, y de aquellas que son habitantes permanentes en la laguna. La falta de comunicación periódica con el mar ha mantenido a la Laguna de Tres Palos como una laguna oligohalina lo que, aunado a que la pesca se realiza a pequeña escala sin respetar la luz de malla, ha generado un bajo potencial pesquero y una disminución de la productividad que puede ser originada por una combinación de factores que incluyen la comunicación limitada con el mar, el incremento en materiales suspendidos y la carga de contaminantes que existe en el sistema (MIA La Parota, 2003; SAGARPA y Gobierno del Estado de Guerrero, 2008).

Con el fin de considerar la importancia que representa la recuperación y conservación de la Laguna de Tres Palos para la región, además de los bienes y servicios ambientales que proporciona, se realizó una comparación de la riqueza específica de peces presentes en esta laguna con la de las lagunas de Coyuca, Tecomate, Mitla y Nuxco, también de la costa de Guerrero (Castro-Aguirre *et al*, 1999).

De un total de 65 especies registradas en las lagunas analizadas, 28 se encuentran en la Laguna de Tres Palos, siendo 31 el número mayor de especies registradas por laguna que corresponde a la Laguna de Nuxco. Las dos lagunas con las que la Laguna de Tres Palos comparte el mayor número de especies son la Laguna de Coyuca con 19 especies y la Laguna de Tecomate con 16. Por lo que se podría esperar que si existe una mayor comunicación con el mar habrá más flujo de especies a Laguna de Tres Palos y por lo tanto se incrementaría la riqueza específica de la misma. En el Anexo III se presenta la lista de especies de peces por laguna, así como las coincidencias encontradas. En la MIA La Parota (2003), se registraron dos especies, el soleido *Trinectes fonsecensis* (Günther, 1862) que no había sido registrado para esta localidad, y la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), probablemente como resultado de recientes introducciones con fines de acuicultura (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986 *vide in* MIA La Parota, 2003).

La información registrada sobre la captura de especies comerciales en la Laguna de Tres Palos y la comparación de especies entre lagunas de Guerrero, fue consultada para determinar el estado del potencial pesquero, para realizar una proyección que pudiera dar indicios sobre cómo se podría modificar dicha producción pesquera al realizar la implementación de las alternativas de rehabilitación que se analizaron en el presente estudio. Sin embargo, no se pudieron establecer parámetros de comparación entre las lagunas más allá de sólo el número de especies, ya que existe diferencia de las especies que se registraron en cada laguna, en los volúmenes de captura no se cuenta con información complementaria con respecto al tamaño y el número de organismos capturados y porque no se cuenta con datos sobre la fauna de acompañamiento, información que es necesaria para definir si existe un rendimiento máximo sostenible en un sistema.

7.2 Alternativas de rehabilitación ecológica para la Laguna de Tres Palos

De acuerdo con lo anterior y desde un enfoque integral, se discuten los beneficios y desventajas de la aplicación de cada una de las propuestas de rehabilitación ecológica que se analizaron en este trabajo. La elección de la alternativa de rehabilitación más adecuada se deberá basar en un enfoque integral que considere el sistema ecológico en términos de la productividad y la gravedad del deterioro ecológico, para diversificar con ello las opciones productivas mediante la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas regionales, la adaptación de tecnologías adecuadas, y el respeto a los usos y costumbres de las poblaciones (Cervantes, 1981; Cervantes y Alfaro, 1997).

a) Apertura permanente del canal de comunicación al mar

La apertura del canal de comunicación al mar considerado por Sevilla en 1980, tiene como objetivo que el sistema reciba beneficios desde los puntos de vista pesquero y sanitario, al compensar el balance hidrológico en la laguna.

En esta laguna no existe la presión hidráulica necesaria para que el caudal del Río La Sabana y de las demás entradas mantengan la boca de la laguna abierta, y con ello se evite que se cierre la barrera por el arrastre litoral de sedimentos. Esta propuesta plantea la construcción de un canal artificial que garantice una comunicación permanente de la laguna con el mar y el saneamiento paulatino del cuerpo de agua, esto último considerando que en los sedimentos de la laguna se han registrado niveles altos de nutrientes, materia orgánica y contaminantes. La aplicación de esta alternativa favorecería la salida de dichos elementos y el intercambio de materiales con la zona costera adyacente, así como un incremento paulatino de la riqueza biológica mediante la entrada de especies marinas a la laguna.

Beneficios: La apertura permanente de la boca de la laguna mediante un canal de comunicación al mar representa una obra permanente, con costos de mantenimiento y dragado. Los beneficios serían para todos los sectores, se restablecería la dinámica de la laguna, se incrementarían todos los servicios ambientales incluyendo los de recreación, cultura y producción pesquera, se eliminarían paulatinamente los contaminantes, y se

favorecería el intercambio de materiales con el mar y la entrada de especies eurihalinas de importancia comercial, incrementando la riqueza de especies y favoreciendo el nivel económico de los pescadores.

Desventajas: Esta obra representa un costo alto, y se tendría que gestionar la obtención de recursos con los gobiernos estatal y municipal, los Apoyos al Sector Pesquero y los mismos pobladores, pescadores y servicios que se encuentran rodeando a la laguna.

b) Bombeo de agua de mar por energía de oleaje (SIBEO)

El Sistema de Bombeo por Energía de Oleaje (SIBEO) ha sido probado como prototipo y se han hecho estudios para su utilización en otras lagunas. Este sistema considera que a partir de un vacío parcial se mantiene el agua de ambos lados de la barrera de arena a nivel de la cámara de compresión como un elemento de bombeo. En operación, la señal de presión oscilatoria del oleaje impulsa un movimiento de vaivén en el tubo de succión que derrama agua de mar en el interior de la bomba con el paso de cada ola. El líquido derramado desciende por gravedad a la laguna, lo que constituye el bombeo. Este sistema se mantiene en operación óptima por medio de un sistema de sintonización que induce la resonancia con el oleaje incidente a diversas frecuencias para bombear hasta 0.15 m³/seg (Czitrom, 1996 y Czitrom *et al.*, 1993 *vide in* Rodríguez, 2006). El sistema permite que zooplancton, incluyendo las larvas de crustáceos y peces marinos, y el agua marina entren a la laguna, con lo que se favorece un incremento en la riqueza específica y se propicia también el intercambio de materiales.

Beneficios: El SIBEO es un sistema cuyo prototipo ha sido probado con éxito en la Laguna Lagartero, Oaxaca y se han hecho estudios para su aplicación en la Laguna de Bojórquez, Quintana Roo y el Puerto de Ensenada, Baja California. Este sistema permite que exista intercambio de agua, zooplancton y materiales marinos entre el mar y una laguna que se encuentra cerrada por una barrera arenosa, con el fin de incrementar los recursos pesqueros en la laguna, y por lo tanto el nivel económico de los pescadores.

Desventajas: Considerando las dimensiones de la Laguna de Tres Palos y que las estaciones 8 y 9 reciben la mayor influencia de las descargas de aguas residuales, tanto directas como del Río La Sabana, el SIBEO tendría una influencia limitada a la zona adyacente a la boca de la

laguna, y el intercambio de agua marina no sería suficiente para que se efectuara el saneamiento de la misma. Por otro lado, ya que se trata de una barrera muy consolidada y ancha, la instalación de este sistema sería costosa y complicada. El incremento de los servicios ambientales de biodiversidad y la provisión de zooplancton a la laguna estarían limitados a zona sureste de la misma, lo cual beneficiaría sólo al sector pesquero y limitaría la posibilidad de obtener recursos económicos para su instalación. Así mismo, la construcción de los canales del SIBEO afectaría temporalmente a los hoteleros y otros servicios establecidos en la barrera. Por otra parte, esta medida no favorece la eliminación de los contaminantes que se encuentran en la laguna.

c) Saneamiento del Río La Sabana y del sistema de drenaje de localidades circunvecinas

Una de las medidas de solución al problema de la Laguna de Tres Palos es la de promover la instalación de sistemas de drenaje o de fosas sépticas en las localidades circunvecinas, así como instalar plantas de tratamiento en los complejos turísticos e industriales que sean verificadas para asegurar que la calidad del agua que se descarga a la laguna contenga una menor concentración de contaminantes.

Con la aplicación de esta medida no se modifica la dinámica hidrológica de la laguna, por lo que no existiría intercambio de materiales con la zona costera ni incremento en la diversidad en la laguna. Por otro lado, aunque la calidad del agua de la laguna mejore, los contaminantes que se encuentran acumulados en ella no tendrían manera de salir del sistema, aunque se favorecería que las especies ya presentes tengan un hábitat más favorable y puedan aumentar sus poblaciones.

Beneficios: La producción pesquera de especies dulceacuícolas se incrementaría al mejorar la calidad del agua y las condiciones ambientales de la laguna, así como los servicios ambientales de recreación y cultura de manera muy local. El saneamiento del Río La Sabana incidiría directamente sobre el área de las estaciones de muestreo 8 y 9 es el área que se identificó como la de mayor influencia de contaminantes.

Desventajas: Esta medida no favorecería el intercambio de agua y materiales entre el mar y la laguna. Por otra parte, se requeriría establecer un Programa de Gestión con los actores involucrados en el deterioro del río y del sistema de drenaje adyacente, que debería ser liderado por el Gobierno del Estado, ya que se podría obtener recursos de los responsables que vierten descargas de aguas residuales al Río La Sabana o a la laguna. Asimismo, se requeriría realizar campañas de capacitación y concientización con los pobladores para eliminar las descargas de aguas sanitarias y los depósitos de residuos sólidos, tanto en el río como en la laguna. Todo lo anterior hace necesario establecer medidas de regulación estrictas, así como la estructura gubernamental necesaria para aplicarla. Por último, sería necesario realizar estudios para determinar los sitios donde se deberán establecer plantas de tratamiento, sistemas de drenaje y fosas sépticas.

d) Desvío de una porción del caudal del Río Papagayo hacia la laguna

En la MIA La Parota (2003) se recomendó la construcción de un canal para conectar al Río Papagayo con la Laguna de Tres Palos, tanto para complementar los aportes con agua de mejor calidad, como para propiciar la apertura natural de la barrera que comunica a la laguna con el Océano Pacífico. De acuerdo con los cálculos de dicho estudio, el caudal necesario podía obtenerse del Río Papagayo (localizado al este de la laguna), y con este aporte se pretendía recuperar la dinámica hidráulica del sistema, liberar paulatinamente los contaminantes que se encuentran concentrados en la laguna, e iniciar un proceso de exportación al mar de los nutrientes y contaminantes que se han acumulado en este cuerpo de agua.

En el presente trabajo se realizó el cálculo aproximado del flujo que se requeriría para desbordar la barrera en un mes y así abrir la comunicación al mar, siendo este flujo de 46 m³/seg, flujo que sin duda mantendría abierta la barrera y teniendo un tiempo de residencia del sistema de 52.8 días, en condiciones ideales, utilizando la precipitación como la entrada de agua al sistema y la evaporación como la salida del mismo, sin incluir parámetros de presión hidráulica, sedimentación o azolvamiento.

Con la aplicación de esta propuesta también se incrementaría la diversidad de la fauna en la laguna como resultado de la entrada de especies eurihalinas, para con ello incrementar la producción en el sistema.

Los puntos importantes a considerar en esta propuesta incluyen la determinación de la localización, el gasto medio y la periodicidad de descarga que deberá tener el caudal que se desviará hacia la laguna, lo cual requiere realizar un modelo con varias simulaciones que aporten información sobre los dragados periódicos requeridos, las modificaciones al canal meándrico que conecta a la laguna con el mar, y las posibles modificaciones que se podrían originar en la laguna, así como sobre el proceso de sedimentación generado en la costa y por el probablemente alto aporte de sedimentos provenientes del Río Papagayo, los cuales llegarían directamente al área de la laguna donde se estableciera la conexión de la tubería.

Beneficios: Esta medida trata de una obra permanente para la cual se requeriría realizar la gestión con los dueños de las tierras donde se ubicaría la tubería. Los beneficios de la obra llegarían a todos los sectores incluyendo los siguientes aspectos: se restablecería la dinámica de la laguna, disminuiría paulatinamente la concentración de contaminantes, se dotaría de agua potable a parte de la población, y se favorecería el intercambio de materiales con el mar y la entrada de especies eurihalinas, lo cual incrementaría la diversidad biológica y la producción pesquera. El resultado general sería una mejoría en las condiciones ambientales, un incremento en todos los servicios ambientales incluyendo los de recreación y cultura, y la posibilidad de un mayor nivel económico para los pescadores de la zona.

Desventajas: Ecológicamente esta obra podría involucrar cambios muy bruscos en los ecosistemas ya establecidos en la laguna, por otro lado, por ser una obra muy costosa que requeriría llevar a cabo estudios de factibilidad técnica, económica, social y ambiental, así como la posible expropiación de tierras, se desconoce la inversión necesaria. También, su realización estaría asociada a la construcción de la Presa “La Parota”, proyecto que aunque autorizado por la SEMARNAT no ha podido iniciar construcción por problemas con la población a reubicar. Por todo esto, es difícil por el momento determinar las fuentes de donde se podrían obtener los recursos, que podrían incluir a los gobiernos estatal y municipal, a la Comisión Federal de Electricidad, y los Apoyos al Sector Pesquero, entre otros. Asimismo, las concentraciones altas

de sedimentos acarreadas por el Río Papagayo podrían representar un problema de asolve para la laguna (MIA, La Parota, 2003).

De acuerdo con la valoración económica y ambiental de las cuatro propuestas, y con el análisis de los beneficios y desventajas, la calificación obtenida en la Tabla 3, se determinó que la medida más factible de realizar es la a) Apertura permanente del canal de comunicación al mar, seguida por la alternativa d) Desvío de una porción del caudal del Río Papagayo hacia la laguna (ver Tabla 3). La diferencia en la valoración radica en que la primera medida, al beneficiar a todos los sectores, tiene una probabilidad más alta de que los recursos necesarios se obtengan de varias fuentes de financiamiento. Respecto a los beneficios ambientales y sociales que se obtienen con la realización de estas dos propuestas, son muy semejantes, y en su aplicación se cumpliría con la meta esperada de mejorar la calidad ambiental del sistema a través de la disminución de la contaminación, así como incrementar la productividad del sistema para beneficio de las poblaciones aledañas. Las otras dos propuestas fueron evaluadas bajo los mismos términos, pero no se consideraron factibles ya que proporcionarían menores beneficios ambientales que las dos medidas que obtuvieron los mayores valores en el análisis.

Las dos medidas más factibles generarían beneficios a largo plazo y favorecerían un incremento gradual de la producción pesquera, así como el aumento de la riqueza específica en la laguna y, por lo tanto, de las opciones de las pesquerías y las condiciones recreativas. Sin embargo, aunque no se tienen datos específicos, se estima que la alternativa d) Desvío de una porción del caudal del Río Papagayo hacia la Laguna de Tres Palos sería muy costosa considerando el tipo de estudios de factibilidad que se tendrían que realizar, el relieve topográfico de la zona, las grandes cantidades de sedimentos que acarrea el Río Papagayo, y el hecho de que esta obra se encontraría asociada a la construcción de la Presa Hidroeléctrica La Parota.

A su vez, la propuesta a) Apertura permanente del canal de comunicación al mar representaría los beneficios ambientales esperados, y probablemente un costo menor. De acuerdo con el análisis de recuperación de la inversión, esta última medida, así como la b) Bombeo de agua de mar por energía de oleaje (SIBEO) o Sistema SIBEO, podrían ser realizadas por los mismos pescadores. Sin embargo, el Sistema SIBEO obtuvo el valor de

análisis de beneficio económico y ambiental más bajo de las cuatro alternativas, por representar beneficios económicos únicamente al sector pesquero y muy localizados ya que la implementación de esta medida no alcanzaría a sanear, la zona con condiciones más desfavorables identificada a través de los muestreos.

Por todo lo anterior, la propuesta que se puede generar en este estudio es implementar una combinación de la propuesta a) Apertura permanente del canal de comunicación al mar con la c) Saneamiento del Río La Sabana y del sistema de drenaje de localidades circunvecinas, con el fin de favorecer el establecimiento de mejores condiciones ambientales en todo el sistema en el menor tiempo posible, como en su momento se mencionó en la MIA “La Parota” (2003).

Por otro lado, en el trabajo de Gil y Rojas (2005) se aplicó una encuesta para identificar la opinión de las comunidades pesqueras respecto a la “*Situación actual de las pesquerías en la Laguna de Tres Palos, Gro.*”, después del análisis estadístico aplicado a los resultados de dicha encuesta, se tiene que alrededor del 40% del total de la población encuestada respondió que no identifican sus actividades pesqueras como uno de los elementos que generan el deterioro de esta laguna, sin embargo el 95% manifestó su compromiso de participar en proyectos y programas de restauración y el 97% estar dispuesto a hacer algo para evitar el deterioro de este cuerpo de agua. Así mismo, el 30 de enero de 2010, en la Jornada de Guerrero, se publicó la noticia “*Garantizado, presupuesto para saneamiento del Río La Sabana y Tres Palos: SEMARNAT*” por lo que se considera que lo anterior, favorece la posibilidad de que las dos medidas mencionadas en el párrafo anterior se puedan llevar a cabo en la región y sean aceptadas por la población.

Se considera que la combinación de estas dos propuestas de rehabilitación ecológica puede ser un ejemplo de las acciones que podrían ser aplicadas a otras lagunas costeras cerradas que presenten una problemática semejante a la de la Laguna de Tres Palos. Para concluir, cabe señalar que con la aplicación de estas medidas se obtendría lo siguiente:

- Mejorar la calidad del agua del Río La Sabana, lo que incidiría de manera positiva y directa en la calidad del agua de la laguna.

- Al mejorar las condiciones sanitarias del río y la laguna, se mejoraría la calidad de vida y la salud de los pobladores que se ubican en la periferia de ambos cuerpos de agua.
- La construcción del canal sería una obra permanente que requeriría un mantenimiento mínimo.
- Se generaría una dinámica hidráulica en la laguna que permitiría el intercambio de materiales entre la laguna y el mar.
- Al haber comunicación con el mar, los niveles de contaminación en la laguna disminuirían de manera paulatina.
- Se favorecería la inmigración de especies eurihalinas del mar a la laguna y se propiciaría un intercambio de zooplancton, lo que podría permitir la recuperación de las áreas de crianza de las fases juveniles de especies marinas de importancia comercial.
- Al aumentar la riqueza específica en la laguna, se podrían incrementar las opciones de captura para las pesquerías.
- Se podría favorecer el incremento gradual de la actividad pesquera en la región, tanto para los pescadores lagunares como para los que llevan a cabo sus actividades en el mar.
- Se favorecería el incremento del valor paisajístico y turístico de la región.
- Se promovería la reactivación económica de la región.
- Se promovería un impacto social positivo en los pobladores de la región.

Como último comentario y de acuerdo a lo señalado por Cervantes y Alfaro (1997), es importante señalar que la elección de las alternativas de rehabilitación debe realizarse a partir de un enfoque integral basado en una mayor comprensión de lo que significan los sistemas ecológicos regionales en términos de productividad y gravedad del deterioro ecológico, para diversificar con ello las opciones productivas mediante la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas regionales, la adaptación de tecnologías adecuadas, y el respeto a los usos y costumbres de las poblaciones. Asimismo, se tendrá que considerar que el problema de la Laguna de Tres Palos se originó por una variedad de factores, y la realización de acciones de rehabilitación en cualquier sentido requerirá de la participación de los tres órdenes de gobierno y de la sociedad, ya que ninguna medida por si sola podrá resolver el problema de esta laguna que se encuentra inmersa en actividades antropogénicas.

8. Recomendaciones

- ✓ Se requieren acciones integrales de saneamiento de la cuenca de escurrimiento de la Laguna de Tres Palos y del Río La Sabana, así como una mejor infraestructura en la zona, lo que deberá realizarse conjuntamente entre el Ayuntamiento y los pobladores.
- ✓ En el documento base presentado en la “Cumbre para el Fortalecimiento del Plan Puebla Panamá” celebrado el 10 de abril de 2007, se considera la “Construcción de escolleras y dragado en la Laguna de Tres Palos”, por lo que parte de los recursos para desarrollar las obras, según la propuesta de rehabilitación que se elija, se podría obtener a través de los mecanismos que este ordenamiento internacional tiene establecidos para el otorgamiento de créditos.
- ✓ En el caso de que se considere aplicar las propuestas de rehabilitación ecológica de Apertura permanente del canal de comunicación al mar y Saneamiento del Río La Sabana y del sistema de drenaje de localidades circunvecinas, considerada como la combinación más factible y benéfica ambientalmente para la región, se requerirá realizar un estudio multidisciplinario en el que:
 - a) Se calcule el tiempo de residencia del sistema con la nueva condición hidráulica para corroborar la situación de intercambio de agua con el mar y el lavado de la laguna.
 - b) Se determine el tiempo en el que se mejorarían las condiciones ambientales de la misma, con el fin de establecer períodos de veda para la recuperación de las poblaciones de especies de importancia económica, para posteriormente reactivar las actividades pesqueras en la región.
 - c) Se asegure que el diseño del canal incluya desniveles, escolleras o un flujo indirecto que no permita el azolve de la boca del canal artificial.
- ✓ Se sugiere realizar un estudio para determinar el control que debe aplicarse al esfuerzo de captura, así como la factibilidad de establecer actividades de acuicultura

de langostino y especies comerciales, con el fin de evitar la sobreexplotación de especies en la región, considerando que Gil y Rojas (2005) identificaron que la producción pesquera de los 15,000 cooperativistas registrados se sostiene solamente en nueve especies.

- ✓ Se sugiere realizar un estudio que permita hacer un seguimiento del rendimiento máximo sostenible en la Laguna de Tres Palos, con el fin de analizar los cambios en el potencial pesquero generados por las modificaciones en el sistema en el momento de aplicar las medidas de rehabilitación que se elijan.
- ✓ Considerando que en la MIA La Parota (2003) se registró la presencia de plaguicidas en la Laguna de Tres Palos, se sugiere realizar un análisis de los contenidos de estas sustancias en especies provenientes de ese cuerpo de agua y que se consumen en la región.
- ✓ Se sugiere realizar una evaluación muy estricta de las acciones realizadas en la Laguna de Tres Palos y promover a nivel estatal la declaración como área de restauración y protección, con la finalidad de que se desarrolle un Plan de Manejo para la región y se pueda hacer un seguimiento muy estricto de las acciones y recursos económicos, con el fin de tener resultados con respecto a la salud ambiental del sistema. Lo anterior debido a que se han llevado a cabo acciones aisladas e insuficientes en la laguna que no han tenido un efecto positivo en las condiciones ambientales de este cuerpo de agua. Como ejemplo se señala lo siguiente: En 1988 se publicó en el estado de Guerrero el “Acuerdo que Ordena el Programa para el Desarrollo Integral y la Protección Ecológica de La Laguna de Tres Palos en Acapulco”. En mayo de 2002 se publicó el “Acuerdo por el que se exhorta a las dependencias de Guerrero, a destinar recursos en el ejercicio fiscal de 2003, para el Proyecto Rector de Saneamiento Integral de la Cuenca del Río La Sabana-Laguna de Tres Palos”. Y en enero de este año 2011 se inició un “Programa de Conservación, Protección y Restauración del Mangle en Laguna de Tres Palos” consistente en el establecimiento de 53 plántulas de mangle en dos hectáreas de la ribera de la laguna....

9 Literatura Citada

- Alcocer, D.J. Guzmán, A.M. y B.E. Escobar. 1985. Caracterización morfométrica de seis lagos costeros mexicanos. 19 p.
- Arpi, B. 1974. Informe sobre la pre-investigación hidrográfica en las Lagunas Costeras del estado de Guerrero. I Etapa, Informe Final. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 43 p.
- Banderas T., A. y R. González V., 2000. Eutroficación y estrategias de manejo de la laguna costera de Tres Palos, Acapulco, México. Resumen del XII Congreso Nacional de Oceanografía. Huatulco, Oaxaca. México.
- Barbier, E., Acreman, M. y Knowler, D. 1997. Valoración económica de los humedales. Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de RAMSAR. http://www.ramsar.org/lib/lib_valuation_s.htm#c2
- Bendschneider, K. y Robinson, R. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea-water. *Journal of Marine Research*, 11: 87-96.
- Bricker, S., Ferreira, J. y Simas, T. 2003. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling*, 169(1): 39-60.
- Cabrera, J. M., C. Chávez y C. Martínez. 1979. Fecundidad y cultivo de *Macrobrachium tenellum* (Smith) en laboratorio. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Zoología*. 50(1): 127-152.
- Castro-Aguirre, J. L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Serie Científica No. 19. Secretaría Nacional de Pesca. 298 p.
- Castro-Aguirre, J. L., Espinosa, H. y Schmitter-Soto, J. 1999. Ictiofauna Estuarino-Lagunar y Vicaria de México. Colección Textos Politécnicos, Serie Biotecnologías. Editorial Limusa y Grupo Noriega Editores. 705 p.
- Cervantes, B.J.F. 1981. El medio natural como sistema integral. 2a Ed. Publicación Escuela Nacional de Arquitectura, Instituto de Geografía, UNAM. México: 1-28.
- Cervantes-Borja, F. y Alfaro-Sánchez, G. 1997. La ecología del paisaje en el contexto del desarrollo sustentable. Notas del XX Encuentro de la Red Nacional de Investigación Urbana, 2º Congreso de Investigación Urbana y Regional: Balance y Perspectivas. Departamento de Sociología y Trabajo Social de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UAT) y Departamento de Investigaciones Arquitectónicas y Urbanísticas de la Universidad Autónoma de Puebla.
- Contreras, F. 1988. Las Lagunas Costeras Mexicanas, 2a Ed. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. 263 p.
- Contreras, F. 1991. Clasificación trófica de lagunas costeras. *Ciencias* (42): 227-231.
- Contreras, F. y Gutiérrez, F. 1991. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en lagunas costeras. *Temas de Oceanografía Biológica en México*: 57-77.
- Contreras, F. 1992. Hidrología de nutrientes y productividad primaria en el sistema lagunar de Carretas-Pereyra, Chiapas, México. *Universidad y Ciencia*, 9(17): 43-52.
- Contreras, F., Castañeda-López, O. y García-Nagaya, A. 1994. La clorofila a como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 21(1-2): 55-66.

- Contreras, F., Castañeda, O., García-Nagaya, A. y Gutiérrez, F. 1995. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Revista de Biología Tropical*, 44(2): 421-429.
- Contreras, F. y Castañeda, O. 1995. Los Ecosistemas Costeros del Estado de Veracruz. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero, Gobierno del Estado de Veracruz. 144p.
- Contreras, F. y Castañeda, O. 2004. La Biodiversidad de las Lagunas Costeras. *Ciencias*, 76: 46-56.
- Czitrom, S.P.R. 1996. Sea Water Pumping by Resonance I. Proceedings of the Second European Wave Power Conference, Commission for the European Communities/National Engineering Laboratory, United Kingdom: 366-370.
- Dean, N.D. Jr. 1974. Determination of carbonate and organic matter and calcareous sediment and sedimentary rocks by loss on ignition, comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*. 44(1): 242-248.
- De la Lanza-Espino, G. y Flores-Verdugo, F.J. 1998. Nutrient fluxes in sediment (NH₄⁺ and PO₄⁻³) in a NW coastal lagoon in Mexico associated with an agro industrial basin, 107:105-120.
- De la Lanza, G., Alcocer-Durand, J., Moreno-Ruiz, J.L. y Hernández-Pulido, S. 2008. Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica*, 18(1): 21-30.
- Dell'Anno, A., Mei, M., Pusceddu, A. y Donovano, R. 2002. Assessing the trophic state and eutrophication of coastal marine systems: a new approach based on the biochemical composition of sediment organic matter. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 611-622.
- Domínguez, P.S. 1979. Estudio de la calidad reglamentaria y ecológica de las aguas costeras en la Bahía de Acapulco, Gro. y proximidades, realizado de noviembre a marzo de 1979. Tesis de Grado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 122 p.
- Economics for the Environment Consultancy (EFFECT). 2005. The Economic, Social and Ecological Value of Ecosystem Services: a Literature Review. Department for Environment, Food and Rural Affairs, United Kingdom. 42 p.
- Ferreira, J. 2000. Development of an estuarine quality index based on key physical and biogeochemical features. *Ocean and Coastal Management*, 43: 99-122.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema Climático de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p.
- Gil, G.J. y Juárez, L. A. N. 2007. El desarrollo y su impacto ambiental de la cuenca del Río La Sabana a la Laguna de Tres Palos, Gro. México. Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero. 21 p.
- Gil, G.J. y Rojas, H.A. 2005. Sobreexplotación de las pesquerías en la Laguna de Tres Palos, Guerrero. Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero. 21 p.
- González, G.J., José, G.A. y Sampedro, R.L. 2007. Jerarquización de la problemática ambiental en el Municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional, A.C. (AMECIDER).
- Granados, B.A. 1984. Biología, ecología y pesquería de los langostinos de México. *Universidad y Ciencia*, Vol I (1): 5-23.

- Guzmán, A.M. 1975. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum*, en lagunas costeras del estado de Guerrero. Informe Técnico I. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México.
- Guzmán, A.M. 1976. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum*, en lagunas costeras del estado de Guerrero. Informe Técnico II. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México.
- Guzmán, A.M. 1977. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum*, en lagunas costeras del estado de Guerrero. Informe Técnico III. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México.
- Guzmán, A.M. 1987. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith 1871), en lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis de Grado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, CCH-UNAM. 100 p.
- Guzmán, A.M., Rojas, J.G. y L.G. González. 1982. Ciclo de maduración y reproducción del "chacal" *Macrobrachium tenellum* Smith y su relación con factores ambientales en las lagunas costeras de Mitla y Tres Palos, Guerrero, México (Decapoda: Palaemonidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, 9(1): 67-80.
- Guzmán, A.M. y R.C. Román. 1983. Parasitismo de *Probopyrus palandicola* (Isopoda, Bopyridae) sobre el langostino *Macrobrachium tenellum* en la costa Pacífica de Guerrero y Michoacán, México. Proc. International Conference Marine Resources of the Pacific. Villa del Mar, Chile, 345-357.
- Guzmán, A.M., Mañón, S.O. y Ortiz, M.P. 1985. Regionalización limnológica del sistema lagunar costero del estado de Guerrero, México. Boletín del Instituto de Geografía, (16): 23.
- Holthuis, L.B. 1952a. Crustacés Décapodes, Macrures. [Crustacea Decapoda, Macrura.] Expédition Océanographique Belge dans les Eaux Côtières Africaines de l'Atlantique Sud (1948-1949). Résultats Scientifiques, 3(2): 1-88.
- Holthuis, L.B., 1952b. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. University of Southern California Press, Occasional Paper 12. 396 p.
- Inland Waters Directorate. 1974. Water Quality Branch Analytical methods manual. Ottawa Canada. 40 p.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2000. Diseño de las Medidas de Biorremediación y Saneamiento para la Restauración Integral de la Laguna de Tres Palos. Subcoordinación de Hidráulica Ambiental. Proyecto HC-9825. Consulta electrónica: http://www.imta.mx/proyectos/muestras_hca/hca_bio.htm.
- Lankford, R.L. 1974. Descripción General de la Zona Costera de Michoacán y Guerrero. Informe I Etapa del Programa "Uso de la Zona Costera de Michoacán y Guerrero" Centro de Ciencias del Mar y Limnología, México, 42 p.
- Lankford, R.L., Gutiérrez, E.M. y Carranza, E.A. 1975. Subprograma Geología. II Etapa, Informe Final. Programa "Uso de la Zona Costera de Michoacán y Guerrero". Centro de Ciencias del Mar y Limnología, México, 63 p.
- Lankford, R.L. 1977. Coastal Lagoons of Mexico. Their origin and classification. In: Wiley, N. (Ed.). Estuarine Processes. Academic Press, New York: 182-215.
- Lozano, M.H.M. 1993. Comparación hidrológica entre la Laguna de Alvarado, Veracruz y Términos, Campeche durante el ciclo anual de 1987. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. 43 p.

- Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional del Proyecto Hidroeléctrico “La Parota”, Guerrero, 2003. Programa Universitario de Medio Ambiente, UNAM. 1086 p.
- Mañón, O. S. 1985. Caracterización Limnológica del Sistema Lagunar Costero de Guerrero, México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. 151 p.
- Menzel, D.W. y Corwin, N. 1965. The measurements of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limnology and Oceanography*, 10: 282-282.
- MICROMEDEX TOMES PLUS 4.2. MEDITEXT ®, HAZARDTEXT ®, INFOTEXT ® and REPROTEXT ® Systems were developed by MICROMEDEX. Copyright 1987-1999 MICROMEDEX.
- Murphy, J. y Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphates in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Negrete, R. P. 1977. Fecundidad en el langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) (Decapoda: Plemonidae) en la Laguna de Tres Palos, Gro. México. Tesis, Facultad de Ciencias, UNAM. 50 p.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/normas/Normas/%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-001-ECOL.pdf>.
- Nixon, S. 1988. Physical energy inputs and the comparative ecology of lake and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*. American Society of Limnology and Oceanography, (33): 1005-1025.
- Noriega, A.N. 1990. Estudio Florístico del Parque Nacional de "El Veladero". Tesis Profesional, Facultad de Ciencias. UNAM. México. 65 p.
- Páez-Ozuna, F. Fong-Lee, M. y Fernández-Pérez, H. 1984. Comparación de tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos. *Anales del Centro Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM, 11 (I): 257-264.
- Plan Puebla Panamá. Documento Base, 177 p.
- Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP) 2001. Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánico Persistentes (COP). Génova, Suiza, 54 p.
- Programa Nacional de Estuarios de Estados Unidos (NEP, 2009). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <http://www.epa.gov/nep/>
- Rabalais, N. 2002. Nitrogen in Aquatic Ecosystems. *Royal Swedish Academy of Sciences, Ambio*, 31(2): 102-112.
- Ramírez, G.R. 1952a. Estudio ecológico preliminar de las lagunas costeras cercanas a Acapulco, Gro. *Rev. Soc. Mex. Hist. At.*, 13: 71-112.
- Ramírez, G.R. 1952b. Recursos pesqueros en las lagunas costeras cercanas a Acapulco, Gro. *Conferencia Soc. Mex. Hist. At.* 8 p.
- Ramsar. 1971. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Modificada según el Protocolo de París, 3.12.1982 y las Enmiendas de Regina, 28.5.1987.
- Rozado-Solórzano, R. y Guzmán, S. 1998. Preliminary trophic structure model for Tampamachoco Lagoon, Veracruz, Mexico. *Ecological Modelling*, 109: 141-154.

- Rodríguez, I. 2006. Balance físico-químico de la Laguna Lagartero, Oaxaca e influencia del bombeo de agua de mar por energía del oleaje. Tesis de Grado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 81 p.
- SAGARPA y Gobierno del Estado de Guerrero. 2008. Diagnóstico del Medio Rural de Acapulco de Juárez. Consejo Municipal de Desarrollo Sustentable. 67 p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). 1970. Boletín Hidrológico Num. 31. (Región Hidrológica Num. 19 y 20. Guerrero). Subsecretaría de Planeación. México, D.F.
- Sevilla, M.L., Chávez, E.A., Ramírez-Granados, R. y Hidalgo, E. 1980. Prospección ecológica de la Laguna de Tres Palos, Guerrero. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Méx. Instituto Politécnico Nacional, 22: 149-164.
- Shackley, M.L. 1975. Archeological sediments. Ed. Watter Worths. London.159 p.
- Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural water by the phenol-hypochlorite method. Limnology and Oceanography, 14: 799-801.
- Strickland, J.D.H y T.R. Parsons.1972. A manual of sea water analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310 p.
- Stuardo, J. y A. Martínez. 1974. Programa de estudio de la zona costera de los estados de Michoacán y Guerrero. Informe I Etapa. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 220 p.
- Stuardo, J. y A. Martínez. 1975. Programas de estudio sobre uso de la zona costera de los estados de Michoacán y Guerrero. Informe II Etapa. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 240 p.
- Tamayo, J.L. y West, R.C. 1971. The Hydrography of Middle American Indians. (Edit.) Handbook of Middle America Indians. Vol. I. Natural environment and early cultures. University of Texas Press. Austin, Texas, 84-121.
- Villalobos, A.F., M.A. Zamora, J. Correa, J.L. Espinoza y M.L. Nieto. 1982. Evaluación de la disponibilidad de postlarvas de *M. tenellum* (Smith), determinación de sus posibilidades de semicultivo en las microrregiones Costa Grande y Atoyac del estado de Guerrero. Informe Final. Delegación Estatal de Pesca, Estado de Guerrero PIDER. 122 p.
- Weinborn, J.A. 1974. Prospección preliminar de la fauna carcinológica en el sistema lagunar costero del estado de Guerrero y Litoral de de Michoacán, con referencia a las especies de importancia económica Programa de estudio de la zona costera de los estados de Michoacán y Guerrero. Informe II Etapa Centro e Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 120 p.
- Wetzel, R.G. y Likens, G.E. 1979. Limnological Analyses. W.B. Saunders Company. Philadelphia, PA. 358 p.
- Yañez-Arancibia, A. 1980. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en las lagunas con bocas efímeras del Pacífico. Anales del Centro Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Publ. Esp. (2): 1-306.
- Yañez-Arancibia, A. 1986. Ecología de la Zona Costera, Análisis de 7 Tópicos. AGT Editor, SA México, 189 p.
- Zarur, E.S.G. 1982. Distribución y abundancia de la ictiofauna en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 70 p.

ANEXOS

ANEXO I. MUESTREOS DE AGUA SUPERFICIAL, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS
LAGUNA DE TRES PALOS MAYO DE 1993 (EPOCA SECA)

ESTACION	HORA	Agua Superficial									Sedimento					Organismos
		Profundidad (m)	Temperatura °C	Secchi (m)	Coefficiente de extinción	Salinidad ppm	pH	O. D. (ml/l)	O. D. (mg/l)	Clorofila (mg/m ³)	Carbonatos %	Mat. Org. %	Gravas %	Arenas %	Limo/arcilla %	Especie
1	09:00	1.2	30.5	1	1.44	2	8.1	0.7	1.00	50.95	3.7	6.5	15.92	83.56	0.52	<i>Lile gracilis</i>
2	09:20	1.2	30	1	1.44	2	8.2	0.2	0.29	237.55	24	17.5	20	72.8	7.2	<i>L. gracilis</i> , <i>Microgobius miraflorensis</i>
3	09:52	2.2	30	1.1	1.31	2	8.2	2	2.86	17.58	16.2	21	0	17.83	82.17	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i> , <i>Macrobrachium tenellum</i>
4	10:15	1.8	30	0.9	1.60	2	8.3	0.8	1.14	63.26	5.9	17	0.94	7.73	91.33	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i> , <i>M. tenellum</i>
5	11:05	2.4	30	0.7	2.06	2	8.2	3	4.28	58.15	2.3	11.5	0.56	98.09	1.35	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i> , <i>M. tenellum</i>
6	11:50	7	30	0.7	2.06	2	8	1.7	2.43	63.13	6.6	5	3.53	38.82	57.65	-
7	13:00	1	30	1	1.44	2	7.9	1.1	1.57	75.84	1.4	5	1.92	96.76	1.32	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i> , <i>M. tenellum</i>
8	13:25	0.85	31	1	1.44	2	8	1.4	2.00	71.16	3.2	14	3.41	15.7	80.89	<i>M. miraflorensis</i> , <i>M. tenellum</i>
9	13:45	5	30	0.7	2.06	4	8.1	1.9	2.71	33.11	23.2	19.3	10.24	14.02	75.74	-

ESTACION	HORA	Amonio µg-at/L	Nitrato µg-at/L	Nitrito µg-at/L	Nitrógeno Total µg-at/L	Ortofosfato µg-at/L	Fósforo Total µg-at/L
1	09:00	25.52	1.10	0.91	27.53	1.64	2.61
2	09:20	23.65	1.29	1.06	26.04	1.52	2.59
3	09:52	4.27	0.73	1.33	6.33	1.6	3.44
4	10:15	4.61	0.82	1.33	6.76	1.39	2.07
5	11:05	7.00	1.03	1.24	9.27	1.63	1.68
6	11:50	23.99	2.55	0.64	27.18	1.45	2.15
7	13:00	19.71	1.17	0.89	21.77	1.58	3.21
8	13:25	4.22	0.93	1.22	6.35	1.42	2.38
9	13:45	38.24	2.06	1.66	36.04	2.64	4.22

(Continuación) ANEXO I. MUESTREOS DE AGUA SUPERFICIAL, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS
LAGUNA DE TRES PALOS NOVIEMBRE DE 1993 (EPOCA DE LLUVIAS)

ESTACION	HORA	Agua Superficial									Sedimento					Organismos
		Profundidad (m)	Temperatura °C	Secchi (m)	Coefficiente de extinción	Salinidad ppm	pH	O. D. (ml/l)	O. D. (mg/l)	Clorofila (mg/m ³)	Carbonatos %	Mat. Org. %	Gravas %	Arenas %	Limo/arcilla %	Especie
1	09:14	1.2	30.5	0.7	2.06	1.5	9	7.96	11.37	51.67	12.69	0.95	22.4	68.1	9.5	<i>Lile gracilis</i>
2	10:03	1.2	30	0.7	2.06	1.9	8.81	7.05	10.07	27.99	3.88	6.06	86.3	8.7	5	<i>L. gracilis</i> , <i>Microgobius miraflorensis</i>
3	10:32	2.2	29.5	0.7	2.06	1.5	8.73	6.83	9.75	34.67	84.9	24.1	5.4	94.6	0	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i>
4	11:31	1.8	30.5	0.7	2.06	1.73	9.12	8.57	12.24	27.31	67.88	20.1	14.5	12.1	73.4	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i>
5	14:00	2.4	30	0.7	2.06	1.8	8.99	6.9	9.85	49.65	74.33	61.99	1.55	19.9	78.55	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i>
6	14:50	7	29	0.7	2.06	1.4	8.81	7.05	10.07	77.47	84.7	50.11	0	2	98	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i>
7	15:18	1	30.5	0.5	2.88	1.4	9.06	9.18	13.11	95.26	31.03	0.83	2.6	40	57.4	<i>L. gracilis</i> , <i>M. miraflorensis</i>
8	16:15	0.85	29.5	0.5	2.88	0.3	7.6	4.32	6.17	5.24	38.57	6.28	0.2	40.2	59.6	<i>M. miraflorensis</i>
9	17:08	5	30	0.5	2.88	1.5	8.78	5.23	7.47	77.06	82.24	23.82	0	1	99	-

ESTACION	HORA	Amonio µg-at/L	Nitrato µg-at/L	Nitrito µg-at/L	Nitrógeno Total µg-at/L	Ortofosfato µg-at/L	Fósforo Total µg-at/L
1	09:14	2.66	0.64	1.3	3.48	4.6	6.18
2	10:03	4.04	0.54	2.76	3.6	7.33	5.82
3	10:32	1.81	0.88	4.8	4.08	7.49	5.64
4	11:31	2.66	0.6	1.15	3.3	4.44	5.58
5	14:00	1.64	0.56	0.25	3.42	2.45	6.72
6	14:50	5.19	0.62	2.06	3.54	7.87	6.54
7	15:18	3.86	0.52	0.78	3.6	5.2	6.54
8	16:15	1.82	2.88	1.11	8.76	44.04	10.38
9	17:08	3.33	0.56	7.39	3.3	11.28	5.52

**ANEXO II. COMPARACIÓN ENTRE 11 LAGUNAS MEXICANAS (CONTRERAS Y GUTIÉRREZ, 1991)
Y LAGUNA DE TRES PALOS, GRO.**

Nombre de la Laguna	Oxígeno Disuelto (ml/l)		Nitrógeno Total $\mu\text{g-at/L}$		Fósforo Total $\mu\text{g-at/L}$		Clorofila a mg/m^3	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Madre, Tamps.	4.49	6.27	4.36	7.22	5.6	12.65	4.20	13.00
Pueblo Viejo, Ver.	2.44	7.32	0.82	9.13	0.34	13.13	37.10	64.60
Tamiahua, Ver.	3.49	7.11	4.66	8.68	0.56	2.01	0.00	20.70
Tampamachoco, Ver.	3.22	5.31	1.82	17.31	0.26	1.12	0.10	43.10
Alvarado, Ver.	4.35	5.66	1.48	20.45	0.51	4.48	5.90	99.20
Sontecomapan, Ver.	4.81	6.73	6.8	19.26	1.41	17.02	4.70	15.50
La Mancha, Ver.	1.87	4.82	1.35	14.28	2.41	8.87	4.30	23.50
Mandinga, Ver.	2.53	4.48	4.79	23.8	0.47	2.8	7.60	55.50
Ostión, Ver.	2.91	5.8	4.01	33.71	1.03	33.6	2.50	14.40
Mar Muerto, Oax.	4.3	4.93	3.76	7.4	1.63	4.11	21.40	32.50
La Joya-Buenavista, Chis.	2.62	5.33	4.84	9.22	2.08	6.5	88.80	192.60
Tres Palos, Gro.	0.24	13.11	3.3	36.04	1.68	10.38	5.24	237.55

**ANEXO III. Comparación de riqueza específica de peces de lagunas de la costa de Guerrero
(Castro-Aguirre, 1999)**

No.	Especie	Laguna de Tres Palos	Laguna de Coyuca	Laguna de Tecomate	Laguna de Mitla	Laguna de Nuxco
1	<i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1869)	1		1		1
2	<i>Albula nemoptera</i> (Fowler, 1911)		1			
3	<i>Anchoa lucida</i> (Jordan y Gilbert, 1882)		1			
4	<i>Anchoa mundeloides</i>					1
5	<i>Anchoa scofieldi</i> (Jordan y Culver, 1895)		1			
6	<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Günther, 1864)	1	1	1	1	1
7	<i>Ariopsis seemani</i> (Günther, 1864)			1		
8	<i>Atherinella guatemalensis</i> (Günther, 1864)	1		1	1	1
9	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	1	1			1
10	<i>Centropomus armatus</i> (Gill, 1863)	1				
11	<i>Centropomus nigrescens</i> (Günther, 1864)	1		1		1
12	<i>Centropomus robalito</i> (Jordan y Gilbert, 1882)		1			1
13	<i>Citharichthys gilberti</i> (Jenkins y Evermann, 1889)					1
14	<i>Ctenogobius sagittula</i> (Günther, 1861)	1	1			
15	<i>Cynoscion stolzmanni</i> (Steindachner, 1879)					1
16	<i>Dactyloscopus amnis</i> (Miller and Briggs, 1962)		1			
17	<i>Diapterus peruvianus</i> (Cuvier y Valenciennes, 1821)	1	1	1	1	1
18	<i>Diodon hystrix</i> (Linnaeus, 1758)					1
19	<i>Diplectrum pacificum</i> (Meek y Hildebrand, 1925)					1
20	<i>Dorminator latifrons</i> (Richardson, 1837)	1	1		1	
21	<i>Dorosoma smithi</i> (Hubbs and Miller, 1941)		1			
22	<i>Eleotris picta</i> (Kner, 1863)	1	1		1	
23	<i>Elops saurus</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1		1
24	<i>Eucinostomus currani</i> (Zahuranec, 1980)	1	1	1		1
25	<i>Eucinostomus dovi</i> (Gill, 1863).			1		1
26	<i>Eucinostomus entomelas</i> (Zahuranec, 1980)	1	1			
27	<i>Eugerres axillaris</i> (Günther, 1864)	1	1			1
28	<i>Eugerres brevimanus</i> (Günther, 1864)		1	1		
29	<i>Eugerres lineatus</i> (Humboldt y Valenciennes, 1821)	1	1	1		
30	<i>Galeichthys peruvianus</i> (Lütken, 1874)		1			
31	<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)	1	1	1	1	1
32	<i>Gobiomorus maculatus</i> (Günther, 1859)	1	1	1	1	
33	<i>Gobionellus microdon</i> (Gilbert, 1891)	1	1	1	1	1
34	<i>Haemulopsis leuciscus</i> (Günther, 1864)			1		1
35	<i>Hyphorhamphus gilli</i> (Meek y Hildebrand, 1923)	1	1			
36	<i>Hyphorhamphus rosae</i> (Jordan y Gilbert, 1880)	1	1			
37	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1842)			1		1
38	<i>Lile gracilis</i> (Castro-Aguirre y Vivero, 1990)	1	1	1	1	1
39	<i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869)				1	1
40	<i>Lutjanus novemfasciatus</i> (Gill, 1862)			1		1
41	<i>Microgobius miraflorensis</i> (Gilbert y Starks, 1904)	1				
42	<i>Microgobius tabogensis</i> (Meek y Hildebrand, 1928)	1				
43	<i>Micropogonias ectenes</i> (Jordan y Gilbert, 1882)			1		1
44	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1		1
45	<i>Mugil curema</i> (Valenciennes, 1836)	1	1	1		1
46	<i>Odontognathus panamensis</i> (Steindachner, 1876)		1			
47	<i>Oligoplites altus</i> (Günther, 1869)				1	1
48	<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch y Schneider, 1801)	1		1		
49	<i>Pisodonophis daspilotes</i> (Gilbert, 1898)		1			
50	<i>Pseudophallus starski</i> (Jordan and Cuvier, 1895)	1				

(Continuación) ANEXO III. Comparación de riqueza específica de peces de lagunas de la costa de Guerrero (Castro-Aguirre, 1999)

No.	Especie	Laguna de Tres Palos	Laguna de Coyuca	Laguna de Tecamate	Laguna de Mitla	Laguna de Nuxco
51	<i>Selene brevoorti</i> (Gill, 1863)			1		
52	<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842)					1
53	<i>Trachinotus rhodopus</i> (Gill, 1863)			1		1
54	<i>Trinectes fonsecensis</i> (Günther, 1862)	1*		1		
55	<i>Tylosurus crocodilus</i> (Péron y Lesueur, 1821)	1				
56	<i>Urotrygon aspidura</i> (Jordan y Gilbert, 1882)					
57	<i>Urotrygon nana</i> (Miyake y McEachran, 1988)					1
58	<i>Urotrygon chilensis</i> (Günther, 1872)					1
59	<i>Astyanax aeneus</i> (Günther, 1860)					
60	<i>Cichlasoma trimaculatum</i> (Günther, 1868)					
61	<i>Oreochromis aureus</i> (Steindachner, 1864)					
62	<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852)					
63	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	1*				
64	<i>Poecilia sphenops</i> (Cuvier y Valenciennes, 1846)					
65	<i>Poeciliopsis fasciata</i> (Meek 1904)					
TOTAL		30	29	25	11	31
Especies coincidentes con Laguna de Tres Palos		-	19	16	9	14

* Especies registradas en la MIA La Parota, 2003