

Propuestas de Manejo para Tres Lagunas Costeras Prioritarias del Noroeste de México



Guaymas, Sonora.

2008

Personal participante:

Responsable técnico

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga (CIBNOR, S. C.)

Colaboradores

Geól. Mar. Gustavo Padilla Arredondo (CIBNOR, S. C.)

Dra. Lía Celina Méndez Rodríguez (CIBNOR, S. C.)

Dra. Lourdes Morquecho (CIBNOR, S. C.)

Dr. Renato Mendoza Salgado (CIBNOR, S. C.)

Dr. Carlos Lechuga Devezé (CIBNOR, S. C.)

Dr. Wenceslao Valenzuela Quiñones (CIIDIR-IPN)

M. en C. María del Refugio López-Tapia (CIBNOR, S. C.)

Ing. Baudilio Acosta (CIBNOR, S. C.)

M. en C. Ariaana Castillo Durán (CIBNOR, S. C.)

M. en C. Amada Reyes (CIBNOR, S. C.)

c. M. en C. Carlos Elizalde Servín (CIBNOR, S. C.)

Ing. Andrés Hernández Ibarra (CIBNOR, S. C.)

M. en C. María Sara Burrola Sánchez (CIBNOR, S. C.)

Ing. David Urías Laborín (CIBNOR, S. C.)

CONTENIDO

1. Resumen.....	i
2. Introducción.....	1
3. Antecedentes.....	3
4. Objetivos.....	5
5. Fundamento metodológico.....	6
Diagnóstico socio-ambiental.....	6
Estrategia de manejo.....	9
Propuesta de formato para base de datos.....	11
6. Diagnósticos de la condición socio-ambiental.....	12
Laguna Yavaros, Sonora.....	13
Laguna Santa María-La Reforma, Sinaloa.....	19
Laguna Altata-Pabellón, Sinaloa.....	26
7. Propuesta de manejo.....	37
8. Conclusiones.....	41
9. Literatura citada.....	43

Índice de figuras

1	Formato de base de datos para lagunas costeras.....	11
2	Localización de las lagunas costeras Yavaros, Santa María - La Reforma y Altata-Pabellón.....	12
3	Balance hidráulico y salino de la laguna Yavaros.....	13
4	Diagrama de dispersión de los grupos sedimentarios en la Laguna costera Yavaros.....	14
5	Concentración de metales pesados en <i>Chione gnidia</i> . Los valores máximos permitidas para Pb, Ni, Zn y Cu son: 80, 1.7, 130 y 30 respectivamente (Unidades en mg kg ⁻¹).....	15
6	Municipio de influencia y su índice de desarrollo humano en la laguna Yavaros.....	16
7	Cuenca de influencia y aportes de Nitrógeno y Fósforo a la laguna Yavaros, Sonora.....	18
8	Balance hidráulico y salino de la laguna Santa María – La Reforma...	20
9	Diagrama de dispersión de los grupos sedimentarios en la Laguna Santa María – La Reforma.....	21
10	Concentración de metales pesados en <i>CH. gnidia</i> . Los valores máximos permitidas para Pb, Ni, Zn y Cu son: 80, 1.7, 130 y 30 respectivamente. Unidades en mg kg ⁻¹	22
11	Municipios de influencia y su índice de desarrollo humano en la laguna Santa-María – La Reforma.....	23
12	Cuenca de influencia y aportes de Nitrógeno y Fósforo a la laguna Santa María - La Reforma, Sinaloa.....	25
13	Balance hidráulico y salino de la laguna Altata – Pabellón.....	27
14	Diagrama de dispersión de los grupos sedimentarios en la Laguna Altata – Pabellón.....	28
15	Concentración de metales pesados en <i>CH. gnidia</i> . Los valores máximos permitidas para Pb, Ni, Zn y Cu son: 80, 1.7, 130 y 30 respectivamente. Unidades en mg kg ⁻¹	29
16	Municipios de influencia y su índice de desarrollo humano en la laguna Altata – Pabellón.....	30

17	Cuenca de influencia y aportes de Nitrógeno y Fósforo a la laguna Altata - Pabellón, Sinaloa.....	32
18	Matriz de estimación de susceptibilidad a la eutrofización.....	33
19	Matriz de estimación de condiciones eutróficas.....	34
20	Matriz de estimación de escenario futuro de eutrofización.....	35
21	Matriz de estimación de escenario futuro de eutrofización.....	36

Índice de tablas

1	Población en el municipio de Huatabampo, Sonora.....	17
2	Información relativa al Índice de Desarrollo Humano en el municipio de Huatabampo, Sonora.....	17
3	Índice de Desarrollo relativo al Género en el municipio de Huatabampo, Sonora.....	17
4	Población en los municipios de influencia a la laguna Santa María-La Reforma, Sinaloa.....	24
5	Información relativa al Índice de Desarrollo Humano en los municipios de la Laguna Santa María – La Reforma, Sinaloa.....	24
6	Índice de Desarrollo relativo al Género en los municipios de influencia a la laguna Santa María.....	24
7	Población en los municipios de de influencia a la laguna Altata-Pabellón, Sinaloa.....	31
8	Índice de Desarrollo relativo al Género en los municipios de influencia a la laguna Altata-Pabellón.....	31
9	Información relativa al Índice de Desarrollo Humano en los municipios de la Laguna Altata – Pabellón, Sinaloa.....	31

1. Resumen

El estudio presenta un diagnóstico socio-ambiental y propone lineamientos de manejo para las lagunas costeras Yavaros, Sonora, Santa María - La Reforma y Altata - Pabellón, Sinaloa. El diagnóstico se basó en el uso del Índice de Desarrollo Humano, elementos de un modelo biogeoquímico (LOICZ) y un modelo de evaluación de la eutrofización (ASSETS). Los municipios adyacentes a las lagunas costeras tuvieron valores altos del Índice de Desarrollo Humano y el modelo ASSETS mostró que las tres lagunas manifestaron síntomas de eutrofización. Esta evaluación de la eutrofización representa la condición de finales de verano y es requerido completar, al menos un ciclo anual. Se considera que existen tres problemas centrales que requieren ser atendidos en las lagunas costeras (1) escasa sinergia y transversalidad entre dependencias gubernamentales y distintos niveles de gobierno para atender la problemática ambiental de eutrofización (2) escasa corresponsabilidad y coordinación de sectores usuarios de las cuencas con influencia en las lagunas para promover medidas de manejo ambiental (3) carencia de un programa de investigación y monitoreo de largo plazo con financiamiento asegurado. Estos problemas permiten que actualmente las lagunas costeras se mantengan como cuerpos receptores de aguas residuales y problemas de eutrofización. Un paso estratégico para revertir la pérdida de los servicios ecosistémicos que ofrecen las lagunas costeras es implementar un programa de manejo, el cual puede ser incorporado a la agenda del Comité de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.

2. Introducción

Las lagunas costeras son formaciones terrestres comunes a lo largo de los bordes de la mayoría de los continentes, tienen conexiones restringidas con el océano, periodos largos de residencia del agua y son efímeras en escala de tiempo geológico (Kjerfve, 1986). Una definición usual de laguna costera es la propuesta por Lankford (1977): *depresión de la zona costera por debajo del promedio mayor de las mareas más altas, teniendo una comunicación con el mar permanente o efímera, pero protegida del mar por algún tipo de barrera*. Otra definición práctica de laguna costera fue propuesta por Kjerfve (1994): *cuerpo de agua costero separado del océano por una barrera, conectado al menos intermitentemente al océano por una o más bocas restringidas y generalmente con orientación paralela a la línea de costa*.

Cabe señalar que las lagunas costeras y los estuarios como cuerpos de agua difieren en términos geomorfológicos, pero son afines en términos ecológicos (Margalef, 1969).

La importancia ecológica de lagunas costeras y estuarios resulta de: (1) su alta productividad, originada por la contribución de varios tipos de productores primarios, la energía de mareas y circulación, la abundancia de nutrientes, y la conservación, retención y eficiencia del reciclaje de nutrientes entre hábitats bentónico, pelágico y humedales (p. 188 Alongi, 1998) y (2) por constituir hábitats de crianza, alimentación o refugio de diversas especies de invertebrados, peces y aves, residentes o dependientes de estos hábitats en alguna fase de su ciclo de vida (p. 35 Day *et al.*, 1989).

La importancia económica de las lagunas costeras y estuarios radica en que sostienen pesquerías, acuicultura, turismo y otras actividades productivas (p.e., explotación de sal y movimiento de carga marítima) que impulsan desarrollos urbanos y portuarios (p. 2 Kennish, 2000).

En México existen 137 lagunas costeras y estuarios que cubren una superficie de 1,567,000 ha; en la costa del Pacífico se encuentran 92 y en la del Golfo de México y el Caribe 45 (Contreras-Espinoza, 1993).

En particular, la zona costera de la Región Noroeste de México (Sonora, Sinaloa, Nayarit, BC y BCS) se localizan 75 sistemas lagunares con una superficie de 665,000 ha que representan el 42 % de la superficie nacional.

En las últimas décadas, muchos cuerpos de agua costeros a nivel mundial han sido receptores de ingresos excesivos de nutrientes aportados por las actividades humanas, generando eutrofización, proceso definido como “un incremento en la tasa de suministro de materia orgánica a un ecosistema” (Nixon, 2005). Los efectos inmediatos de la eutrofización se manifiestan comúnmente con incrementos de la biomasa de fitoplancton, ocurrencia de fitoplancton indeseable o tóxico, exceso de biomasa de macroalgas y disminución de oxígeno disuelto en el agua (Vollenweider, 1992; Richardson y Jorgensen, 1996). Estos efectos están relacionados y normalmente afectan la calidad del agua y la salud de los ecosistemas costeros, con impactos negativos en la pesca, la acuicultura, el turismo, la recreación y la salud pública (Cloern, 2001; Elliot y De Jonge, 2002).

En México, los indicadores generales de calidad del agua muestran que 73 % de los cuerpos de agua están contaminados, debido a que 80 % de las descargas de los centros urbanos y 85 % de las descargas industriales se vierten directamente en ellos sin tratamiento previo (CONABIO, 2006). Estos datos muestran la necesidad de implementar políticas públicas ambientales efectivas para evitar la pérdida de los servicios ecosistémicos de las lagunas costeras.

El propósito de este estudio es generar, integrar y analizar información científica y técnica para elaborar diagnósticos socio-ambientales y proponer acciones de manejo ambiental en tres lagunas costeras del Golfo de California, receptoras de aguas residuales.

3. Antecedentes.

El manejo de lagunas costeras y estuarios está asociado con tres paradojas: (1) la mayoría de las ciudades del mundo están localizadas adyacentes a estos ecosistemas, y no obstante, para la mayoría de los habitantes de estas ciudades, estos ecosistemas representan los principales hábitats naturales de vida silvestre que ellos encuentran; (2) la mayoría de las principales lagunas costeras y estuarios del mundo tienen algún grado de modificación o contaminación, y no obstante, en muchos países hay más sistemas lagunares y estuarinos como áreas naturales protegidas que otros ecosistemas costeros; (3) muchas lagunas costeras y estuarios reciben contaminantes provenientes de aguas residuales, y no obstante, están entre los ecosistemas costeros más productivos (McLusky y Elliot, 2004).

La evolución de los conceptos y prácticas en manejo de lagunas costeras y estuarios a nivel mundial han mostrado la importancia de tener la mejor información científica disponible, la necesidad de establecer prioridades en acciones de manejo y comenzar acciones con los instrumentos legales disponibles. Sin embargo, es necesario hacer énfasis que en investigación, monitoreo y manejo de ecosistemas costeros, las series largas de tiempo (10 - 40 años) de datos biológicos y ecológicos son extremadamente valiosas para registrar cambios en comunidades y ecosistemas, tanto para diferenciar influencias ambientales naturales o antropogénicas, como para establecer y comprobar hipótesis acerca de estructura de comunidades y procesos ecológicos (Wolfe et al. 1987).

En México, actualmente los programas de manejo de lagunas costeras se han implementado cuándo estas han sido establecidas como Áreas Naturales Protegidas. Sin embargo, la mayoría de las lagunas costeras del país requieren de la implementación de acciones de manejo y restauración ambiental también con una adopción formal y consistente.

En la etapa de diseño del proceso del Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California, las lagunas costeras resultaron ecosistemas importantes para todos los sectores (pesca ribereña, pesca industrial, turismo, acuacultura y conservación). Por esta razón, el Consejo Consultivo de Desarrollo Sustentable de la Región Noroeste (CCDS-RNO) emitió una recomendación a la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) acerca de la

necesidad de formular e implementar un programa de manejo. En respuesta, el Instituto Nacional de Ecología (INE) destinó recursos humanos y financieros para generar inventarios y compilar el acervo científico generado en las lagunas costeras de los Estados de Sonora, Sinaloa, Baja California y Baja California Sur. Los informes técnicos correspondientes fueron concluidos en diciembre de 2006.

El conocimiento acerca de la condición y tendencia ambiental de las lagunas costeras del Golfo de California representa una línea de interés científico y socio-económico por los bienes y servicios ambientales que ofrecen en la región. Algunos estudios se han orientado en este sentido (Botello-Ruvalcaba, 1999; Arreola-Lizárraga *et al.*, 2004; Paez-Osuna *et al.*, 1999; Paez-Osuna, 2007; Valenzuela-Siu *et al.*, 2007), pero un mayor esfuerzo de investigación es requerido.

El presente documento está enfocado a elaborar propuestas de Manejo en Tres Lagunas Costeras del Golfo de California con una estrategia que considera la elaboración de: (1) un diagnóstico socio-ambiental y con base en ello (2) proponer metas y acciones de manejo.

La implementación de las acciones de manejo estarán orientadas a evitar (1) procesos de eutrofización y (2) la contaminación química de los tres sistemas lagunares. Un propósito adicional es que la metodología empleada y experiencia adquirida sirva para replicar esfuerzos similares en otras lagunas costeras de la región y del país.

4. Objetivos

General

- Presentar diagnósticos socio-ambientales y propuestas de manejo ambiental de las lagunas costeras Yavaros, Sonora, y Santa María - La Reforma y Altata - Pabellón, Sinaloa.

Específicos

- Presentar un diagnóstico socio-ambiental de cada sistema lagunar.
- Presentar una propuesta de manejo ambiental con metas y acciones.

5. Fundamento metodológico

Diagnóstico socio-ambiental

El Fundamento para elaborar el diagnóstico socio-ambiental de los sistemas lagunares se basó en considerar (1) la interacción cuenca hidrológica – laguna costera – mar y (2) aplicar métodos basados en el marco sistemático de indicadores ambientales conocido como Presión – Estado – Respuesta (OECD, 1993).

El enfoque cuenca-mar sostenido por el Programa Interacciones Tierra Océano en la Zona Costera (LOICZ por sus siglas en Inglés) (Burbridge *et al.*, 2005) es fundamental porque incluye las dimensiones naturales y humanas. Además, tiene sus bases en el enfoque de ecosistema.

El modelo P-E-R es explicado por una cadena de causalidad: las actividades humanas ejercen presión en el ambiente (Presión) - cambian la calidad y cantidad de recursos naturales (Estado) - la sociedad responde a estos cambios a través de políticas públicas ambientales o económicas (Respuesta).

El enfoque de interacciones cuenca – mar de LOICZ siguiendo el modelo P-E-R resulta de gran utilidad para sintetizar información y orientar la toma de decisiones de manejo. El ejemplo más evidente de aplicación de este enfoque es el Marco Directivo del Agua de la Unión Europea adoptado en el año 2000.

El diagnóstico de las lagunas costeras tuvo dos componentes: el social y el ambiental. El componente social fue evaluado mediante un indicador práctico y consistente: Índice de Desarrollo Humano (IDH).

El desarrollo humano es la expansión equitativa de la libertad de las personas. Es generar más opciones de vida entre las cuales elegir y también es la capacidad de vivir la existencia que se desea (PNUD, 2008). La medición del desarrollo humano es un elemento fundamental para el diseño de las políticas públicas de un país. Entre otros factores, permite evaluar los avances o retrocesos en las condiciones de vida de sus habitantes, establecer la magnitud del problema del desarrollo, caracterizar el fenómeno para el diseño de políticas, programas y acciones del sector público y definir claramente los objetivos que se persiguen en términos de bienestar. De los esfuerzos realizados en el mundo para medir de manera sistemática el desarrollo humano, el más destacado es el IDH, propuesto por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El IDH combina tres elementos para evaluar el

progreso de los países en materia de desarrollo humano: el Producto Interno Bruto (PIB) por habitante, la salud y la educación; cada uno se incluye con la misma ponderación (López-Calva *et al.*, 2004).

En México, el municipio representa la unidad de gobierno de menor tamaño capaz de emprender acciones de política pública con representatividad política, y se ha escogido a éste como referencia para dar seguimiento a los indicadores de desarrollo humano local.

Los resultados del IDH municipal en México 2000-2005 presentados por PNUD (2008), en el presente estudio se aplicaron a los municipios adyacentes a cada laguna costera, ubicados en su cuenca de influencia.

El componente ambiental fue evaluado en función de la eutrofización y la contaminación química. La eutrofización fue evaluada mediante el modelo de Evaluación del Estado Trófico Estuarino (ASSETS por sus siglas en Inglés) propuesto por Bricker *et al.* (2003).

El modelo ASSETS es un método para evaluar el proceso de eutrofización en cuerpos de agua costeros con fines de manejo ambiental.

El modelo se fundamenta en la estructura Presión-Estado-Respuesta.

1. Factores de Influencia Humana (Presión).
2. Condiciones eutróficas de un cuerpo de agua (Estado).
3. Escenario futuro de las condiciones de un cuerpo de agua (Respuesta).

Presión (factores de influencia).

La influencia humana se determina en una matriz a partir de: (1) la estimación de la susceptibilidad de un cuerpo de agua costero y (2) la magnitud de los aportes de nutrientes desde la cuenca o subcuenca hidrológica de influencia.

Estado (condición eutrófica).

La determinación de la condición eutrófica se hace con 5 variables que se dividen en dos grupos: (1) síntomas primarios (clorofila "a" y macroalgas) y (2) síntomas secundarios (oxígeno disuelto, pérdida de vegetación acuática sumergida y ocurrencia de "blooms" de fitoplancton nocivo o tóxico).

Respuesta (determinación de escenario futuro).

Se determina el escenario futuro que podría ocurrir con base en la incorporación estimada de nutrientes (en función de si se incrementarán, disminuirán, o se mantendrán) y la susceptibilidad del cuerpo de agua costero. La determinación se hace mediante una matriz que combina la susceptibilidad del sistema con la tasa de incorporación de nutrientes en el futuro.

Síntesis.

El modelo hace una síntesis integrando los factores de influencia, la condición eutrófica general y la determinación de escenario futuro, en una matriz que muestra los resultados agrupados en 5 categorías: alto, bueno, moderado, pobre o malo.

El Modelo ASSETS ya tiene una década de aplicación en estuarios de Estados Unidos de América (Bricker *et al.*, 2007) y se ha aplicado en estuarios de Europa (Ferreira *et al.*, 2007; Lillebo *et al.*, 2007) y China (Baodong, 2007). Un software gratuito de aplicación demostrativa del modelo ASSETS se encuentra en <http://www.eutro.org>

Adicionalmente, el componente ambiental se evaluó incorporando información de contaminación química mediante información de la concentración de metales pesados en almejas (*Chione gnidia*).

La Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA por sus siglas en Inglés) desarrolló una guía numérica de lineamientos de calidad de sedimentos con el objetivo de contar con una herramienta interpretativa que facilitara el diagnóstico del grado de toxicidad del sedimento (www.noaa.gov).

La NOAA ha utilizado esta guía para comparar el grado de contaminación entre subregiones e identificar sustancias cuya concentración química sobrepasa los límites establecidos. La guía utiliza una base de datos de estudios de toxicidad de diversas sustancias que acusaron efectos adversos, los cuales fueron ordenados en forma ascendente con base en su concentración. A partir de esta tabla se estimaron el percentil 10 y el percentil 50 que corresponde a la mediana. El valor del percentil 10 se le denomina Intervalo de Efecto Bajo que indica la concentración a la cual el efecto adverso de la sustancia ocurre raramente, mientras que, el percentil 50, denominado Intervalo de Efecto Mediano indica concentraciones sobre la cual un evento adverso puede ocurrir.

Esta guía fue aplicada en el presente estudio.

Estrategia de Manejo

La parte mas difícil del manejo ambiental es tomar la decisión de qué es requerido del ecosistema por sus usuarios (p. 159 McLusky y Elliot, 2004), en este caso, las lagunas costeras del Golfo de California.

En el marco del proceso de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California, todos los sectores usuarios del golfo reconocieron que para ellos las lagunas costeras son ecosistemas importantes.

En este estudio la propuesta para el manejo de las lagunas costeras se ha enfocado a la investigación, monitoreo y manejo de la eutrofización y contaminación química de las lagunas costeras del Golfo de California. Sin embargo, otros componentes de manejo pueden ser incorporados en un programa de manejo.

Se considera que existen tres problemas centrales que requieren ser atendidos en las lagunas costeras del Golfo de California:

1. Escasa sinergia y transversalidad entre dependencias gubernamentales y distintos niveles de gobierno para atender la problemática ambiental de eutrofización y contaminación ambiental de las lagunas costeras.
2. Escasa corresponsabilidad y coordinación de sectores usuarios de las cuencas con influencia en las lagunas para promover medidas de manejo ambiental a problemas de contaminación y eutrofización de lagunas costeras.
3. Carencia de un programa de investigación y monitoreo de largo plazo con financiamiento asegurado para las lagunas costeras.

Estos problemas permiten que actualmente las lagunas costeras se mantengan como cuerpos receptores de aguas residuales con riesgos de eutrofización y contaminación química.

Un paso estratégico para revertir la pérdida de los servicios ecosistémicos que ofrecen las lagunas costeras es implementar programas de manejo.

La implementación de programas de manejo de estos cuerpos de agua costeros ha tenido diversos casos de éxito en diferentes sitios del mundo y se han revertido condiciones de eutrofización y contaminación ambiental.

El manejo de lagunas costeras y estuarios requiere la toma de decisiones siga un protocolo formal para guiar el proceso y enfocar los asuntos claves (Terwilliger y Wolflin, 2005). Adicionalmente, dos elementos fundamentales para registrar el éxito en el manejo de estos cuerpos de agua son: (1) marco de referencia y (2) herramientas predictivas (Morant y Quinn, 1999). En este estudio se proponen el modelo ASSETS (Bricker *et al.*, 2003) como un marco de referencia y herramienta predictiva. Adicionalmente, se pueden utilizar otros indicadores de calidad del agua como marco de referencia, tales como el TRIX (Vollenweider *et al.* 1998; Jorgensen *et al.* 2005), el Índice de Calidad Ambiental Costera ICAC (Mendoza-Salgado, 2004), Índice de Karydis (1996), etc. También pueden ser considerados como herramientas predictivas modelos hidrodinámicos. La selección definitiva puede surgir en un taller de expertos.

En la región del Golfo de California existen condiciones favorables para implementar un programa de manejo y también pueden implementarse programas en las otras cuatro zonas marinas indicadas por SEMARNAT (2007) en la Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas.

Es decir, este estudio propone que los programas de manejo de lagunas costeras sean regionales y que estén incorporados en cada uno de los Ordenamientos Ecológicos Marinos considerados en las Estrategia Nacional.

Se propone que el programa de manejo de las lagunas costeras se incorpore en la agenda del Comité de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.

El programa requerirá asignación de responsables y financiamiento.

El programa debe considerar incluir acciones en el seno de los Consejos de Cuencas respectivos y seguimiento por el Consejo Consultivo de Desarrollo Sustentable. Los Ordenamientos Ecológicos Territoriales de la Costa en cada uno los Estados también jugarán un rol importante en el programa de manejo.

Un asunto significativo de considerar son los fundamentos de la Declaratorias de Clasificación de Cuerpos de Agua Receptores de Aguas Residuales contempladas en la Ley de Aguas Nacionales, estos fundamentos deben ser considerados como parte de la estrategia de manejo.

Se propone elaborar un componente de investigación y monitoreo de largo plazo siguiendo los fundamentos de la Red Mex-LTER.

Propuesta de formato para base de datos

Se propone el siguiente formato de base de datos en ACCES (se anexa formato digital).

Las clasificaciones propuestas buscan proporcionar un perfil de las características físicas del sistema. Las clasificación de Lankford (1977) proporciona información acerca del origen geológico, la de Kjerfve (1994) acerca de las características geomorfológicas y de intercambio de agua con el océano y la clasificación hidrológica facilita el entendimiento de procesos hidrológicos. Adicionalmente se incorporan requerimientos de información de características morfométricas, meteorológicas, hidrológicas y de la dimensión humana (Fig. 1)..

The screenshot shows a Microsoft Access database form titled "BD de Lagunas Costeras del Golfo de California". The form is organized into several sections:

- Location and Basic Info:** Fields for Nombre (Yavaros), Estado (Sonora), Municipio (Huatabampo), and Cuenca (Rio Mayo).
- Classification:** Fields for Clasificación Lankford, Clasificación Kjerfve, and Clasificación Hidrológica.
- Physical Characteristics:** Fields for Superficie de la Cuenca (1,204,474.0), Superficie de la Laguna, Profundidad media, Amplitud de costa, Tipo de marea, Amplitud de marea, Tiempo de residencia, Tasa de Precipitación anual, and Tasa de Evaporación anual.
- Human and Land Use:** A section titled "Uso Humano" with checkboxes for Agricultura (checked), Acuicultura (checked), Pesca, Turismo, and Industria. A section titled "Tenencia de la Tierra" with checkboxes for Ejido, Propiedad Privada, Federal, and Municipal.
- Other Data:** Fields for Media anual de descargas, Media anual drenes agrícolas, Med. de efluentes camaronícolas, Temperatura, Salinidad, Oligeni, Eutrofización, Superficie agrícola, Superficie Camaronícola, Superficie de Manglar, and Densidad de Población por cuenca.
- Additional Fields:** Foto, Imagen, Ubicación, Referencia Bibliográfica, and Notas.

The form is displayed in a window titled "BD_LAGUNAS_OC - Base de datos (Access 2007) - Microsoft Access". The status bar at the bottom shows "Vista Formulario" and "Registros: 1 de 3 de 3".

Figura 1. Formato de base de datos para lagunas costeras.

6. Diagnóstico socio-ambiental

Localización de las lagunas costeras.

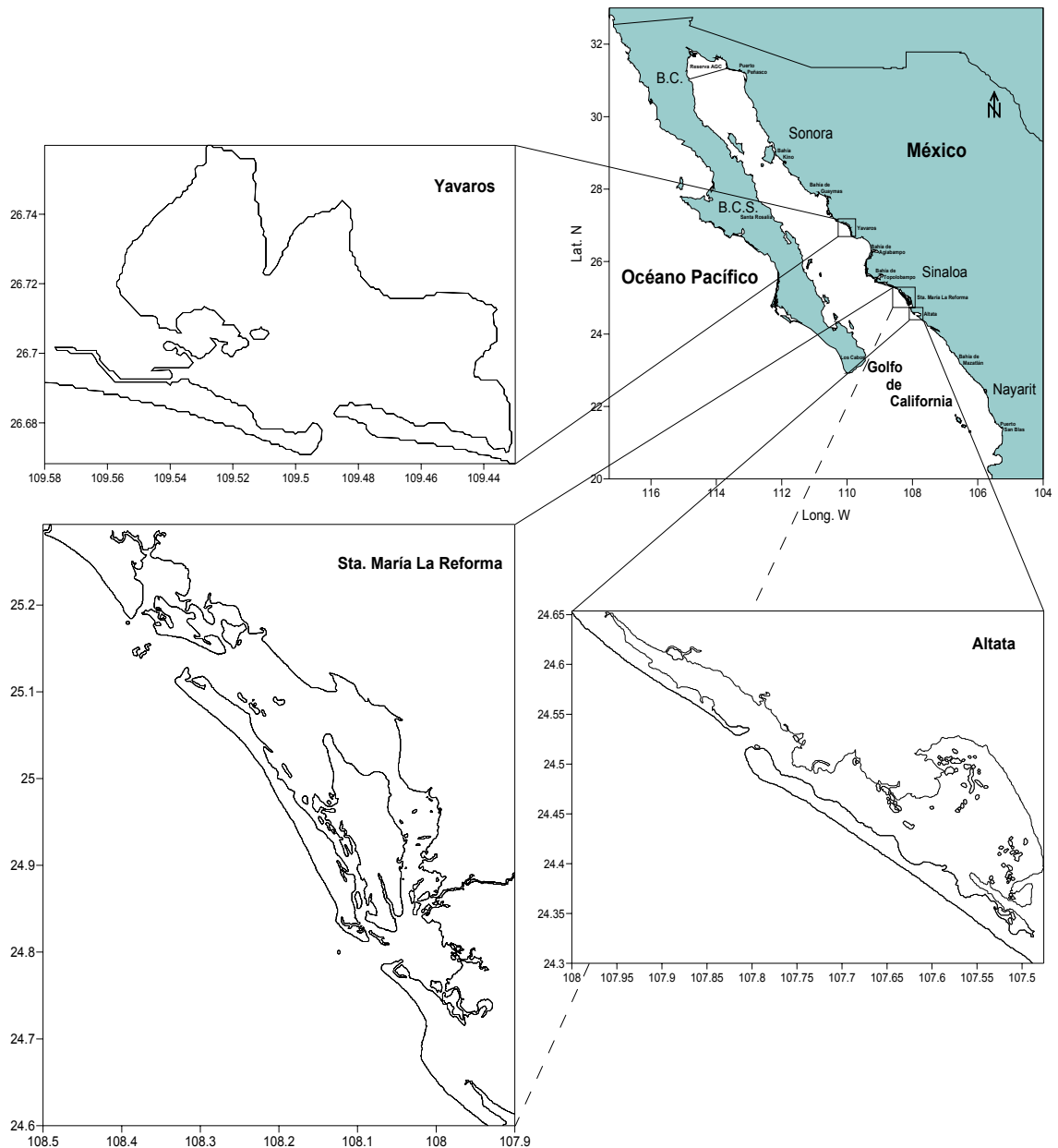


Figura 2. Localización de las lagunas costeras Yavaros, Santa María - La Reforma y Altata-Pabellón.

Laguna Yavaros

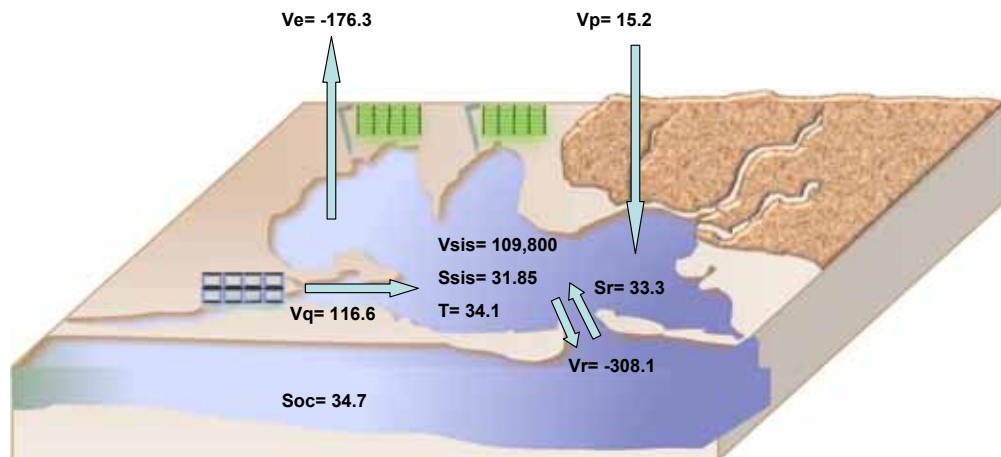
La laguna está separada del golfo por dos barreras litorales con el Golfo de California y se comunica a través de una boca de un kilómetro de ancho

La Laguna se clasifica como Tipo II-A. Sedimentación Terrígena Diferencial-Depresión Intradeltaica y Marginal (Lankford, 1977). Con base en los criterios de Kjerfve y Magill (1989) y Kjerfve (1994) es de tipo Restringida.

El régimen de marea es mixto con predominancia semidiurna y es el principal forzante de la circulación, el sistema está caracterizado por dos canales de alimentación: (1) desde la boca hacia el interior de la laguna con 5 m de profundidad promedio, y (2) hacia el estero Moroncarit, con profundidad promedio de 2 m. Las velocidades de corriente son máximas en la boca con 0.7 m s^{-1} (Dworak, 2005).

Balance hidráulico y salino

BALANCE DE AGUA Y SAL EN LA LAGUNA YAVAROS.



El volumen del sistema está en unidades de 10^3 m^3 . Los flujos en $10^3 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$. Los flujos de sal en $10^3 \text{ psu m}^3 \text{ día}^{-1}$. V_e = evaporación; V_p = precipitación; V_q = descarga de efluentes; V_r = volumen residual; V_{sis} = Volumen del sistema; T = Tiempo de residencia; S_{sis} = Salinidad del sistema; S_{oc} = Salinidad del Océano.

Figura 3. Balance hidráulico y salino de la laguna Yavaros.

Análisis granulométrico y de materia orgánica en sedimentos.

Los grupos de sedimentos en la laguna costera de Yavaros están muy bien diferenciados. Los sedimentos de arenas varían desde muy finas a medias y son moderadamente seleccionados. Al igual que en las otras lagunas bajo estudio, los sedimentos de limo grueso son mal clasificados y muy homogéneos en tamaño. Ambos grupos reflejan condiciones de baja y moderada energía (Fig. 4).

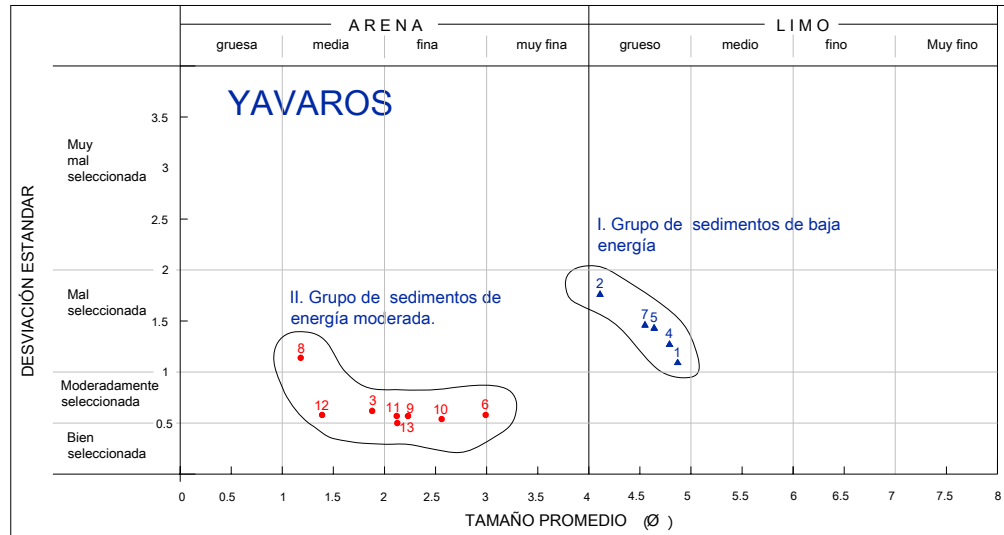


Figura 4. Diagrama de dispersión de los grupos sedimentarios en la Laguna costera Yavaros.

Los sedimentos más gruesos que corresponden a las arenas medias se asocian a los canales, la boca y el exterior de la laguna, mientras que las arenas finas y los limos gruesos se encuentran en los sitios de baja energía, al fondo y flancos del interior de la laguna.

El valor porcentual de materia orgánica en Yavaros tienen un promedio de 1.4 ±0.9 con un máximo de 3.5% el cual se considera pobre.

Contaminación química

- Metales pesados en almejas (*Chione gnidia*)

Los metales pesados determinados en tejido de almejas se presentaron en un nivel inferior al establecido por la normatividad.

La concentración de Pb se mantiene en promedio a nivel mas bajo que el límite establecido por FDA (2003), aunque en algunas estaciones la concentración fue cercana al límite establecido de 1.7 mg. El Ni esta presente a concentraciones muy bajas respecto al máximo establecido por FDA (2003), (Fig. 5).

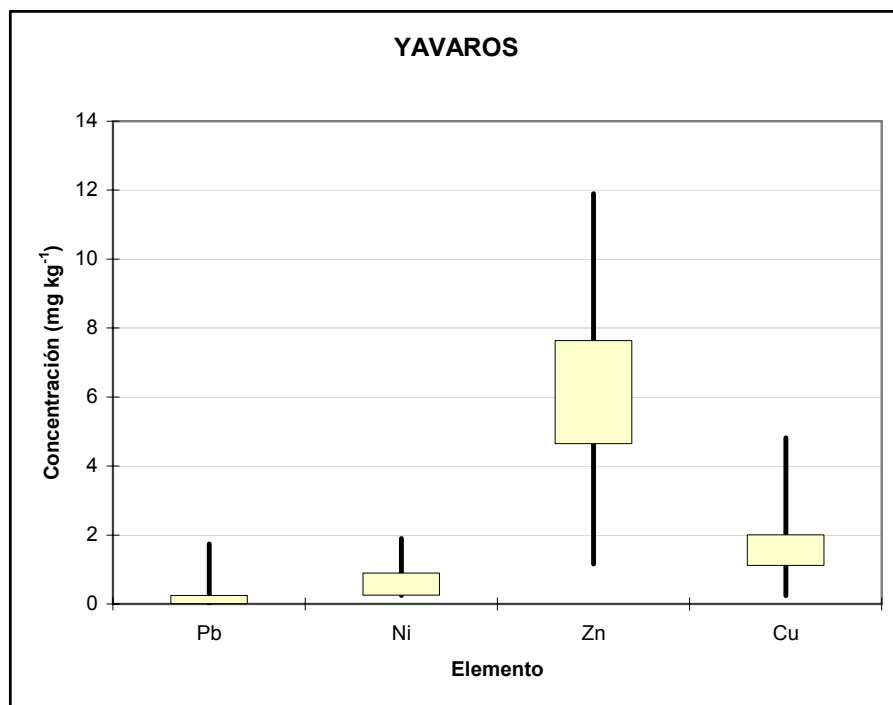


Figura 5. Concentración de metales pesados en *Chione gnidia*. Los valores máximos permitidos para Pb, Ni, Zn y Cu son: 80, 1.7, 130 y 30 respectivamente (Unidades en mg kg⁻¹)

El orden, de mayor a menor, en las concentraciones de metales pesados en las almejas *Ch. gnidia* recolectadas en la laguna Yavaros fue Zn, Cu, Ni y Pb (Fig. 5). Todas las concentraciones de metales fueron menores a los límites máximos permitidos.

Índice de Desarrollo Humano

La laguna Yavaros, está influenciada por las actividades humanas del municipio de Huatabampo (Fig. 6). Durante el periodo 2000 – 2005 hubo una disminución de la población (Tabla 1), los valores del Índice de Desarrollo Humano son altos y se incrementaron en el periodo (Tabla 2); asimismo los valores del Índice de Desarrollo relativo al Género son altos y se incrementaron (Tabla 3) (PNUD, 2008).



Figura 6. Municipio de influencia y su índice de desarrollo humano en la laguna Yavaros

Tabla 1. Población en el municipio de Huatabampo, Sonora.

Total	Población 2000		Total	Población 2005	
	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
76.296	38.563	37.733	74.533	37.609	36.924

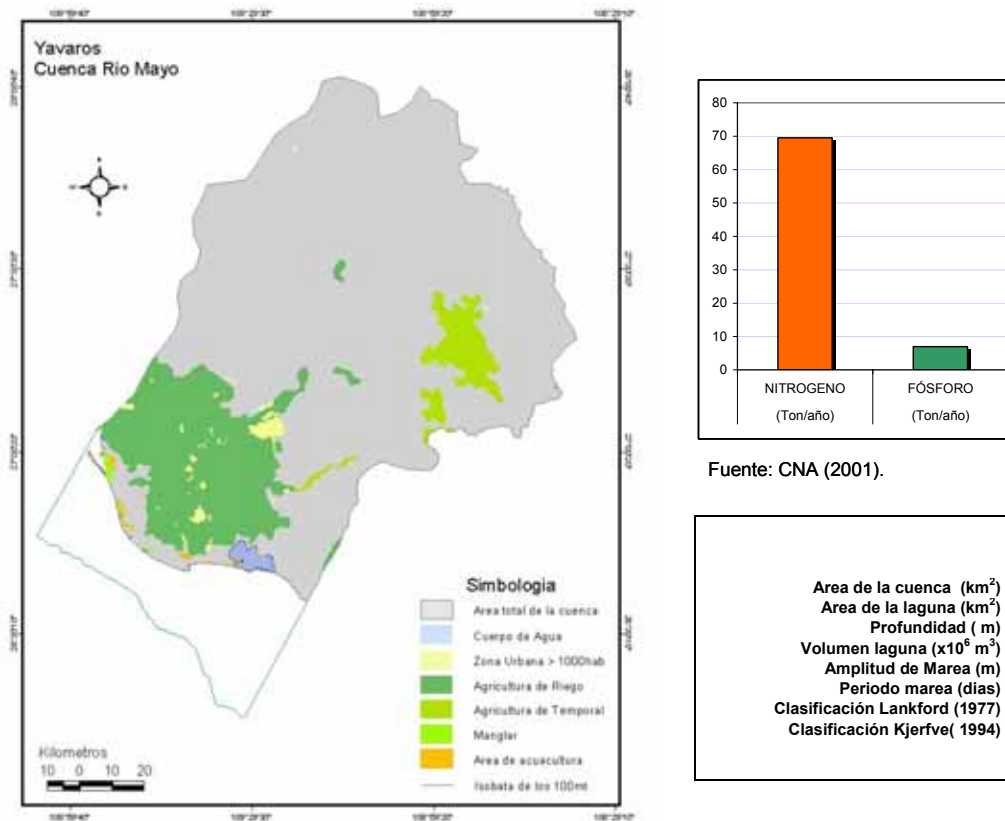
Tabla 2. Información relativa al Índice de Desarrollo Humano en el municipio de Huatabampo, Sonora.

Clasificación según el IDH 2000	Valor del índice de desarrollo humano (IDH) 2000	Clasificación según el IDH 2005	Valor del índice de desarrollo humano (IDH) 2005
787	0.7498	604	0.8002

Tabla 3. Índice de Desarrollo relativo al Género en el municipio de Huatabampo, Sonora.

Clasificación según el IDG 2000	Valor del índice de desarrollo relativo al género (IDG) 2000	Clasificación según el IDG 2005	Valor del índice de desarrollo relativo al género (IDG) 2005
762	0,7330	565	0,7907

Evaluación de Eutrofización



Fuente: CNA (2001).

Figura 7. Cuenca de influencia y aportes de Nitrógeno y Fósforo a la laguna Yavaros, Sonora.

La laguna Yavaros tiene influencia de la cuenca Río Mayo donde en términos de cobertura de las actividades productivas y desarrollo urbano, la agricultura de riego representa el 77 %, la agricultura de temporal representa el 16 %, la zona urbana 6 % y la camaronicultura el 1 %. De estas actividades, la laguna recibe alrededor de 80 ton año⁻¹ de nitrógeno y fósforo (Fig. 7).

En esta laguna, la **susceptibilidad** a procesos de eutrofización es **moderada**, debido a que el potencial de dilución es alto y potencial de flujo es alto (Fig. 18).

El **índice de influencia humana** calificó el impacto de nutrientes al sistema como **alto**.

La expresión de **condición trófica** resultó clasificada como **baja** (Fig. 19).

El aporte de nutrientes se espera que continúe en un futuro cercano por el incremento de la población y el desarrollo de las actividades productivas en la cuenca, pero debido a la baja susceptibilidad del sistema se estimó que el **enriquecimiento por nutrientes no presentará un cambio** relevante en un futuro cercano (Fig. 20)

Laguna Santa María – La Reforma

La laguna se encuentra separada del Golfo de California por una barra arenosa que prolonga la línea de playa denominada isla de Altamura, la que da lugar a dos bocas de comunicación con el mar en sus extremos, la primera de 3.5 km de ancho y la segunda formada de 3 km de ancho.

La Laguna se clasifica como Tipo II-A. Sedimentación Terrígena Diferencial-Depresión Intradeltaica y Marginal (Lankford, 1977). Con base en los criterios de Kjerfve y Magill (1989) y Kjerfve (1994) es de tipo Restringida.

En el interior de la laguna, está la isla de Tachichilte que es la más grande del sistema y da lugar a una serie de parajes estrechos. El régimen de marea es semidiurno con un rango anual de 1.10 m (Filloux, 1973). El sistema de corrientes al interior de la laguna es influido por acción de la marea, y se genera al menos dos celdas de circulación debido a la influencia de sus bocas, (Chubarenko *et al.*, 2005). Las velocidades máximas se ubican en las bocas la 1.2 - 1.8 - $m s^{-1}$, y en los canales de marea -hasta 1 $m s^{-1}$. La marea es de tipo mixto semidiurno y su señal en las bocas tiene una altura de 1.74 m (<http://ramsar.conanp.gob.mx/documentos/fichas/27.pdf>).

Balance hidráulico y salino.

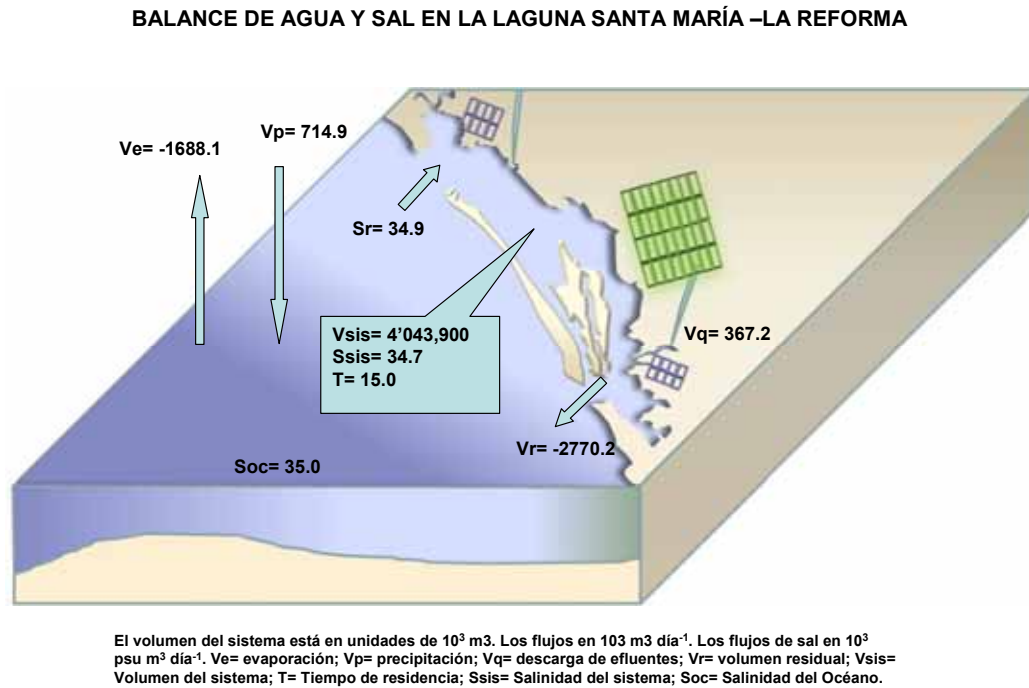


Figura 8. Balance hidráulico y salino de la laguna Santa María – La Reforma.

Análisis granulométrico y de materia orgánica en sedimentos.

En la laguna costera Santa María-La Reforma los sedimentos son muy homogéneos, tanto en el interior de la laguna como en el exterior. La mayoría son arenas medias y finas (Fig. 9).

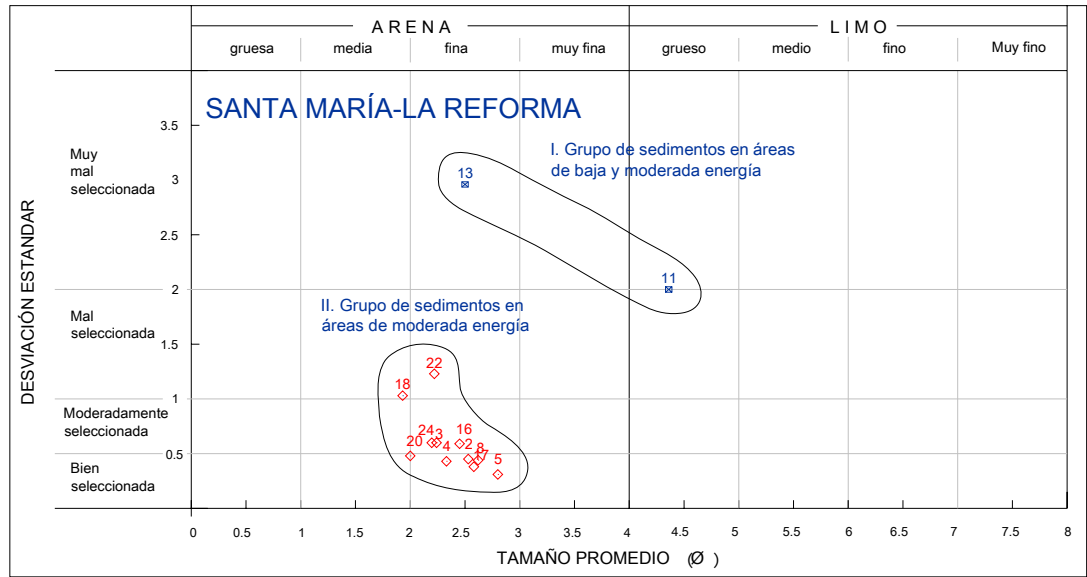


Figura 9. Diagrama de dispersión de los grupos sedimentarios en la Laguna Santa María - La Reforma.

El grado de selección de las partículas por lo general es moderado e indica condiciones de energía muy constantes en tiempo.

El contenido de materia orgánica es similar a los sedimentos de Yavaros (1.4 ± 0.9) con valores máximos de 6.6%.

Contaminación química

- Metales pesados en almejas (*Chione gnidia*)

Los metales pesados determinados en tejido de almejas se presentaron en un nivel inferior al establecido por la normatividad.

La concentración de Pb se mantiene en promedio a nivel mas bajo que el límite establecido por FDA (2003), el Ni esta presente a concentraciones muy bajas respecto al máximo establecido por FDA (2003), (Fig. 10)

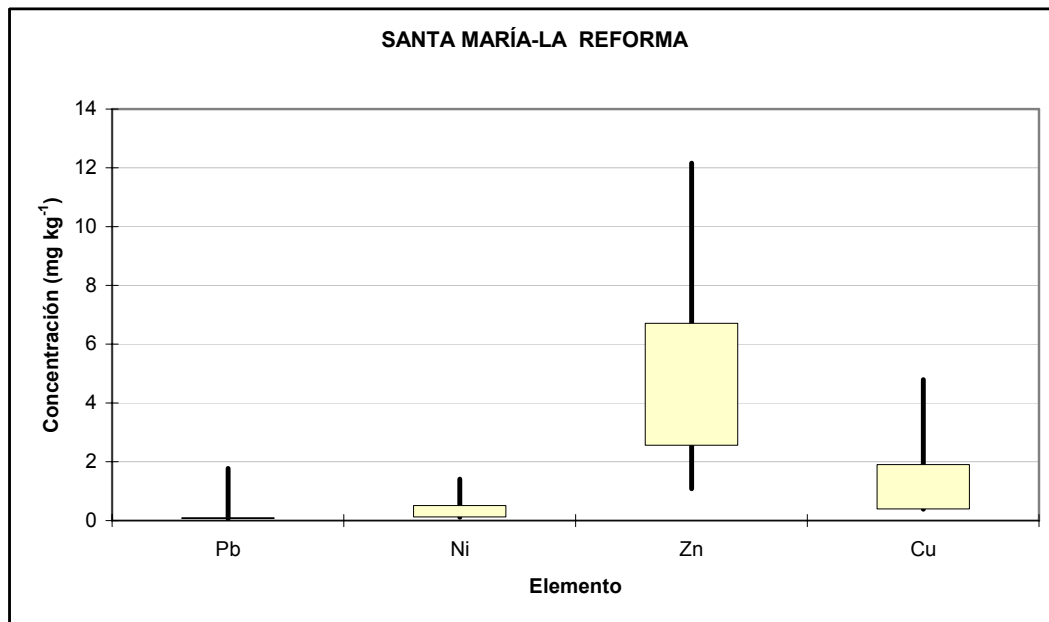


Figura 10. Concentración de metales pesados en *CH. gnidia*. Los valores máximos permitidos para Pb, Ni, Zn y Cu son: 80, 1.7, 130 y 30 respectivamente. Unidades en mg kg⁻¹.

El orden, de mayor a menor, en las concentraciones de metales pesados en las almejas *Ch. gnidia* recolectadas en la laguna Santa María - La Reforma fue Zn, Cu, Ni y Pb (Fig. 10.) Todas las concentraciones de metales fueron menores a los límites máximos permitidos.

Índice de Desarrollo Humano

La laguna Santa María-La Reforma, está influenciada por las actividades humanas de los municipios de Guasave, Angostura y Navolato (Fig. 11). Durante el periodo 2000 - 2005 hubo una disminución de la población (Tabla 4), los valores del Índice de Desarrollo Humano son altos y se incrementaron en el periodo (Tabla 5); asimismo los valores del Índice de Desarrollo relativo al Género son altos y se incrementaron (Tabla 6) (PNUD, 2008).



Figura 11. Municipios de influencia y su índice de desarrollo humano en la laguna Santa-María – La Reforma.

Tabla 4. Población en los municipios de influencia a la laguna Santa María-La Reforma, Sinaloa.

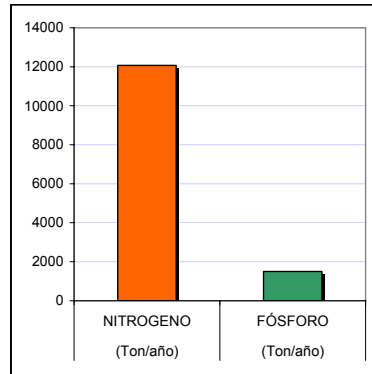
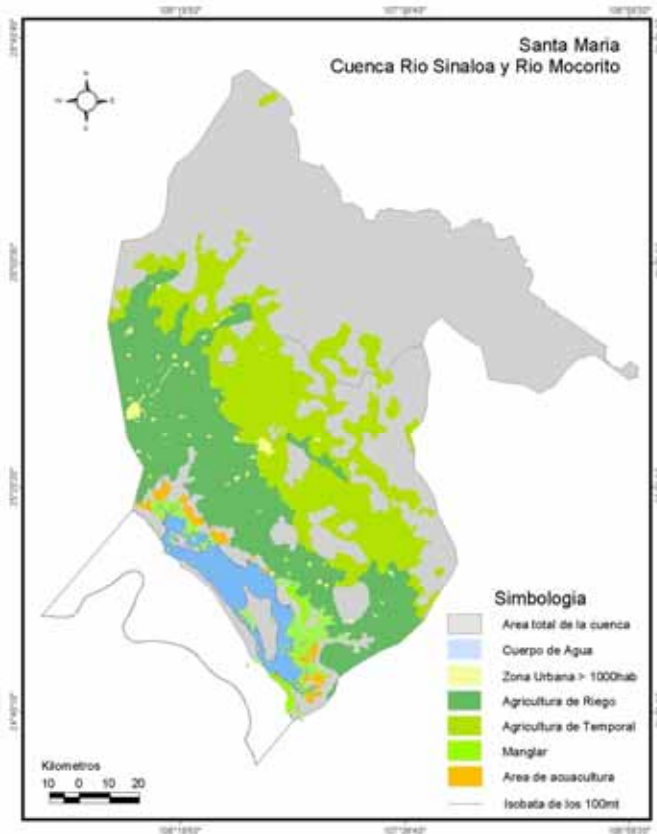
Municipio	Población 2000			Población 2005		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Guasave	277.402	138.114	139.288	270.260	133.834	136.426
Angostura	43.827	21.915	21.912	42.445	21.134	21.311
Navolato	145.622	74.444	71.178	135.681	68.496	67.185

Tabla 5. Información relativa al Índice de Desarrollo Humano en los municipios de influencia a la laguna Santa María - La Reforma, Sinaloa.

Municipio	Clasificación según el IDH 2000	Valor del índice de desarrollo humano (IDH) 2000	Clasificación según el IDH 2005	Valor del índice de desarrollo humano (IDH) 2005
Guasave	410	0.7801	372	0.8212
Angostura	509	0.7709	175	0.8479
Navolato	939	0.7369	440	0.8141

Tabla 6.. Índice de Desarrollo relativo al Género en los municipios de influencia a la laguna Santa María.

Municipio	Clasificación según el IDG 2000	Valor del índice de desarrollo relativo al género (IDG) 2000	Clasificación según el IDG 2005	Valor del índice de desarrollo relativo al género (IDG) 2005
Guasave	391	0,7661	340	0,8139
Angostura	598	0,7465	207	0,8335
Navolato	853	0,7250	386	0,8084



Fuente: Páez-Osuna (2007)

Laguna Santa María-La Reforma	
Area de la cuenca (km ²)	7825.7
Area de la laguna (km ²)	577.7
Profundidad (m)	3
Volumen laguna (x10 ⁶ m ³)	1733.2
Amplitud de Marea (m)	1.14
Periodo marea (días)	1
Clasificación Lankford (1977)	Tipo II-A
Clasificación Kjerfve(1994)	Restringida

Figura 12. Cuenca de influencia y aportes de Nitrógeno y Fósforo a la laguna Santa María - La Reforma, Sinaloa.

La laguna Santa María – La Reforma tiene influencia de la cuenca Río Sinaloa y Río Mocorito donde en términos de cobertura de las actividades productivas y desarrollo urbano, la agricultura de riego representa el 63 %, la agricultura de temporal representa el 28 %, la zona urbana 6 % y la camaronicultura el 3 %. De estas actividades, la laguna recibe alrededor de 14,000 ton año⁻¹ de nitrógeno y fósforo (Fig. 12).

La laguna tuvo **susceptibilidad alta** al proceso de eutrofización, debido a que el potencial de dilución es alto y potencial de flujo es alto (Fig. 18).

El **índice de influencia humana** calificó el impacto de nutrientes al sistema como **alto**.

La expresión de **condición trófica** resultó clasificada como **baja** (Fig. 19).

El aporte de nutrientes se espera que continúe en un futuro cercano por el incremento de la población y el desarrollo de las actividades productivas en la cuenca, pero debido a la baja susceptibilidad del sistema se estimó que el **enriquecimiento por nutrientes no presentará un cambio** relevante en un futuro cercano (Fig. 20).

Laguna Altata - Pabellón

La laguna está separada del mar por una isla de barrera y se comunica con el Golfo de California por medio de una boca, cuya longitud es de 1.54 km.

La Laguna se clasifica como Tipo II-A. Sedimentación Terrígena Diferencial-Depresión Intradeltaica y Marginal (Lankford, 1977). Con base en los criterios de Kjerfve y Magill (1989) y Kjerfve (1994) es de tipo Restringida.

La laguna tiene parte del frente deltáico del río Culiacán cuyo cauce meándrico adquiere características estuarinas al fluir hacia el interior del sistema. La marea es de tipo mixto con un rango de 1.10 m. Se estima que la marea es el principal mecanismo que fuerza la circulación al interior del estero y de acuerdo con Montaño-Ley *et al.* (2000), las velocidades de corriente en la boca pueden alcanzar los 70 cm s⁻¹. El sistema está influenciado por el río Culiacán con un flujo promedio anualizado de 3.3 x 10⁹ m³.

Balance hidráulico y salino

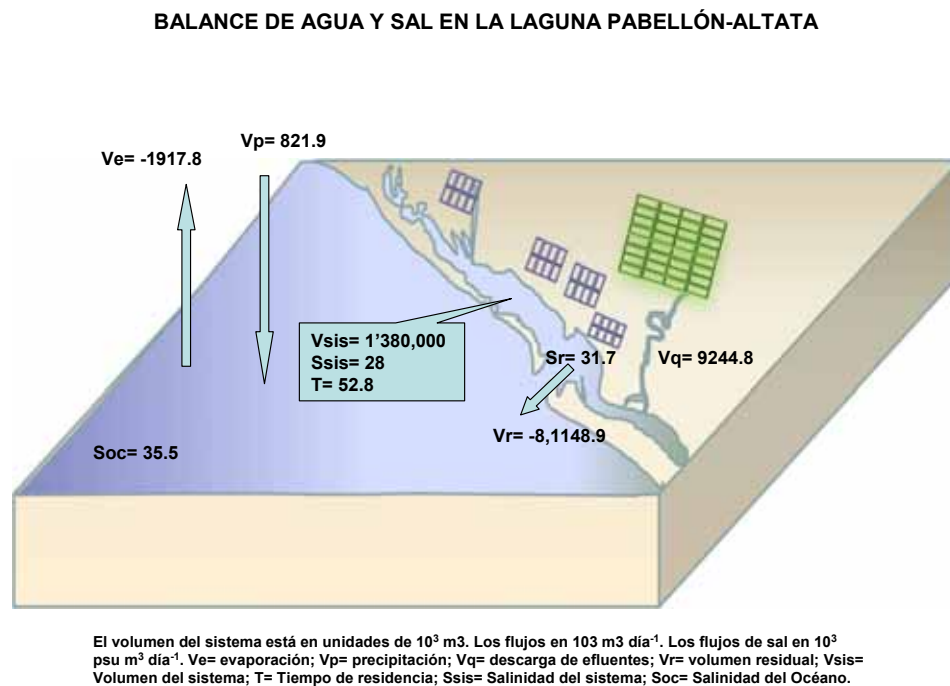


Figura 13. Balance hidráulico y salino de la laguna Altata – Pabellón.

Análisis granulométrico y de materia orgánica en sedimentos.

Los sedimentos en el área lagunar son predominantemente limos gruesos y arenas muy finas que están confinados en las áreas bajas de la laguna, mientras que los sedimentos de áreas de canal y exterior de la laguna son arenas medias y finas (Fig. 14).

Por otra parte, los sedimentos del grupo II están mejor seleccionados que los sedimentos de las zonas de baja energía, lo cual indica que son mas uniformes en tamaño.

El contenido de materia orgánica en los sedimentos de la laguna costera Alta es ligeramente menor que Yavaros (1.1 ± 0.7) aunque hay valores máximos de 2.2%.

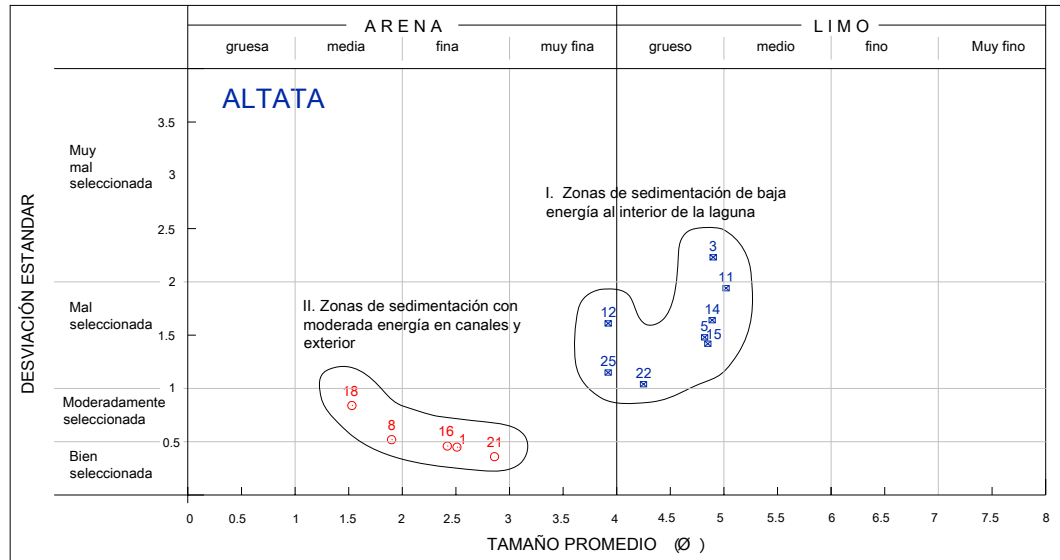


Figura 14. Diagrama de dispersión de los grupos sedimentarios en la Laguna Altata – Pabellón.

Contaminación química

- Metales pesados en almejas (*Chione gnidia*)

La concentración de Pb se mantiene en promedio a nivel mas bajo que el límite establecido por FDA (2003), aunque en algunas estaciones la concentración fue cercana al límite establecido de 1.7 mg. El Ni esta presente en concentraciones muy bajas respecto al máximo establecido por FDA (2003), (Fig. 15).

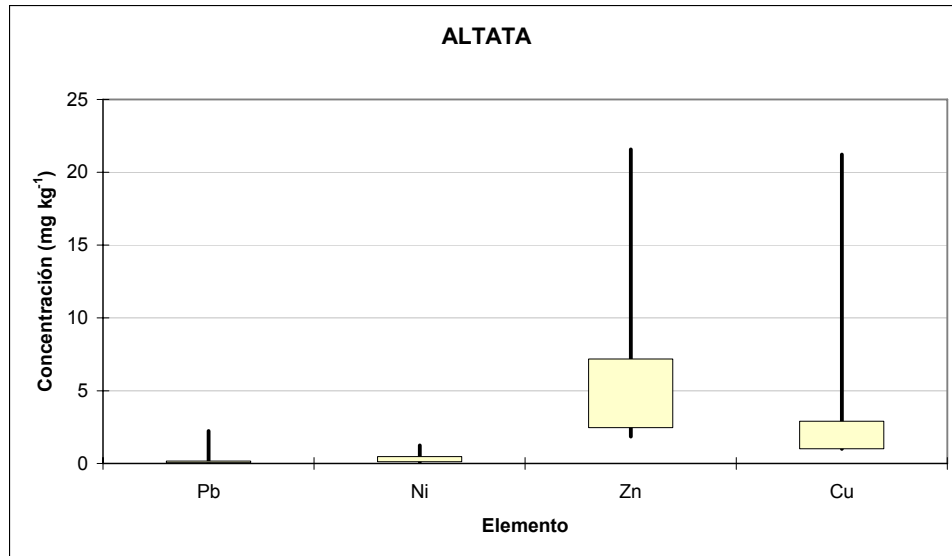


Figura 15. Concentración de metales pesados en *CH. gnidia*. Los valores máximos permitidos para Pb, Ni, Zn y Cu son: 80, 1.7, 130 y 30 respectivamente. Unidades en mg kg⁻¹.

El orden, de mayor a menor, en las concentraciones de metales pesados en las almejas *Ch. gnidia* recolectadas en la laguna Altata - Pabellón fue Zn, Cu, Ni y Pb (Fig. 15). Todas las concentraciones de metales fueron menores a los límites máximos permitidos.

Índice de Desarrollo Humano

La laguna Altata-Pabellón, está influenciada por las actividades humanas de los municipios de Navolato y Culiacán (Fig. 16). Durante el periodo 2000 – 2005 la población de Navolato disminuyó y la de Culiacán se incrementó (Tabla 7), los valores del Índice de Desarrollo Humano son altos y se incrementaron en el periodo en ambos municipios (Tabla 8). Asimismo, los valores del Índice de Desarrollo relativo al Género son altos y se incrementaron (Tabla 9) (PNUD, 2008).

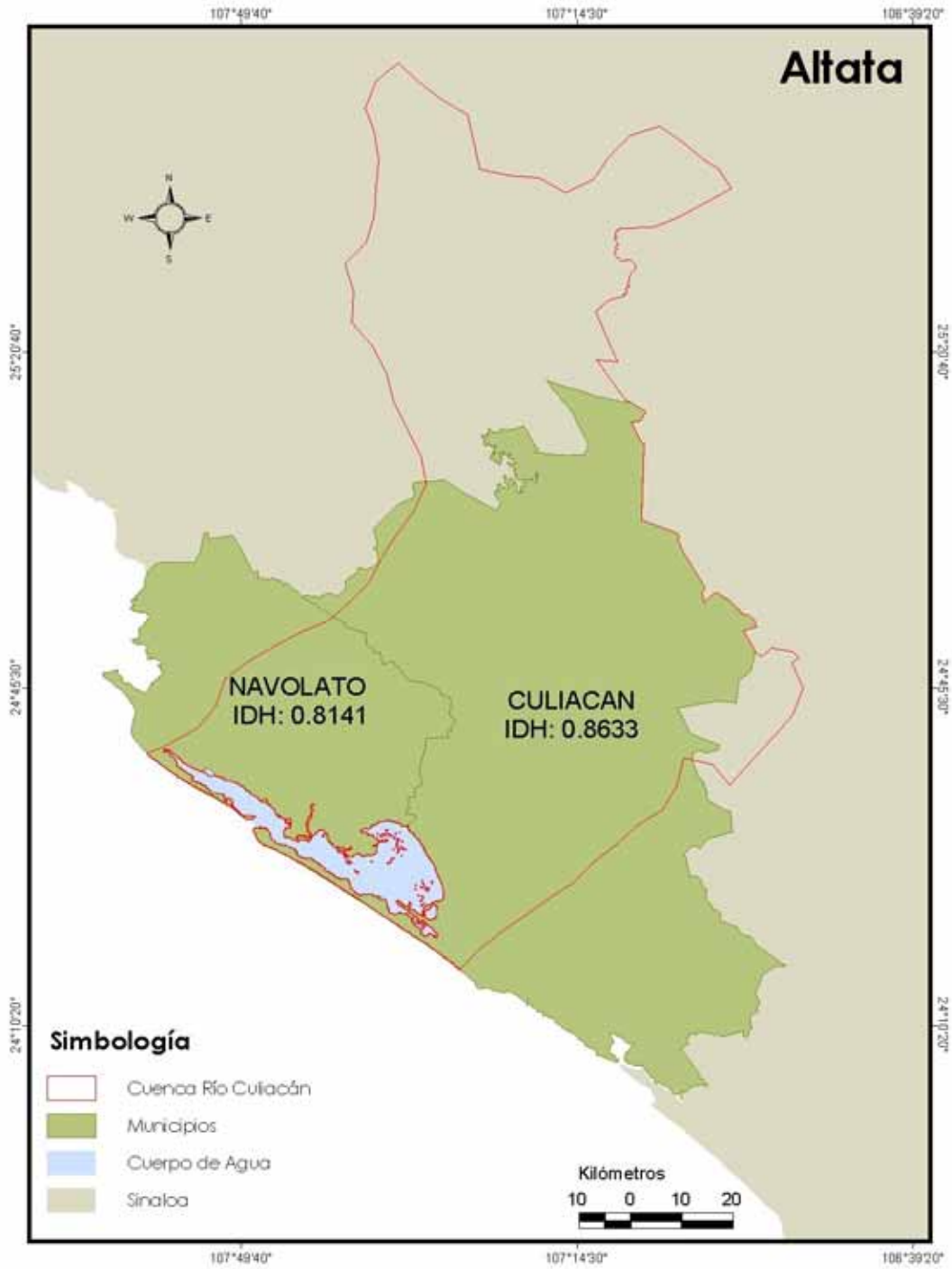


Fig. 16. Municipios de influencia y su índice de desarrollo humano en la laguna Altata – Pabellón.

Tabla 7. Población en los municipios de influencia a la laguna Altata-Pabellón, Sinaloa.

Municipio	Población 2000			Población 2005		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Navolato	145.622	74.444	71.178	135.681	68.496	67.185
Culiacán	745.537	366.955	378.582	793.730	390.613	403.117

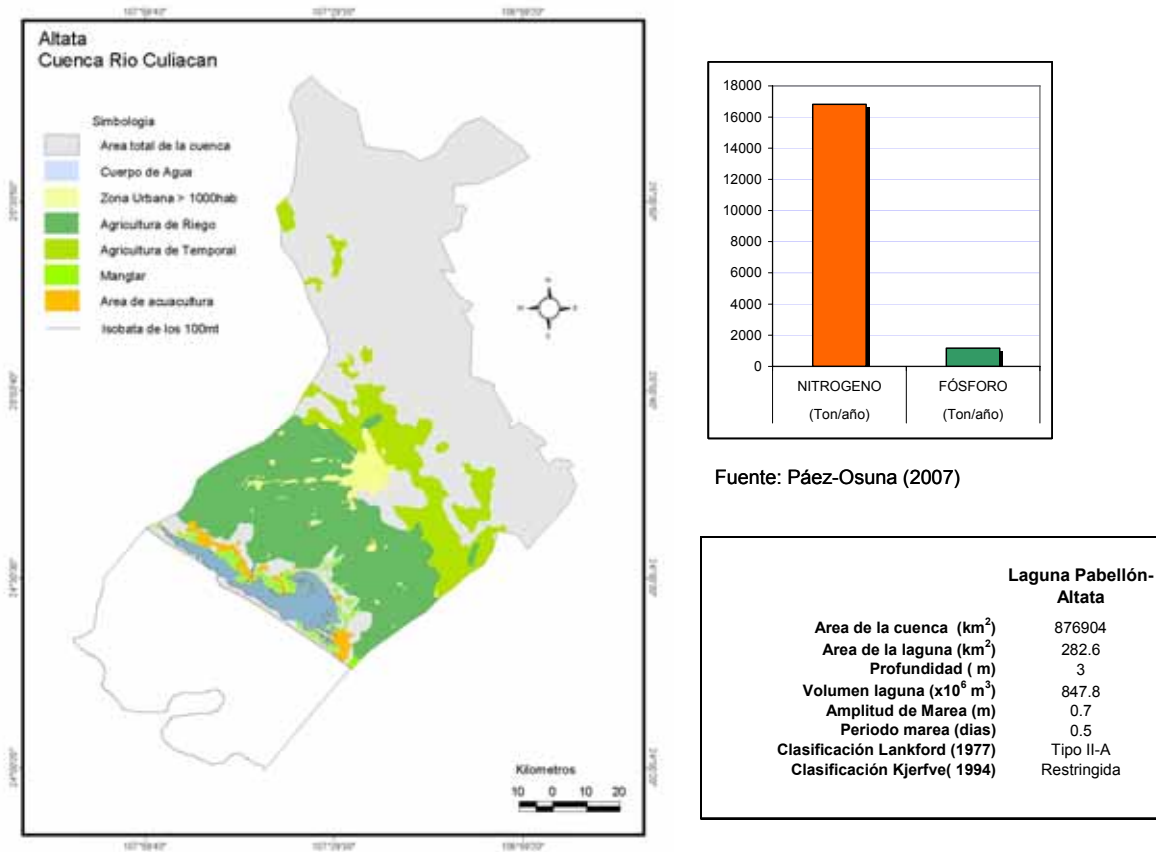
Tabla 8. Índice de Desarrollo relativo al Género en los municipios de influencia a la laguna Altata-Pabellón.

Municipio	Clasificación según el IDG 2000	Valor del índice de desarrollo relativo al género (IDG) 2000	Clasificación según el IDG 2005	Valor del índice de desarrollo relativo al género (IDG) 2005
	Navolato	853	0,7250	386
Culiacán	62	0,8233	92	0,8597

Tabla 9. Información relativa al Índice de Desarrollo Humano en los municipios de influencia a la laguna Altata-Pabellón, Sinaloa.

Municipio	Clasificación según el IDH 2000	Valor del índice de desarrollo humano (IDH) 2000	Clasificación según el IDH 2005	Valor del índice de desarrollo humano (IDH) 2005
	Navolato	939	0.7369	440
Culiacán	62	0.8322	101	0.8633

Evaluación de Eutrofización



Fuente: Páez-Osuna (2007)

Laguna Pabellón-Altata	
Area de la cuenca (km ²)	876904
Area de la laguna (km ²)	282.6
Profundidad (m)	3
Volumen laguna (x10 ⁶ m ³)	847.8
Amplitud de Marea (m)	0.7
Periodo marea (dias)	0.5
Clasificación Lankford (1977)	Tipo II-A
Clasificación Kjerfve(1994)	Restringida

Figura 17. Cuenca de influencia y aportes de Nitrógeno y Fósforo a la laguna Altata - Pabellón, Sinaloa.

La laguna Altata – Pabellón tiene influencia de la cuenca Río Culiacán donde en términos de cobertura de las actividades productivas y desarrollo urbano, la agricultura de riego representa el 62 %, la agricultura de temporal representa el 27 %, la zona urbana 9 % y la camaronicultura el 2 %. De estas actividades, la laguna recibe alrededor de 18,000 ton año⁻¹ de nitrógeno y fósforo (Fig. 17).

La **susceptibilidad** al proceso de eutrofización es **alta**, debido a que el potencial de dilución es alto y potencial de flujo es alto (Fig. 18).

El **índice de influencia humana** calificó el impacto de nutrientes al sistema como **moderado**.

La expresión de **condición trófica** resultó clasificada como **baja** (Fig. 19).

El aporte de nutrientes se espera que continúe en un futuro cercano por el incremento de la población y el desarrollo de las actividades productivas en la cuenca, pero debido a la baja susceptibilidad del sistema se estimó que el **enriquecimiento por nutrientes no presentará un cambio relevante** en un futuro cercano (Fig. 20)

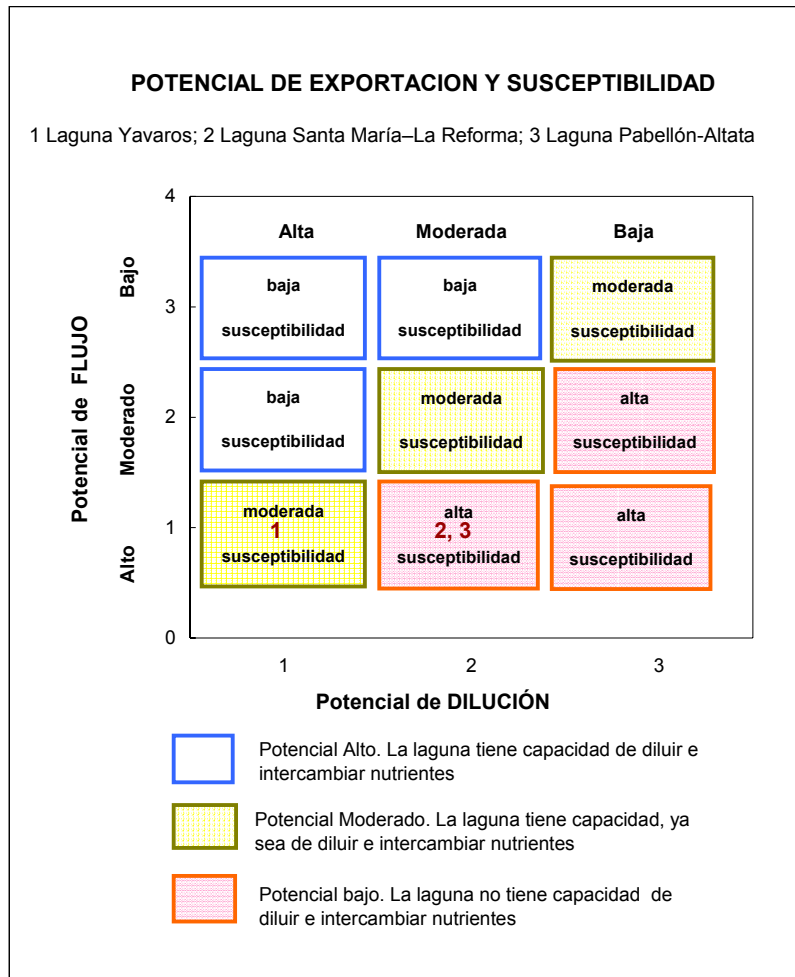


Figura 18. Matriz de estimación de susceptibilidad a la eutrofización.

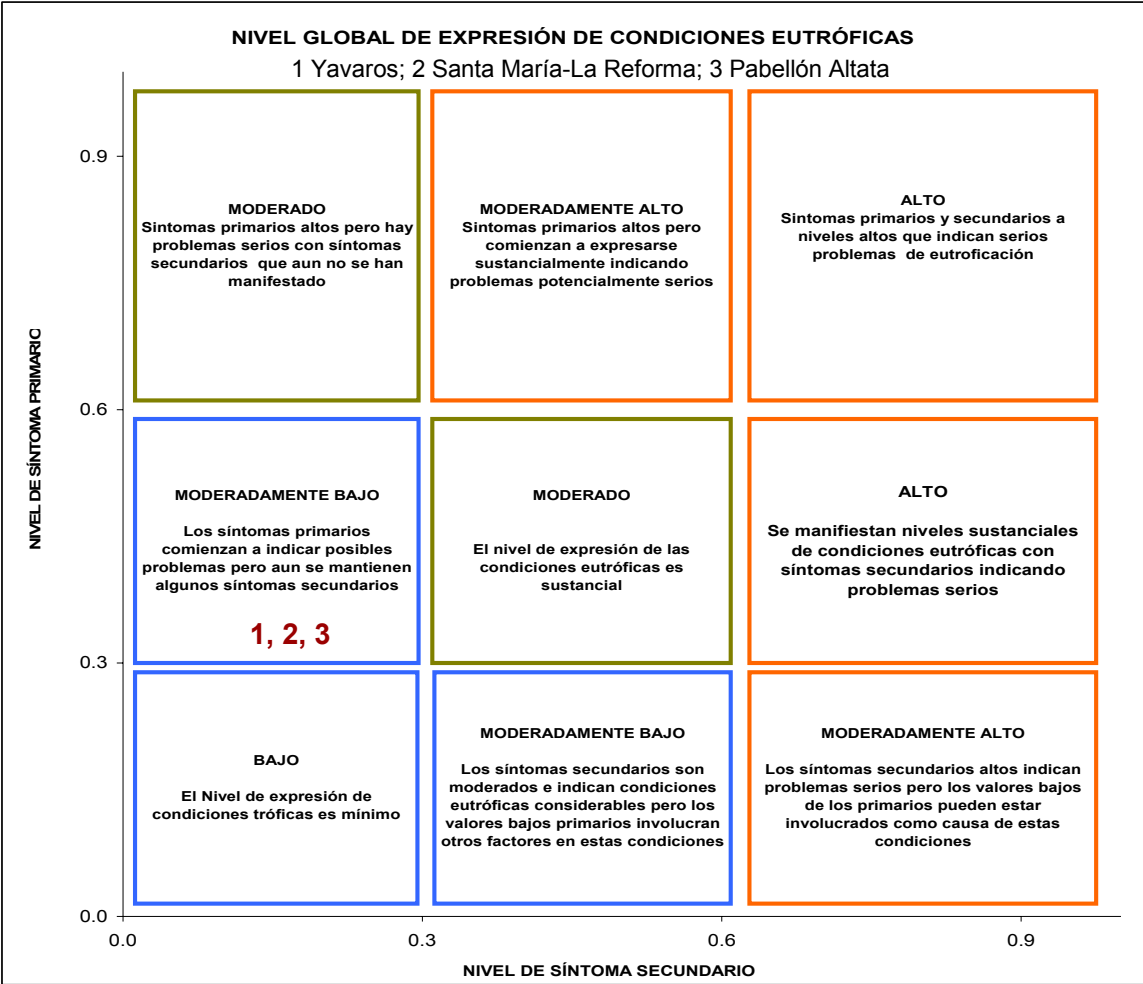


Figura 19. Matriz de estimación de condiciones eutróficas.

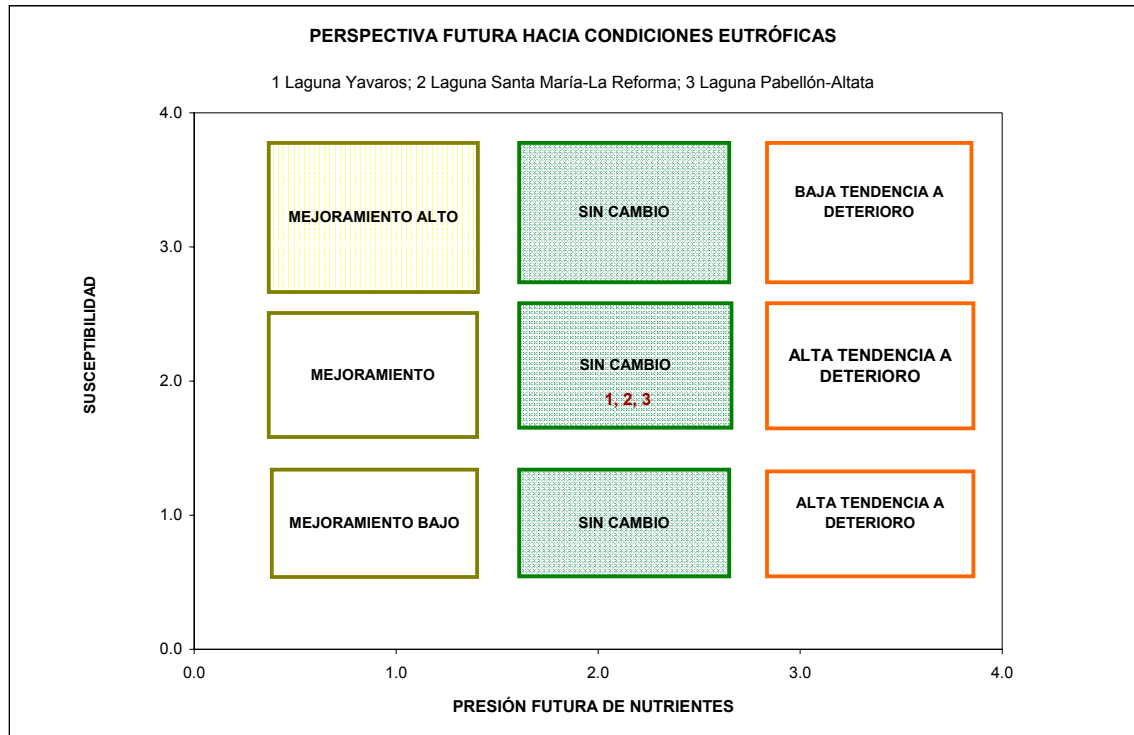


Figura 20. Matriz de estimación de escenario futuro de eutrofización.

sistema lagunar	tipo	Area (km ²)	Profundidad media (m)	rango de marea (m)	Susceptibilidad	(OH) Influencia humana	OFC			DFO (perspectiva futura de condiciones eutróficas)	VALOR ASSETS
							sintomas primarios	sintomas secundarios	Nivel global de condiciones eutróficas		
Yavaros	Restringida	73,22	3	1,5	M	A	B	M	B	SC	pobre
Santa María - La Reforma	Restringida	577,72	3	1	A	M	B	M	B	SC	pobre
Pabellón - Altata	Restringida	282,62	3	0,7	A	A	B	M	B	SC	pobre

A= alto M= Moderado B= Bajo SC= Sin Cambio.

Figura 21. Matriz de estimación de escenario futuro de eutrofización.

Los resultados del modelo ASSETS mostraron que la combinación de los componentes de (1) Presión derivada del aporte de nutrientes a las lagunas costeras, (2) Estado indicado por la condición Trófica derivada de las variables indicadoras de síntomas primarios y secundarios y (3) Respuesta, indicada por el escenario futuro de eutrofización, ubicaron a las tres lagunas con una calificación pobre, esto implica que los sistemas tienen problemas de eutrofización y se requieren llevar a cabo acciones de manejo (Fig. 21). En particular, la manifestación de síntomas secundarios se observó en la composición del fitoplancton, en virtud de que en este estudio se registraron géneros de cianobacterias, diatomeas y dinoflagelados con taxas potencialmente tóxicos o nocivos (se anexa informe de fitoplancton)

7. Propuesta de manejo

A continuación se plantean algunos principios generales de manejo de lagunas costeras, que deben ser referencia útil para orientar la toma de decisiones en los tres cuerpos lagunares estudiados.

1. El mantenimiento de la salud de las lagunas para el uso sostenible requiere un buen manejo y mantenimiento de la calidad del agua, hábitat y biodiversidad, así como de las interacciones entre cuenca-laguna-mar.
2. El manejo de lagunas costeras debe ser consistente con los acuerdos internacionales y los planes de desarrollo nacionales.
3. La prevención de la eutrofización y la contaminación química tiene costos ecológicos y económicos menores que la rehabilitación y restauración de lagunas costeras con deterioro.
4. La conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los servicios ecosistémicos de las lagunas costeras deben estar basados en escalas de planeación ecoregionales.
5. Las lagunas costeras tienen atributos ecológicos únicos que requieren ser preservados.

6. El entendimiento, interés y compromiso de la sociedad y de los distintos sectores usuarios debe jugar un rol importante para el mejor manejo de las lagunas costeras.
7. El manejo de lagunas costeras debe estar apoyado por programas de investigación científica y tecnológica de largo plazo y con financiamiento asegurado.
8. La investigación y monitoreo deben ser el soporte y ser usados como una herramienta para detectar los cambios en la condición y la tendencia ambiental de las lagunas costeras.
9. Aplicar los fundamentos de las Declaratorias de Clasificación de cuerpos de agua receptores de aguas residuales.
10. Establecer un monitoreo de parámetros fisico-químicos, nutrientes inorgánicos y clorofila "a", así como composición y abundancia del fitoplancton en las lagunas costeras estudiadas.
11. Generar y emitir a través de los Consejos Consultivos de Desarrollo Sustentable las recomendaciones pertinentes a la autoridad ambiental para el seguimiento de las acciones de prevención de contaminación.
12. Elaborar un programa de investigación de largo plazo para las lagunas costeras del Golfo de California con la participación conjunta de varias instituciones científicas.
13. Recopilar e integrar la información disponible de lagunas costeras en el formato de base de datos propuesto en el presente estudio.

En las lagunas costeras del Golfo de California es necesaria mayor información científica de las variables de calidad del agua y sedimento, así como de los factores de influencia humana para tener una evaluación consistente del actual estado de eutrofización y su tendencia.

Las metas y acciones de manejo ambiental deberán ser ajustadas con ideas aportadas, en principio, por los miembros del Comité de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California, Consejo Consultivo de Desarrollo Sustentable, Consejos de Cuencas, así como científicos y tomadores de decisión con experiencia en el tema. Para esto, se propone la realización de un taller específico con el objetivo de definir la estructura de un programa de manejo de las lagunas costeras del Golfo de California.

Por otro lado, es importante conocer como las metas y acciones propuestas, pueden convertirse en acciones reales de gobierno que promuevan la rehabilitación de los sistemas lagunares. En este sentido, se cuentan con mecanismos de participación pública que están vinculados a la generación de

instrumentos de planeación que permiten, a través de un proceso, la aprobación e implementación de estrategias de manejo.

Formalmente, dentro de la legislación ambiental vigente, existen dos instrumentos de planeación que permitiría la implementación de las estrategias de manejo planteadas. Por un lado, existe el instrumento de ordenamiento ecológico, el cual pretende maximizar el consenso entre los actores involucrados en el área de ordenamiento, y disminuir el conflicto entre ellos. Por otro lado, se encuentra el decreto de área natural protegida, que permite mediante una zonificación, la protección de ciertos espacios y el desarrollo de actividades en otros.

Los resultados aquí descritos no pretende especificar cuál instrumento es el más idóneo para el aplicarse a los tres cuerpos lagunares. Sin embargo, la información contenida, puede servir para el diagnóstico y las propuestas de manejo utilizadas o ampliadas para conformar los programas que se establezcan a través de alguno de los dos instrumentos.

Para cada cuerpo lagunar se proponen, las metas, las estrategias y las acciones, así como el papel que debe desempeñar la sociedad en el manejo de los tres cuerpos lagunares

Laguna de Yavaros

Investigación y monitoreo.

Meta

Generar un programa de monitoreo que permita disminuir la contaminación originada por la descarga de aguas urbanas e industriales, así como mantener el potencial de exportación y la susceptibilidad a la eutrofización del cuerpo lagunar, en un nivel moderado.

Acciones

- Gestionar el financiamiento para el programa de investigación, asegurando, como inicio, el apoyo para los próximos 5 años.
- Diseñar e implementar un programa de monitoreo que permita verificar el estado del cuerpo lagunar.

- Diseñar e implementar un programa de monitoreo que permita verificar las variables ambientales clave para registrar los cambios en eutrofización y contaminación química.

Prevención y reducción de la eutrofización y de contaminantes químicos

Metas

Hacer o promover mecanismos efectivos para prevenir la contaminación desde sus fuentes terrestres.

Acciones

- Revisar y acordar en cada consejo de cuenca las acciones pertinentes para prevenir los procesos de contaminación.
- Promover y gestionar la instalación de plantas de tratamientos a la totalidad de las aguas urbanas e industriales.
- Identificar el tipo de contaminantes que se descargan al cuerpo lagunar, así como el grado de toxicidad al ambiental.
- Mantener una evaluación de la contaminación por metales pesados y agroquímicos en distintas especies de moluscos, bivalvos y crustáceos de importancia comercial.

Laguna Santa María - La Reforma

Investigación y monitoreo.

Meta

Generar un programa de monitoreo que permite mantener, el potencial de exportación y la susceptibilidad a la eutrofización del cuerpo lagunar, en un nivel alto, así como los niveles actuales de metales pesados.

Acciones

- Gestionar el financiamiento para el programa de investigación, asegurando, como inicio, el apoyo para los próximos 5 años.
- Diseñar e implementar un programa de monitoreo que permita verificar el estado del cuerpo lagunar.
- Diseñar e implementar un programa de monitoreo que permita verificar las variables ambientales clave para registrar los cambios en eutrofización y contaminación química.

- Implementar un sistema de monitor en aquellas especies de de valor comercial, para conocer la afectación debida a la contaminación de químicos.

Prevención y reducción de la eutrofización y de contaminantes químicos

Metas

Controlar y reducir los aportes de nitrógeno y fósforo inorgánico disuelto provenientes de las actividades agrícolas y camaronícolas, así como la contaminación originada por las aguas residuales urbanas e industriales.

Acciones

- Identificar áreas al interior del cuerpo lagunar, con las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de la actividad pesquera.
- Diseñar e implementar un programa de monitoreo de las variables ambientales clave para el desarrollo de la actividad pesquera.
- Definir y establecer indicadores ambientales de referencia y la utilización de herramientas predictivas.
- Revisar y acordar en cada consejo de cuenca las acciones pertinentes para prevenir los procesos de eutrofización.
- Revisar y acordar en los comités de sanidad acuícola u otras agrupaciones de camaronicultores, las acciones para un uso eficiente del nitrógeno en la camaronicultura.
- Revisar programas existentes y en caso necesario, aplicar nuevos incentivos para reducir en las aguas residuales agrícolas el uso de pesticidas y plaguicidas con potencial tóxico.

Altata – Pabellón

Investigación y monitoreo.

Meta

Generar un programa de monitoreo que permite mantener el potencial de exportación y la susceptibilidad a la eutrofización del cuerpo lagunar, en un nivel alto, así como los niveles actuales de metales pesados.

- Gestionar el financiamiento para el programa de investigación, asegurando, como inicio, el apoyo para los próximos 5 años.

- Diseñar e implementar un programa de monitoreo que permita verificar el estado del cuerpo lagunar
- Diseñar e implementar un programa de monitoreo que permita verificar las variables ambientales clave para registrar los cambios en eutrofización y contaminación química.
- Implementar un sistema de monitor en aquellas especies de valor comercial, para conocer la afectación debida a contaminantes químicos.

Prevención y reducción de la eutrofización y de contaminantes químicos

Metas

Controlar y reducir los aportes de nitrógeno y fósforo inorgánico disuelto provenientes de las actividades agrícolas y camaronícolas, así como la contaminación originada por las aguas residuales urbanas e industriales.

Acciones

- Identificar áreas al interior del cuerpo lagunar, con las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de la actividad pesquera.
- Diseñar e implementar un programa de monitoreo de las variables ambientales clave para el desarrollo de la actividad pesquera.
- Definir y establecer indicadores ambientales de referencia y la utilización de herramientas predictivas.
- Revisar y acordar en cada consejo de cuenca las acciones pertinentes para prevenir los procesos de eutrofización.
- Revisar y acordar en los comités de sanidad acuícola u otras agrupaciones de camaronicultores, las acciones para un uso eficiente del nitrógeno en la camaronicultura.
- Revisar programas existentes y aplicar en caso necesario, nuevos incentivos para reducir en las aguas residuales agrícolas el uso de pesticidas y plaguicidas con potencial tóxico.

8. Conclusiones

Existen oportunidades para implementar un programa de manejo ambiental de lagunas costeras en el Golfo de California, a través del Comité del Programa de Ordenamiento Ecológico marino del Golfo de California y sería uno de las primeras aportaciones del OEMGC en su fase de implementación, donde

diferentes sectores pueden revertir procesos de pérdida de servicios ecosistémicos de lagunas costeras.

Se aportan fundamentos metodológicos para elaborar diagnósticos socio-ambientales en lagunas costeras de México, mediante el uso del Índice de Desarrollo Humano y la aplicación del modelo LOICZ y del modelo de evaluación de la eutrofización ASSETS.

En las lagunas costeras Yavaros, Santa María – La Reforma y Altata – Pabellón, los resultados del diagnóstico socio-ambiental mostraron valores altos del Índice de Desarrollo Humano en los municipios adyacentes a las lagunas costeras y el modelo ASSETS mostró problemas de eutrofización con condiciones ambientales caracterizadas como “pobres”. Sin embargo, se requiere mayor cantidad de información en la escala temporal (al menos un ciclo anual) acerca de las variables ambientales utilizadas para dar mayor consistencia a la evaluación del estado de eutrofización.

Con esta aproximación al problema, se proponen las siguientes metas como inició de un programa de manejo de las lagunas costeras del Golfo de California:

- Generar mayor conocimiento acerca de la condición y tendencia de la eutrofización y contaminación química.
- Hacer o promover mecanismos efectivos para prevenir la contaminación desde sus fuentes.
- Controlar y reducir los aportes de nitrógeno y fósforo inorgánico disuelto desde la agricultura, camaronicultura, así como desde las aguas residuales urbanas e industriales.
- Hacer o promover mecanismos efectivos para prevenir la contaminación desde sus fuentes.
- Conocer la manifestación de problemas toxicológicos en las lagunas costeras.

9. Literatura citada

- Alongi, D. M. 1998. **Coastal Ecosystem Processes**. CRC Press, Boca raton, Florida, USA, 419 pp.
- Arreola-Lizárraga, J. A., Padilla-Arredondo, G. & Ortega-Rubio A. 2004. Experiencias de manejo en la zona costera del Pacífico: la bahía de Guaymas, un caso específico. In: E. Rivera-Arriaga, G. J. Villalobos, I. Azuz Adeath, F. Rosado May (Eds.). **El Manejo Costero en México**. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. pp. 375 - 386.
- Baodong, W. 2007. Assessment of trophic status in Changjiang (Yangtse) River. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, 25 (3): 261-269.
- Botello-Ruvalcaba, M. A. 1999. Physical, chemical, biological and management aspects of coastal ecosystems facing eutrophication: The Guaymas Bay, Sonora, México. **Ph. D. Thesis, Hull University**, England, 256 pp.
- Bricker, S. B., J. G. Ferreira y T. Simas. 2003. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. **Ecological Modelling**, 169: 39 - 60.
- Burbridge, P., R. W. Buddemeier, M. Le Tissier y R. Costanza. 2005. Synthesis of main findings and conclusions. En: C. J. Crossland, H. H. Kremer, H. J. Lindeboom, J. I. Marshall-Crossland y M. D. A. Le Tissier (eds.). **Coastal Fluxes in the Antropocene: The Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Project of the International Geosphere-Biosphere Programme**. Spriger-Verlag, Berlin, Germany, pp. 201-217.
- Chubarenko, B., V. G. Kountistonsky, R. Neves y G. Umgiesser. 2005. Modeling concepts. En: Göneç, E.I. y J.P. Wolfen. **Costal Lagoons: Ecosystem processes and Modeling for Sustainable Use and Development**. CRC Press. 500 p.
- Cloern, J. E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series*, 210:223-253.
- CONABIO. 2006. **Capital natural y bienestar social**. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 71 p.

- Conteras-Espinosa, 1993. Ecosistemas costeros Mexicanos. **Universidad Autónoma Metropolitana**. Unidad Iztapalapa, México, D. F., 415 pp.
- Day, J.W., Ch.A.S. Hall, W.M. Kemp y A. Yañez-Arancibia. 1989. **Estuarine Ecology**. John Wiley & Sons, New York, 558 pp.
- Dworak, J.A. 2005. Modulación de mareas someras en regimenes tipo mixto. **Tesis Doctoral, CIBNOR, S.C.** La Paz, B.C.S. 98 p.
- Elliot, M. y D.N. de Jonge. 2002. The management of nutrients and potential eutrophication in estuaries and others restricted water bodies. **Hydrobiologia**, 475/476:513-524.
- Ferreira, J. G. S. B. Bricker y T. Castro Simas. 2007. Application and sensitive testing of a eutrophication assessment method on coastal system in the United States and European Union. **Journal of environmental management**, 82: 433-445.
- FDA 2003. Guide for the control of molluscan shellfish. Chapter II. Growing areas. U.S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Washington, DC.
- Filloux, J. H. 1973. Tidal patterns and energy balance in the Gulf of California. **Nature**, 243 (4): 217-221.
- Jorgensen, S.E., R. Costanza y X. Fu-Liu. 2005. **Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health**. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Karydis M. 1996. Quantitative assessment of eutrophication: a scoring system for characterizing water quality in coastal marine ecosystems. **Environmental Monitoring and Assessment**, 41: 233-246.
- Kennish, M. J. 2000. **Estuary restoration and maintenance**. The National Estuary Program. CRC Press, Boca Raton, Florida, 359 pp.
- Kjerfve, B. (Ed.) 1994. Coastal Lagoons Processes. **Elsevier Science Publ. Amsterdam. Oceanography Series 60**, 577 pp.
- Kjerfve, B. y K.E. Magill 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. **Marine Geology**, 88 : 187-199.
- Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. pp 182-215. In : M. Wiley (Ed.) **Estuarine Processes**. Academic Press Inc, New York, 428 pp.
- Lillebo, A. I., H. Teixeira, M. A. Pardal, J. C. Marques. 2007. Applyng quality status criteria to atemeperate estuary before and after the mitigation

- measures to reduce eutrophication symptoms. **Estuarine and Coastal and Shelf Science**, 72: 177 – 187.
- López-Calva, L. F., L. Rodríguez-Chamussy y M. Székely. 2004. Medición del Desarrollo Humano en México: Introducción. **Estudios sobre Desarrollo humano PNUD-México**, No. 2003-6, 29 pp.
- Margalef, R., 1969. Comunidades planctónicas en lagunas litorales. En: Ayala-Castañares, A. y F. B. Plegjer (eds.). **Lagunas Costeras Un Simposio**. Mem. Simposio Internacional de Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, 28-30 de noviembre, México, d. F. pp. 545-563.
- McLusky, D. S. y M. Elliot. 2004. **The Estuarine Ecosystem: ecology, threats and management**. Third Edition, Oxford University Press, New York, 214 p
- Mendoza-Salgado, R. A. 2004. Función que describe un proceso ambiental costero para ser usado en el estudio de integridad ecológica de ecosistemas. **Tesis de doctorado Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.**, La Paz, BCS, 93 p.
- Montaño-Ley, Y., F. Páez-Osuna y R. Pérez-Vizcarra. 2000. Suspended and bed load sediment transport through a coastal lagoon entrance in Mazatlán, Sinaloa, México. **Rev. Int. Contam. Ambient.** 16(1): 27-36.
- Morant, P. y N. Quinn. 1999. Influence of man and management of South African estuaries. En: B. R. Allanson y D. Baird (eds.), **Estuaries of South Africa**. pp. 289-320.
- Nixon S. W. 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. **Ophelia**, 41: 199-219.
- OECD. 1993. Core set of indicators for environmental performance reviews. Environmental monographs No. 83, Paris, **Synthesis Report OECD/GD (93)**: 179 p.
- Páez-Osuna, F., Guerrero-Galván, A.C. Ruiz-Fernández. 1999 Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal Waters of the Gulf of California. **Marine Pollution Bulletin**, 38: 585-592.
- Páez-Osuna, F., Ramírez-Reséndiz, G., Ruiz-Fernández, A. y Soto-Jiménez, M. 2007. La contaminación por Nitrógeno y fósforo en Sinaloa: Flujos, fuentes, efectos y opciones de manejo. En: F. Páez-Osuna. (ed.) Serie 2, **Lagunas costeras de Sinaloa**. SEMARNAT-CONACYT. 304 pp.
- PNUD, 2008. **Índice de Desarrollo Humano Municipal en México 2000-2005**. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo en México, México, D. F., 38 p.
- Richardson, K. y B. B. Jorgensen. 1996. Eutrophication: Definition, history and effects. En: B. B. Jorgensen y K. Richardson (eds.), **Eutrophication in**

Coastal Marine Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies, American Geophysical Union. pp. 1-19:

SEMARNAT, 2007. Estrategia Nacional para el ordenamiento ecológico del territorio en mares y costas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., 28 p.

Tewilliger K. y P. Wolflin. 2005. Decision making for sustainable use and development. En: I. E. Gönenc y J. P. Wolflin (eds.), **Coastal lagoons: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development.** CRC Press, London, pp. 331-370.

Valenzuela-Siu M, J. A Arreola-Lizárraga, S. Sánchez-Carrillo y G. Padilla-Arredondo. 2007. Flujos de nutrientes y metabolismo neto de la laguna costera Lobos, México. **Hidrobiológica**, 17 (3): 193-208.

Vollenweider RA. 1992. Coastal marine eutrophication: principles and control. En: R.A. Vollenweider, R. Marchetti y R.Viviani (eds). **Marine Coastal Eutrophication.** Proceedings of an International Conference, Bologna, Italy, p. 1-20.

Vollenweider, R.A., F. Giovanardi, G. Montanari y A. Rinaldi. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. **Envirometrics**, 9:329-357.

Wolfe, D.A., M.A. Champ, D.A. Flemer y A.J. Mearns. 1987. Long-term biological data sets: their role in research, monitoring, and management of estuarine and coastal marine systems. **Estuaries**, 10(3):181-193.

Anexos

1. Formato de base de datos (digital)
2. Informe técnico de fitoplancton

INFORME TÉCNICO DE FITOPLANCTON

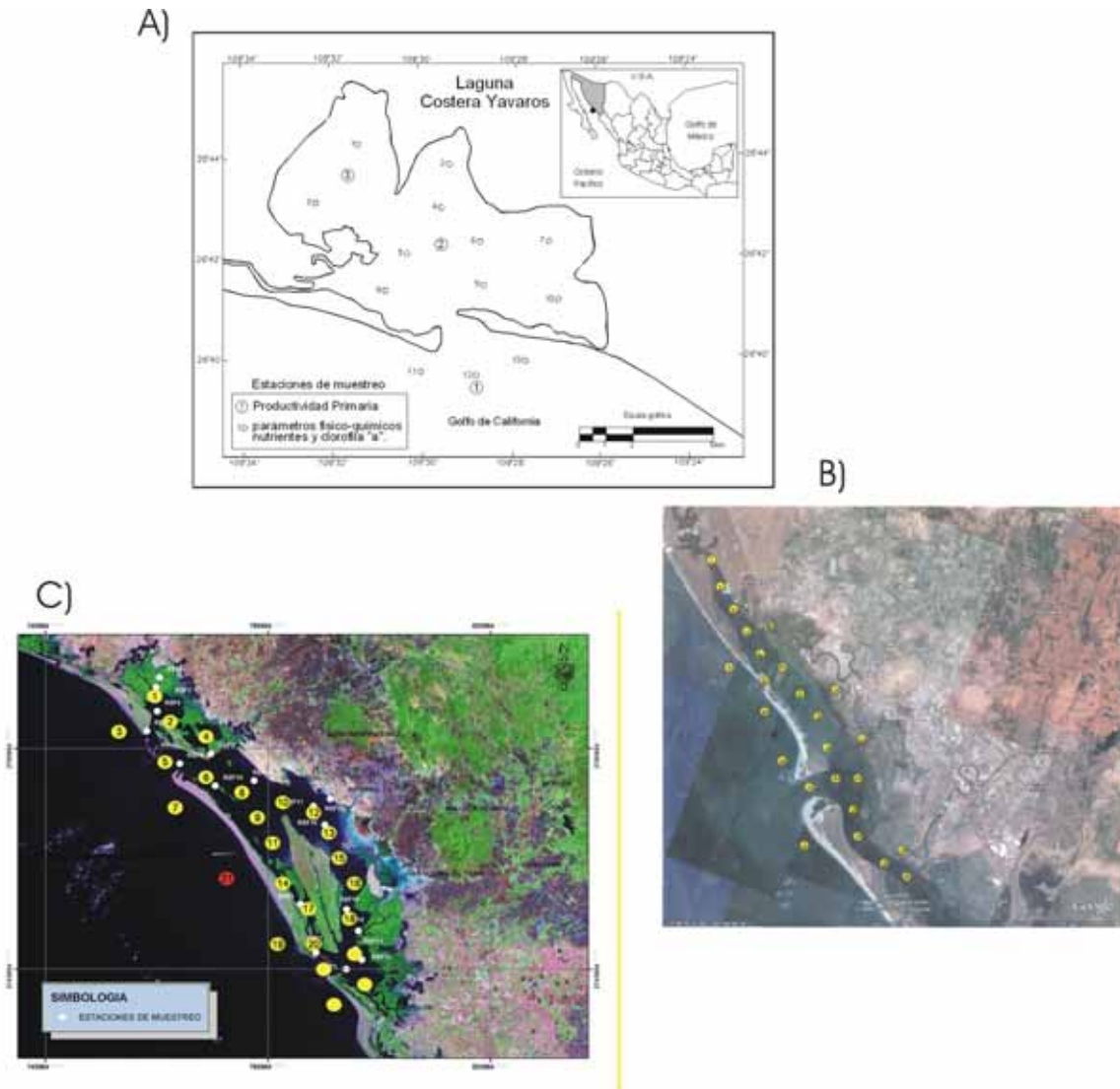
MATERIALES Y MÉTODOS

El fitoplancton se colectó en las bahías Yavaros, Son., Altata, Sin., y Reforma, Sin. (Figura 1). Los muestreos se realizaron de septiembre-octubre del 2008. Para los análisis cuantitativos y cualitativos se colectaron a nivel superficial muestras de agua de mar con una botella Van Dorn y se realizaron arrastres con red para fitoplancton (20 μ m). Las muestras colectadas con botella se fijaron con solución de lugol y las de red con formol al 4%. Ambos tipos de muestras se almacenaron en botellas de plástico y se mantuvieron protegidas de la luz hasta su análisis.

De acuerdo a la técnica Utermöhl (Hasle 1978), el recuento y determinación taxonómica del microfitoplancton se realizó después de 24 horas de haberse puesto a sedimentar 10 mL de la muestra en una cubeta de sedimentación. Con un microscopio invertido (40x/0.65) se rastreó el 50% del fondo de una cubeta, al tiempo que se realizaba el recuento e identificación preliminar de la fracción microfitoplanctónica. El nanofitoplancton únicamente fue analizado cuantitativamente.

Para confirmar las determinaciones taxonómicas y obtener fotografías de las especies más representativas, se utilizó el microscopio de contraste de fases Olympus a 10x/0.25, 40x/0.65 y 100x/1.25 (modelo BX41TF, Olympus), equipado con un conmutador de aumentos de dos posiciones (modelo U-ECA, Olympus), y el sistema de análisis de imágenes integrado por una cámara digital CoolSNAP-Pro *cf* y el software Image-Pro Plus 4.1.

Las muestras de red fueron revisadas con el fin de confirmar las determinaciones taxonómicas, principalmente las del grupo de las diatomeas. Para la determinación taxonómica del fitoplancton se utilizó un amplio compendio de claves de identificación de fitoplancton, solo se citan algunos ejemplos: Cupp (1943), Taylor (1976), Bürgi



(1979), Dodge (1982), Sundström (1986), Licea *et al.* (1995), Hasle y Syvertsen (1996), Moreno *et al.* (1996), Nezan (1996), Steidinger y Tangen (1996), Witkowski *et al.* (2000) y Siquerios-Beltrones (2002).

Figura 1. Localización de las estaciones de colecta de fitoplancton en: A) Bahía Yavaros, Son.; B) Bahía Altata, Sin.; y C) Bahía Reforma, Sin.

Los resultados se organizaron en matrices, gráficos, láminas fotográficas y tablas para definir, representar o estimar:

- a) La variación espacial en la abundancia de la fracción nanofitoplanctónica y microfitoplanctónica en cada área de muestreo.
- b) La variación espacial en la abundancia de los diferentes grupos fitoplactónicos de cada área de muestreo.
- c) El Índice de diversidad Shannon-Wiener, $H' = - \sum p_i \ln p_i$. Para las estimaciones del índice solo se tomo en cuenta a la fracción microfitoplanctónica.
- d) Integrar un listado del elenco sistemático, en cada área de estudio.
- e) Mostrar a las especies abundantes y dominantes.

RESULTADOS

El análisis integral, para las tres áreas de muestreo indica que el microfitoplancton es el grupo representativo de la mayoría de las estaciones (figura 2). Registrándose abundancias máximas de 1 millón de céls. L⁻¹ (Reforma, estación 18) a 3 millones céls. L⁻¹ (Yavaros y Altata, estación 8.).

En Yavaros y Reforma el índice de diversidad vario entre 2.12 y 5.22, y 2.11 y 4.86, respectivamente; siendo las diatomeas planctónicas las más representativas en términos de número de especies y de su abundancia. En Altata vario entre 2.67 y 4.40, sin embargo en este caso las diatomeas bentónicas fueron las más representativas en términos del número de especies (Tabla 1).

Tabla 1. Índice de diversidad Shannon-Wiener de la fracción microfitoplanctónica en las bahías de Yavaros, Altata y Reforma.

Área	Estación	Número de especies	Índice de diversidad
YAVAROS	1	46	4.09
	2	32	2.73
	3	45	3.51
	4	42	3.44
	5	50	3.75
	6	60	4.65
	7	33	2.74
	8	32	2.12
	9	46	3.58
	10	31	2.42
	11	65	4.91
	12	64	4.79
	13	68	5.22

ALTATA	1	36	3.58
	2	39	3.40
	3	37	3.00
	4	45	3.58
	5	51	4.34
	6	44	3.40
	7	48	3.98
	8	53	3.52
	9	45	3.64
	10	49	3.76
	11	48	3.79
	12	51	4.40
	13	34	2.67
	14	38	2.98
	15	46	3.60
REFORMA	1	51	4.16
	3	46	3.88
	4	50	3.96
	5	65	4.86
	6	52	4.07
	8	34	2.70
	9	34	2.48
	10	28	2.12
	11	37	2.83
	12	32	2.36
	14	27	2.11
	16	41	3.07

	18	56	4.01
	20	49	3.77
	21	36	2.98

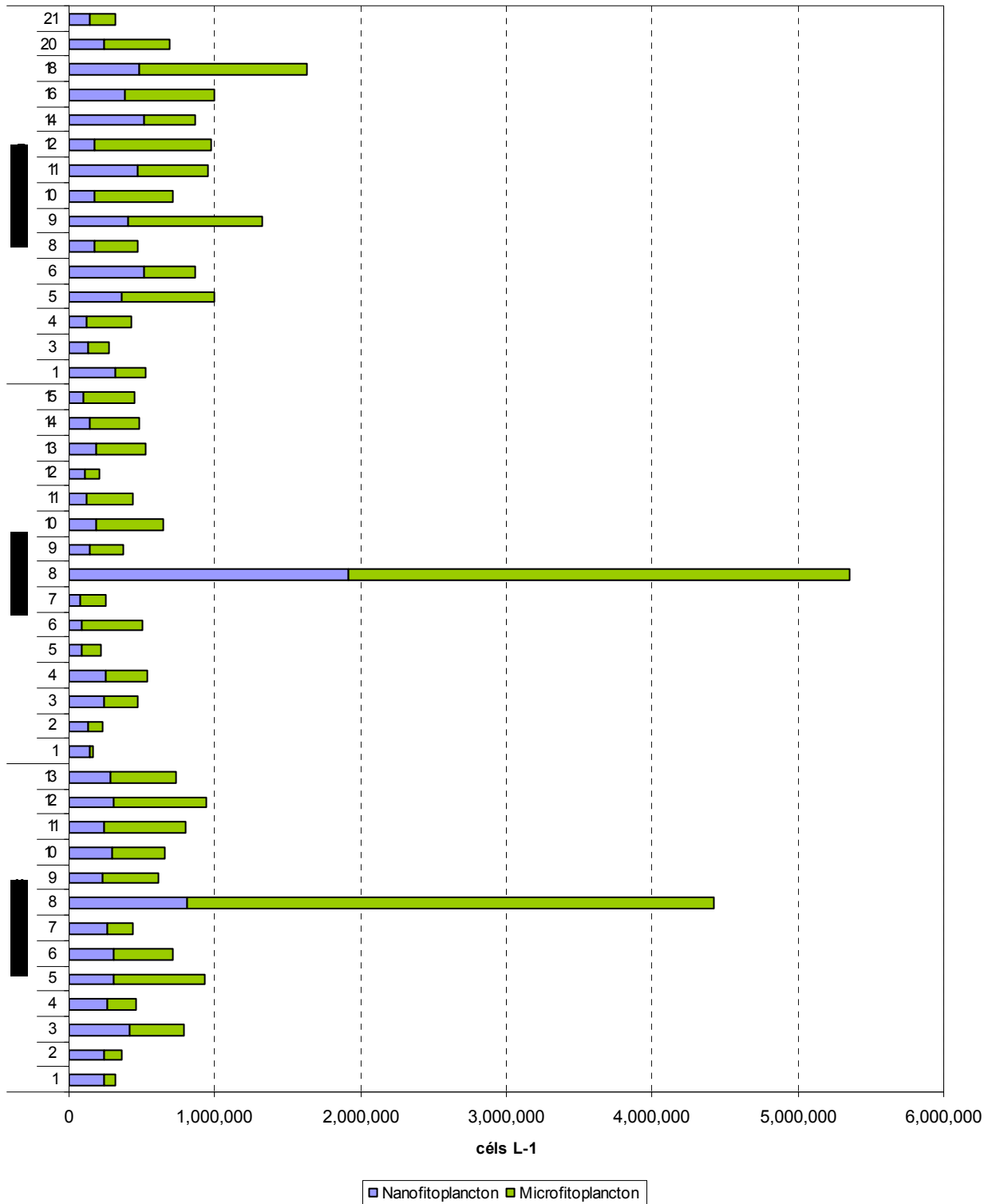


Figura 2. Variación espacial de la abundancia del microfitoplancton en las bahías de Yavaros, Altata y Reforma.

La estructura de la comunidad microfitoroplánctónica de Bahía Yavaros estuvo integrada en orden de importancia por diatomeas (82 especies), dinoflagelados (24 especies), cianofitas (13), clorofitas (13 especies), silicoflagelados (1 especie) y criptofitas (1 especie). La abundancia de cada uno de estos grupos se resume en la tabla 2. Se detectaron florecimientos de *Skeletonema costatum* (3'114,000 céls. L⁻¹, estación 8) y de *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense* (40,000-107,000 céls.L⁻¹). El silicoflagelado *Dyctiocha* sp. se presentó con abundancias inapreciables (100 céls. L⁻¹) en la estación 11.

Tabla 2. Abundancia (céls. L⁻¹) de los grupos del microfitoropláncton en Bahía Yavaros, Son.

Estación	Diatomeas planctónicas	Diatomeas Bentónicas	Dinoflagelados	Cianofitas	Clorofitas	Criptofitas	Ciliados
1	38,100	2,900	31,100	3,500		200	800
2	63,700	1,000	51,800	4,800		400	
3	341,900	4,600	12,800	9,000			2,000
4	160,600	1,800	36,200	2,000	1,000	600	1,000
5	577,300	3,200	33,200	1,900		600	800
6	368,400	24,400	9,700	2,400	1,000	200	400
7	101,200	2,800	64,200	1,000	1,000	1,000	
8	3,188,000	10,000	127,000	163,000	126,000	2,000	
9	294,200	9,800	79,000	2,200	400	400	200
10	107,800	10,400	220,200	21,600	800	800	
11	402,400	7,400	131,600	6,800	6,400	800	200
12	563,600	8,600	21,000	16,000	25,400	200	1,000
13	424,200	6,000	13,400	1,600	2,400	200	800

La tabla 3 integra los valores de la abundancia por grupo para Bahía Altata. La estructura de la comunidad microfitoplanctónica estuvo integrada en orden de importancia por diatomeas (122 especies), dinoflagelados (26 especies), cianofitas (5), clorofitas (2 especies), silicoflagelados (1 especie) y criptofitas (1 especie). *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense* (estaciones 7 y 10) y *Dyctiocha* sp. (estaciones 3, 7, 9, y 11) se presentaron con abundancias inferiores a 200 céls. L⁻¹.

Tabla 3. Abundancia (céls. L⁻¹) de los grupos del microfitoplancton en Bahía Altata, Son.

Estación	Diatomeas bentónicas	Diatomeas planctónicas	Dinoflagelados	Cianofitas	Clorofitas	Criptofitas	Ciliados
1	11,200	7,400	2,800	600		600	400
2	4,800	80,700	6,100	1,600	600	200	400
3	1,800	194,200	27,500	2,000		1,400	3,400
4	5,200	244,400	29,800	1,400	4,000	1,400	600
5	11,600	107,900	4,100	1,400	1,200	600	200
6	3,400	290,700	11,200	600	2,800	2,400	200
7	6,600	162,200	3,300	400	400	600	
8	49,000	3,242,000	108,000	10,000	14,000	12,000	4,000
9	3,400	215,000	12,100	1,000	2,200	1,400	
10	12,500	434,200	4,500		800	1,600	
11	3,800	297,000	12,200	1,000	3,000	800	200
12	9,600	92,400	4,100	400	600	200	200
13	1,400	338,600	4,300	200	1,000	100	
14	2,800	332,000	8,000		1,600	400	
15	3,500	342,300	1,600		400		400

En la estación 8 se registro un florecimiento multiespecífico con la asociación de las especies *Nitzschia longissima* (1,482,000 céls. L⁻¹), *Thalassionema nitzschioides*

(942,000 céls. L⁻¹), *Chaetoceros* cf. *thronsenii* (284,000 céls. L⁻¹) y *Leptocylindrus minimus* (250,000 céls. L⁻¹).

En Bahía Reforma la estructura de la comunidad microfitoplanctónica se integro en orden de importancia por diatomeas (92 especies), dinoflagelados (25 especies), cianofitas (4), clorofitas (2 especies), silicoflagelados (1 especie) y criptofitas (1 especie). En la tabla 4 se integran los valores de abundancia de cada grupo. *Dyctiocha* sp. (estaciones 5, 6, 20 y 21) se presento con abundancias inferiores a 800 céls. L⁻¹.

En la estación 18 se registro un florecimiento multiespecífico con la asociación de las especies *Skeletonema costatum* (337,600 céls. L⁻¹), *Chaetoceros* sp02, (263,200 céls. L⁻¹), *Thalassionema nitzschioides* (257,600 céls. L⁻¹) y *Nitzschia longissima* (132,000 céls. L⁻¹). La abundancia de *P. bahamense* var. *bahamense* vario entre 200-800 céls. L⁻¹ (estaciones 14, 16 y 18).

Tabla 4. Abundancia (céls. L⁻¹) de los grupos del microfitoplancton en Bahía Reforma, Sin.

Estación	Diatomeas Bentónicas	Diatomeas Planctónicas	Dinoflagelados	Cianofitas	Clorofitas	Criptofitas	Ciliados
1	181,100	5,200	17,300	1,000	5,200	200	
3	118,200	5,800	9,500	4,600	800		600
4	283,900	6,200	7,600	5,800	1,400	800	
5	497,600	113,800	10,000	9,600	6,800	800	1,600
6	293,600	7,600	40,800	8,200	2,400	800	800
8	252,400	6,200	6,200	25,200	800		400
9	899,200	2,400	13,200	7,600	1,200		400
10	509,600	3,200	4,400	14,000	2,400	1,600	400
11	453,200	13,800	9,600	2,000		400	1,600
12	760,200	3,600	15,200	13,600	1,200	800	
14	334,000	7,200	6,600	1,600			1,200
16	575,000	3,000	17,400	800	8,400	800	12,800

18	1,120,000	4,600	15,400	800	10,800	400	2,000
20	413,600	6,800	12,200	6,800	1,600	2,000	
21	166,600	1,000	2,800		800	800	1,200

El total de taxa identificados se integra en el anexo 1. El análisis integral de las tres áreas de muestreo permitió definir que el grupo de especies dominantes esta integrador por: *Chaetoceros cf thronsenii*, *Guinardia delicatula*, *Leptocylindrus minimus*, *Lithodesmium undulatum*, *Nitzschia longissima*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum minimum*, *Pyrodinium bahamense var. bahamense*, *Rhizosolenia setigera*, *Thalassionema nitzschioides*. Algunas de estas especies se muestran en las láminas fotográficas incluidas en el anexo 2.

Las especies del microfitoplancton que contribuyeron con los mayores porcentajes a la abundancia total fueron: *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros cf thronsenii*, *Corethron hystrix*, *Cylindrotheca closterium*, *Guinardia delicatula*, *Leptocylindrus minimus*, *Nitzschia longissima*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum minimum*, *Pyrodinium bahamense var. bahamense*, *Rhizosolenia setigera*, *Scenedesmus comunis.*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La variación en la composición y la abundancia de la comunidad de fitoplancton en las tres zonas de estudio presentan cambios espaciales notorios, manifestando características estructurales propias de cada área. Sin embargo, el esquema general de la sucesión del fitoplancton muestra las características típicas de las zonas costeras subtropicales. La composición del fitoplancton marino en las bahías Yavaros, Altata y Reforma es comparable a la reportada en otros trabajos realizados en las costas de Sonora y Sinaloa (ej. Licea-Durán 1974; Santoyo-Reyes 1972, Martínez-López *et al.*, 2007). En el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste la comunidad microfitoplactónica predominó y su presencia estuvo asociada al mayor aporte de agua de los drenes resultado de las actividades agrícolas y municipales durante septiembre de 1998 (Martínez-López *et al.*, 2007).

Las diatomeas, representadas principalmente por formas planctónicas son dominantes en la bahías de Yavaros y Reforma, mientras que en Altata las formas bentónicas fueron las predominantes. Esto sugiere que las diatomeas bentónicas pueden jugar un papel importante en este sistema. Siqueiros-Beltrones (2002) atribuye a la microflora bentónica gran parte de la producción primaria en los sistemas litorales.

La revisión de la literatura reciente permite establecer que cada vez son más los géneros de diatomeas que han sido relacionados a eventos nocivos en diferentes áreas del Pacífico Mexicano. Taxa de los géneros *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, *Thalassiosira*, *Cerataulina*, *Leptocylindrus*, *Skeletonema*, *Asterionellopsis*, *Amphora* y *Pseudo-nitzschia* se han reportado como responsables de floraciones que afectan al ecosistema marino. Es importante destacar que el género *Pseudo-nitzschia* puede representar una fuente potencial de producción de toxinas amnésicas y causar severos problemas de salud humana y ambiental, y afectar significativamente actividades económicas como la acuicultura, la pesca y el turismo en el Golfo de California. Diez especies de este género son reconocidas como tóxicas y en el Golfo de California la mortalidad de fauna marina (peces, pelícanos, delfines y lobos) ha sido relacionada a florecimientos de *P. fraudulenta*, *P. pungens* y *P. pseudodelicatissima* (Ochoa *et al.* 1997, Sierra-Beltrán *et al.* 1997, Sierra-Beltrán *et al.* 2005, Gárate-Lizárraga *et al.* 2006). En las tres áreas de estudio se registraron abundancias significativas, por lo que se recomienda estudiar de una forma interdisciplinaria a estas especies, debiendo contemplar al menos: a) la determinación taxonómica a nivel especie y comprobar su toxicidad, b) la variación estacional y la influencia de variables ambientales e hidrológicas, y c) la presencia de toxinas amnésicas en moluscos de importancia comercial.

Dentro del grupo de los dinoflagelados las especies nocivas registradas en las tres zonas de muestreo fueron *Dynophysis caudata*, *Prorocentrum minimum* y *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense* las cuales producen toxinas diarreicas y paralizantes. Estas especies han sido registradas para las costas de Sonora, Sinaloa y Baja California Sur (Cortés–Altamirano, *et al.*, 1995; 1996; 2006; Manrique y Molina 1997; Ochoa *et al.*, 2002; Martínez-López *et al.*, 2007; Morquecho 2008). Es importante destacar la presencia de *P. bahamense* var. *bahamense* en Yavaros, Son., debido a que los valores de abundancia superan significativamente los registros recientemente publicados por Martínez-López *et al.* (2007) y Morquecho (2008) para el Golfo de

California. Aunado a esto se ha comprobado que cepas de esta variedad, aisladas de los litorales de Florida producen toxinas paralizantes (Landsberg et al. 2006).

No se puede dejar de lado los géneros *Alexandrium*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cochlodinium*, *Gymnodinium* y *Microcystis* ya que algunos de sus taxa también producen toxinas paralizantes, neurotóxicas e ictiotóxicas, por lo que es importante realizar estudios taxonómicos y toxicológicos para definir que especies representan un riesgo potencial en estos litorales.

La presencia de cianobacterias revela la influencia de actividad antropogénica y cierto grado de eutrofización por drenes provenientes de la agricultura y actividades acuícolas (Martínez-López *et al.*, 2007), que pueden estimular el desarrollo de estos organismos. Considerando la escala indicadora del impacto antropogénico (polución) propuesta por Hendey (1997) y que se estableció a partir de la estimación de los índices de diversidad de Shannon y Wiener (H'), los resultados de este trabajo indican que en las tres áreas de estudio se presenta condiciones de polución moderada a incipiente.

El protozooario *Myrionecta rubra* desarrolla florecimientos que están asociados con altas concentraciones de aloxantina, pigmento característico de criptofitas (López-Cortéz *et al.* 2008). En las tres zonas de muestreo coincidió la presencia de Criptofitas y *M. rubra* lo cual sugiere una asociación entre éstos.

CONSIDERACIONES

Para caracterizar al fitoplancton en términos de composición de especies, abundancia, dinámica y estructura trófica en ambientes costeros se debe de considerar lo siguiente:

- Realizar estudios taxonómicos para identificar a nivel de especie el mayor número de los taxa.
- Realizar un análisis integral entre las variables físicas, químicas y biológicas.
- Considerar el establecimiento de un monitoreo permanente del fitoplancton para obtener información sobre los flujos de energía y patrones de distribución, así como alternativas de manejo. En virtud de que en este estudio se registraron géneros de cianobacterias, diatomeas y dinoflagelados con taxas potencialmente tóxicos o nocivos.

REFERENCIAS

- Bürgi, H.R. 1979. Plankton: Limnologische Bildtafeln. Die wichtigsten Vertreter des Süßwasser- Phytoplanktons schweizerscher Seen. Eidgenössische Technische Hochschulen.
- Cortés-Altamirano, R., Hernández-Becerril, D.U., y Luna-Soria, R. 1995. Mareas Rojas en México: Una Revisión. *Rev. Latinoam. Microbiol.*, 37, pp. 343-352.
- Cortés-Altamirano, R., Hernández-Becerril, D.U., y Luna-Soria, R. 1996. Red Tides in México: A Review. *In* Yasumoto, T., Oshima, Y., Fukuyo, T. (Eds.) *Harmful and Toxic Algal Blooms*. IOC-UNESCO, pp. 101-104.
- Cortés-Altamirano, R., Sierra, A., y Barraza-Guardado, R. 2006. Mortandad de peces debido a microalgas nocivas y toxicas: Cinco casos de marea roja en la costa continental del Golfo de California (2003-2004). pp. 79-90. *En* S Salas, M.A. Cabrera, J. Ramos, D. Flores y J. Sánchez (eds). *Memorias Primera Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones*. Mérida, Yucatán, México. Octubre 4-8, 2004.
- Cupp, E. (ed) 1943. *Marine Plankton diatoms of the west coast of North America*. Berkeley and Los Angeles. University of California. pp. 419.
- Dodge, J.D. (ed.) (1982) *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. HMSO, London.
- Hasle G.R. y E.E. Syversten 1996. Marine Diatoms. *En*: (C. Tomas, ed) *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, USA. pp. 5-385.
- Hasle, G.R. 1978. The inverted microscope method (Chaper 7.3). *En*: (A., Sournia ed.) *Phytoplankton Manual*, UNESCO, Paris. pp. 88-96.
- Hasle, G.R. y G.A. Fryxell. 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Transactions of the American Microscopical Society* 89:469-474
- Landsberg, J.H., Sherwood, H., Johannessen, J.N., White, K.D., Conrad, S.M., Abbott, J.P., Flewelling, L.J., Richardson, R.W., Dickey, R.W., Jester, E.L.E., Etheridge, S.M., Deeds, J.R., Van Dolah, F.M., Leighfield, T.A., Zou, Y., Beaudry, C.G., Benner, R.A., Rogers, P.L., Scott, P.S., Kawabata, K., Wolny, J.L., y Steidinger, K.A., 2006. Saxitoxin puffer fish poisoning in the United States, with the first report of *Pyrodinium bahamense* as the putative toxin source. *Environ. Health Persp.* 114, 1502–1507.

- Licea, S., Moreno, J.L., Santoyo, H. y Figueroa, G. 1995. *Dinoflageladas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., Mexico. pp. 165.
- Licea-Duran, S. 1974. Sistemática y distribución de diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Son./Sin., México. An. Centro Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM. 1 (1):99-156.
- López-Cortés, D. J., I. Gárate-Lizárraga, J.J. Bustillos-Guzmán y F. Hernández-Sandoval. 2008. Blooms of *Myrionecta rubra* in Bahía de La Paz, Gulf of California, during early summer of 2005. CICIMAR Océánides, 23 (1,2): 1-10.
- Manrique, F.A. y R.E. Molina 1997. Presencia de mareas rojas en Bahía Bacochibambo, Guaymas, Sonora, México. Hidrobiológica. 7:81-84
- Martínez-López A., D. Escobedo-Urias, A. Reyes-Salinas y M.T. Hernández-Real. 2007. Phytoplankton response to nutrient runoff in a large lagoon system in the Gula of California. Hidrobiológica 17(2): 101-112.
- Martínez-López, A., Ulloa-Pérez E. y Escobedo-Urias D. 2007. First record of vegetative cells of *Pyrodinium bahamense* (Gonyalucleales: Goniodomataceae) in the Gulf of California. Pacific Science 61.
- Moreno, J.L., S. Licea. y H. Santoyo.1996. *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. pp.273.
- Morquecho, L. 2008. Morphology of *Pyrodinium bahamense* Plate (Dinoflagellata) near Isla San José, Gulf of California, Mexico. Harmful Algae 7: 664-670.
- Nezan, E. 1996. Surveillance du phytoplancton marin: manuel illustré adapté a la formation des analystes. IFREMER. pp. 78.
- Ochoa JL, Hernández B, Lluch CS, Arredondo VB, Núñez VE, Heredia TA, Pérez LJ y Alonso RR (2002) Marine biotoxins and harmful algal blooms in Mexico's Pacific litoral. Harmful Algal Blooms in the PICES region of the North Pacific. *PICES Sci. Rep.*, 23:119-128.
- Ochoa JL, Sanchez PA, Cruz VA, Nunez E y Sierra-Beltrán A (1997) Toxic events in the northwest Pacific coastline of Mexico during 1992-1995 origin and impact. *Hydrobiol.*, 352:195-200.

- Santoyo-Reyes H. 1972. Variación estacional del fitoplancton y la hidrológica en la Laguna Yavaros, Sonora. Tesis de Licenciatura.
- Sierra-Beltrán A, Cortes AR, Gallo RJ, Licea-Duran S y Villareal EJ (2005) Is *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* toxin the principal cause of sardines, dolphins, sea lions and pelicans mortality in 2004 in Mexico? *Harmful Algae News*, 29:6-8.
- Sierra-Beltrán A, Palafox UM, Grajales MJ, Cruz VA, y Ochoa JL (1997) Sea bird mortality at Cabo San Lucas: evidence that domoic acid is spreading. *Toxicon*, 35:447-454.
- Siquerios-Beltrones, D.A. 2002. Diatomeas bentónicas de la península de Baja California; diversidad y potencial ecológico. Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) y Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). pp. 102.
- Steidinger, K.A. y K. Tangen. 1996. Dinoflagellates. *En: (C. Tomas, ed) Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, USA. pp. 387-584.
- Sundström, B.G. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*: A new approach to the taxonomy. Tesis doctoral. Lund University. pp. 117.
- Taylor, F.J.R. 1976. *Dinoflagellates from the international Indian Ocean expedition*. Bibliotheca Botánica. pp. 243.

ANEXO 1

22	<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
23	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo	*		*	*	*			*	*	*		
24	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle +	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
25	<i>Helicotheca thamesis</i> Shrubsole			*		*	*	*	*	*		*	*
26	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow in Van Heurck												*
27	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve												*
28	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
29	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve +			*			*					*	
30	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran	*	*			*							
31	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg •	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
32	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard +	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
33	<i>Probosia alata</i> (Brightwell) Sundström	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
34	<i>Pseudonitzschia</i> sp01	*	*	*	*		*			*	*	*	
35	<i>Pseudonitzschia</i> sp02			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
36	<i>Pseudonitzschia</i> sp03 +					*						*	
37	<i>Pseudonitzschia</i> sp04										*	*	
38	<i>Rhizosolenia cleveii</i> var <i>communis</i> Sundström					*					*	*	*
39	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell												*
40	<i>Rhizosolenia pungens</i> Cleve-Euler	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
41	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell •	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
42	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve +	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*
43	<i>Stephanophyxis turris</i> (Greville) Ralfs in Pritchard +										*		
44	<i>Talassionema</i> sp01					*					*	*	*
45	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
46	<i>Thalassiosira</i> cf <i>lineata</i> Jousé					*							
47	<i>Thalassiosira</i> cf <i>subtilis</i> (Ostenfeld) Gran +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
48	<i>Thalassiosira</i> sp01 +	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	
49	<i>Thalassiosira</i> sp02			*		*	*			*			

50 *Thalassiothrix mediterranea* Pavillard

* * *

DIATOMEAS BENTONICAS

1 *Actinoptychus* sp01

*

2 *Amphora* cf *exigua* Gregory

* *

3 *Amphora* cf *marina* Van Heurck

* *

4 *Amphora* sp01

* * * * * * * * * *

5 *Amphora* sp02

* * * * *

6 *Amphora* sp03 +

* * * * *

7 ***Campylosira cymbelliformis* (A. Schmidt) Grunow ex Van Heurck**

*

8 *Climascophenia* sp01

* *

9 *Cocconeis* sp01

* * * * *

10 *Cyclotella* sp01

* *

11 *Diatomea bentonica* sp01

* *

12 ***Entomoneis alata* Ehrenberg**

* * *

13 *Eunotia* sp01

* * * * * * * * *

14 *Eunotogramma* sp01

*

15 ***Fallacia* cf *numularia* (Greville) D.G. Mann in Round et al**

* * *

16 ***Grammatophora gibberula* Kützing**

* * *

17 ***Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing**

* *

18 *Gyrosigma/Pleurosigma* sp01 +

* * * * * * * * *

19 *Lyrella* sp01

* * *

20 ***Melosira granulata* (Ehr) Ralfs. (Van Heurck)**

*

21 *Melosira* sp01

* * *

22 *Nitzschia* sp01

* * * *

23 *Nitzschia* sp02

* * *

24 ***Nitzschia spathulata* Brébison**

* * * *

25 ***Odontella aurita* (Lyngbye) C.A. Agardh**



*

26	<i>Odontella longicuris</i> (Greville) Hoban	*	*							
27	<i>Odontella mobiliensis</i> (J.W. Bailey) Grunow	*	*		*					*
28	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve		*	*	*	*	*	*	*	*
29	<i>Plagiogramna vanheurckii</i> Grun								*	
30	<i>Pleurosigma</i> sp01			*	*	*				*
31	<i>Synedra</i> sp01				*					
32	<i>Tryblionella punctata</i> Wm. Smith								*	*

DINOFLAGELADOS

1	<i>Alexandrium</i> sp01	*	*		*	*	*			
2	<i>Ceratium cf horridum</i> (Cl.) Gran				*					
3	<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jörgensen				*	*		*	*	
4	<i>Ceratium furca</i> (Ehr.) Claparède et Lanch								*	*
5	<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujardin	*	*	*	*					
6	dinoflagelado desnudo no identificado sp01									*
7	dinoflagelado no identificado sp01 +							*	*	*
8	dinoflagelado no identificado sp02									*
9	<i>Diplopsalis</i> sp01 +		*	*	*	*	*	*	*	*
10	<i>Gymnodinium</i> sp01				*				*	
11	<i>Gyrodinium</i> sp01				*			*		
12	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	*	*	*	*	*		*	*	*
13	<i>Prorocentrum mexicanum</i> Tafall +									*
14	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	*	*	*	*	*			*	*
15	<i>Prorocentrum minimum</i> Schiller ●	*	*	*	*	*	*	*	*	*
16	<i>Protoperidinium cf tuba</i> (Schiller) Balech	*	*	*	*	*		*	*	
17	<i>Protoperidinium conicum</i> (Grand) Balech	*			*					
18	<i>Protoperidinium depesum</i> (Bailey) Balech +	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	*			*			*		*

Tabla 6. Elenco taxonómico del microfitoplancton en Bahía Altata, Sin., durante octubre de 2008.

 Nocivo
  Productora de Marea Roja
 + Abundante
 ● Dominante

Especies del Microfitoplancton	Estación														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DIATOMEAS BENTONICAS															
1 <i>Achnanthes brevipes</i> (Krutzing) Cleve	*														*
2 <i>Achnanthes</i> sp01	*														
3 <i>Actinoptychus aster</i> Brun 1894 in Schmidt et al. 1874-1959 +	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4 <i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	*	*					*	*	*	*					
5 <i>Amphora angusta</i> (Grunow in Schmidt et al) Cleve															*
6 <i>Amphora</i> cf <i>coffaeiformis</i> Agardh		*													
7 <i>Amphora marina</i> Van Heurck	*	*	*		*			*			*	*			
8 <i>Amphora proteus</i> Gregory								*	*			*			
9 <i>Amphora salina</i> W Smith	*														
10 <i>Amphora</i> sp01	*		*												
11 <i>Amphora</i> sp02					*	*								*	
12 <i>Amphora</i> sp03					*					*		*			
13 <i>Anaulus</i> sp01										*	*				
14 <i>Biddulphia dubia</i> (Brightwell) Cleve							*								
15 <i>Biddulphia rhombus</i> (Ehrenberg)										*					
16 <i>Carataulus</i> sp01										*					
17 <i>Cocconeis</i> cf <i>paniformis</i> Brun	*														
18 <i>Cocconeis</i> sp01	*	*	*	*	*							*	*		*
19 <i>Cyclotella</i> sp01	*									*		*	*		
20 <i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow in Cleve y Grunow +		*	*	*		*	*	*	*	*	*				
21 <i>Diploneis</i> cf <i>smithii</i> O. Müller					*	*			*	*				*	*

50	<i>Nitzschia</i> sp03		*	*		*	*						
51	<i>Nitzschia</i> sp04												*
52	<i>Nitzschia</i> sp05												*
53	<i>Nitzschia spathulata</i> Brébison		*										
54	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.A. Agardh			*			*						
55	<i>Odontella mobiliensis</i> (J.W. Bailey) Grunow		*	*		*	*	*	*		*	*	*
56	<i>Odontella</i> sp01						*						
57	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve						*	*	*		*		*
58	<i>Pinnularia cf lundii</i> Hustedt						*						
59	<i>Pinnularia cf subgibba</i> Krammer						*						
60	<i>Pinnularia</i> sp01												*
61	<i>Plagiatropsis</i> sp01		*		*	*	*						*
62	<i>Plagiogramma vanheurckii</i> Grun												*
63	<i>Pleurosigma cf formosum</i> W. Smith								*				
64	<i>Pleurosigma</i> sp01												*
65	<i>Pleurosigma</i> sp02						*						
66	<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compere I								*				
67	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Kützing												*
68	<i>Surirella gemma</i> (Ehrenberg) Kützing												*
69	<i>Tribionella punctata</i> Wm. Smith		*	*		*	*	*					*
70	<i>Triceratium cf dubium</i> Brightwell		*										
71	<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg								*				

DIATOMEAS PLANCTONICAS

1	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) E. F. Round +		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	<i>Asterionellopsis kariana</i> (Grunow) Round												*	
3	<i>Ateromphalus</i> sp01												*	
4	<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Hendey					*						*	*	

33	<i>Lauderia anulata</i> Cleve										*	*	*
34	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve						*			*			*
35	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
36	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg									*			
37	<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) P.C. Silva comb.nov									*		*	*
38	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard + ●	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
39	<i>Porosira</i> sp01												*
40	<i>Pseudonitzschia</i> sp03 +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
41	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell									*		*	
42	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve +					*	*	*	*	*	*	*	*
43	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky + ●	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
44	<i>Thalassiosira cf eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve					*	*	*	*	*	*	*	*
45	<i>Thalassiosira cf oestrupii</i> (Ostenfeld) Hasle	*	*		*	*							
46	<i>Thalassiosira cf subtilis</i> (Ostenfeld) Gran +	*	*		*	*		*	*		*	*	*
47	<i>Thalassiosira lineata</i> Jousé	*						*		*			
48	<i>Thalassiosira</i> sp01 +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
49	<i>Thalassiosira</i> sp02 +	*		*	*	*							*
50	<i>Thalassiosira</i> sp03							*	*				
51	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow			*				*	*				*

DINOFLAGELADOS

1	<i>Alexandrium</i> sp02											*	
2	<i>Ceratium furca</i> (Ehr.) Claparède et Lanch	*	*	*	*	*		*		*			*
3	<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujardin		*		*	*	*	*	*	*		*	*
4	<i>Ceratium tripos var ponticum</i> Jörgensen												*
5	<i>Cochlodinium</i> sp01	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*
6	dinoflagelado desnudo no identificado sp01 +												*
7	dinoflagelado desnudo no identificado sp02							*					

8	dinoflagelado no identificado sp01	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	*	*	*					*	*					*				*	
10	<i>Diplosalis</i> sp01							*					*					*		
11	<i>Gymnodinium</i> sp01																		*	
12	<i>Gyrodinium</i> sp01	*										*		*		*	*			*
13	<i>Gyrodinium</i> sp02			*					*	*	*	*		*		*	*		*	
14	<i>Oxyphysis</i> cf <i>oxitoides</i> Kofoid								*											
15	<i>Prorocentrum</i> cf <i>mexicanum</i> Tafall									*										
16	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	*	*	*		*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
17	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg + ●	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
18	<i>Prorocentrum minimum</i> Schiller +		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19	<i>Protooperidinium</i> cf <i>tuba</i> (Schiller) Balech	*	*					*	*											
20	<i>Protooperidinium</i> sp02	*	*	*	*	*	*	*												
21	<i>Protooperidinium</i> sp03		*	*		*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
22	<i>Protooperidinium</i> sp04	*				*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	
23	<i>Protooperidinium</i> sp05	*																		
24	<i>Pyrodinium bahamense</i> Osorio-Tafall							*	*											
25	<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall et Dale								*										*	*
26	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III	*				*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

CIANOFITAS

1	<i>Anabaena</i> sp01 +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	Cianofita sp01									*										
3	Cianofita sp04	*	*																	
4	<i>Merismopedia</i> sp01	*																		
5	<i>Trichodesmium</i> sp01	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

CLOROFITAS

1 *Euglena sp01* +

* * * * * * * * * * * * * *

2 *Euglena sp02*

* * * *

CRISOFITAS

1 *Ebria tripartita* (Shumann) Lemmermann +

* * * * * * * * * * * * * *

SILICOFLAGELADOS

1 *Dictyocha sp01*

* * * *

CILIADOS

1 *Myrionecta rubra* (Lohmann) Jankowski +

* * * * * * * * * *

Tabla 7. Elenco taxonómico del microfitoplancton en Bahía Reforma, Sin., durante octubre de 2008.

Nocivo
 Productora de Marea Roja
 + Abundante
 ● Dominante

No.	Especies del Microfitoplancton	Estación														
		1	3	4	5	6	8	9	10	11	12	14	16	18	20	21
DIATOMEAS PLANCTONICAS																
1	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) E. F. Round +	*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*
2	<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Hendeby													*		
3	<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder	*	*		*	*								*	*	
4	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder +	*		*	*											*
5	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey	*														
6	<i>Chaetoceros cf frickei</i>						*									*
7	<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder				*											
8	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	*	*		*											*
9	<i>Chaetoceros dydimus</i> Ehrenberg							*								*
10	<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt +	*		*	*	*								*	*	
11	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow				*	*										
12	<i>Chaetoceros lorenzianus var forceps</i> Meunier			*	*				*				*	*	*	*
13	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	*	*		*	*		*		*					*	*
14	<i>Chaetoceros</i> sp02 +	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
15	<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve +		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
16	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier	*			*							*	*	*	*	*
17	<i>Chaetoceros cf thronsenii</i> (Marino, Montresor y Zingone) + ●	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
18	<i>Corethron hystrix</i> Hensen +	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19	<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg										*		*	*		
20	<i>Coscinodiscus cf asteromphalus</i> Ehrenberg				*											
21	<i>Coscinodiscus cf gigas</i> Ehrenberg	*	*	*	*	*	*				*				*	

50	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve +	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	*	*
51	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky + ●	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
52	<i>Thalassiosira cf eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve +	*	*		*	*	*	*		*		*	*	*	*	
53	<i>Thalassiosira cf subtilis</i> (Ostenfeld) Gran +				*	*							*	*		
54	<i>Thalassiosira lineata</i> Jousé				*											
55	<i>Thalassiosira</i> sp01 +	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	
56	<i>Thalassiosira</i> sp02 +	*		*	*	*								*		
57	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow				*	*							*			

DIATOMEAS BENTONICAS

1	<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg +				*			*				*	*	*
2	<i>Actinoptychus</i> sp01	*		*	*	*			*			*	*	
3	<i>Actynocliclus</i> sp01												*	
4	<i>Amphora cf coffaeiformis</i> Agardh								*					
5	<i>Amphora cf marina</i> Van Heurck				*									
6	<i>Amphora salina</i> W Smith												*	
7	<i>Amphora</i> sp02				*								*	
8	<i>Amphora</i> sp03 +			*	*									
9	<i>Anaulus</i> sp01				*									
10	<i>Aulacodiscus</i> sp01				*									
11	<i>Cocconeis</i> sp01	*		*	*	*		*		*				
12	<i>Cyclotella</i> sp01	*	*	*	*	*	*					*	*	
13	<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow <i>in</i> Cleve y Grunow				*	*					*	*		
14	<i>Entomoneis alata</i> Ehrenberg	*	*					*				*	*	
15	<i>Eunatogramma</i> sp01				*									
16	<i>Eunotia</i> sp01			*	*	*	*	*		*	*	*		
17	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing							*		*		*		
18	<i>Gyrosigma cf variistriatum</i> Hagelstein							*						

19	<i>Gyrosigma cf tenuissimum</i> W. Smith.	*									*
20	<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg, 1839) Griffith and Henfrey						*				
21	<i>Gyrosigma/Pleurosigma</i> sp01 +	*	*			*		*			
22	<i>Gyrosigma/Pleurosigma</i> sp02	*	*		*	*	*	*	*	*	*
23	<i>Melosira</i> sp02	*									
24	<i>Navicula</i> sp03			*	*						
25	<i>Nitzschia cf sigma</i> (Kützing) W. Smith					*		*			
26	<i>Nitzschia granulata</i> Grunow in Cleve & Möller			*				*			
27	<i>Nitzschia</i> sp02							*			
28	<i>Nitzschia spathulata</i> Brébison			*							*
29	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.A. Agardh										*
30	<i>Odontella sinensis</i> (Greville) +	*	*	*	*	*	*				*
31	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve		*	*	*			*		*	*
32	<i>Plagiatropsis</i> sp01							*			
33	<i>Pleurosigma</i> sp01			*							
34	<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg					*					
35	<i>Tryblionella punctata</i> Wm. Smith			*							

DINOFLAGELADOS

1	<i>Alexandrium</i> sp01										*	*
2	<i>Ceratium furca</i> (Ehr.) Claparède et Lanch	*	*		*							
3	<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujardin			*	*	*	*				*	*
4	<i>Cochlodinium</i> sp01											*
5	dinoflagelado no identificado sp01 + ●	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	dinoflagelado no identificado sp02	*	*							*	*	*
7	dinoflagelado no identificado sp03							*				
8	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent			*	*			*				
9	<i>Diplopsalis</i> sp01	*	*	*						*	*	

10	<i>Gyrodinium</i> sp01	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	<i>Gyrodinium</i> sp02	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	<i>Gyrodinium</i> sp03										*		*	
13	<i>Proocentrum gracile</i> Schütt			*		*						*		
14	<i>Proocentrum micans</i> Ehrenberg +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15	<i>Proocentrum minimum</i> Schiller +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
16	<i>Protopteridinium</i> cf <i>diabolum</i> (Cleve) Balech	*												
17	<i>Protopteridinium</i> cf <i>tuba</i> (Schiller) Balech			*									*	
18	<i>Protopteridinium conicum</i> (Grand) Balech	*												
19	<i>Protopteridinium</i> sp02			*	*	*	*	*			*		*	
20	<i>Protopteridinium</i> sp03	*	*		*			*		*		*		*
21	<i>Protopteridinium</i> sp04			*										
22	<i>Pyrodinium bahamense</i> Osorio-Tafall									*	*	*		
23	<i>Pyrophacus</i> sp01												*	
24	<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall et Dale	*		*	*	*								
25	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III			*		*								

CIANOFITAS

1	<i>Anabaena</i> sp01 +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	<i>Aphanothece minutissima</i> (W.West) Kom-Legn y Cronb												*	
3	<i>Merismopedia</i> sp01												*	
4	<i>Trichodesmium</i> sp01	*		*	*	*	*							

CLOROFITAS

1	<i>Euglena</i> sp01 +	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	<i>Euglena</i> sp02	*	*					*		*	*	*	*	*

CRISOFITAS

1 *Ebria tripartita* (Shumann) Lemmermann

* * * * * * * * * *

SILICOFLAGELADOS

1 *Dictyocha* sp01

* * * * * * *

CILIADOS

1 *Myrionecta rubra* (Lohmann) Jankowski +

* * * * * * * * * *

ANEXO 2

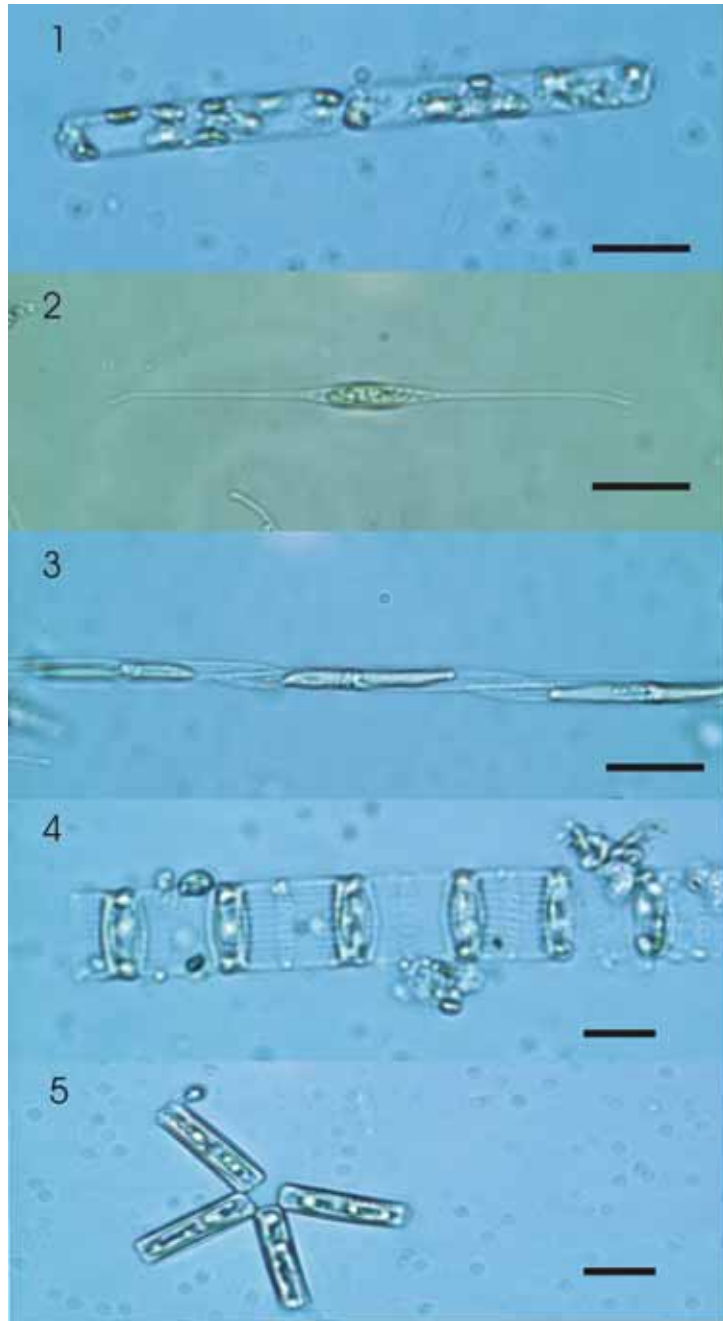


Lámina A. Especies dominantes y abundantes en las tres áreas de estudio. Escala= 20 μ m: (1) *Guinardia delicatula*, (2) *Nitzschia longissima*, (3) *Pseudonitzschia* sp03; Escala= 10 μ m: (4) *Skeletonema costatum*, (5) *Thalassionema nitzschioides*.

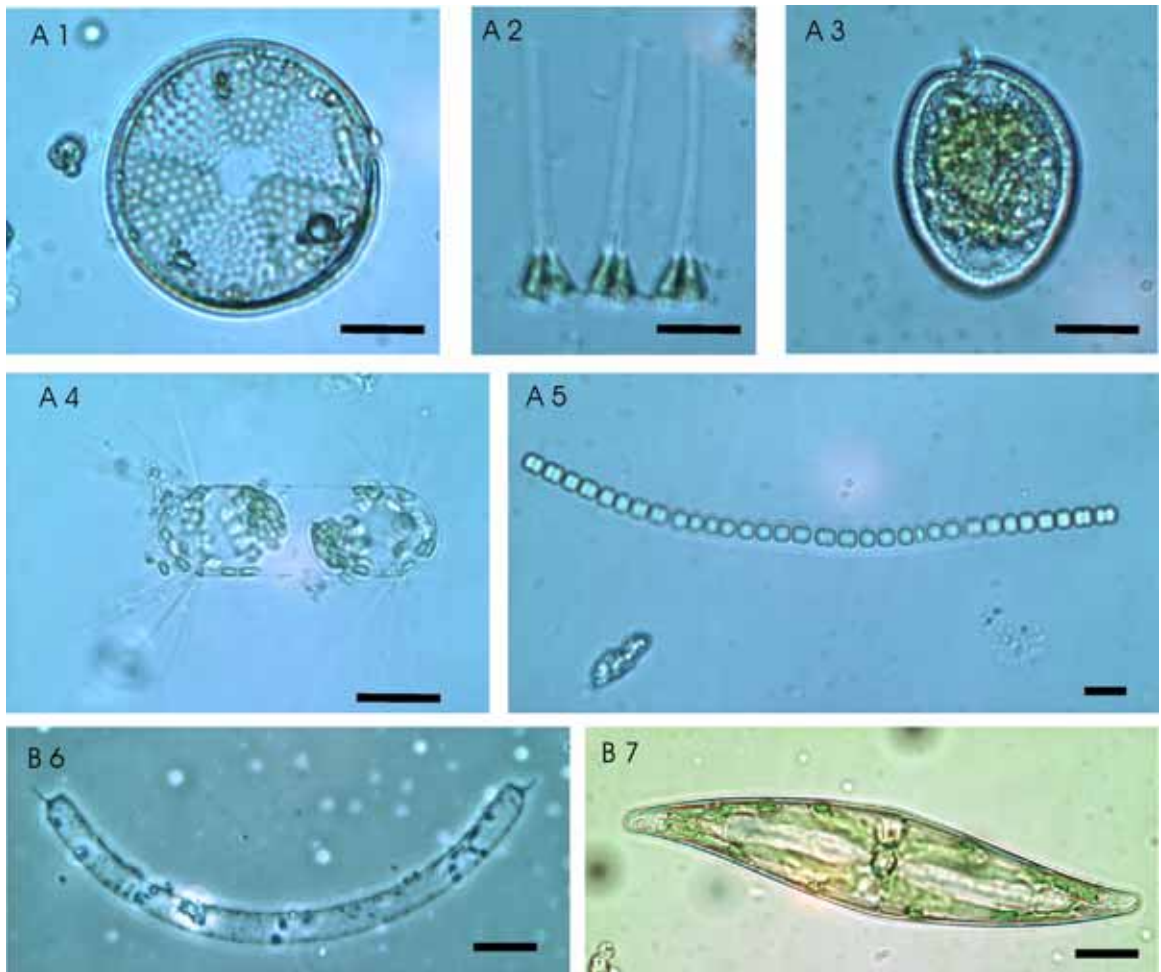


Lámina B. Especies dominantes y abundantes en Altata-Reforma (A) y Yavaros-Reforma (B). Escala= 20 μ m: (1) *Actinoptychus aster*, (2) *Asterionellopsis glacialis*, (3) *Prorocentrum micans*, (4) *Corethron hystrix*, (6) *Guinardia striata*, (7) *Gyrosigma/Pleurosigma* sp01. Escala= 10 μ m: (5) *Anabaena* sp01.



Lámina C. Especies dominantes y abundantes en Yavaros. Escala= 10 μ m: (1) *Chaetoceros curvisetus*. Escala= 20 μ m: (2) *Leptocylindrus danicus*, (3) *Stephanophyxis turris*, (4) *Diplopsalis* sp01, (5) *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense*..

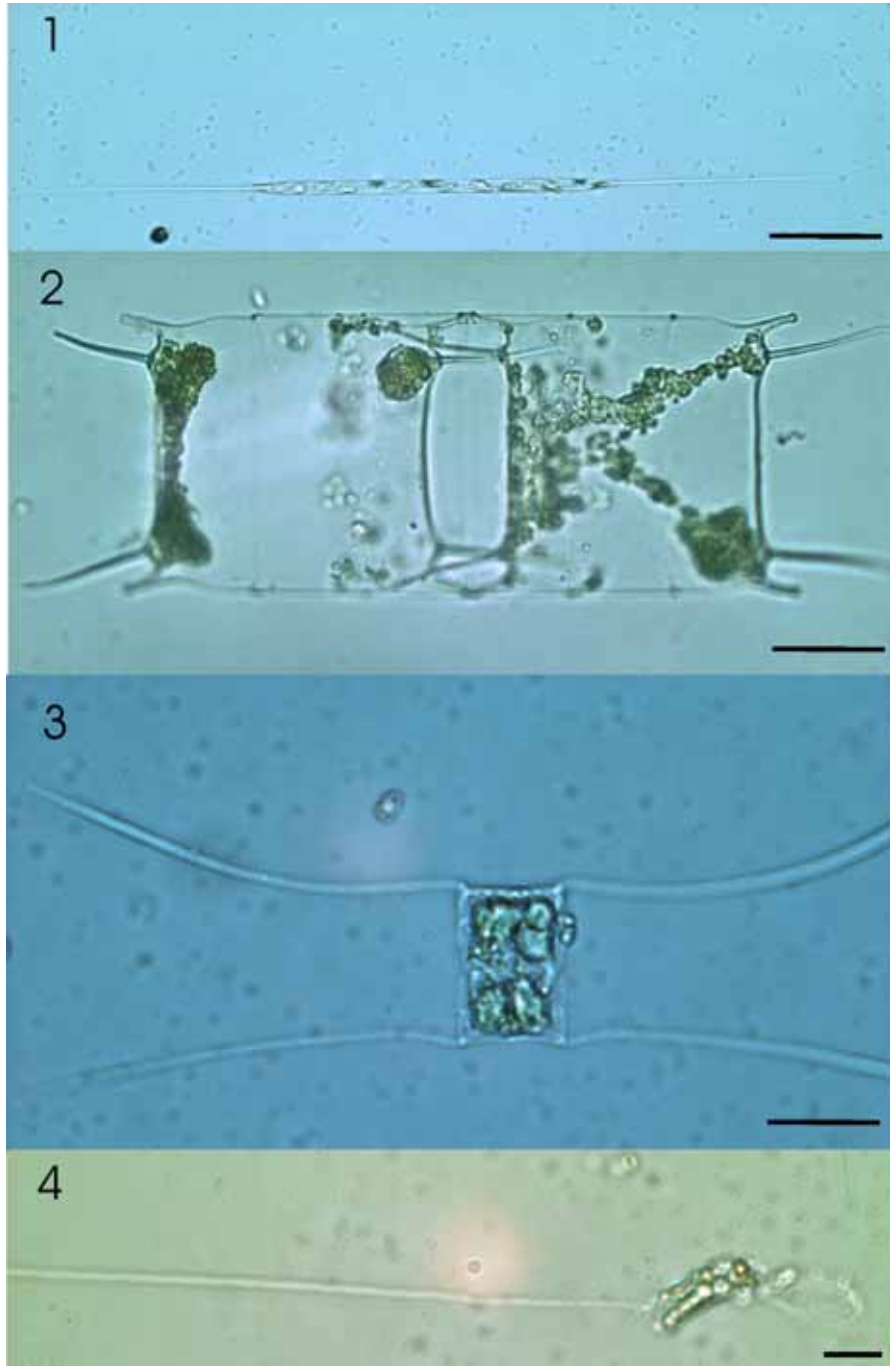


Lámina D. Especies dominantes y abundantes en Reforma. Escala= 20µm: (1) *Rizosolenia setigera*, (2) *Odontella sinensis*, (3) *Chaetoceros sp02*. Escala= 10µm: (4) *Chaetoceros cf thronsenii*.