

C O N T E N I D O

NOTA INFORMATIVA: BREVE INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE
INFORMACION GEOGRAFICA ----- 1.

por: M.C. Ma. del Carmen Jiménez Quiroz

IMPORTANCIA DE LA MORFOMETRIA EN LA BIOLOGIA PESQUERA.
----- 6.

por: M.C.(c) Ana Luisa Vidaurri Sotelo
Ing. Pesq. Heriberto Santana Hernández
M.C. René Macías Zamora

EVALUACION BIOLOGICO-PESQUEROS DEL RECURSO CAMARON
Penaeus californiensis (Holmes) EN LA LAGUNA DE CUYUTLAN, COLIMA,
MEXICO. ----- 12.

por: M.C.(c) Fernando Ascencio Borondón

EVALUACION DEL METABOLISMO DE LA COMUNIDAD EN LA
DESEMBOCADURA DEL RIO BALSAS ----- 18.

por: M.C. Ma. del Carmen Jiménez Quiroz
Geol. Mar. Alejandro Rodríguez Buendía

SECRETARIA DE PESCA

LIC. GUILLERMO JIMENEZ MORALES

Secretario de Pesca

LIC. CARLOS CAMACHO GAOS

Subsecretario de Desarrollo y Fomento Pesqueros

LIC. HUMBERTO ROQUE VILLANUEVA

Subsecretario de Organización y Administración Pesqueras

LIC. JESUS ANLEN LOPEZ

Oficial Mayor

ING. JUAN JOSE MORENO SADA

Coordinador de Delegaciones Federales de Pesca

M. en C. JUAN LUIS CIFUENTES LEMUS

Director General del Instituto Nacional de la Pesca

BIOL. ALFREDO GONZALEZ BECERRIL

Director del Centro Regional de Investigación Pesquera en Manzanillo

EDITORIAL

El Boletín Informativo número catorce presenta un giro diferente a lo que durante nueve años ha sido el órgano de difusión de las actividades de investigación del CRIP- Manzanillo.

Con el fin de difundir los trabajos que genera el INP a sus diferentes Centros de Investigación, se incorporaron a este número dos artículos de gran interés, en los que se plantean nuevas herramientas y métodos de análisis generales, que de utilizarse en cada región, serían de gran apoyo en la tarea de decisiones para la evaluación y manejo de los recursos pesqueros, función primordial de este Instituto.

Por otro lado, y ante la inminente apertura de la boca de Tepalcates, resulta oportuno la publicación de un artículo del recurso camarón en la Laguna de Cuyutlán, el cual aporta criterios para su manejo.

La difusión del conocimiento generado por el INP a los sectores involucrados es un factor de gran importancia en el desarrollo de la región y el objetivo que se pretende cubrir con esta publicación.

NOTA INFORMATIVA
BREVE INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

por: M. en C. Ma. del Carmen Jiménez Quiroz

En este texto se presentará un panorama general de lo que son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el potencial que ofrecen para su uso en esta institución.

1.- ¿Qué es un SIG?

Es un sistema informático de administración y de procesamiento de información localizada. En un sentido amplio incluye el conjunto de datos geográficos numéricos relativos a una aplicación y el "software" que los manipula.

Los SIG son sistemas de apoyo para la toma de decisiones sobre el manejo de los ecosistemas acuáticos que permiten manejar grandes volúmenes de información.

2.- ¿Cómo está constituido el SIG?

En lo general cuentan con cuatro módulos (Fig. 1):

- 2.1.- Adquisición de datos.- Toma y codificación de datos espaciales y descriptivos. Verificación de errores y pretratamientos.
- 2.2.- Administración de datos.- Almacenamiento, puesta al día, modificaciones y extracciones de datos.
- 2.3.- Manipulación y análisis de información.
- 2.4.- Restitución de datos.- Creación de archivos en discos o cintas, mapas, imágenes o gráficas en la pantalla o en una impresora.

3.- ¿Cómo se representa la información geográfica?

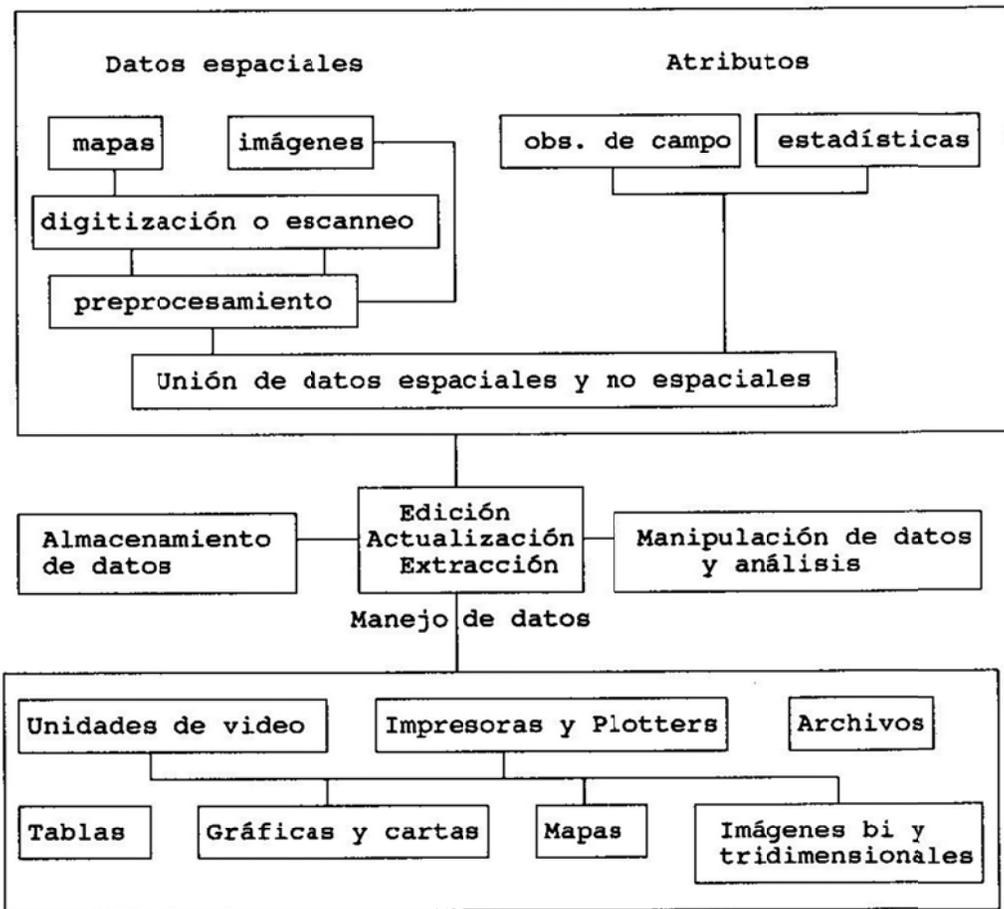
Los objetos espaciales pueden ser descritos por 3 clases de propiedades:

- a) Su posición en la superficie de la Tierra.
- b) Las relaciones espaciales que tienen con otros objetos.
- c) Sus atributos (caracteres descriptivos no gráficos). Dado que estos pueden modificarse sin que haya cambios en los datos gráficos es necesario almacenar por separado la información gráfica y descriptiva.

La información cartográfica se maneja a través de imágenes y de mapas que deben ser digitizados para integrarlos al sistema.

Desde el punto de vista espacial hay dos modos básicos de representación, que se muestran en la figura 2:

- 3.4.- Raster.- División regular del espacio en forma de malla rectangular o cuadradas denominadas pixeles. Este modo corresponde a la noción de imagen.



SALIDA DE DATOS

Fig. 1.- Funciones y componentes de un Sistema de Información Geográfica.

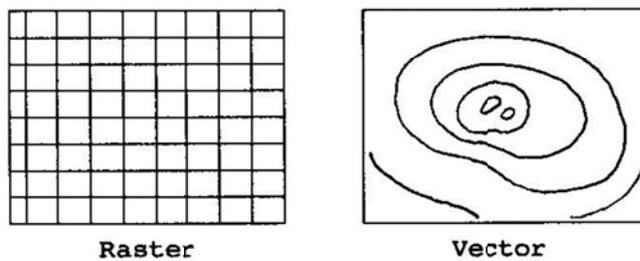


Fig. 2.- Representaciones raster y vector.

- 3.5.- Vector.- Permite representar objetos en un espacio continuo, en el que los objetos y sus límites están ubicados con precisión en un referencial geográfico (latitud y longitud) o cartesiano (unidades UTM). Esta estructura de datos se relaciona con la noción de mapa.

Por otra parte, los atributos de los elementos gráficos se almacenan en bases de datos estadísticas. Estas son conjuntos de datos cuantitativos y cualitativos organizados en archivos. En los SIG, estas bases permiten guardar todos aquellos caracteres descriptivos no gráficos tales como factores de tipo social (número de pescadores, captura pesquera, etc), variables de tipo hidrológico, climatológico, etc.

4.- ¿Qué tipo de operaciones es factible realizar con los SIG?

Existen varias operaciones algebraicas y lógicas que se pueden realizar para el análisis de los datos espaciales. Las más frecuentes son:

- 4.1.- Mediciones del espacio.- Tales como distancia entre dos puntos, perímetros, áreas, ángulos, etc.
- 4.2.- Clasificación de superficies de acuerdo al valor de un atributo descriptivo (tipo de sedimentos, etc).
- 4.3.- Combinaciones de mapas.- Se trata de "encimar" dos o más capas de información (Fig. 3).
- 4.4.- Análisis de proximidad, contigüidad y conectividad.

Estos análisis están relacionados con las propiedades espaciales de los objetos, permiten localizar puntos ubicados a una distancia máxima de una entidad espacial, así como asignar a un pixel valores dependientes de los contiguos y determinar los límites de un área (como una cuenca hidrográfica).

5.- ¿Qué productos puede proporcionar un SIG?

Los resultados se obtienen en figuras y gráficas, listados o tablas de datos, mapas impresos, vistas tridimensionales e imágenes.

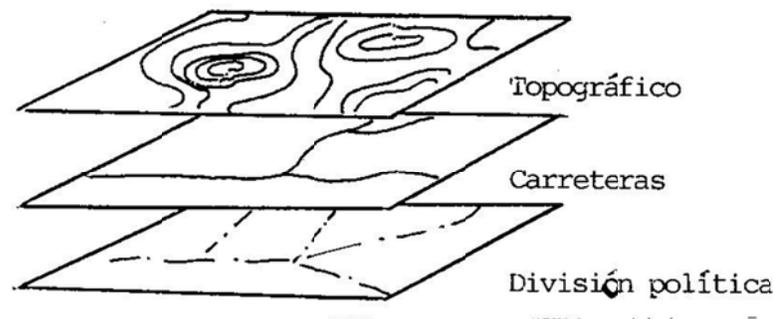


Fig. 3.- Sobreposición de mapas.

6.- ¿Qué aplicación tienen los SIG en la acuicultura y la administración pesquera?

Entre otros resultados pueden proporcionar la topografía básica de una región, tal como el relieve, la red hidrográfica, las carreteras, los límites administrativos, las zonas urbanas, la toponimia, etc. También permite almacenar y procesar información relativa al medio, como es el caso del uso del suelo, la calidad del agua y los recursos naturales (suelos, minerales, bosques, fauna, etc).

Asimismo posibilita sistematizar la información socioeconómica, como son la localización de servicios (hospitales, escuelas, cooperativas pesqueras, etc.), de eventos (áreas de derrames de agua de drenaje, incendios, etc), áreas de riesgo (industrias contaminantes), datos sociales (ingresos de la población, actividades económicas, número de redes y de pescadores, tipo de redes y embarcaciones, captura pesquera, etc.).

La conjunción de esta información permite planificar y ofrecer soluciones en corto tiempo a problemas de planificación de proyectos y administración de recursos, así como actualizar estos datos.

En otro contexto, esta tecnología ha sido poco empleada en esta área del conocimiento. En relación con los SIG existe el trabajo de Barroso y Salinas (1992) en el estudio morfométrico de un embalse en Tamaulipas. Kapetsky *et al.* (1987) realzaron la utilidad de los SIG en la planificación acuacultural del Golfo de Nicoya en el litoral costarricense. En la Dirección de Acuicultura de la Secretaría de Pesca existe un trabajo similar que se desarrolló en la costa de los estados de Nayarit y Sinaloa, sin embargo el reporte es interno (Sorani, comunicación personal).

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua de la SARH se usan los SIG en la resolución de problemas relacionados con los distritos de riego y la cuantificación de las malezas acuáticas (Sanvicente, comunicación personal).

En la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo hay trabajos sobre teledetección, como lo demuestra el trabajo de Chacón Torres *et al.* (1992) en el lago de Pátzcuaro, sin embargo en el campo de los SIG su incursión es reciente.

En el área de teledetección hay una serie de autores que han desarrollado trabajos muy interesantes en el campo de los recursos acuáticos y que están estrechamente relacionados con el uso de los SIG, como es el caso de Lillesand *et al.* (1983) y Lira *et al.* (1992).

En suma, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten, después de recolectar, digitalizar la información espacial y capturar los datos estadísticos, labores tediosas y que consumen gran cantidad de tiempo; realizar una amplia gama de operaciones lógicas y matemáticas, que posibilitan obtener la siguiente información:

- 1.- Perfiles topográficos y batimétricos.
- 2.- Diagramas de distribución espacial y temporal de variables ambientales.
- 3.- Areas de influencia de factores de interés, tales como las descargas de aguas negras.
- 4.- Determinar regiones que reúnan cierto tipo de condiciones, por ejemplo: un determinado valor de pendiente o un cierto tipo de sedimentos o un intervalo de temperatura específico. Por otra parte, es factible obtener un área que reúna todas esas condiciones y planear a partir de esta información un cultivo de ostiones o alguna otra actividad de tipo acuacultural.
- 5.- Clasificar superficies que tengan cierta propiedad en común, tales como áreas de bosques o superficies susceptibles de erosión, etc.
- 6.- Almacenar información socioeconómica relacionada con la pesca.

LITERATURA CITADA

- Barroso, G y W. Salinas, 1992. Evaluación de la capacidad de almacenamiento actual de la presa Marte R. Gómez en el estado de Tamaulipas, mediante el uso de sistemas de información geográfica y sensores remotos. Resúmenes III Reunión Nacional SELPER-México. ITESM Campus Guaymas 15 y 16 de octubre de 1992.
- Chacón-Torres, A., L.G. Ross y M.C.M. Beveridge, 1992. The application of SPOT multispectral imagery for the assessment of water quality in Lake Pátzcuaro, México. *Int. J. Remote Sensing*, 13(4):587-603
- Eastman, J.R., 1992. IDRISI v. 4. Technical Reference. Clark University. Graduate School of Geography, USA. 178 pp
- Eastman, J.R., 1992. IDRISI v. 4. User's Guide. Clark University. Graduate School of Geography, USA. 178 pp
- Kapetsky, J. M., 1987. A geographical information system and satellite remote sensing to plan for aquaculture development. Fisheries Technical Paper no. 287. FAO, Roma. 55 pp.
- Lillesand, T., W. Johnson, R. Devell, O. Lindstrom y D. Meisner, 1983. Use of Landsat data to predict the trophic state of Minnesota lakes. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(2):219-229
- Lira, J., G.R. Marzolf, A. Marocchi y B. Naugle, 1992. A probabilistic model to study spatial variations of primary productivity in river impoundments. *Ecol. Appl.* 2(1): 86-94

IMPORTANCIA DE LA MORFOMETRIA EN LA BIOLOGIA PESQUERA

por: Vidaurri Sotelo, Ana Luisa
Santana Hernández, Heriberto
Macías Zamora, René

RESUMEN

Se describe una serie de métodos que conducen al conocimiento de algunos parámetros poblacionales del recurso, basados en la utilización de información obtenida de muestreos morfométricos de la captura, principalmente longitudes y pesos de los organismos capturados, y su posible utilización en el proceso de administración de la pesquería.

INTRODUCCION

Comúnmente se observa a personal de este y otros centros de investigación en diversos sitios como torneos de pesca deportiva, centros de recepción, viajes de pesca comercial o cruceros de pesca experimental, realizando una serie de mediciones de los peces capturados, generalmente la longitud y el peso, estas medidas podrían parecer intrascendentes, pero existen una gran cantidad de conocimientos del recurso que se pueden obtener de ellas mediante la utilización de técnicas estadísticas, multivariadas, de series de tiempo, biológico-pesqueras, etc.

Esta actividad llamada toma de datos morfométricos, conocida más comúnmente como "muestreo", tiene gran importancia, ya que de su correcta realización se derivan una serie de conocimientos poblacionales del recurso en estudio, que son útiles en la obtención criterios para la regulación de la pesquería.

El objetivo de este artículo es describir de una forma muy general los métodos en los que la morfometría de los organismos es la base para la evaluación de las poblaciones de peces.

Existe una serie de mediciones que se realizan en los organismos que se muestrean, las que se presentan en la figura 1 y se describen enseguida, son las más comunes:

Los pesos que se registran generalmente son: peso total, peso eviscerado y peso de las gónadas.

Utilizando estos registros y una serie de métodos matemáticos y estadísticos es posible concluir en relación a varios aspectos del recurso en estudio, como son: ciclo reproductivo, tasa de crecimiento y mortalidad, estructura de la población y también es posible evaluar en forma preliminar la situación del recurso en relación a su nivel de explotación.

A continuación se describen brevemente algunos de los métodos más utilizados en la evaluación de las poblaciones de peces a partir de datos morfométricos:

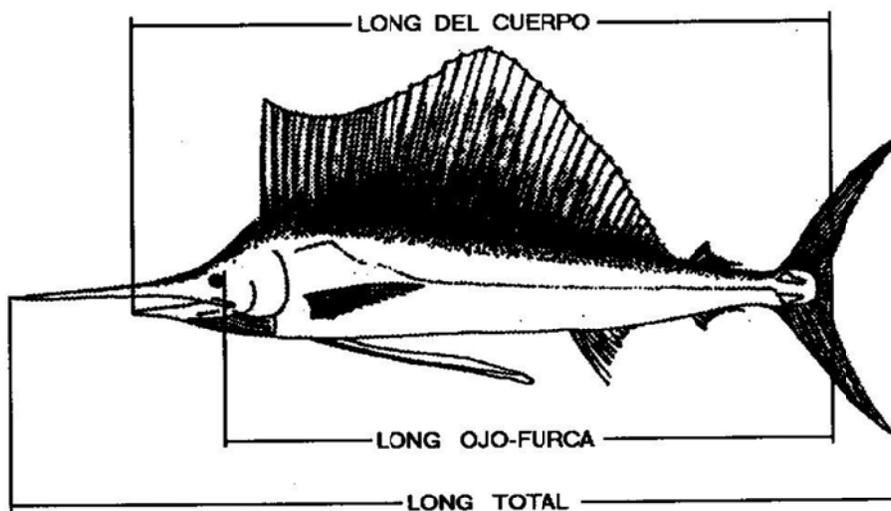


Figura 1.-LONGITUDES TOMADAS AL PEZ VELA
Istiophorus platypterus (TOMADA DE NAKAMURA, 1985).

Longitud total: de la parte anterior del organismo a la parte terminal de la aleta caudal.

Longitud del cuerpo: de la parte anterior de la mandíbula inferior a la furca.

Longitud ojo-furca: de la parte posterior del ojo a la furca.

RELACION LONGITUD-PESO.

Se ha encontrado que durante cualquier período en el ciclo de vida de un pez, el peso varía en relación a la longitud del cuerpo (Safran, 1992). Esto es, durante su ciclo de vida los peces pasan a través de diferentes períodos de crecimiento. Durante estos lapsos ocurren cambios fisiológicos o cambios en la tasa de crecimiento que se manifiestan en la relación peso-longitud (esta relación puede interpretarse como una medida de la "gordura" o forma del pez). Es posible por lo tanto detectar algunos de estos cambios fisiológicos de los organismos midiendo la variación del peso total en relación a la longitud del cuerpo.

Por otra parte la relación longitud-peso, sirve como un mecanismo de transformación para los modelos de crecimiento en longitud a modelos de crecimiento en peso.

La función que relaciona el peso con la longitud del organismo es de forma exponencial:

$$W=aL^b$$

En esta expresión: "W" es el peso total del organismo, "L" es la longitud del cuerpo, "a" es una constante, también llamada "factor de condición" dado que es un indicador de la condición fisiológica de las especies y "b" se le llama factor alométrico y describe el tipo de crecimiento que presenta el organismo. Cuando el valor del factor alométrico "b" es igual o muy cercano a 3, el pez describe un crecimiento isométrico, esto es, no cambia de forma del cuerpo al crecer. Cuando "b" es significativamente mayor o menor de 3 describen un crecimiento alométrico. El llamado "factor de condición" se utiliza comúnmente como indicador de madurez de las especies, ya que se ha demostrado que en los organismos que se encuentran en las etapas más maduras se registra un incremento significativo de este factor (Fulton, 1911, citado por Safran, 1992).

Mediante el índice gonádico, el cual es una función que relaciona el peso de las gónadas con la longitud del pez, también es posible obtener conocimientos sobre la época de madurez de los organismos, este indicador, se obtiene mediante la ecuación (Miyabe y Bayliff, 1987):

$$IG = \left(\frac{W}{L^b} \right) * 10^4$$

En donde "IG" es el índice gonádico, "W" es el peso de la gónada en gramos y "L" es la longitud en centímetros. Este indicador de la madurez se ha utilizado en muchos estudios para obtener una idea general de las zonas y tiempos de desove cuando se tienen muestras adecuadas, es decir que cubran ciclos anuales completos y sean representativas de la población.

El completo conocimiento de estas relaciones que se encuentran ligadas con el ciclo reproductivo del pez, pueden ser utilizadas para determinar épocas de veda como una medida que propicie la conservación de la pesquería, en el caso de que el recurso lo requiera.

EL PESO Y LA LONGITUD PROMEDIO COMO INDICADORES DEL NIVEL DE EXPLOTACION DE UN RECURSO.

La variabilidad en el peso o la longitud promedio en una población de peces puede ser un indicador de gran importancia. Una disminución sostenida de estos parámetros puede ser provocada por un incremento en la mortalidad por pesca y puede ser detectado por medio de métodos estadísticos como el análisis de varianza, mediante el cual es posible comparar diferentes muestras a lo largo del tiempo con el fin de detectar diferencias significativas en la talla o el peso promedio. El hecho de que se mantengan estos parámetros sin cambios significativos a través de un período de tiempo comparable al ciclo de vida del pez, puede ser un indicador de estabilidad en la estructura de la población; en el caso contrario, una disminución sostenida de estos parámetros a través del tiempo puede ser evidencia de sobrepesca.

Los estudios en estos casos proveen los elementos de juicio necesarios para incrementar o disminuir el esfuerzo pesquero sobre el recurso, esto es, indican la posibilidad de permitir la incorporación de más embarcaciones o pescadores, o bien disminuirlos.

CRECIMIENTO.

DETERMINACION DE EDADES.

La determinación de edades proporciona gran información relativa al crecimiento de los organismos. Conjuntamente con la información sobre longitudes y pesos, se logra determinar el crecimiento. Esta misma información permite determinar la composición de edades de un efectivo a partir de las cuales se pueden estimar las tasas de mortalidad (Ehrhardt, 1981).

En la mayoría de las poblaciones de peces es sumamente complicado determinar la edad de los individuos, sin embargo estableciendo las relaciones entre la talla y la edad del pez, se pueden utilizar los datos de composición por tallas para estimar el crecimiento y la edad de los individuos. Estos métodos, llamados indirectos, se basan en el análisis de agrupamientos de individuos de tamaño similar en los histogramas de frecuencias de longitud, obtenidos a partir de muestreos adecuados, revelando modas de tallas que teóricamente corresponden a organismos de aproximadamente la misma edad, estas modas o grupos modales son especialmente sobresalientes para los grupos más jóvenes presentes en la población, de aquí la importancia de que los muestreos morfométricos sean lo suficientemente representativos de la población y realizados correctamente.

PARAMETROS DE CRECIMIENTO EN PECES.

El conocimiento de cómo crecen los peces es esencial para la mayor parte de los objetivos de la evaluación pesquera, ya que el crecimiento de los organismos individuales constituye precisamente, año tras año, la fuente de suministro de las capturas extraídas por una pesquería (Pauly, 1983).

La información disponible relativa al incremento en longitud de los peces de un determinado recurso generalmente está comprendida y representada mediante la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde L_{∞} es la longitud media que los peces podrían alcanzar en caso de crecer hasta una edad muy avanzada, teóricamente infinita; "k" es el coeficiente o tasa de crecimiento; " t_0 " es la edad hipotética que el pez debiera tener cuando su longitud fuese cero, si hubiera crecido siempre de acuerdo a la ecuación; " L_t " es la longitud a la edad "t".

Una de las maneras de estimar el valor de los parámetros de crecimiento (k, L_{∞} , t_0) es a partir de la información sobre frecuencia por clases de tamaño, especialmente en base a la longitud, ya que resulta más sencillo analizar este tipo de datos que utilizar métodos directos que implican el estudio de estructuras duras (espinas, otolitos, vértebras) o el marcado y recaptura de los organismos en los cuales se requiere de equipo especializado y en consecuencia de una mayor inversión, aunque la estimación por métodos indirectos deberá ser validada con base a métodos directos.

Así, un recurso cuyos individuos alcanzan en poco tiempo una longitud cercana a la talla máxima, será un recurso con gran potencial productivo y consecuentemente soportará un mayor número de pescadores capturándolo.

ESTIMACION DE LA MORTALIDAD.

En biología pesquera la forma más práctica de expresar la disminución en número de organismos marinos de un grupo de edad (cohorte o camada) a través del tiempo, es por medio de tasas instantáneas de mortalidad, representada por:

$$Z = M + F$$

en donde:

"Z" es la tasa instantánea de mortalidad que representa el número de peces muertos por unidad de tiempo, esto, número de peces muertos por día, o por año, o por minuto. "M" es la mortalidad natural y "F" es la mortalidad por pesca. Las causas de mortalidad de los peces se deben sólo a dos motivos, muerte natural o muerte por pesca.

Cuando se ha obtenido un gran número de datos de frecuencias por clases de longitud de un recurso dado, capturado con un cierto arte de pesca, "Z" puede ser estimado a partir del histograma de frecuencias de tallas mediante el método de la curva de captura. Donde las tallas más pequeñas (peces jóvenes) estarán mejor representados, mientras que los individuos más grandes (peces adultos y viejos) tienden a desaparecer, indicando así la magnitud de la mortalidad total.

Cuando se dispone de apropiadas muestras de frecuencia por clases de longitud o de peso, se puede realizar una curva de captura a través de la conversión previa de tamaño a edad en base a los respectivos parámetros de crecimiento.

Lo deseable sería que el principal componente de la mortalidad sea por pesca, sin olvidar que una regulación de la pesquería sólo puede afectar la mortalidad por pesca, ya sea incrementando o disminuyendo el número de pescadores, lanchas o equipos de pesca. Nunca será posible cambiar la mortalidad natural.

COMENTARIOS FINALES

En este artículo se intentó describir muy brevemente algunos de los métodos utilizados en la evaluación de los recursos pesqueros. Además de los métodos descritos existen otros que pueden requerir más información y que en su conjunto tienen la función de obtener un mayor conocimiento científico del recurso para estar en posibilidades de emitir recomendaciones relativas a las diferentes alternativas de regulación de los recursos, como son vedas, cuotas de captura, tallas mínimas de captura, características y número de los equipos de pesca, entre otras.

BIBLIOGRAFIA

- Ehrhardt, N.M., 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones, primera parte. Estimación de parámetros poblacionales. FAO-INP. México D.F.
- Miyabe, N. y W.H. Bayliff. 1987. Un examen de la pesca palangrera japonesa de atunes y peces espada en el océano Pacífico oriental, 1971-1980. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. (1):123-159.

- Nakamura, I. 1985. FAO species catalogue. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish. Synop., (125) Vol.5:65 p.
- Pauly, D., 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca.
- Safran, P., 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. Marine Biology (112):545-551.

EVALUACION BIOLOGICO-PESQUERA DEL RECURSO CAMARON *Penaeus californiensis* (Holmes) EN LA LAGUNA DE CUYUTLAN, COLIMA, MEXICO.

por: Fernando Ascencio Borondón.

RESUMEN

La Laguna de Cuyutlán es un cuerpo de agua prácticamente cerrado, con dos comunicaciones insuficientes con el medio marino, cuya influencia se obstaculiza debido a la poca profundidad y a una serie de obras de ingeniería que se han construido dentro de ella. En dicha laguna, el recurso camarón es la pesquería de mayor importancia comercial y de acuerdo al estudio realizado, el camarón café (*P. californiensis*) presentó un crecimiento promedio diario de 0.73mm, 42% inferior al promedio general en el Pacífico Mexicano, siendo la otra especie que habita el embalse, camarón blanco (*P. vannamei*) la que presenta una mejor tasa de crecimiento (1.26mm), con la limitante de que su población representa sólo el 9.54% del total del recurso. Respecto a su captura, ésta se encuentra en decadencia como resultado de los cambios en la calidad del agua y limitaciones en su circulación, por lo que se considera prioritario realizar obras de rehabilitación ecológica.

INTRODUCCION

La Laguna de Cuyutlán, desde el punto de vista físico y geomorfológico es muy compleja. Es un cuerpo de agua prácticamente cerrado, con dos comunicaciones insuficientes con el medio marino, cuya influencia se obstaculiza debido a la poca profundidad y a una serie de obras de ingeniería que se han construido sobre ella. Esta laguna como rasgo más sobresaliente, presenta un avanzado estado de degradación, el cual se ha acelerado debido principalmente a la falta de comunicación con el medio marino y las alteraciones geomorfológicas causadas por las obstrucciones sobre la misma (COCOMABA, 1985).

Con relación al recurso camarón, sus inicios como pesquería comercial data de hace 40 años, siendo el principal recurso pesquero, desde el punto de vista socioeconómico, ya que da empleo directa e indirectamente a más de 600 personas.

La temporada de pesca es de aproximadamente ocho meses, aunque se captura todo el año, siendo los meses de noviembre y diciembre los de las mejores capturas; esta pesquería es alternada con la captura de otras especies de escama en general y algunos otros crustáceos como jaibas.

Según estudios realizados en la Laguna de Cuyutlán por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo en 1984, el predominio del camarón café *Penaeus californiensis* es definitivo en un 80% sobre la otra especie que es el camarón blanco *P. vannamei*, aunque esta última tiene una mejor tasa de crecimiento, pero las características actuales del embalse son poco propicias para su distribución, en especial la alta salinidad, lo cual provoca una población muy reducida en comparación con el café que soporta concentraciones salinas más altas y tiene mayor resistencia a condiciones adversas (Ascencio, 1985).

ANTECEDENTES

La laguna de Cuyutlán se localiza en la planicie costera del Estado de Colima, situada entre la bahía de Manzanillo y el río Armería, separada del Océano Pacífico por un cordón litoral de anchura variable. Geográficamente se encuentra ubicada entre los 18°57' y 19°03' latitud Norte y 103°58' y 104°20' longitud Oeste. Es un cuerpo de agua de grandes dimensiones, muy somero, ocupa una superficie de 7,200has con un ancho promedio de 3kms y 35kms de longitud. Se puede considerar dividida en tres áreas: una cercana al Puerto de Manzanillo, con un área de 5,000has, en la cual se establece principalmente la influencia marina a través de un túnel artificial, que se localiza en el punto más cercano a la bahía de Manzanillo, y un canal de intercomunicación marítima en el sitio denominado Ventanas, el cual fue construido en 1978 por la Comisión Federal de Electricidad para suministro de agua a una termoeléctrica. La segunda de 1,100has comprende la parte central, separada de la primera mediante un bordo artificial con una compuerta y que se destina a la extracción de sal común en tiempo de estiaje. Y la tercera, que corresponde a la parte final de la laguna con una superficie de 1,100has que ocasionalmente recibe aportes del río Armería.

MATERIAL Y METODOS

Para la determinación de los parámetros físico-químicos y en base a las condiciones del embalse, se establecieron ocho estaciones de muestreo en la zona determinada para crecimiento de camarón. La obtención de muestras de agua se llevó a cabo con una botella tipo van-Dorn horizontal.

Se determinó la temperatura mediante un termómetro de vidrio con graduaciones de un grado e intervalos de -30 a 50 grados centígrados.

La salinidad se obtuvo, utilizando un refractómetro American Optical.

Para el oxígeno disuelto, las muestras de agua obtenidas se depositaron en botellas de vidrio de 300ml y para su determinación se utilizó el método de Winkler modificado con AZIDA de sodio.

La determinación de los parámetros biológicos se hizo con base en 50 ejemplares tomados al azar en cada uno de los muestreos quincenales que se realizaron, totalizando 1,100 organismos, de los cuales se obtuvo: longitud rostral, con una regla graduada en milímetros, peso con una balanza OHAUS con intervalo en gramos, especie y sexo cuya metodología a continuación se describe.

Conociendo que las dos especies existentes en la laguna son el camarón café y blanco, se utilizó para su diferenciación tanto la fórmula rostral como el surco en sus niveles gastro-frontal, medial y adrostral (Pérez, 1970), además de la coloración del organismo.

La determinación del sexo se hizo "in situ" por el método visual mediante la apreciación en el primer par de pleópodos, de la presencia o ausencia de la estructura en que se ha modificado en endopodio de dichos apéndices y que en el caso del macho recibe el nombre de petasma.

Para el crecimiento se utilizó el método de Gulland y Holt, descrito por Pauly (1983), el cual se basa en la utilización de datos sobre incrementos de longitud en pequeños intervalos

de tiempo en relación a la longevidad de los organismos.

La mortalidad total (Z) se calculó de acuerdo a la curva de captura (Pauly, 1984). Este método consiste en el muestreo de una población integrada por varias clases de edad, seguido del trazado de una gráfica que contenga: en el eje "Y" el valor del logaritmo natural de la frecuencia en la muestra y en el eje "X" la edad (t) correspondiente.

Considerando la importancia que reviste el conocer la disponibilidad en tiempo y espacio de nuestros recursos, se hizo un análisis enfocado a estimar el índice de rendimiento máximo que puede soportar la explotación del recurso camarón en la laguna, utilizando el modelo de Schaefer (Pauly, 1984), ya que solamente utiliza serie de datos sobre captura y esfuerzo, que es la información general con que se cuenta, y aún no se manejan las variables biológicas que complementan el uso de modelos analíticos o estructurales.

RESULTADOS

La variación anual de temperatura en las estaciones muestreadas fue de 8°C con un valor mínimo promedio de 22.6°C en el mes de marzo y un máximo promedio de 30°C en el mes de octubre.

Los valores de salinidad obtenidos, presentaron un mínimo promedio de 33.5g/l en el mes de junio que coincide con la época de lluvias y un máximo de 36.9g/l en el mes de marzo que corresponde al período de estiaje, presentando un intervalo anual de 3gr/l.

Las concentraciones de oxígeno disuelto durante el período de muestreo presentaron un valor mínimo promedio de 5.36mg/l en el mes de julio y un máximo de 7.49mg/l en el mes de junio. Así mismo, el promedio anual fue de 6.41mg/l (Fig. 1).

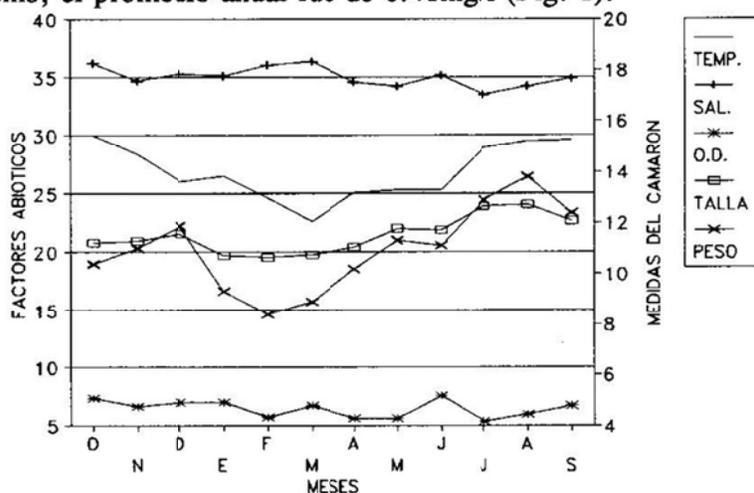


Fig. 1.- Valores mensuales de factores abióticos: temperatura (°C), salinidad (g/l) y oxígeno disuelto O.D. (mg/l), y de medidas: talla (cm) y peso (g) del camarón *P. californiensis*.

De acuerdo a los resultados de los muestreos quincenales la proporción de las especies de camarón en la laguna es la siguiente:

P. californiensis: 90.46%

P. vannamei: 9.54%

Con relación a la proporción de sexos en la especie *P. californiensis*, ésta presentó una relación anual de M:H, 1:1.54.

El resultado de la regresión lineal: incremento de la longitud - longitud promedio es

$$L = 55.8 - 0.2788 L_{(prom)}$$

$$r = -0.743$$

$$n = 22$$

RESULTADO DE LA RELACION PESO (g) - LONGITUD (mm)

fórmula	constantes	correlación	N*
$W = a * L^b$	a= 0.000017 b= 2.814	r = 0.965	975

*número de organismos.

Ecuación de crecimiento en longitud:

$$L(t) = 200.3 (1 - e^{-0.2788(t + 0.00538)})$$

t = meses.

El crecimiento promedio diario de la especie de acuerdo a los resultados de la relación incremento de la longitud-longitud promedio fue de 0.73mm.

De acuerdo al método utilizado para calcular la mortalidad total, los muestreos en los cuales se observó un bajo reclutamiento al arte correspondieron a los meses de noviembre, mayo y junio.

La tasa de explotación obtenida fue de 0.274, lo que indica que el 27.4% de la mortalidad total del camarón en la laguna corresponde a la actividad pesquera.

De acuerdo al modelo de producción de Schaefer (Pauly, 1983), el esfuerzo óptimo para la pesquería de camarón es de 124 pescadores los cuales obtendrían un rendimiento máximo sostenible de 17,409Kg/año. Por información obtenida en la Oficina Federal de Pesca en Manzanillo, la producción no reportada a la misma por diferentes causas, significa aproximadamente un 50% de la producción total; considerando lo anterior, la producción potencial de este recurso fluctúa en 34 toneladas por temporada.

DISCUSION

Por ser el camarón un organismo poiquilotermo, las variaciones de temperatura influyen de manera sobresaliente sobre su metabolismo y crecimiento. Para la especie *P. californiensis*, la combinación de alta salinidad con alta temperatura favorece su crecimiento (Chávez, 1971), estas condiciones son propias del medio marino, situación por la que se establece como una

especie de altamar, aunque dada la naturaleza de la laguna, ésta constituye un medio apropiado para su desarrollo.

Con relación a la otra especie que habita la laguna *P. vannamei*, Ascencio (1985) menciona que a una temporada pródiga en lluvias que disminuya la salinidad del embalse, le sigue una producción importante de camarón blanco de tallas grandes, por lo que su abundancia está determinada principalmente por la salinidad, ya que el otro parámetro importante (temperatura) se encuentra dentro del intervalo favorable para su crecimiento. Según Soto (1969), la influencia de las lluvias sobre la población de camarones en las lagunas litorales es significativa. Todo lo anterior coincide con la dominancia del café sobre el blanco, puesto que las particularidades físico-químicas del agua lagunar, en especial la alta salinidad, están limitando el crecimiento del *P. vannamei*, Soto (op. cit.) menciona una salinidad óptima para su desarrollo de 10-20gr/lit, en contraste con 33.5-36.9gr/lit que presenta la laguna.

El rendimiento en las capturas de camarón en la Laguna de Cuyutlán es de 17.4kg/ha/año, el cual es inferior al rendimiento promedio nacional en aguas protegidas, que es de 27kg/ha/año en condiciones naturales (I.N.P., 1986).

De acuerdo a la información obtenida de las capturas, las tallas mayores dentro de la laguna son capturadas durante los meses de agosto y septiembre; en cambio, las tallas más pequeñas se capturan en enero, febrero y marzo, por lo que es de suponer que es en estos últimos meses cuando ocurre el mayor reclutamiento al arte de pesca, el cual principalmente es atarralla de 1".

CONCLUSIONES

Con relación a la dinámica poblacional del recurso (*P. californiensis*) en este sistema lagunar, se presentó un crecimiento promedio diario de 0.73mm, 42% inferior al promedio nacional, siendo la especie *P. vannamei*, la que presentó una mejor tasa de crecimiento (1.26mm) en este ecosistema, con la limitante de que su población es muy reducida (9.54%).

Partiendo del conocimiento de que el camarón café es una especie de altamar y que por las condiciones actuales de la Laguna de Cuyutlán, principalmente la salinidad elevada, es una especie dominante sobre el camarón blanco, el cual es un recurso propio de las lagunas costeras, se considera prioritario realizar obras de rehabilitación ecológica que vengán a restablecer las condiciones que favorezcan el desarrollo de la fauna, en especial el camarón que es un recurso importante en la economía de la población dedicada a la actividad pesquera.

Respecto a las capturas del recurso en general, se puede decir que están declinando como resultado de los cambios en la calidad del agua y limitaciones tanto en su circulación como en la renovación de la misma. El rendimiento de las capturas es 36% inferior al promedio nacional en aguas protegidas y 78% inferior al de otros sistemas lagunares del Noroeste de México como Huizache-Caimarero que fueron objeto de obras de mejoramiento ecológico.

En base a lo anterior, sólo es posible señalar algunas consideraciones en cuanto a las perspectivas del aprovechamiento camaronero en la laguna:

1.- Bajo las condiciones actuales, cualquier esfuerzo pesquero es de bajos rendimientos económicos, ya que la producción ha disminuído drásticamente, por lo cual no se debe

aumentar el esfuerzo pesquero, mientras no se desarrolle la rehabilitación integral de todo el sistema lagunar.

2.- El azolvamiento de la laguna, las obras hidráulicas presentes y la limitación en la circulación y renovación del agua, son problemas vitales de resolver para mejorar la producción camaronesa y pesquera en general.

3.- Los proyectos acuaculturales actualmente existentes para el cultivo de camarón, no podrán desarrollarse a plenitud debido a las condiciones lagunares adversas, y en su caso, incrementarán sus costos de operación con el fin de obtener un mejoramiento en la calidad del agua principalmente.

4.- Por las características actuales de la laguna, las áreas de pesca de camarón se reducen a una superficie cercana a las 2,000has, con posibilidades de incrementarse considerablemente al rehabilitarla.

BIBLIOGRAFIA

Ascencio B., F., 1985. Producción de camarón (*Penaeus* sp.) en el Tapo experimental de la Laguna de Cuyutlán, Colima, México, durante la temporada 84-85. Boletín Informativo # 2. Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo, 22 p.

COCOMABA, 1985. Estudio para la Rehabilitación de la Laguna de Cuyutlán, Colima, versión abreviada, SEDUE, 31 p.

Chávez, E.A., Rodríguez de la Cruz, C., 1971. Estudio sobre el crecimiento del camarón café (*P. californiensis*, Holmes) del Golfo de California. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat., Tomo XXXII, 127p.

Instituto Nacional de la Pesca, 1986. Camarón. Síntesis Ejecutiva.

Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. F.A.O. Doc. Tec. Pesca. (234), 49 p.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in Tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews, Manila, Filipinas, 325 p.

Pérez, F. 1970. Claves ilustradas para la identificación de los camarones marinos comerciales de América Latina. I.N.I.B.P., Serie Divulgación, México, Instructivo (3), 50 p.

Soto, R.L. 1969. Mecanismo Hidrológico del Sistema de lagunas litorales Huizache-Caimanero y su influencia sobre la producción camaronesa. Tesis Profesional. U.A.B.C., Ensenada, B.C., México.

EVALUACION DEL METABOLISMO DE LA COMUNIDAD EN LA DESEMBOCADURA DEL RIO BALSAS

por: M.C. Ma. del Carmen Jiménez Quiroz
Geol. Mar. Alejandro Rodríguez Buendía

RESUMEN

Para evaluar el metabolismo de la comunidad y las concentraciones de algunas variables indicadoras de contaminación, se realizaron 7 muestreos circadianos entre marzo y diciembre de 1990, en un área denominada "Puentes Cuates", localizada sobre el río Balsas y en dos niveles de su desembocadura (superficie y 5 m). En ésta última está construida la dársena del puerto industrial de Lázaro Cárdenas, Mich. y allí se vierten los drenajes domésticos y de las empresas. Se empleó la técnica de la curva diurna de oxígeno para la medición del metabolismo. Asimismo se cuantificaron las siguientes variables: temperatura, transparencia, oxígeno, nutrientes, sólidos, conductividad, salinidad, pH, alcalinidad, fierro, cobre, bacterias coliformes, grasas y aceites.

En el río se encontraron condiciones de subsaturación de oxígeno y sólo se detectó productividad primaria neta (PPN) en junio, septiembre y diciembre (1.3-8.55mg O₂/l día); en el resto de los ciclos (marzo, abril y octubre) predominaron la respiración y la difusión del gas a la atmósfera. En la superficie de la desembocadura las concentraciones de oxígeno (4.8-6.5 mgO₂/l) y la PPN (0.37-1.85mg O₂/l día) fueron bajas, por lo que el cociente Producción:Respiración (P:R) fue de tipo heterotrófico (0.6-0.8). En el nivel de 5m la relación P:R fue mayor a la unidad en los ciclos de abril (1.3) y junio (1). En marzo, septiembre y diciembre prevaleció la sobresaturación de oxígeno debido a la hidrodinámica del área.

Los valores de temperatura y pH fueron típicos de estos ambientes, mientras que la transparencia dependió de los períodos de lluvia. La alcalinidad correspondió a medios bien amortiguados. El volumen de fierro se encontró dentro de los límites establecidos por SEDESOL, mientras que el de cobre rebasó esos valores en el segundo nivel de la desembocadura, donde fue más evidente la influencia marina, por lo que se considera que ese metal fue introducido del área costera adyacente, en donde descarga el yesoducto de una de las empresas. Por otro lado, el contenido de ortofosfato, fósforo total, amonio, sólidos suspendidos, coliformes, grasas y aceites fue elevado, debido al vertido de aguas residuales domésticas que determinan las condiciones de heterotrofia que se encontraron en la mayor parte de los ciclos analizados.

*Palabras clave: metabolismo, curva diurna de oxígeno, heterotrofia, eutrofia, estuarios.

INTRODUCCION

El puerto de Lázaro Cárdenas está ubicado en el municipio del mismo nombre en la región limítrofe de los estados de Guerrero y Michoacán en la desembocadura del Río Balsas. El área industrial del puerto fue planeada en los sesentas con el propósito de elevar el nivel de vida de la costa michoacana, que había estado marginada del desarrollo económico del resto del estado. Sin embargo desde la creación de la siderúrgica, empresa base del puerto, los fenómenos económicos mundiales y nacionales dificultaron el desarrollo armónico de la ciudad (Restrepo, 1984), por lo que la población creció anárquicamente y en gran medida sin los servicios necesarios (agua, drenaje, vivienda, manejo de residuos sólidos, etc).

Para la construcción del puerto industrial en la década de los ochenta se modificó el estuario del Balsas cerrando varios canales de marea (esteros) y empleando la desembocadura del río como vertedero de desechos industriales y domésticos (Parra, 1985).

Durante el período en que se realizó este trabajo había 3 grandes industrias en el área: la siderúrgica SITCARSA, NKS (Nikkon Kobe Steel) fabricante de bienes de producción y Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX) además de otras empresas más pequeñas. Estas industrias procesaban sus desechos para recuperar materiales útiles, sin embargo ejercían poco control en la calidad de los drenajes que vertían al río (SARH, 1985). Por otra parte, la población que era de aproximadamente 150,000 habitantes arrojaba sus aguas negras sin tratamiento alguno, puesto que las 3 plantas existentes estaban fuera de funcionamiento.

Dentro de este contexto, el trabajo se diseñó para monitorear la calidad del agua de la zona y determinar la naturaleza trófica del sistema con el objetivo de estimar el impacto del vertido de los desechos domésticos e industriales en el medio durante el año de 1990.

METODOS

Se trabajó en 7 ciclos de 24 horas en los meses de marzo, abril, junio, julio, septiembre, octubre y diciembre de 1990, empleando como puntos de muestreo: la bocana del estuario, donde se colectó en la superficie y a 5m de profundidad y un área ubicada 3km río arriba denominada "Puentes Cuates". Esta última es de características dulceacuícolas y muy somera (Fig. 1).

La transparencia, la salinidad, la turbidez, la temperatura y el pH se midieron *in situ*. Se tomaron muestras para la cuantificación de oxígeno disuelto, alcalinidad, nutrientes, sólidos, metales pesados (hierro y cobre), detergentes, DBO₅, grasas y bacterias coliformes totales. La frecuencia de la toma de muestra fue de 3 horas. En la tabla 1 se anotan los métodos analíticos utilizados.

Tabla 1.- Técnicas analíticas empleadas en este trabajo.

VARIABLE	METODO
Temperatura	termómetro de mercurio
Temp. Sal. y Conductividad	Salinómetro portátil Kahlsico mod. RS5-3
Transparencia	disco de Secchi
Oxígeno disuelto	Winkler de Standard Methods (1980)
Conductividad	Conductivímetro Hach mod. DREL/5
pH	Potenciómetro Corning mod. 3D
Turbidez	Turbidímetro marca HACH mod. 2100 A adaptación del met. nefelométrico
Amoniaco	Nessler adaptado para equipo HACH mod DREL/5
Nitritos	Griess adaptado para equipo HACH mod DREL/5

Ortofosfatos y fósforo total	Fosfo-vanada-molibdato (Norma Guanos y Fertilizantes de México S.A. Clave A 523/3/060250/10)
Sólidos	Gravimétricos Standard Methods (1980)
Alcalinidad	Potenciométrico adaptado para equipo HACH mod DREL/5
DBO5	Standard Methods (1980)
Cobre	Bicinconicinato adaptado para equipo HACH mod DREL/5
Fierro	Espectrofotómetro Perkin Elmer y Klett Summerson
Grasos y aceites	Azul de metileno, espectrofotómetro Perkin Elmer TL3B
Detergentes	Standard Methods (1980)
Coliformes totales	Número más probable

Para la evaluación del metabolismo de la comunidad (producción y respiración) se utilizó el método de Odum y Hoskin (1959) con una periodicidad de muestreo de 2 horas. Se emplearon las tablas de concentración de saturación incluidas en Riley y Skirrow (1975).

RESULTADOS

Metabolismo de la comunidad.

En los dos puntos trabajados el metabolismo de la comunidad fue heterotrófico, esto es, que predominó la respiración.

En los Puentes Cuates la productividad primaria neta (PPN) fue muy baja e incluso indetectable en marzo y abril. En todos los ciclos la respiración fue mayor (tabla 2) y como consecuencia el índice producción:respiración (P:R), fue menor a la unidad.

En la superficie de la desembocadura del río la tendencia del cociente P:R fue similar, a pesar de que la respiración fue varias veces menor (tabla 2), sin embargo el coeficiente de difusión K fue más pequeño que el de la estación 1 lo que señala el alto grado de turbulencia existente río arriba, ya que valores semejantes (4.91 en promedio, excepto en junio y septiembre) han sido reportados para ríos pequeños (Velz, tomado de Odum, 1956).

En la bocana, a la profundidad de 5 metros, la hidrodinámica dificultó registrar la productividad, mientras que ésta fue imposible de calcular en los ciclos de marzo, septiembre y diciembre porque el contenido de oxígeno superó la concentración de saturación durante todo el día. Por lo contrario, en octubre el volumen del gas fue menor a ese valor, de lo que se infiere que la degradación de materia orgánica debe haber sido alta. En ese muestreo la evaluación de la carga orgánica (DBO₅), de las bacterias coliformes, de las grasas y los aceites arrojó resultados elevados, lo que posiblemente incidió en la concentración de oxígeno.

Tabla 2.- Resultados de la medición del metabolismo de la comunidad en el río y su desembocadura. Donde: PPN Productividad Primaria Neta, PPB Productividad Primaria Bruta, R Respiración; Unidades: mg O₂ m⁻² día⁻¹.

	marzo	abril	junio	julio	sept.	oct.	dic.
Puente Cuates							
PPN	--	--	2.6	0.9	1.3	--	8.5
PPB	30.1	20.6	10.5	41.3	12.0	40.8	35.3
R	57.9	39.6	14.9	71.7	19.8	75.4	55.9
K	5.0	3.5	0.03	5.5	1.2	5.6	4.7
P:R	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6
Bocana (superficial)							
PPN	1.1	1.7	2.0	0.3	1.7	1.8	57.5
PPB	4.0	4.5	9.0	9.8	7.4	16.9	--
R	5.7	5.3	13.5	16.9	10.2	27.7	--
K	0.5	0.5	0.6	0.9	0.2	4.2	20.2
P:R	0.7	0.8	0.6	0.5	0.7	0.6	--
Bocana (5 metros)							
PPN	1.1	1.3	1.2	0.2	--	0.3	--
PPB	--	2.2	2.4	3.9	--	2.7	--
R	--	1.6	2.3	6.4	--	4.4	--
K	5.6	0.4	0.4	3.2	1.0	0.3	--
P:R	--	1.3	1.0	0.6	--	0.6	--

En abril y junio en la estación de la bocana, la productividad excedió a la respiración por lo que ésta área fue autotrófica, sin embargo, aunque es posible suponer que la biomasa fitoplanctónica haya sido elevada y la causante del incremento en el contenido del oxígeno disuelto faltan elementos para apoyar esta hipótesis ya que la transparencia del medio fue menor a la de otros muestreos.

Variables físicas y químicas.

La temperatura en ambos puntos fue elevada y presentó pequeñas modificaciones en el año dependientes del ciclo estacional, mientras que las fluctuaciones diarias variaron en función de la radiación solar.

En los puentes Cuates (Est.1), las condiciones fueron menos estables que en la bocana (Est 2) por la escasa profundidad de la zona (menor a un metro). La temperatura más elevada se registró en junio, en contraste con la desembocadura donde se midió hasta octubre como resultado de la influencia marítima.

La transparencia en los puentes Cuates permitió apreciar el fondo en todos los muestreos, mientras que en la bocana se observaron diferencias significativas entre los ciclos y estuvo relacionada con el contenido de sólidos suspendidos y disueltos.

La concentración de oxígeno fue menor a la de saturación en la mayoría de los ciclos en la estación 1 y en la superficie de la estación 2, con la excepción de diciembre (fig 2).

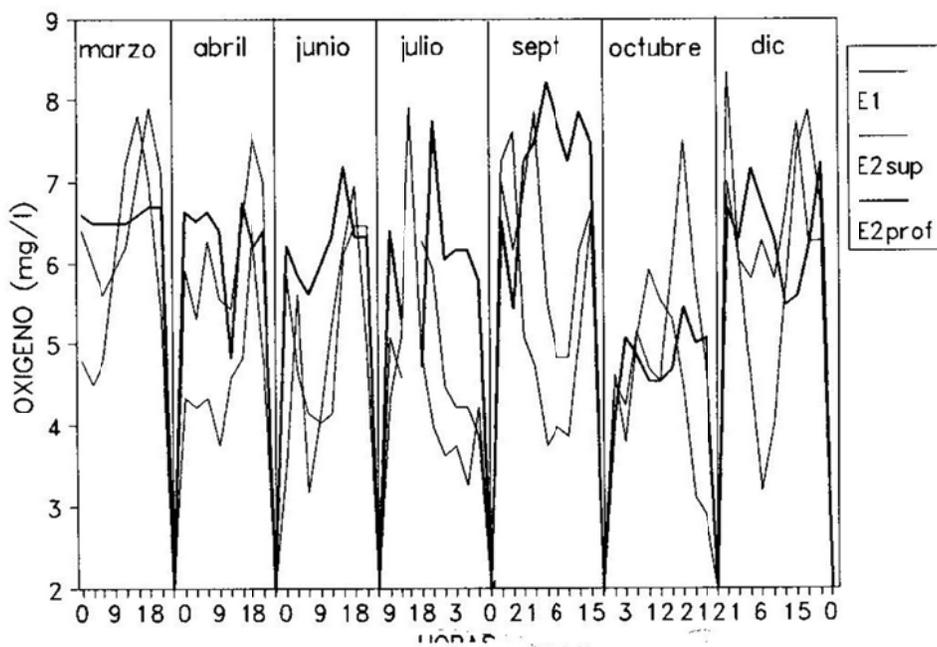


Fig. 2.- Variaciones de oxígeno observadas en los Puentes Cuates (E1) y en la desembocadura (E2sup: superficie; E2fondo: 5m).

En el segundo nivel de la bocana, el contenido fue mayor a la concentración de saturación en los muestreos de marzo, septiembre y diciembre.

En los puentes Cuates, las variaciones diurnas del oxígeno fueron mayores que las registradas entre los muestreos y aparentemente la temperatura incidió con mayor significancia que otras variables, aunque también se encontraron correlacionadas (tabla 5a) en algunos ciclos con los sólidos, los detergentes, los ortofosfatos, los nitritos, la conductividad y el cobre.

En la desembocadura existió mayor cantidad de oxígeno que en la estación 1 (tabla 4). Los valores mínimos estuvieron correlacionados con los nutrientes, mientras que los más elevados dependieron de la hidrodinámica del medio.

La salinidad en la estación 1 fue inexistente y la conductividad del medio semejante a la de un sistema dulceacuícola de aguas duras como las presas de Infiernillo y la Villita, ubicadas río arriba (SEDUE, 1992; Jiménez *et al.*, 1993).

La conductividad en esa estación fue mayor durante el verano y menor en los ciclos de marzo, abril y diciembre, asimismo se encontraron fluctuaciones diarias muy conspicuas, especialmente en octubre y diciembre.

En la bocana la salinidad superficial dependió de la mezcla del agua del río y la marina, por lo que se encontraron valores promedio extremos de 2.2 y 24.3‰. A la profundidad de 5 metros la influencia costera fue más evidente y las concentraciones medias se registraron entre 28.2 y 35.6‰.

La salinidad del segundo nivel permitió estimar la influencia marina, la que dependió de las dimensiones de la marea. En esta área la conductividad estuvo relacionada con el valor de la salinidad ($r=0.9$) aunque también fue afectada por el contenido de sólidos del medio. El pH en la zona de la desembocadura presentó pocos cambios, excepto en octubre cuando alcanzó valores de 9 a las 18:00 y 24:00 hrs, mientras que en el área dulceacuícola fue más variable.

El contenido medio de nitrógeno amoniacal fue elevado en las dos estaciones, como se aprecia en las tablas 3 y 4.

Tabla 3.- Resultados promedio de los ciclos diurno realizados en la estación 1.

VARIABLES	Marzo	Abril	Junio	Julio	Sept.	Oct.	Dic
Temp °C	25.8	26.68	30.8	29.7	30.4	30.4	26.2
Transp m	0.56	0.44	0.6	0.7	0.5	0.5	-
Oxi. mg/l	5.92	4.67	4.96	4.55	5.31	4.51	5.98
%Saturación	72.25	50.25	65.8	59.11	70.11	59.44	74
DBO ₅ mg/l	0.76	1.05	0.9	0.74	1.31	1.84	1.03
Salinidad	0	0	0	0	0	0	0
pH	7.95	8.03	7.83	7.71	7.61	7.64	8.19
Cond	447	446	-	619	741	649	521
Turb. m	2.25	1.48	1.46	1.92	2.65	2.35	3.79
N _{amc} mg/l	-	-	0.19	0.43	0.36	0.13	0.46
Amonio mg/l	-	-	0.24	0.05	0.46	0.17	0.32
P _{total} mg/l	0.95	2.87	2.36	5.16	1.96	1.27	2.16
Ortof. mg/l	0.23	0.64	0.75	1.09	0.15	0.90	1.18
S.tot. mg/l	415	261	313	481	404	465	345
Cobre mg/l	0.03	0.045	0.06	0.84	0.064	0.089	0.04
Fierro mg/l	0.044	0.081	0.073	0.064	0.011	0.02	0.04
Alca mg/l	115.8	122.8	126	133.2	102.6	107.3	125.
Deter. mg/l	0.033	0.03	0.031	1.81	2	0.078	0.01
Grasas mg/l	0.616	0.982	1.313	3.23	9.17	3.98	0.18
Coliformes	4338	64600	31375	56345	182444	196889	s/m
Prof. m	0.56	0.44	0.66	0.79	0.58	0.58	0.83

Claves: Temp:temperatura; Transp:transparencia; %Sat:% de saturación; Cond:conductividad; Turb:turbidez; N_{amc}:nitrógeno amoniacal; Ptotal:fósforo total; Ortof:ortofosfatos; S.tot:sólidos totales; Alca:alcalinidad; Deter:detergentes; Prof:profundidad.

Unidades: Conductividad umhos/cm; Coliformes colonias/100 ml

Tabla 4.- Resultados promedio de los ciclos diarios efectuados en la desembocadura (Est 2) en la superficie (A) y a 5 metros de profundidad (B).

A)

VARIABLES	Marzo	Abril	Junio	Julio	Sept.	Oct.	Dic
T _{temp} °C	27	27.71	29.2	28.8	29.8	30.1	28
T _{transp} m	2.5	2.10	3.1	4.4	2.08	2.2	2.5
Oxi. mg/l	6.52	6.20	5.04	4.82	6.20	5.22	6.42
% Sat.	86.5	84.75	68.1	54.34	83.55	74.00	94.9
DBO ₅ mg/l	0.87	0.95	0.8	0.772	1.59	1.75	2.63
Salinidad	7.85	11.63	3.75	2.28	5.68	10.7	24.3
pH	8.11	8.24	7.76	7.68	7.81	8.16	8.20
Cond	13112	18958	6485	4200	10266	16733	38900
Turb. m	2.40	1.61	1.78	1.98	3.85	2.81	3.77
N _{amonal} mg/l	s/m	s/m	0.69	0.39	0.60	0.41	0.90
Amoac. mg/l	s/m	s/m	0.88	0.05	0.76	0.53	1.16
P _{total} mg/l	0.8	4.21	2.06	2.02	3.23	1.64	2.17
Ortot. mg/l	0.45	0.33	1.48	1.00	1.73	0.50	0.96
S _{tot} mg/l	3168	4145	2809	1812	2685	35585	21307
Cobre mg/l	0.195	0.071	0.07	0.05	0.051	0.09	0.27
Fe mg/l	0.061	0.052	0.049	0.124	0.066	0.003	0.069
Alca mg/l	118	124	124	129	105	109	110
Deter. mg/l	0.38	0.04	0.034	2.30	2	0.078	0.018
Grasa mg/l	3.21	2.17	3.576	7.86	20.62	13.91	7.32
Coliformes	9750	25275	68216	55436	22555	21111	s/m
Prof. m	13.81	12.68	14.02	13.58	13.77	s/m	s/m

B)

VARIABLES	Marzo	Abril	Junio	Julio	Sept.	Oct.	Dic.
T _{temp} °C	28.06	28.77	30.11	29.13	29.7	30.04	27.8
Oxi. mg/l	6.27	6.29	6.21	6.03	7.24	4.81	6.4
% Sat.	103	98.12	101.5	96.25	115.6	77.44	100.3
DBO ₅ mg/l	1.35	1.90	1.61	1.19	1.55	0.79	1.60
Salinidad	35.7	28.2	34.74	30.2	34.78	35.2	35.6
pH	8.18	8.24	8.01	8.07	7.0	8.36	8.53
Cond	56637	52900	57271	51250	57077	54442	56455
Turb. m	s/m	2.48	2.18	2.28	3.61	3.21	3.57
N _{amonal} mg/l	s/m	s/m	5.37	3.82	4.46	2.83	5.86
Amoac. mg/l	s/m	s/m	6.92	4.93	5.73	4.04	7.55
P _{total} mg/l	1.36	6.88	1.52	1.69	2.94	2.37	1.69
Ortot. mg/l	0.87	0.87	0.7	0.95	1.04	1.11	0.77
S _{tot} mg/l	36547	35191	36641	34725	35725	33080	35418
Cobre mg/l	0.091	0.124	0.470	1.071	0.79	0.75	0.17
Fe mg/l	0.088	0.08	0.084	0.072	0.016	0.019	0.026
Alca mg/l	117.5	118.7	107.0	104.8	101.1	101.3	106.0

Unidades: Conductividad umho/cm; Coliformes colonias/100 ml;

Temp: temperatura; T_{transp}: transparencia; Oxi: oxígeno; % Sat: % de saturación; Cond: conductividad; Turb: turbidez; N_{amonal}: nitrógeno amoniacal; Amoac: amoníaco; P_{total}: fósforo total; Ortot: ortofosfatos; Fe: hierro; S_{tot}: sulfatos totales; Alca: alcalinidad; Deter: detergente; Prof: profundidad.

En la estación 2 la variación entre la superficie y los 5 m fue muy notable (fig. 3), mientras que en el primer nivel se registraron entre 0.39 y 0.9 mg/l, a los 5 metros se obtuvo entre 3.82 y 5.86 mg/l.

La tendencia del amonio fue similar aunque las concentraciones fueron superiores (tabla 4). Sobre esa base es presumible que este nutriente se haya encontrado en mayor cantidad en el medio marino adyacente a la desembocadura, al contrario de lo que cabría suponer considerando lo elevado de la respiración y del contenido de bacterias coliformes en el estuario.

El contenido de ortofosfatos y fósforo total también fue alto. En los puentes Cuates el contenido promedio fue menor que el cuantificado en la desembocadura lo que indica que en la trayectoria entre ambas estaciones se incorporaron cantidades elevadas de este compuesto (fig. 4b).

Aunado a lo anterior, en la bocana se registraron correlaciones significativas aunque negativas con la salinidad y la marea, lo que evidencia el origen dulceacuícola del fósforo (tabla 5b). Por otro lado, se encontró significativa y positivamente relacionado con compuestos de origen residual durante la mayor parte de los ciclos (los detergentes, el cobre, el hierro y las grasas).

En los puentes Cuates el contenido de sólidos suspendidos y totales fue pequeño en todos los muestreos. Estos últimos aparentemente están constituidos por compuestos volátiles que no fueron medidos en este trabajo.

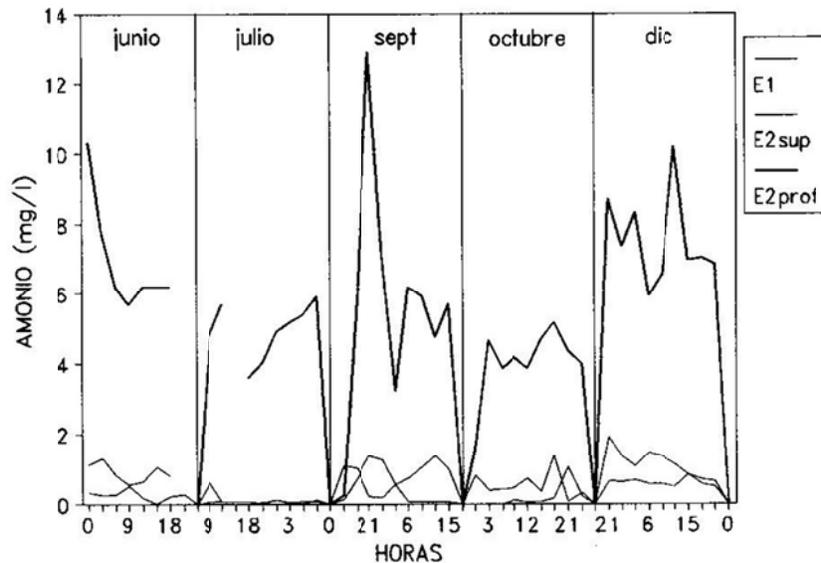


Fig. 3.- Concentraciones de amonio registradas en la Estación 1 (Puentes Cuates) y en la Estación 2 (Superficie: E2sup y 5m: E2fondo).

En la superficie de la estación 2 los sólidos suspendidos fueron escasos y el medio correspondió al tipo intermedio entre aguas claras y poco turbias (prom < 100 mg/l) en el

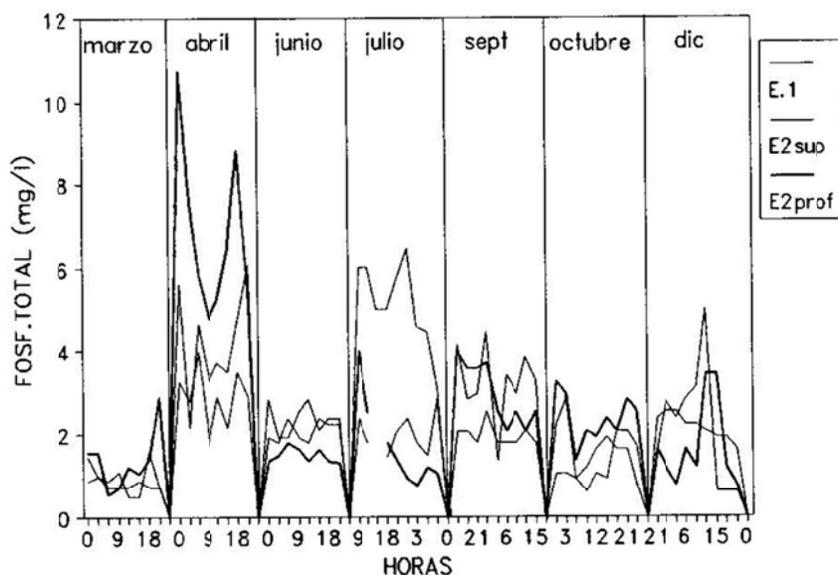


Fig. 4.- Concentraciones de fósforo total observadas en los Puentes Cuates (E1) y la Desembocadura (E2).

período comprendido entre marzo y octubre. Mientras que en el segundo nivel el volumen de sólidos en suspensión fue grande. Sin embargo, tanto los sólidos suspendidos como los totales presentaron variaciones aleatorias a lo largo del día.

La alcalinidad fue elevada en las dos zonas analizadas y corresponde a medios bien amortiguados.

La cuantificación del cobre arrojó valores superiores a los permitidos por SEDESOL para este tipo de ambientes (0.01 y 0.05 mg/l, respectivamente). En la estación 1 el contenido varió entre 0.03 y 0.089 mg/l, mientras que en la estación dos se encontró entre 0.053 y 0.27 mg/l en superficie y entre 0.091 y 1.071 mg/l a 5m de profundidad. El volumen en el estuario fue superior al del río, lo que señala el aporte del cobre en el puerto.

Se registró un fenómeno similar con el hierro aunque este metal se encontró dentro de las cantidades permisibles. La cantidad en el río fue ligeramente menor que en los dos niveles de la desembocadura. En la superficie de la estación 2 se encontró un valor excepcionalmente elevado en julio (0.124 mg/l). Estas tendencias deben resultar de la sedimentación del metal desde el punto de descarga en el Paso de Burras, localizado en el interior de la dársena, hasta la bocana.

El contenido de detergentes fue grande, aunque estuvo dentro de los límites establecidos por la normatividad ecológica para aguas de uso doméstico y para explotación pesquera, excepto en julio y septiembre cuando superó ampliamente estos valores. Asimismo se observó que las cantidades fueron similares entre los dos ambientes, aunque en el estuario fueron ligeramente más altas durante las primeras cuatro colectas.

Los detergentes de la estación 2, se encontraron directamente relacionados (tabla 5b) con

los sólidos totales, el fósforo, el DBO₅, el cobre, el hierro y el nitrógeno amoniacal en algunos ciclos; e inversamente proporcionales a la salinidad y la marea en marzo.

El contenido de grasas y aceites fue elevado en los puentes Cuates y en el estuario, aunque en este último se incrementó entre 2 y 10 veces en julio, septiembre y octubre con respecto a los ciclos anteriores. En ambos sistemas superó los límites marcados por SEDESOL.

La carga orgánica estimada con la técnica de DBO₅ fue menor a 2 mg/l y similar entre las dos áreas, excepto en la superficie de la estación 2 durante diciembre. Las concentraciones variaron aleatoriamente entre los ciclos y durante algunos de ellos fueron dependientes del contenido de nitrógeno amoniacal, el cobre y la salinidad.

Las bacterias coliformes fueron muy abundantes y mayores a lo aceptable para usos pesqueros (10 000 NMP/100 ml) en ambos sistemas. En el río el contenido fue menor que en la desembocadura, pero también muy alto a causa del drenaje de origen doméstico de las poblaciones que se ubican río arriba, por lo que se cuantificaron entre 4338 y 196 889 NMP/100 ml (fig. 5).

En el estuario los valores promedio se encontraron entre 9759 y 225 556 NMP/100 ml, lo que restringía su uso al de la navegación. Las cantidades de coliformes totales más conspicuas se encontraron en septiembre y octubre, coincidentes con tasas respiratorias altas.

Tabla 5a.- Coeficientes de correlación simple obtenidos entre las variables medidas en la estación 1. En número romano se presenta el mes.

VAR	COND	OXIGENO	DBO5	Ptotal	ORTOFOSF	SOL tot	COBRE	FIERRO	ALC	DETERGENTES	GRASAS
TURBIDEZ	XII=-0.91	III=-0.73		X=-0.79				III=-0.77	XII=-0.89	III=-0.81	IV=-0.92
OXIGENO	III=-0.85				VI=-0.75		IX=-0.74				
	IX=-0.76										
pH	III=-0.89		III=-0.87			III=-0.86	III=0.8		XII=-0.73		
	XII=-0.78										
DBO5	III=-0.88			IX=-0.85		III=-0.91					
						X=0.81					
AMONIO											
Ptotal					IX=-0.89	XII=-0.88					
					X=-0.97						
ORTOFOSF				XII=-0.98		VI=0.98					
					XII=-0.84						
SOL TOT	III=-0.97	III=-0.86									
	XII=-0.79										
COBRE		VI=-0.87				IV=-0.74		X=-0.86			
FIERRO		III=-0.80							IV=-0.80		
ALC	XII=-0.90										
DETER		III=-0.95						IV=-0.74			
GRASA								III=-0.81			
BACTERIAS		VII=-0.89	IV=-0.80		VI=0.83		VI=0.93				
			VI=-0.88								

Tabla 5b.- Coeficientes de correlación simple obtenidos entre las variables de la estación 2. En números romanos se presentan los meses.

VAR	COND	OXIGENO	MAREA	SAL	DBOS	AMONIO	Protal	ORTOFOSF	SOL tot	COBRE	FIERRO	ALC
OXIGENO	III-0.7			VII-0.8	VIS-0.8		XII-0.85	III-0.9	III-0.81			
	VII,X-0.8			VIS-0.7				VI-0.8				
MAREA		XII-0.72			X-0.7						XII-0.70	
	III,IV,VI-0.9	IV5-0.9			VIS-0.9			III-0.7	XII-0.76			
SAL	IV5,VIS-0.9				XII-0.78			X-0.73				
	XII-0.99											
DBOS	XII-0.77	X-0.97	VI-0.7	XII-0.788		VIS-0.9	IX-0.7	IX-0.8				
		X5-0.8						X5-0.74	X5-0.89			
AMONIO								IV5,VIS-0.8				VI-0.8
Protal	IV5,VIS-0.8	XII-0.85	VIS-0.7	X-0.8	IX-0.8			XII-0.99				IV5-0.9
	X-0.8							IX-0.9	X5-0.9	X-0.8		IV5-0.8
ORTOFOSF	III,IV5-0.8	XII-0.86		X-0.73				IX-0.94				IX-0.7
	X-0.8											
SOL TOT	IV,IV5,IX-0.7	VII-0.9	III-0.8	VII-0.9	VIS-0.8	X5-0.89	IV5-0.8				VII-0.8	
	VII-0.9			VIS-0.9								
	XII-0.82											
COBRE		VI-0.8	VIS-0.71	IV-0.9	X-0.86	X5-0.83	IV-0.7	VI-0.72	III-0.71			
		X-0.86					VIS-0.7	X5-0.86	X5-0.86			
FIERRO	VII-0.8	VI,VII-0.8	III,VI-0.8	VII-0.8	VIS-0.7	VI-0.9		IV-0.8	VIS-0.8			
		X,X5-0.8	VII,IV5-0.7			VII,VIS-0.8		VI-0.8				
ALC					III-0.7		IV-0.87	VIS,VII-0.8				
					IX-0.7			IX-0.8				
DETER		III-0.9	VII-0.7	III-0.8		VI-0.8	X,X5-0.7	III-0.87	III-0.8	IV5-0.7	XII-0.74	IV-0.9
			VIS-0.7				IV-0.7		VI-0.7	VIS-0.7		
GRASA	III,VII-0.78	VII-0.9	IV-0.7	III,VII-0.7		VIS-0.8	IX-0.9	IX-0.9			VII-0.7	III-0.8
	VI-0.78	VIS-0.8		VI-0.8								X,IV-0.7
		XII-0.72										
BACTERIAS			IV-0.9	VII-0.7						VIS-0.7		
			IV5-0.8	VIS-0.7								

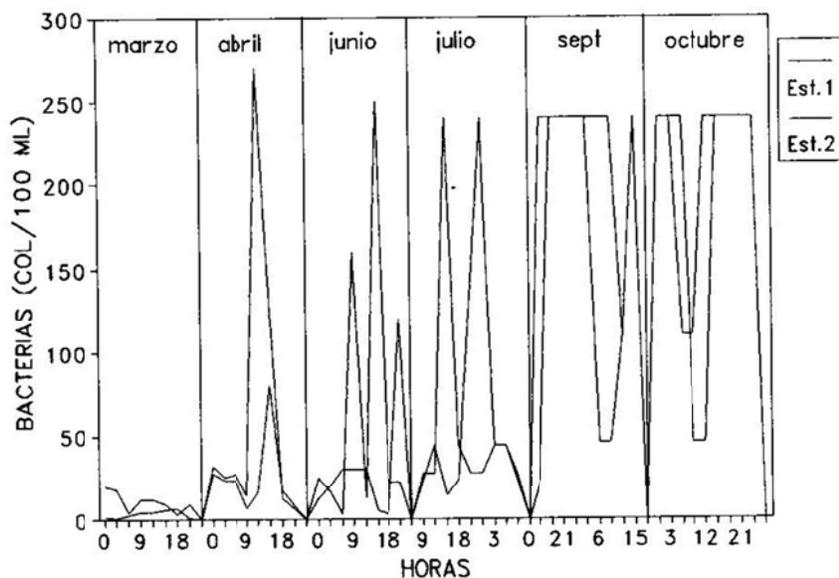


Fig. 5.- Bacterias coliformes totales (NMP/100ml) estimadas en los Puentes Cuates (E1) y en la Desembocadura (E2sup: superficie; E2fondo: 5m).

DISCUSION

De lo anterior se desprende que la productividad en ambas áreas ha sido afectada por las descargas industriales y/o domésticas. En el río y en la desembocadura la respiración predominó sobre la generación de material orgánico.

En el río la transparencia indicó que el fitoplancton fue escaso, sin embargo aunque se apreció la existencia de vegetación sumergida, ésta no produjo el oxígeno suficiente para compensar la tasa respiratoria. En esa zona la temperatura contribuyó a la pérdida del gas hacia la atmósfera. Por otra parte, el contenido de bacterias coliformes resultante del vertido de aguas residuales río arriba, debe haber favorecido el incremento del gasto respiratorio.

En el estuario el contenido de contaminantes debe haber incidido negativamente en la productividad, puesto que la cantidad de cobre medida es capaz de inhibir la fotosíntesis de algunas microalgas (Mason, 1985), mientras que la de hierro limita la penetración de la luz al medio, puesto que este metal es arrojado en pequeñas partículas visibles a simple vista (Rodríguez, comunicación personal). Por otra parte, la hiperfertilización provocada por las elevadas concentraciones de compuestos fosforados no implica valores altos de productividad puesto que los grandes volúmenes de biomasa fitoplanctónica se encuentran inversamente relacionadas con la generación de materia orgánica (Findenegg, 1965).

En el segundo nivel de la desembocadura, donde la influencia marina fue evidente, el índice P:R superó la unidad en los ciclos de abril y junio. A esa profundidad la turbulencia contribuyó a sobresaturar el medio lo que dificultó la aplicación del método de la curva diurna en tres de los muestreos.

En relación con las fluctuaciones diarias del resto de las variables, en lo general, éstas fueron independientes de la hora. No obstante, las concentraciones más elevadas de oxígeno en el río se alcanzaron durante el día, de acuerdo con lo esperado, mientras que las de fósforo total se detectaron en el período nocturno aunque en ambas estaciones las tendencias fueron sumamente irregulares. Por otra parte, en la bocana los valores elevados del gas oscilaron de manera aleatoria.

La heterogeneidad de los otros factores posiblemente sea el resultado de las variaciones en el volumen de las descargas industriales y ciudadanas. En la tabla 6 se muestra la amplitud del recorrido en los resultados de la medición de algunas sustancias en la descarga del yesoducto de FERTIMEX en un ciclo diurno (EPAC, *op cit*).

Tabla 6.- Compuestos arrojados por FERTIMEX a lo largo de un ciclo diurno (Fte EPAC *op cit*).

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo
pH	2.75	3.5	2.0
O ₂ (mg/l)	3.43	5.8	1.2
P-PO ₄ (mg/l)	1996.7	11123.0	198.0
Ca (mg/l)	18623.5	41537.0	5813.0
Amonio (mg/l)	0.99	3.5	0.0
Sol. Tot (mg/l)	58.49	75.4	17.8

Clave: P-PO₄ Ortofosfatos

Ca Calcio

Sol.tot. Sólidos totales

Otros procesos importantes que intervienen en la dinámica de los compuestos son el efecto diluyente del río, la influencia de la marea y los factores físicos, químicos y biológicos que los afectan.

En la desembocadura, la magnitud de los desechos industriales fue inferida a través de la cuantificación de fósforo, amoníaco, metales pesados (cobre y hierro) y grasas. Las concentraciones de estas variables fueron elevadas y los coeficientes de correlación y los patrones de distribución indicaron el origen estuarino de estos compuestos.

Sin embargo en las variaciones de los compuestos fosforados (durante algunos ciclos), del cobre y del nitrógeno amoniacal también se registró la influencia de la descarga del yesoducto de Fertimex en la desembocadura, puesto que el contenido de estos compuestos a los 5 metros fue mayor que el registrado en la superficie, mientras que en la zona costera adyacente fue más pequeño (Rodríguez, comunicación personal). Tanto el cobre como el amoníaco son subproductos del procesamiento de la roca fosfórica (EPAC, *op. cit.*).

El fierro, por otra parte posiblemente se precipitó en el área comprendida desde el punto de descarga (Paso de Burras) situado en el interior del puerto hasta la desembocadura, lo que explicaría la homogeneidad de los resultados entre las estaciones.

La elevación del pH durante algunas horas en la bocana es probable que sea el resultado del vertido de sustancias alcalinas por las empresas, como se ha registrado en una de las descargas de SITCARSA (Jiménez, 1992), sin embargo este drenaje se encuentra lejos de la desembocadura.

Los detergentes y las bacterias coliformes que deben representar una elevada proporción de las aguas negras de origen doméstico, presentaron "picos" en algunas horas durante los primeros ciclos. Posteriormente se incrementaron significativamente en los muestreos de julio, septiembre y octubre, en coincidencia con la temporada veraniega y de ciclones. Durante este período la lluvia arrastra la materia orgánica y los desechos de la zona urbana y rural. Esta área se caracteriza por su elevada insalubridad y por los grandes volúmenes de basura que están depositados al aire libre.

Es probable que el impacto de las descargas domésticas sea superior al de las empresas si se considera el alto contenido de los coliformes y de detergentes en el medio. En la tabla se anotan los resultados obtenidos por otros investigadores que han trabajado en el área, sin embargo el monitoreo no ha sido continuo a pesar de los esfuerzos realizados por SEDUE y la Armada de México en ese sentido.

De la comparación se desprende que la calidad del agua se deterioró en el período de 12 años que cubren los trabajos. Las variables que se han incrementado significativamente son el contenido de coliformes totales, la concentración de fósforo, el DBO5 y el amoníaco total. La concentración de oxígeno en el río registrada por Ledesma (1978) arrojó resultados más altos que los reportados en esa área por SEDUE y en este estudio, lo que que señala el deterioro de la capacidad productiva del medio. Los otros factores presentan variaciones amplias y aleatorias que reflejan la intensa dinámica del sistema. Esto es más evidente al comparar los resultados de SEDUE y este trabajo que se efectuaron en fechas cercanas.

Por otra parte, en los sistemas estuarinos, la productividad del fitoplancton en ocasiones es relativamente pequeña por la dinámica del medio (Lugo y Snadaker, 1982). En este sentido cobra relevancia la contribución de otros productores, como son las hidrofitas, el microfitorbentos y la vegetación marginal (manglares). Sin embargo, la biomasa de estas plantas se ha visto afectada por las modificaciones al sistema que se realizaron cuando se construyó el puerto industrial.

Finalmente, cabe señalar que durante el período del estudio el agua de la desembocadura y el río sólo era útil con fines de navegación.

LITERATURA CITADA

Chávez A., R., 1992. Evolución de la línea de costa oeste al canal de acceso del puerto industrial de Lázaro Cárdenas, Michoacán. Resúmenes IX Congreso Nacional de Oceanografía. Veracruz, México. p.262

EPAC-Consultores., 1990. Estudio del impacto ocasionado sobre el ambiente marino por la

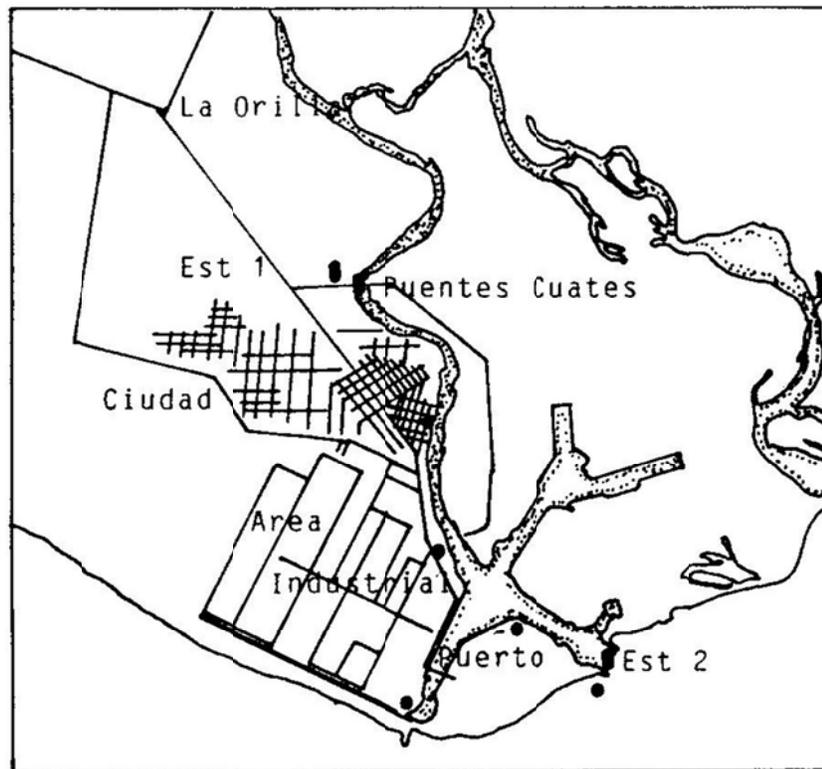
- descarga de fosfoyeso producido por FERTIMEX en Lázaro Cárdenas., Mich. Informe interno. Lázaro Cárdenas, Mich. 200 pp.
- Findenegg, I., 1965. Factors controlling primary productivity, especially with regard to water replenishment, stratification and mixing. In: C.R. Goldman (Ed) Primary productivity in aquatic environments. Mem. Ist. Ital Idrobiol., 18 Suppl. University of California Press, Berkeley. pp:105-120
- Jiménez Q., M.C. 1992. Evaluación de algunas sustancias contaminantes en la desembocadura del río Balsas EN ENERO DE 1992. Informe de comisión. Informe Interno del Centro Regional de Investigación Pesquera-Pátzcuaro, Mich. 30 pp
- Jiménez Q. M.C., C. Ramírez y N. Zarate., 1993. Estudio hidrobiológico de la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Mich.-Gro. Informe semestral. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras-Pátzcuaro (INP). Pátzcuaro, Mich. 25pp
- Ledesma O., M.T., 1978. Estudio de la calidad del agua en el delta del río Balsas. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM. 75pp.
- Lugo, A.E. y S.C. Snedaker, 1974. The ecology of mangroves. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5:39-64
- Mason, C.F., 1984. Biología de la contaminación del agua dulce. Alhambra. España. 289 pp.
- Odum, H.T., 1956. Primary production in flowing water. Limnol. and Oceanogr. 1:102-117
- Odum, H.T. y C.M. Hoskin., 1959. Comparative studies on the metabolism of marine waters. Publ. Inst. of Mar. Sci. (University of Texas). 5: 16-45
- Parra G., M., 1985. Impacto ambiental en el puerto industrial Lázaro Cárdenas, Mich. Tesis profesional. Fac. de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM. México, D.F. 132 pp.
- PROMAM, 1988. Informe de las actividades de monitoreo de la calidad del agua en la desembocadura del río Balsas. Período enero-septiembre. Informe interno. XVI Zona Naval Militar. Lázaro Cárdenas, Mich., 10 pp.
- Restrepo, I., 1984. Los polos de desarrollo: de la teoría a la realidad. In: I. Restrepo (Coordinador). Las Truchas ¿Inversión para la desigualdad?. Centro de Ecodesarrollo Ed. Océano. pp:11-42
- Riley, J.P. y G. Skirrow, 1975. Chemical Oceanography vol. II, 2a. ed. Academic Press. p:603-604
- Romero, F., 1978. Disposición en el océano del yeso subproducto de la fabricación de ácido

fosfórico. Informe Instituto de Ingeniería. UNAM. Proy. 8124 1-4 y 9072 I-III

SARH., 1985. Reporte de la visita de campo efectuada en la siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas , S.A. (SICARTSA) en atención a la solicitud de permiso de descarga de aguas residuales. Informe interno. Morelia Mich. 15pp.

SEDUE, 1988. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas. Serie: Normatividad Ecológica no. 4. México, D.F. 40 pp

SEDUE, 1990. Análisis físico químico de aguas residuales. Reportes internos del departamento de laboratorio. Subdelegación de Ecología. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología- Delegación Michoacán. 50pp



■ Est 1: Puentes

● Puntos

Cuates

de descarga

Est 2: Bocana