

---

## ESTUDIOS HIDROBIOLÓGICOS EN LA LAGUNA DE TAMIAHUA

---

A. VILLALOBOS\*, S.  
GOMEZ, V. ARENAS, A.  
RESENDEZ Y G. DE LA  
LANZA\*\*

\* Depto. de Zootecnia,  
División CBS. Univer. Aut.  
Metropolitana. Iztapalapa,  
D.F.

\*\* Instituto de Biología, Univ.  
Nal. Aut. de México.

Trabajo del programa de  
estudios de Lagunas  
Costeras del Instituto de  
Biología, UNAM, con la ayuda  
económica de PEMEX.

### RESUMEN

Se presenta un estudio de la batimetría, sedimentología, meteorología y de los factores hidrológicos, biomasa de plancton, fauna de peces y recurso ostrícola de la laguna de Tamiahua, comprendido entre los meses de septiembre de 1966 y agosto de 1967. El 80% del fondo de la Laguna muestra profundidades de 1.5 a 3.0 m. en el que predominaron sedimentos limoarcillosos con valores mayores de 50%.

La clorinidad de la laguna se vio afectada por la escurréntia de los arroyos y por la afluencia del río Pánuco en su extremo norte durante la época de lluvias. En su porción sur es más notable el influjo marino y menor el de agua dulce. Solamente en una región somera y semicerrada de la parte sur, la laguna presenta caracteres hiperhalinos durante la época de sequía; el resto del año, las mesas de agua conservan caracteres polihalinos, con gradientes poco acentuados. Parece ser que la temperatura del agua mantiene poca variación diaria y anual, con excepción de aquellas producidas por efectos de los vientos fríos del norte que afectan considerablemente a la fauna de peces.

Los valores de oxígeno disuelto en el agua, exhibieron una estrecha relación con los del fitoplancton; los volúmenes de zooplancton mostraron una distribución sucesional en relación con los valores de fitoplancton

La fauna de peces está representada por varias especies de alto valor económico entre las que destacan *Mugil cephalus*, *M. curema*, *Caranx hippos*, *Centropomus undecimalis*, *C. poeyi*, *Eugerres plumieri* y otras de gran importancia local.

*Crassostrea virginica* constituye el recurso ostrícola fundamental de la laguna de Tamiahua, donde las condiciones ambientales son apropiadas para su desarrollo.

### ABSTRACT

A study of the bathymetry, sedimentology, meteorology, hydrological factors, plankton biomass, ichthyofauna and oyster raising resources of Tamiahua Lagoon is presented, undertaken during the months of September 1966 through August 1967. Eighty percent of the bottom of the lagoon measures depths of 1.5 to 3.0 meters in which muddy clay sediment prevails with values greater than 50 percent.

The chlorinity values of the lagoon were affected by the run-off of streams and by the inflow of the Pánuco River at its northern end during the rainy season. In the southern part the marine inflow is more notable and that of

freshwater is less. Only in a shallow and semienclosed region of the southern part does the lagoon present hyperhaline characteristics during the dry season; the rest of the year water masses maintain polyhaline characteristics, with slightly varying gradients. Water temperature seems to be maintained with slight daily and annual variations, with the exception of those produced by the effects of cold north winds which affect the ichthyofauna considerably.

Dissolved oxygen values show a strict relationship with those of the phytoplankton; the volumes of zooplankton show a successional distribution in relation to phytoplankton values.

The ichthyofauna is represented by various species of high economic value: *Mugil cephalus*, *M. curema*, *Caranx hippos*, *Centropomus undecimalis*, *C. poeyi*, *Eugerres plumieri* and others of considerable local importance.

*Crassostrea virginica* is the primary oyster resource of Tamiahua lagoon, where environmental conditions are suitable for its development.

## INTRODUCCIÓN

Desde los estudios de De Buen (1957), sobre el análisis de la crisis ostrícola en México, no obstante el énfasis que este autor hizo sobre la necesidad de contar con estudios integrales del ecosistema lagunar y la productividad biológica, pocos son los autores que han publicado sus resultados, los cuales generalmente sólo alcanzan la categoría de informes técnicos o en su mejor caso de tesis profesionales. La abundancia de temas abordados sobre la laguna de Tamiahua podría considerarse suficiente para lograr la solución de los problemas que experimenta esta área de enorme importancia en la biología pesquera; sin embargo, la carencia absoluta de investigaciones sostenidas y multidisciplinarias se hace manifiesta cuando dos décadas después de los trabajos de De Buen, los problemas planteados entonces continúan en vigencia. De las contribuciones regionales en los últimos años merecen citarse las siguientes: Sevilla y Mondragón (1965), Cruz (1968), Ayala, Castañares *et al* (1969), Ayala-Castañares (1969), Signoret (1969), Chávez (1969) y Reséndez (1974).

En los años de 1965 y 1966, la laguna de Tamiahua y básicamente su potencial biológico pesquero se vio sujeto a alteraciones difícilmente explicables sin los recursos de información científica pero riesgosamente útiles para la especulación de cualquier índole, particularmente sobre la operación o no de los sistemas de conservación, explotación y mejoramiento de los recursos pesqueros, así como de la administración de los mismos. En tales circunstancias los autores de este trabajo fuimos invitados por la Subdirección de Producción Primaria de Petróleos Mexicanos a través de la Dirección del Instituto de Biología de la UNAM, a fin de estudiar los caracteres hidrológicos y biológicos de la laguna de Tamiahua en atención a los requerimientos de tales nociones, para dilucidar sobre los problemas ecológicos por los que atravesaba esa localidad.

En concomitancia con lo anterior se propuso un programa de trabajo intensivo, en principio para cubrir un año (septiembre de 1966 a agosto de 1967) y con el deseo de posteriormente plantear y estudiar problemas concretos y de esa manera continuar atendiendo a la recuperación de los recursos bióticos de la laguna de Tamiahua. Las necesidades del programa plantearon una inmediata prospección y para ello se establecieron redes de estaciones de observación y muestreo para cada uno de los objetivos particulares. En estimaciones colaterales se obtuvieron datos de algunas variables meteorológicas que influyen directamente al clima de la región donde está emplazada la laguna de Tamiahua. Finalmente con los datos obtenidos, se hicieron correlaciones con algunos aspectos de la biota acuática, en un intento por establecer la influencia del marco ambiental en las características de las comunidades donde están implicadas especies de interés económico.

Este artículo expone sólo una síntesis de los resultados más relevantes en el período de nuestro estudio y los aspectos detallados de cada una de las partes serán motivo de publicaciones particulares posteriores.

## AREA DE ESTUDIO

Las características hidrobiológicas de la laguna de Tamiahua han sido descritas por De Buen (1957), Cruz (1968), documentó en forma bastante amplia sobre los caracteres geológicos del vaso de la propia laguna, así como de sus riberas y vertientes, tratando también sobre la meteorología prevaleciente en la región; más tarde

Reséndez (1974), en un estudio ictiológico se refirió a las características batimétricas e hidrológicas concernientes a estos trabajos. En tales circunstancias nos limitaremos a presentar solamente una descripción sumaria de esta Laguna (Fig. 1).

Ubicación. Corresponde a la porción media occidental de las costas del golfo de México (21°06' a 22°06 lat. N. y 97°23' a 97°23' a 97°40' long. W), con una orientación NNW a SSE, paralela a la línea de costa y separada del golfo de México por una gran barra arenosa denominada Cabo Rojo, que se limita entre dos ríos, el Pánuco y el Tuxpan al norte y sur respectivamente y que han quedado aislados de la laguna de Tamiahua por los azolvamientos de sus canales "Chijol" y "Tampamachoco" al norte y sur respectivamente y que sólo accidentalmente por circunstancias meteorológicas, se llegan a abrir o bien por la intervención de la mano del hombre para mantener las rutas de navegación.

Es una laguna somera con tendencia a los azolvamientos, particularmente en su porción central sur donde los escurrimientos de la época de lluvias depositan enormes cantidades de sedimentos que por otra parte contribuyen al crecimiento de los "bajos" así como de las islas de esta parte de la Laguna y por consecuencia a la reducción de los bancos ostrícolas. La marea se manifiesta con gran retardo comparada con los pronósticos elaborados para los puertos de Tampico y Tuxpan que son los más próximos y corresponde al tipo diurno y con escasa oscilación. Se presupone la existencia de dos ondas de marea una transmitida por el canal de su extremo norte y otra por el de su extremo sur y que podrían encontrarse en la región central norte.

La presencia de tres grandes islas denominadas: Juana Ramírez, del Toro y del Idolo, en el norte, centro y sur del cuerpo principal, respectivamente, conforman un sistema de canales responsables de una circulación tipo anticiclónica en la laguna de Tamiahua.

La ribera occidental de la laguna está altamente poblada de esteros ricos en Mangle (*Rhizophora mangle*; *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) en disposición de sucesión normal en las áreas más antiguas. En esta misma región drenan numerosos arroyos de flujo considerable durante la temporada de lluvias y responsables del abatimiento de la salinidad en esta época y durante la estación seca son capaces de convertirse en excelentes viveros de especies salobres.

El clima de la región corresponde al de cálido húmedo con lluvias fuertes en verano y seco en el invierno, con la excepción de lluvias ocasionales y con frecuencia prolongadas originadas por los vientos del norte, con precipitación superior a 750 mm y temperatura media anual de 18°C, datos variables debido primordialmente a los enfriamientos y precipitaciones producidos por los vientos mencionados.

## MATERIAL Y METODOS DE ESTUDIO

La metodología de las observaciones se ajustó a los procedimientos oceanográficos internacionales, con las modificaciones necesarias para adecuarlas a una laguna costera. Los trabajos se realizaron a bordo de una embarcación de 26 pies de eslora, 6 de manga y 3 de calado; impulsada por motor de Diesel de 80 caballos. En aguas muy someras, los muestreos se hicieron con una lancha de 9 pies con motor fuera de borda.

Las variaciones térmicas se determinaron con termómetros de cubeta, con termistor y con termómetros reversibles. Las muestras de clorinidad y oxígeno se obtuvieron con botella reversible de tipo Van Dorn; las de oxígeno se procesaron en el laboratorio del campamento de PEMEX en la población de Cucharas; las de clorinidad en el laboratorio de Hidrobiología del Instituto de Biología en Ciudad Universitaria. Los métodos usados para la determinación de oxígeno y clorinidad fueron el de Winkler y el de Mohr-Knudsen modificado por Traganza, respectivamente. La transparencia se estimó por medio del disco de Secchi y la turbiedad con el turbidímetro de Jackson. Algunos datos meteorológicos como vientos, humedad relativa, temperatura ambiente y presión atmosférica, se tomaron por medio de un anemómetro de mano, un psicrómetro y un barómetro aneróide a bordo de la embarcación. La estimación de la nubosidad y el cubrimiento se hizo de acuerdo con el código del Manual de Instrucciones para observaciones Oceanográficas de la Oficina de Hidrografía Naval de los EE. UU.

Las muestras de plancton se obtuvieron con dos tipos de red: el primero con 53 cm de boca, dos metros de manga y tres tipos de malla, 0.417 mm, 0.203 mm, y 0.112 mm en orden de la boca al copo; a esta red se le acondicionó un cono invertido de tela de alambre galvanizado de 0.5 cm de malla, para evitar la entrada de ctenóforos y medusas que frecuentemente copaban la red. La red del segundo tipo tuvo 25 cm de boca con un

contador de flujo en ésta y una manga de 3 m de longitud, con malla de tres aberturas: 0.417 mm, 0.203 mm y 0.112 mm en el extremo final. Las muestras de plancton se conservaron en formol neutralizado al 5 %. Los recuentos de células del plancton se llevaron a efecto por el método de Utermöhl y las estimaciones volumétricas por desplazamiento en probeta graduada. La productividad por medio de cuantificación de clorofilas sólo se hizo en forma circunstancial, por deficiencia en los medios de conservación de las muestras.

Las muestras para granulometría se obtuvieron con una draga manual de tipo Petersen y para estudios de los organismos del bentos, con una draga de arrastre. El procesamiento de estas muestras se realizó en el Instituto de Biología.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Caracteres Geográficos e Hidrobiológicos

La conformación de la laguna de Tamiahua, la disposición de sus islas y de la barra arenosa que la separa del mar, así como las modificaciones recientes a su régimen natural con la construcción del canal del Chijol en el Norte y los desazolves continuos de la barra de Corazones al Sur, le han impreso determinadas características, que en cierta forma han modificado, en muy poco tiempo, su régimen hidrológico original con las consiguientes modificaciones de la biota que puebla sus aguas. Sus limitadas relaciones con los influjos marinos la restringen como zona estuárica o albufera, en cambio le determinan cierto parentesco con la laguna Madre (Ayala-Castañares, 1969), aunque evolutivamente Tamiahua es mucho más joven. Su escasa profundidad y su exposición casi directa a los vientos son factores fundamentales en la dinámica de las aguas. Los acarreo de terrígenos por parte de los esteros o ríos y la circunscripción de la cuenca lacustre a un espacio casi cerrado, determinan un fuerte proceso de deposición de los sistemas dispersos de aguas, interrumpido cotidianamente por los vientos que durante todo el año se dejan sentir en la superficie de la Laguna, levantando un oleaje a partir del medio día, que remueve y suspende nuevamente los sedimentos del fondo. Este hecho da lugar a un desplazamiento de tales sedimentos que lenta pero en forma constante se van depositando en las zonas marginales de sotavento.

#### 1. Batimetría.

La laguna de Tamiahua es de fondo somero (Fig. 2). Su máxima profundidad que es de 3.00 m se encuentra localizada en una zona central entre la Laja y la isla del Toro, otra zona más angosta de la misma profundidad, se localiza en el canal oriental entre el N. de la isla Juana Ramírez y la costa de Cabo Rojo. La isobata que delimita esta profundidad en la parte central de la Laguna es levemente sinuosa; pero en la parte occidental y ligeramente al este-sureste del estero de Cucharas, se flexiona bruscamente en una proyección angular cuyo vértice se orienta hacia el este.

La parte del fondo delimitada por la isobata de los 2.50 m, es una terraza que en términos generales se orienta en el sentido nor-noroeste-sur-sureste; una estrecha proyección se prolonga entre la porción occidental de la isla Juana Ramírez y la costa opuesta hasta cerca de Las Lilas; en cambio en su porción sur-sureste, a nivel de la isla de Pájaros (entre las estaciones S-120 y 13), esta terraza se orienta hacia el este y se insinúa en todo el canal que separa isla del Idolo y Cabo Rojo. Ligeramente al sureste del estero de Cucharas, se destaca la proyección que se menciona para la isobata de los 3.00 m.

La franja delimitada por la isobata de los 2.00 m se proyecta más profundamente en los canales occidental y oriental del norte de la laguna. En la porción sur sigue la misma orientación que la isobata de los 2.50 m. Enfrente del estero de San Jerónimo y del estero de Tancochín se destacan dos entrantes hacia la isobata de los 2.50 m de las cuales es mayor la de Tancochín.

La línea que demarca la zona de 1.50 m de profundidad sigue estrechamente el contorno de la Laguna

En el análisis de la batimetría, resulta de interés considerar la presencia de una terraza angular, entre las isobatas de 2.50 y 3.00 m, el este-sureste de la boca del estero de Cucharas. Otra formación semejante se localiza al este-sureste del estero de San Jerónimo, entre las isobatas de los 2.00 y 2.50 m. El estero de Tancochín muestra esta disposición entre las isobatas de 2.00 y 2.50 m, pero la orientación se presenta al norte franco. Tales terrazas pueden ser interpretadas como resultado de la acumulación de material arrastrado por los ríos o esteros; la posición de las terrazas que corresponden a los esteros de Cucharas y San Jerónimo está ligeramente desplazada hasta el este-sureste lo que podría explicarse por la acción de los vientos dominantes del norte y noreste, sobre los sistemas

dispersos acarreados por tales esteros. En el caso del estero de Tancochín, cuya boca está orientada hacia el norte, la prolongación angular muestra su orientación en el mismo sentido posiblemente porque el proceso de sedimentación no es afectado en forma lateral como en los otros casos. Por otra parte, las bocas, tales como Bocaina, boca de San Andrés, boquerón de Burros y boca de Corazones, son pasos estrechos en los que la acumulación de sedimentos determina una elevación del fondo con la consiguiente obstrucción. La boca de San Andrés en la parte norte de la isla Juana Ramírez, con profundidades entre 0.75 y 1.50 m, limita notablemente la circulación del agua, tanto de la que acarrea el canal del Chijol como las aguas de la porción comprendida entre la costa occidental de la Laguna y la isla Juana Ramírez. Precisamente esta zona, por el motivo antes citado, queda como una angosta bahía con escasa circulación y profundidades entre 3.00 y 1.50 m. Por otra parte, la boca de San Andrés, al impedir la circulación del agua dulce proveniente del Pánuco influye notablemente en el régimen de una enorme extensión de la laguna de Tamiahua, que incluye la bahía ya mencionada y toda la zona occidental, hasta la ensenada de Chinteles formada entre San Jerónimo y Tancochín. Por otra parte, en el paso de Bocaina, localizado entre la porción nor-occidental de la isla del Idolo y la costa de la Laguna, se ha formado un taponamiento que impide la circulación de las aguas hacia el canal de Tamiahua, dando con esto una especial característica a la porción de la laguna, comprendida entre la barra arcillosa formada entre la desembocadura del Tancochín y la costa norte de la isla del Idolo, donde aparentemente se depositan aguas de alta salinidad con pocas posibilidades de mezcla.

## 2. Granulometría

En términos generales la composición granulométrica del fondo de la laguna de Tamiahua, se caracteriza por un predominio de materiales limo-arcillosos con arena, con proporciones de 50 a 90% de limo-arcilla (Fig. 3). Le sigue en importancia el material limo arcilloso típico con más de 90 % de limo arcilla; y en seguida, las zonas arenosas con limo arcilla en proporción de 10 a 50% de estas últimas. El área arenosa conteniendo menos del 10% de limo-arcilla, es realmente pequeña.

El fondo limo arcilloso (50 a 90%) con arena, es el más representativo. Dos grandes áreas contienen este material y en conjunto casi ocupan toda la Laguna. Entre ambas se destaca una amplia zona orientada de norte a sur con materiales de fondo clasificados como limo-arcillosos (90-100%); es interesante señalar que esta área ocupa toda la ensenada de Chinteles y enfrente de la punta nor-noreste de la isla del Toro, la zona se hace estrecha pero vuelve a ensancharse hacia cabo Rojo. El mismo tipo de fondo limo-arcilloso se presenta enfrente del estero de Cucharas y en dos áreas restringidas, una al norte de la boca de Cucharas y la otra enfrente del Peñón, en la costa occidental de la Laguna.

El fondo arenoso con una proporción de 10 a 50% de limo-arcilla se encuentra localizado en varias áreas de la parte oriental de la laguna. Una está en el canal de Tamiahua, desde barra de Corazones hasta un poco al norte del pueblo de Tamiahua; otra está situada en el canal oriental entre la isla del Idolo y cabo Rojo; otra más circunda las islas de Frijoles y Pájaros actualmente la estación 13 y Majahua; y la última, tal vez la más importante, está localizada en todo el canal oriental de la isla Juana Ramírez, extendiéndose desde la restinga de la Martinica (estaciones 64 y 54), hasta la Ribera en el extremo norte de la Laguna.

Por último, los fondos con arena gruesa con 0 a 10% de limo-arcilla, son realmente escasos; uno está localizado en la boca de Corazones y otro entre las islas de Pájaros y Frijoles.

Los bancos ostrícolas están asentados en sustratos duros que pueden ser cascajales, generalmente formados por material coralino, o concheros en los que predominan materiales de los propios bancos de ostiones y de otros moluscos, muchos de ellos de origen marino; por último los bancos ostrícolas también se encuentran en sustratos donde hay conglomerados arenosos consolidados.

## 3. Hidrología.

Los caracteres hidrológicos de la laguna de Tamiahua, están determinados por su propia fisiografía, por el origen de sus aguas y por los factores climáticos y meteorológicos de la región. A diferencia de lo que conocemos en otras lagunas, hemos visto que la laguna de Tamiahua recibe comparativamente un escaso aporte de aguas fluviales a través de los ríos más importantes como son Cucharas, La Laja, San Jerónimo y Tancochín; así como las aguas dulces que acarrea el canal del Chijol, provenientes del río Pánuco, aportes que nunca llegan a fluir libremente, ya que las aguas de la Laguna en ningún momento dieron valores de clorinidad inferiores a 0.09% o que pudieran ser equivalentes a 0.5% de salinidad.

Por otra parte, se estima que el intercambio con aguas marinas a través de la boca de Corazones, no es tan importante como en las otras lagunas costeras del golfo de México, esto se debe principalmente a la estrechez de

la Boca antes aludida y a los frecuentes azolves que sólo durante las grandes avenidas desaparecen y dejan el paso suficientemente franco a las aguas de origen nerítico.

De una manera muy importante hay que considerar la insolación y los vientos como factores determinantes en la hidrografía y dinámica de la Laguna.

Tres aspectos se enfatizan con respecto a la hidrología de Tamiahua; el de la clorinidad, la temperatura y el de la dinámica de sus aguas, quedando este último implícito en la discusión de los parámetros de clorinidad y temperatura.

a) *Salinidad*. Está referida en valores de clorinidad, ya que las aguas de tipo estuárico, resultan de la mezcla de aguas marinas y continentales y la salinidad está determinada no sólo por los halógenos de las aguas talásicas marinas, sino por los carbonatos y otras sales aportadas por las aguas dulces. Por lo tanto, es preferible citar sólo valores de clorinidad, y para efectos de una idea aproximada de la correspondencia de tales valores clorínicos con los de salinidad, a los cuales se habitúa, se presenta la siguiente tabla de equivalencias:

Clorinidad %	Salinidad %	Agua de Mar %
1.00	1.84	5.0
5.00	9.06	25.0
10.00	18.08	50.00
15.00	27.11	75.0
20.00	36.13	100.0

Se puede decir que la laguna de Tamiahua es un depósito constante de agua de tipo estuárico polihalino, según su clorinidad media, que temporalmente es influenciada por los aportes de agua continental y por el influjo de aguas neríticas que se introducen a nivel de la boca de Corazones, principalmente. De esta manera la clorinidad tiene oscilaciones que no llegan a ser muy apreciables, excepto cuando afluyen las grandes avenidas. Por causa de los vientos, el agua dulce y nerítica se mezclan esencialmente en zonas comprendidas en la parte central de la Laguna. En la parte sur, el agua fluvial se estratifica y se desliza sobre un gran manto de agua estuárica, buscando su salida a través de la barra de Corazones. También es posible que siga su curso por el canal de Tampamachoco, hecho que no ha sido comprobado.

Se ha logrado en estas investigaciones precisar que durante el estiaje, las aguas de la Laguna se introducen más allá de la desembocadura, a través de un estrato inferior que se extiende hasta casi unas cinco millas marinas río arriba. Cuando el gasto de los esteros aumenta, este frente de agua estuárica se retira hasta más o menos dos millas de la desembocadura. El establecimiento de ese frente de mezcla constituye, en el río de Cucharas, una estratificación durante la época lluviosa, que da lugar en el nivel superficial, a una capa de aguas más frías de origen pluvial, un estrato medio de aguas de la Laguna y en el fondo, otro de aguas más frías de origen fluvial.

En la época de lluvias el flujo de agua dulce de los ríos se extiende sobre la Laguna, tal como se observó en el mes de octubre de 1966, en que la influencia de estas aguas se proyectó hasta el lado opuesto de la Laguna, manifestándose su presencia en las playas de cabo Rojo (Fig. 4). En el estero de Tancochín, al parecer la influencia de los aportes de agua dulce es menos notable, aunque también éstos alcanzan una amplia distribución y su influencia se sostiene desde octubre hasta enero.

Las aguas que provienen del río Pánuco arriban a la laguna de Tamiahua a través del canal del Chijol. La influencia de estas aguas rara vez se deja sentir en la parte occidental, al parecer porque las mesas se desplazan siguiendo principalmente la dirección del canal de navegación paralelo a la costa oriental de la Laguna. No obstante, durante la época de "nortes", la acción de los vientos dominantes desplaza una considerable masa de agua hacia el sur y suroeste, causando un desnivel en la parte norte que activa en forma notable el flujo de las aguas que corren a través del canal del Chijol. Esta corriente se desplaza principalmente a través del canal oriental

de la isla Juana Ramírez y sigue hacia el sur por el canal de navegación como ya se expuso. En ausencia del factor señalado, las aguas del Pánuco encuentran por lo general una resistencia en las aguas marinas que invaden la Laguna y que se desplazan hacia el norte, lo que propicia, por anulación de las fuerzas, una zona de aguas sin movimiento localizada más o menos a la mitad del canal oriental de la isla Juana Ramírez. Precisamente en este sitio se destaca una fosa, alargada en el sentido del canal, con una profundidad de tres metros, en donde existe un depósito de agua con alta clorinidad y rasgos muy peculiares entre los cuales destaca la presencia de una biota de estirpe marina. Esto hace pensar, que por ser una zona de aguas remansadas con poca oportunidad de cambios drásticos en su contenido, ha conservado una mesa de agua marina ultrahalina (clorinidad entre 15 y 20‰) cuyo origen nerítico se manifiesta también en el tipo de su biota.

La presencia de aguas con poco dinamismo, propicia la formación de núcleos de alta clorinidad, que se incrementa por los efectos de la insolación y la modificación natural de la temperatura ambiente como consecuencia de los cambios estacionales. Otro centro de esta naturaleza se localiza en el canal occidental y porción sur de la isla del Idolo, zona de escasa profundidad, que durante los meses de abril, mayo y junio alcanza altos valores de temperatura y clorinidad, los cuales en julio subieron hasta 31.8 °C y 21.9‰ (casi 40‰ desalinidad), respectivamente dando como resultado una mesa de agua cálida de franco carácter polihalino.

Las aguas de origen marino más frías y salinas, penetran libremente en la parte sur de la Laguna desde mediados de marzo; en abril la influencia se deja sentir en el sur de la isla del Idolo (Fig. 5). Las aguas de origen marino y las aguas salobres de la Laguna, al ponerse en contacto originan un gradiente de mezcla que se extiende en una zona muy amplia, ocasionando cambios de gran notoriedad. En el mes de julio las aguas de altos valores clorínicos se localizan en toda la parte sur y central de la Laguna, excluyendo la zona costera nor-oriental, que es ocupada por aguas de naturaleza menos clorínicas y más cálidas. A fines de julio y principios de agosto, los valores altos de clorinidad se presentan hasta el canal oriental de la isla Juana Ramírez. En esta época, el agua de la porción norte de la Laguna debe sus características de clorinidad y temperatura a los aportes del Pánuco, a la insolación y a los vientos dominantes cuya acción directa se restringe por la estrechez de la Laguna en esa porción. La zona norte se puede dividir hidrológicamente en dos regiones, la septentrional que está limitada al sur en la punta Guzmán y que recibe directamente las aguas del Pánuco a través del canal del Chijol; y la meridional, que termina en el canal de la isla Juana Ramírez, a nivel del Frontón y que se considera como una zona de interferencia y mezcla.

El inicio y establecimiento de la época de lluvias a partir de agosto, así como el advenimiento de los vientos dominantes del norte van modificando la naturaleza de una gran parte de las masas de agua de la laguna de Tamiahua, observándose una franca modificación en el mes de septiembre (Fig. 6). El incremento del flujo de los esteros ocasiona la presencia de zonas de mezcla, que ofrecen gradientes que oscilan entre 16.00 y 7.00‰ de clorinidad (con equivalencia aproximada de 27.00 a 11.00‰ en valores de salinidad, respectivamente). Estas zonas por lo regular, se extienden en áreas en las que, según los valores señalados, se presentan condiciones críticas; esto es, cambios drásticos de clorinidad en áreas relativamente pequeñas.

Las precipitaciones pluviales durante esta época y que son captadas directamente por la superficie de las aguas de la Laguna, significan valores nada despreciables por cuanto a aportes de agua dulce. Por otra parte, la cuenca de captación de la vertiente hidrológica representa una superficie de 4,116.00 km<sup>2</sup>. (De la O Carreño 1954, *vide* Cruz, 1968). Por estos fenómenos meteorológicos como los huracanes de 1955, 1965, 1966 y 1967 indudablemente introdujeron una fuerte cantidad de agua dulce a la Laguna. Basta consignar que el último ciclón de 1967, elevó el nivel de la laguna de Tamiahua a casi dos metros de altura, sobre sus límites normales. Cabe preguntar ¿estos aportes extraordinarios reducen en forma considerable los valores de clorinidad? La respuesta la ofrecen las determinaciones efectuadas casi inmediatamente después del ciclón Inés, que se dejó sentir en la zona de Tamiahua el día 8 de octubre de 1966. Estimaciones de clorinidad antes del huracán en la estación Catán (Fig. 1), dieron valores de 21‰; en la misma estación, días después del huracán los valores sólo bajaron a 20‰.

*b) Temperatura.* Durante el período de estudio comprendido entre septiembre de 1966 y agosto de 1967, las temperaturas registradas en diferentes niveles de la Laguna oscilaron entre 10.3 °C, temperatura mínima registrada en una helada invernal, y 33.0 °C durante el periodo de máxima insolación.

La temperatura de la laguna tanto en el nivel del fondo como en el superficial, se halla determinada principalmente por el efecto de la insolación y secundariamente por las características físicas de las aguas de invasión, tanto marina como continental.

Las temperaturas más altas se registraron entre las 12 y las 14 horas y las mínimas en las primeras horas de la mañana y al atardecer.

Durante el mes más lluvioso del año de 1966, la temperatura varió entre 24.5°C a las 08:05 horas y 25.0°C a las 19:20 horas del día de octubre

Durante el mes más seco del año de 1967, la temperatura varió entre 18.8°C a las 08:45 horas y 25.0°C a las 15:45 horas del día 22 de enero.

De lo anterior se desprende que la oscilación de la temperatura es mayor en la época invernal o más seca, que en el verano que comprende la época lluviosa.

Durante el mes de enero la temperatura es menor desde la boca de Corazones hasta la parte sur de la isla del Idolo.

En general, es de considerarse que las aguas de invasión nerítica son más frías que las aguas propias de la laguna, excepto en el período invernal durante el cual, las aguas de la Laguna reciben fuertes heladas que se reflejan principalmente en el nivel superficial, que suele ser más frío que el nivel del fondo, sobre todo en las primeras horas de la mañana.

Durante la época lluviosa, en el estero de Cucharas se estratifican las aguas, presentándose las más frías en la superficie que contiene a las aguas de origen pluvial y que son menos clorínicas. Recién pasada la época lluviosa, las aguas más frías se colocan en el nivel del fondo, estratificándose con las más cálidas de la Laguna, localizadas éstas en el nivel superficial (Fig. 7). Al avanzar el período invernal, un frente de aguas frías se desplaza hasta más o menos dos millas estero arriba, ocupando las aguas de la laguna el estrato de fondo del estero.

#### 4. Meteorología

Los factores meteorológicos que alteran o modifican las características hidrológicas de la laguna de Tamiahua, fueron considerados a través de los datos recogidos esencialmente de dos estaciones, la de Ozuluama y la de La Laja. Sin embargo, se acudió también a los órganos de información de otras estaciones meteorológicas, como la de Veracruz por ejemplo, de donde se obtuvieron datos complementarios para nuestras investigaciones.

Por otra parte, durante los trabajos en la Laguna de Tamiahua, se midieron ciertas características, tales como dirección y velocidad del viento, humedad relativa, temperatura ambiente, presión atmosférica, cubrimiento y tipo de nubes.

Con los datos meteorológicos al alcance, se desea presentar un panorama de las variantes de este tipo, que de un modo u otro tienen que ver con modificaciones de la hidrología de la Laguna.

Los datos conseguidos en Ozuluama, Ver., datan de 1926 a 1967. Los que corresponden a la temperatura indican que entre 1926 y 1960, los valores máximos se registraron más frecuentemente entre julio y agosto. La oscilación de la temperatura máxima fue de 2.5°C. El valor más alto (29.7°C) se registró en junio de 1953, y el más bajo (27.2°C) en agosto de 1926.

Los gráficos nos indican que de 1935 a 1947 se registró un período de gran estabilidad con muy poca oscilación en las temperaturas máximas de un año a otro; pero de 1952 a 1960 hay una notable alternancia de valores altos y bajos; los primeros corresponden al mes de junio y los segundos al de agosto. De 1961 a 1967, los mínimos y máximos de temperatura alcanzaron 11.0 °C en enero de 1967, y 34.2 °C en julio de 1966 (Fig. 8).

Los datos de Ozuluama referentes a los vientos, indican la predominancia de los vientos fríos del norte y noreste desde octubre hasta marzo; durante el resto del año predominan los vientos del occidente procedentes de la sierra y del altiplano, unos templados y los otros cálidos, frecuentemente estos vientos son substituidos por vientos del este-sureste y sur de origen ciclónico procedentes del Caribe.

De la misma estación, los datos de precipitación pluvial durante el lapso comprendido entre 1920 y 1966, permiten apreciar una amplia variación entre 500 mm anuales registrados en 1957 y 2,950 mm máximo valor registrado para el año de 1952. La medida real, obtenida del promedio de todos los años de ese período y que es de 1,340mm.

De la misma estación, los datos de precipitación pluvial durante el lapso comprendido entre 1926 y 1966, permiten apreciar una amplia variación entre 500 mm anuales registrados en 1957, y 2,950 mm máximo valor registrado para el año de 1952. La media extraída de estos valores extremos es de 1,725 mm y representa una cifra muy cercana a la media real, obtenida del promedio de todos los años de ese período y que es de 1,340 mm. La

curva de precipitación de dicho lapso muestra dos épocas de más de dos años cada una, en la que los valores permanecen por debajo de la media real; la primera se establece entre 1937 y 1940; la segunda comprende los años de 1959 a 1965; posteriormente, la última fecha, la curva supera el valor promedio y según los datos registrados hasta agosto de 1967, la línea mediante su tendencia ascendente. Este segundo período de baja precipitación merece un análisis más detallado: las precipitaciones mensuales, desde 1962 a 1967, lapso comprendido en gran parte en el segundo período de escasa precipitación, determinan en la laguna de Tamiahua, un período de sequía intraestival o de canícula.

En 1962, la precipitación descendió en agosto hasta 25 mm. En 1963, los picos de la gráfica (Fig.8), son menores y el periodo canicular marca la cifra más baja del año en agosto, con un valor de 50 mm. En 1964 desgraciadamente no hay datos en la estación meteorológica; pero en 1965 la gráfica muestra una sola proyección de máximos valores, que se sostiene desde mayo hasta diciembre, sin época canicular y en la que la cúspide de la curva comprende los meses de agosto y septiembre, aunque con valores de máxima inferiores a los de 1962 y 1963. En 1966 se produce una precipitación máxima entre mayo y junio y otra en septiembre y octubre; ambas separadas por un período de sequía en julio y agosto.

En julio de 1967, se inicia el primer ascenso de los valores de precipitación, pero los datos se interrumpen; no obstante, los fenómenos meteorológicos desatados en los meses siguientes (huracán Beuhla) elevaron los valores de precipitación a las cifras máximas de 20 años a la fecha.

## 5. Caracteres de la Biota Estuárica

En términos generales, los organismos pobladores de las aguas de la laguna de Tamiahua, pueden ser endémicos o visitantes; estos últimos a su vez ser procedentes del medio marino o del dulceacuícola.

### a) *Productividad y valores de oxígeno.*

Los procedimientos para el conocimiento de la productividad de la laguna de Tamiahua, consistieron en la estimación numérica de los elementos del fitoplancton por unidad de volumen de agua. Con estos datos se ha podido precisar qué zonas de la laguna muestran alta o baja productividad y con ello se han determinado en el espacio y el tiempo, las variaciones de la productividad primaria de la laguna; datos considerados como información básica para precisar la riqueza de sus aguas.

Los valores de oxígeno de las aguas de la Laguna de Tamiahua en promedio, son ligeramente más altos que en otras zonas estuáricas. No obstante estos valores suelen descender en forma notable en el momento de las invasiones de aguas continentales o neríticas; en el primer caso, con la afluencia de las primeras avenidas de aguas dulces, los valores de oxígeno se abaten a veces hasta alcanzar la cifra de 1.0 ml/l, bien sea por la remoción de aguas profundas de los esteros con escaso contenido de oxígeno, o por la presencia de abundantes terrígenos dispersos que también atenúan los valores. Por otra parte, la invasión de la laguna por aguas de stirpe marino, imparte a las zonas que ellas ocupan, sus propios valores de oxígeno disuelto, que por lo regular oscilan entre 3.0 y 3.5 ml/l. Contrariamente, hubo valores de alto contenido de oxígeno que llegaron a cifras superiores a los 7.0 ml/l.

Las estimaciones numéricas del fitoplancton y los valores de oxígeno son considerados en forma simultánea porque existe una correlación estrecha entre ambos factores. Los máximos valores de oxígeno disuelto se apreciaron en el mes de septiembre de 1966, en áreas superficiales dentro de la zona de influencia del estero de Tancochín (7.0 ml/l) y de La Ribera (6.2 ml/l) (Fig. 9); en consecuencia, se encontró una alta densidad de células en ese mes en las estaciones localizadas en las zonas mencionadas. Por lo contrario, los valores mínimos de oxígeno se obtuvieron en el canal oriental de la isla Juana Ramírez, así como en la boca del estero Cucharas y en cada caso se observó la mínima concentración de células, siendo la boca de Cucharas el punto de menor productividad en esa época; en igual condición se encontró la estación 17 localizada en la porción sur occidental de la isla del Idolo, en donde sin embargo el valor de oxígeno no fue bajo (5.0 ml/l).

En noviembre del mismo año, los valores de concentración de oxígeno en la zona norte de la boca del estero de San Jerónimo y norte de la Isla del Idolo, ascendieron hasta significar los valores más altos consignados en este estudio, pues en la última localidad se encontraron en el estrato del fondo con 7.0 ml/l de oxígeno (Fig. 10). La máxima densidad de células apareció en el noroeste de la Isla del Idolo (Fig. 12), pero en esta época el mayor volumen de plancton se produjo en la estación 4, localizada en el canal oriental de la isla Juana Ramírez; los mínimos valores que se presentaron en la laguna durante noviembre, estuvieron localizados; para oxígeno en la estación 10, al norte de la isla del Toro; el mínimo de células en la estación 2, el menor volumen de plancton se localizó en la estación 1, en La Ribera.

En el mes de enero de 1967, la más alta concentración de oxígeno se obtuvo en la estación 1, localizada en el extremo norte de la laguna de Tamiahua y en el noreste de la isla del Toro. La mayor densidad de células se produjo en las estaciones 2 y 3 así como en las estaciones 16 y 17 al oriente y occidente de la isla del Idolo, respectivamente, donde se encontraron los mayores volúmenes de plancton. Por lo que se refiere a los valores mínimos en este mismo mes de enero, los de oxígeno aparecieron en el canal oriental de la isla Juana Ramírez y en la estación 18, localizada esta última al sur de la isla del Idolo. La Ribera presentó escasa densidad de células y los volúmenes de plancton fueron muy bajos en el extremo sur del canal oriental de la isla Juana Ramírez. La correlación oxígeno-fitoplancton no se presentó en este mes en La Ribera, pues aunque los valores de oxígeno fueron altos (5.5ml/l) la densidad de células fue baja; por el contrario, en el canal oriental de la isla Juana Ramírez la relación directa se conservó.

En febrero se encontró una zona de alta productividad que se dispone desde la estación 3 (al norte de la isla Juana Ramírez), hasta La Ribera. Sin embargo, los máximos valores se localizaron en el occidente de la laguna de Tamiahua. Los valores mínimos de oxígeno aparecieron en la estación 19, localizada enfrente del pueblo de Tamiahua y en el canal oriental de la isla Juana Ramírez. La menor densidad de células se observó en la estación 19 y en la 1; esto es, en los extremos sur y norte de la Laguna, así como en las estaciones 5 y 22, localizadas en la costa occidental de la misma, precisamente enfrente de Las Lilas y en la boca del estero de Cucharas, respectivamente.

En el mes de abril, los valores de oxígeno y densidad de células son considerables en el estero de Cucharas, en el canal de Bocaina y en el suroeste de la isla del Idolo (Figs. 11 y 13); no obstante, los máximos volúmenes de plancton fueron para las estaciones 5, 13 y 16, o sea al occidente de la isla Juana Ramírez y al norte y oriente de la Isla del Idolo. Por otra parte, los valores mínimos de oxígeno se estimaron en las estaciones 3 y 4 en el noroeste de Juana Ramírez y en la Boca de Corazones, esto es, en las porciones sur y norte de la laguna de Tamiahua respectivamente; los valores bajos de células coincidieron con los de oxígeno en la estación 3, al norte de la isla Juana Ramírez, pero también en las estaciones 1, 18 y 20 localizadas en La Ribera, canal de Tamiahua y en la boca del estero de Cucharas respectivamente. De un modo incidental, se registra para este mes un descenso notable de los valores de oxígeno en el canal oriental de la isla Juana Ramírez, pero a la vez un incremento en el volumen de plancton (Fig. 15). El caso contrario se observó en el estero de Cucharas y en el sur de la isla del Idolo.

En julio de 1967 los valores altos de oxígeno se presentaron en la parte occidental de la isla Juana Ramírez, y la densidad de células fitoplanctónicas en la estación 8, localizada en la zona media central de la Laguna; los volúmenes mayores de plancton se produjeron en la porción oriental de la isla del Toro. Las áreas de los canales mostraron en cambio valores mínimos en los tres factores: oxígeno, células fitoplanctónicas y volúmenes de plancton.

Por último, en agosto de 1967, los valores máximos de concentración de oxígeno corresponden a la zona nororiental de la Laguna, pero la densidad mayor de células se consigna para la estación 27, en cambio, los volúmenes mayores de plancton corresponden a las estaciones 7 y 13 situadas enfrente de Boquerón de Burros y en medio de las islas Pájaros y Frijoles respectivamente. Los resultados con valores mínimos de oxígeno y densidad de células se obtuvieron en la boca del estero de Cucharas; en cuanto a las estimaciones más bajas de volúmenes de plancton durante este mes, se obtuvieron en las estaciones 14 y 10, situadas respectivamente en la desembocadura del estero de Tancochín y en el canal oriental de la isla del Toro.

Los mapas en los que se han señalado zonas determinadas cuyos rasgos, se describirán brevemente ilustran dos épocas, una en octubre de 1966 y otra en abril de 1967, con el objeto de hacer más patentes las variaciones.

b) *Facies fitoplanctónicas en la laguna.* Los valores de densidad de células fitoplanctónicas y la calificación en cuanto a su origen, permiten establecer en las aguas de la laguna las siguientes facies:

- I. Nerítica-predominante
- II. Nerítica-estuárica
- III. Estuárica-nerítica
- IV. Estuárica

Cada una de estas facies está determinada por tipos de plancton de origen nerítico (marino) y estuárico (propio de la laguna). Las cantidades porcentuales de estas poblaciones, que se mezclan al ponerse en contacto las masas

de agua, dan el carácter de las facies y consecuentemente ofrecen datos valiosos para la determinación del origen de las masas de agua, tales datos son coincidentes con los estudios de clorinidad y por lo tanto coadyuvan en forma importante en la comprensión de la dinámica de la laguna.

La figura 12 ofrece la distribución fitoplanctónica en noviembre de 1966; la zona II, se dispone en la laguna de tal manera que indica que la facie nerítica-estuárica está en la zona de invasión de las aguas marinas. En el centro de la Laguna, agua con importante influencia de fitoplancton marino, se estabiliza en los sitios de mayor profundidad (véase el mapa de batimetría). Otra zona con este tipo de facies se localiza en el canal oriental de la isla Juana Ramírez, exactamente donde tienen asiento rasgos muy peculiares de clorinidad y concentración de oxígeno, ya señalado al mencionar estos factores. La porción norte de la parte central de la Laguna también es zona con predominio de fitoplancton de tipo estuárico-nerítico (III). Por último, la facie estuarina típica (IV) se localizó en esta época en la porción septentrional de la Laguna, desde boca de San Andrés hasta La Ribera.

La figura 13. representa la situación fitoplanctónica de la Laguna en primavera. El inicio del estiaje ha estabilizado las aguas y permitido una mayor variación en los tipos fitoplanctónicos. Así, el tipo nerítico-estuárico (II), está en todo el canal de Tamiahua, en el de Bocaina, en el canal oriental de la isla del Idolo y en la porción suroriental de la Laguna, comprendiendo las islas del Toro, Pájaros y Frijoles; el extremo norte acusa el mismo tipo de aguas. Las aguas de mezcla estuárico-neríticas (III) se disponen enfrente de los arroyos Tancochín y San Jerónimo y se prolongan en una estrecha franja hasta la costa occidental de cabo Rojo. La porción norte de la parte central de la laguna muestra fitoplancton de tipo estuárico (IV); parece de gran interés en este mapa la presencia de zona de turbulencia, localizada en la porción sur de la isla del Idolo, marcada con (I) por contener una facie nerítica predominante, es decir, es una surgencia de agua de tipo marino que se ha detectado no sólo por el tipo de organismos fitoplanctónicos, sino también por las estimaciones de clorinidad, oxígeno y temperatura.

c) *Biomasa planctónica*. Los valores volumétricos de plancton muestran un panorama de la biomasa planctónica, que en última instancia dará una idea acerca de cuáles son las zonas más productivas de la laguna de Tamiahua. Las figuras 14 y 15 ilustran esta distribución.

En octubre de 1966 se pudo determinar que las zonas de alta producción (B) están localizadas en el extremo sur de la Laguna y en el canal oriental de la isla Juana Ramírez; la mayor parte de la porción central, del canal de Bocaina, del canal oriental de la isla del Idolo y el extremo norte hasta La Ribera, presentan una producción normal (C). Finalmente, hay una zona de baja producción enfrente del estero de Tancochín (D). En el mes de abril, (Fig. 15), las características de productividad de la laguna de Tamiahua son mucho más variables: desde luego se localizan dos zonas de productividad muy alta, una en el extremo noreste de la isla del Idolo (A) y la otra en el canal occidental de la isla Juana Ramírez (A); la porción comprendida entre el extremo sur de la isla del Idolo y la boca de Corazones, acusa valores bajos de volúmenes de plancton (D); la ensenada de Chinteles, el canal de navegación en la porción central y sur de la isla Juana Ramírez, presentan una producción alta (B); entre las dos zonas de alta producción en la porción central se establece una zona con producción normal en la que está comprendida la isla del Toro y la de Pájaros (C); esta zona se ensancha hacia el norte y comprende la zona de influencia del estero de Cucharas.

d) *Peces*. Se analizaron los caracteres morfológicos y merísticos de 225 ejemplares que representaron un total de 34 familias y 56 especies y aunque la mayoría de dichas especies son típicamente eurihalinas, para otras la clorinidad parece ser limitante, según la eliminación de factores, ya que el oxígeno disuelto en el agua es, en términos generales, alto en toda la Laguna y los valores de temperatura oscilan dentro de los términos normales para este tipo de estuarios. Es el caso de un clupeido, *Dorosoma petenense* y un eleótrido, *Gobiomorus dormitor* colectados solamente en el canal de comunicación al río Pánuco, laguneta del Calabazo en el canal de La Ribera y en el arroyo de Cucharas; o bien el del poecílido *Poecilia mexicana* que se capturó en clorinidad de 3.7‰ resultando ser mucho más abundante en la época de lluvias, cuando los aportes de agua dulce son considerables. Se observa pues, que las invasiones de agua dulce a la Laguna en la época antes señalada, permiten a algunas especies de los arroyos desplazarse hacia ésta, donde la clorinidad suele descender hasta ofrecer condiciones favorables para las especies antes citadas. Podemos mencionar por otra parte, los casos de *Scorpaena plumieri*, *Epinephelus guttatus* y *Cynoscion arenarius* que se les capturó en la boca de Corazones y en el canal frente al pueblo de Tamiahua, donde se encontró un medio esencialmente marino, con clorinidades altas de 19.9 a 20.2‰.

Existe un tipo de ictiofauna de naturaleza estuarina, que comprende las especies más importantes desde el punto de vista económico, aunque algunas de ellas realizan migraciones hacia el mar durante la época de reproducción. De cualquier forma, la laguna de Tamiahua significa para ellas una localidad trófica.

Varias especies destacan por su importancia económica. De los datos estadísticos parciales que pudieron obtenerse de algunas de las sociedades cooperativas pesqueras más importantes de la localidad, puede citarse el

"jurel", *Caranx hippos* del que en 1966 se pescaron 34,980 Kg., el "robalo blanco", *Centropomus undecimalis* que en el mismo año alcanzó la cifra de 80,630 Kg. La pesca de dos especies de "mojarras", *Diapterus olisthostomus* y *Eugerres plumieri* ascendió a 263,114 Kg., y finalmente la enorme explotación de la "lisa" que incluye a dos especies: *Mugil cephalus* y *Mugil curema* ya sea fresca o salpescada su carne y su "hueva", con un volumen total que viene a representar el renglón número uno de la explotación de escama, o sea 575,190 Kg. Otras más, cuya pesca es solamente temporal o de menor cuantía como el "catán", *Lepisosteus spatula*; la "palometa", *Trachinotus falcatus*; la "lacha", *Brevoortia patronus*; la "chabela", *Chaetodipterus faber*; el "tontón", *Pogonias cromis*, etc., representan ganancias menores para los pescadores que en estos casos dedican solamente parte de su tiempo.

#### b. El Recurso Ostrícola

El ostión, *Crassostrea virginica* (Gmelin), es uno de los componentes más importantes de las comunidades del bentos de la Laguna; su distribución se extiende desde las zonas marginales de la porción occidental a la oriental en menor grado. También se presenta en las regiones costeras de las islas y en las restingas donde existen fondos apropiados. En los arroyos cuando menos en el de Cucharas, se producen bancos ostrícolas aislados, en los sitios en donde las condiciones ambientales son favorables para el establecimiento de la especie. En el arroyo de la Laja, dadas las condiciones provocadas por los desechos de la estación de perforación de Petróleos Mexicanos, *C. virginica* se encuentra en condiciones muy precarias.

Los bancos ostrícolas de mayor explotación están localizados en las áreas de pesca de La Ribera, Cucharas, Tamiahua, Saladero y Reforma. Otra zona con características de fuerte potencial productivo se localiza en la serie de restingas que se alinean desde la isla de Burros hasta la isla del Toro, prolongándose hacia el sur hasta las islas Frijoles y Pájaros. El sustrato en tales sitios es duro y muy apropiado para el establecimiento de bancos ostrícolas; además, la naturaleza de las aguas reúne condiciones de productividad y clorinidad favorables para esta especie de molusco.

En el canal oriental de la isla del Idolo y en el canal de Tamiahua existen áreas de alta producción, debido al aporte continuo de nutrientes a través del canal de navegación. En cambio, el canal de Bocaina contrasta por su baja producción, lo cual confirma la existencia de condiciones abióticas desfavorables ya señaladas para esa localidad, pues es un sitio de altas oscilaciones de clorinidad y temperatura, causadas principalmente por el fondo somero y el azolvamiento de esta localidad, que impide el libre intercambio de aguas.

Las zonas ostrícolas de la costa occidental de cabo Rojo, están dispersas en toda su longitud; las más productivas se emplazan del extremo noreste de isla del Idolo hasta Majahua y más al norte desde Moctezuma hasta Punta Manglares frente a la estación 3. En la época de estas investigaciones se observó que el canal de La Ribera se estaba poblando intensamente de ostiones.

Las observaciones realizadas sobre las comunidades de los bancos ostrícolas han demostrado estar formadas por un patrón de organismos muy semejante a los mencionados por Galtsoff (1964), Hedgpeth (1966) y Gunter (1967). La comunidad de los bancos ostrícolas en base a *C. virginica* está formada por la modificación de las condiciones que determina cambios en la comunidad y sustituciones en los componentes menos aptos para sobrevivir en las nuevas condiciones. Los organismos que se reúnen en una comunidad guardan por lo general una estrecha relación entre ellos; así pues, en la comunidad ostrícola, los componentes se asocian entre sí y compiten por el espacio y alimento y por supuesto, algunos viven como parásitos a expensas de otros. *Crassostrea virginica* no se substraen a tales reglas; las poblaciones de esta especie forman sustrato y nicho ecológico a otros organismos; son objeto de depredación y competencia y hospedan a comensales y parásitos, estos últimos a veces son causantes de fuerte mortandad en los bancos ostrícolas de Tamiahua, se pudo precisar que en base a los estudios histológicos llevados a efecto en el laboratorio de Histología y Embriología del Instituto de Biología no se consignó la presencia de *Dermocystidium marinum*, un hongo que suele producir mortandades masivas en los bancos ostrícolas, no obstante que Tampico está considerado dentro del área endémica del parásito. En cambio en tales estudios se halló la presencia de un *Haplosporidio* (Protozoa Sporozoa), cuya identificación está pendiente; la literatura no cita efectos de esta parasitosis.

Existe una esponja perforante que ataca a *C. virginica*; se trata del género *Cliona*, (*Cliona ocelata* ha sido citada en Louisiana y Mississippi). Se observó una fuerte infestación de esa esponja en los ostiones de la ensenada de Chinteles, dentro de la zona de pesca de la Cooperativa de Saladero y Reforma.

En varias localidades se encontró un molusco gasterópodo *Nassarius albus* del cual se sospecha que es depredador del ostión. En localidades ostrícolas de los EE.UU. los gasterópodos carnívoros pertenecen a *Urosalpinx cinerea* o *Eupleura caudata*.

Entre los competidores importantes del ostión que viven en estas comunidades, se han visto los siguientes:

1. Un molusco gasterópodo *Crepidula fornicata* que compite por el espacio libre para la fijación de larvas de ostión.

2. Un gusano anélido del género *Polydora* cuyas poblaciones llegan a consumir grandes cantidades del alimento disponible para los miembros de la comunidad con hábitos alimenticios semejantes.

Por lo que toca a depredadores, conviene mencionar:

1. Varios crustáceos:

a) *Callinectes sapidus* (jaiba)

b) *Carcinides maenas* (cangrejos de roca)

2. Dos especies de peces:

a) *Pogonias cromis* (tontó o tambor)

b) *Chaetodipterus faher* (chabela)

3. El hombre

#### CONDICIONES LIMITANTES PARA EL ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO DEL OSTION

El medio ambiente es determinante en la vida y existencia de los organismos, sobre todo para aquellos que por su sensibilidad están incapacitados para desplazarse y evitar la acción negativa de los factores; o buscar a través de migraciones, territorios en los que las condiciones pudieran favorecer algún aspecto de su ciclo biológico o proveerles de medios mejores para su existencia, el ostión se encuentra en este caso; las poblaciones de la especie están fijadas al sustrato y sobre ellas actúan factores ambientales fluctuantes, los cuales son aprovechados cuando son favorables; pero si son negativos o simplemente desfavorables la especie se substraerá a ellos, cerrando los valores de su concha. Esta última situación no puede prolongarse más allá de la resistencia normal del organismo, tarde o temprano las necesidades fisiológicas del animal le obligarán a tomar contacto directo con el medio; y los individuos mueren a medida que su resistencia se abate.

Los factores ambientales son muchos y muy variados, cada uno de ellos con diferentes matices. Estos factores no obran independientemente sino combinados. El estudio y conocimiento de su acción conjunta son complejos, ya que a los factores abióticos se suman los factores correspondientes a la biota de la comunidad y dan lugar a combinaciones cuya acción es difícil de precisar. Por el momento sólo se presenta un análisis crítico de cada uno de los factores ambientales y se señala la amplitud de tolerancia del ostión.

a) *Salinidad*. Galtsoff (1964), reporta los límites de tolerancia de *C. virginica* para los distintos gradientes de salinidad. Los valores extremos 30 y 18‰, de salinidad corresponden a los bancos ostrícolas que se localizan en las zonas polihalinas; en cambio en aguas mesohalinas, los límites de resistencia se establecen entre valores de 18‰ y 5‰. Posiblemente en determinados momentos un banco de ostiones se encuentra en condiciones fuera de los límites ya señalados y la población ostrícola resista esta oscilación extraordinaria. Los efectos de tales condiciones críticas, repercuten sin embargo en la fisiología del molusco, principalmente sobre las funciones reproductoras. Si las condiciones adversas persisten, como por ejemplo largos periodos de salinidad superiores a 30‰ o inferiores a 5‰, se presentan mortandades masivas. Tal cosa sucede en épocas de prolongado estiaje o fuertes avenidas, respectivamente. Estos valores extremos de salinidad no sólo afectan al ostión, el cual en ciertos casos puede presentar una resistencia, sino a los otros miembros de la comunidad; consecuentemente tales accidentes suelen a veces librar a las comunidades ostrícolas de competidores y parásitos.

La potencialidad de los bancos ostrícolas de la laguna de Tamiahua está sujeta a los factores ambientales señalados; no obstante que se considere como una masa de agua de gran estabilidad, en ella se producen modificaciones estacionales de alta significación para la vida de las comunidades ostrícolas.

La influencia de las aguas neríticas, además de la fuerte insolación sobre la superficie, da lugar a condiciones

de alta clorinidad, produciendo valores superiores a la clorinidad del agua nerítica misma. Las zonas influenciadas con este tipo de agua, son por lo general pobres en producción ostrícola en la laguna de Tamiahua. El canal de Tamiahua tiene alta producción posiblemente porque los bancos se sitúan en la zona de mezcla, cuya clorinidad es mayor que la del estrato superior de naturaleza estuarina, y menor que la del estrato inferior que lleva agua nerítica.

Es un hecho interesante que la clorinidad de la laguna de Tamiahua se va incrementando rápidamente. La comunicación directa a través de la boca de Corazones permite un influjo periódico y en ciertas épocas del año constante, de agua nerítica. Los desniveles del fondo separados unos de otros por dinteles, vienen a comportarse como meros depósitos de agua salada, que por su densidad es difícilmente desplazada por las mesas de agua superficiales de menor clorinidad.

Estimaciones de salinidad realizadas por De Buen en 1955-56, por Cruz en 1966 y por personal de Petróleos Mexicanos, son los únicos antecedentes en que se puede basar una comparación. De Buen reportó salinidades entre 3.0 y 7.0‰. Cruz ofrece valores semejantes a los obtenidos en este trabajo, y los datos reportados de clorinidad por PEMEX fluctúan entre 17 y 18‰. De Buen obtuvo valores en donde la salinidad en esa época era realmente baja, a pesar de que los índices de precipitación de años anteriores disminuyeron de 2,940 mm en el año de 1952 a 740 mm en 1955. Por otra parte no hay datos de que las oscilaciones de salinidad produzcan en la laguna de Tamiahua mortandades masivas de ostión, pero sí se pudo dar cuenta de que los grandes flujos de agua dulce producen disminución en las poblaciones, aunque posteriormente tales poblaciones tienen una franca recuperación.

b) *Temperatura*. *C. virginica* es una especie que por su amplia distribución geográfica se acomoda a vivir en localidades donde las temperaturas mínimas llegan a 1 °C y las máximas alcanzan hasta 35 °C y 38 °C. Galtsoff (op. cit.) menciona casos de ostiones descubiertos por la marea baja, que soportan temperaturas de 46 °C a 49 °C. Considerando la actividad de los epitelios ciliares del ostión, se ha podido precisar que las temperaturas de 25 °C a 26 °C determinan el óptimo de la actividad ciliar, lo cual induce a pensar que tales temperaturas son favorables para la fisiología animal. El factor térmico por otro lado es decisivo en el desarrollo gonadal y en la reproducción.

En Tamiahua las oscilaciones térmicas se producen entre 10 °C como mínima y excepcional y 31 °C como máxima. Los factores temperatura y salinidad se combinan y por lo general el primero determina las oscilaciones del segundo. El ostión en la laguna de Tamiahua resiste las temperaturas mínimas y máximas, las cuales son ocasionales y no se mantienen por largos periodos; por lo contrario, se ha visto que la laguna de Tamiahua es térmicamente constante.

c) *Oxígeno*. La respiración de los animales acuáticos demanda una cantidad mínima de oxígeno disuelto en el medio líquido; *C. virginica* tiene la capacidad de resistir condiciones de anaerobiosis cuando cierra herméticamente sus valvas por motivo de cualquier otro factor adverso. La concentración de oxígeno en los medios acuáticos raras veces alcanza límites inferiores a las necesidades respiratorias del ostión; tal situación se presenta ocasionalmente, pero pronto las mesas de agua adquieren las concentraciones normales de oxígeno bien por difusión del aire atmosférico o por producto de la fotosíntesis del fitoplancton.

Como anteriormente se dijo, la concentración de oxígeno en las aguas de la laguna de Tamiahua, está esencialmente en función de la actividad fitoplanctónica. Los valores de oxígeno disuelto en las mesas de agua de la laguna nunca descendieron a valores críticos de menos de 1 ml/l. Aunque los sistemas dispersos abatieron la concentración de este gas en la época de las grandes avenidas, pronto los términos normales de concentración fueron recuperados. Lo somero de la Laguna no permite el establecimiento de áreas en donde las cifras de oxígeno disuelto en el estrato del fondo se disminuyan hasta valores de cero. Sin embargo la presencia de fangos con alto contenido de ácido sulfhídrico, como es el caso del fondo de la plataforma de Acamaya, puede influir en la concentración de oxígeno en el agua. Durante el desarrollo de estas observaciones, las mesas de agua sobre los bancos ostrícolas no mostraron en ningún momento valores muy bajos en la concentración de este elemento.

d) *Materia dispersa en el agua*. Los bancos ostrícolas tienen un factor altamente adverso a su existencia; se trata de los sistemas dispersos de distinto origen y naturaleza que en virtud del propio peso tienden a sedimentarse, a no ser que sean removidos por la agitación de las aguas debido a la acción del viento y las corrientes.

El agua de la laguna de Tamiahua como sistema disperso merece un amplio comentario, ya que se tiene la firme convicción de que las partículas de toda índole, esencialmente inorgánica, que logran disponerse en el seno de las mesas de agua, dan a la laguna de Tamiahua la característica de un sistema disperso en fase crítica, por la alta concentración de las partículas por volumen de agua. Los diversos tipos de fondo con predominio de amplias áreas con depósitos de limo-arcilla, en profundidades someras y sujetos a la acción de los vientos, hacen que las partículas guarden una inestabilidad en los fondos y sean removidas en forma cotidiana por la acción de los vientos

dominantes sobre el agua. Asimismo, los lapsos de aguas tranquilas en la Laguna, permiten nuevamente la sedimentación, la cual se pudo apreciar cuantitativamente a través de las muestras obtenidas en un trayecto marcado por la serie de pares de tubos que se disponen entre la playa de Cucharas y la plataforma de perforación del pozo Catán.

Los resultados indican que hay una zona de fuerte deposición en el área de influencia del estero de Cucharas, en cuya boca se recogieron 32 y 51 ml de fango sobre  $50 \text{ cm}^2$  durante 12 horas. La zona donde la sedimentación es más baja, se localiza a 3.5 km aproximadamente de la playa; en la plataforma de Catán la sedimentación toma un ligero incremento, no obstante su profundidad de 2.5 m.

El fenómeno que se cuantificó en Cucharas, puede extrapolarse a la de influencia del arroyo de San Jerónimo y del arroyo de Tancochín. Por tanto, se intuye que la parte de la costa occidental de la Laguna, comprendida entre Tancochín y Cucharas, es un área de intensa deposición de sedimentos provenientes de los terrígenos acarreados por tales arroyos, lo cual queda demostrado por la naturaleza del fondo de esta zona marginal. El fenómeno de sedimentación no es reciente sino que se ha producido desde muy antiguo. Basta observar en aerofotografías del tipo de costa situado al lado izquierdo de la desembocadura del Tancochín, para definir que los terrenos son productos de deposición continua muy antigua que prosigue en la actualidad, formando en la ensenada de Chinteles un sustrato de tipo fangoso, completamente inadecuado para el establecimiento de comunidades ostrícolas.

La dominancia alternada de los vientos del Norte, Noreste y Sureste, en las distintas épocas del año, lleva a considerar que la dirección del acarreo de los elementos dispersos en las aguas de la laguna, a partir de la remoción de éstos de los fondos de las áreas influenciadas por los vientos, son conducidos principalmente en dos direcciones: hacia la ensenada de Chinteles y hacia la zona noroccidental que incluye el área de influencia del arroyo de Cucharas.

Entre Cucharas y Tancochín, hay una zona marginal de la Laguna, altamente modificada por un antiguo pozo petrolero que se quemó y que por la naturaleza de los depósitos, los sedimentos han quedado inmobilizados. No obstante, las aguas comparten de las modificaciones contaminantes y al parecer no permite el establecimiento de bancos ostrícolas en las zonas aledañas.

Indudablemente que otras áreas ostrícolas reciben sedimentos, pero se ha establecido un equilibrio que permite a los bancos de ostiones sobreponerse a la deposición de los elementos dispersos.

La acumulación de terrígenos en determinadas zonas, tales como boca de San Andrés en el norte de la isla Juana Ramírez y Bocaina entre la isla del Idolo y la costa occidental de Tamiahua, ha llegado a modificar sustancialmente la hidrología de la laguna de Tamiahua.

La distribución de los bancos ostrícolas en la costa occidental entre Cucharas y Tancochín, tal como aparece en los viejos mapas de las cooperativas, ha sufrido en la actualidad una profunda modificación, que en nuestra opinión, son dos las causas primordiales: la explotación exhaustiva y la deposición de los sedimentos que por la propia dinámica hidrológica de la laguna de Tamiahua, se acentúan en esa zona. Es posible que existan algunos bancos residuales en las áreas submarginales, con una alta degradación de su potencial biótico motivada por diversos factores negativos.

Durante el desarrollo de estas investigaciones en la laguna de Tamiahua no se confrontó en ningún momento con el fenómeno de la contaminación, derivada de las actividades de perforación de pozos petroleros y al respecto, Cabrera (1971), experimentó en acuarios en condiciones de laboratorio, la resistencia de los ostiones a la presencia de fangos naturales, lodos de perforación y componentes de los mismos en concentraciones controladas. Encontró que tales lodos llevaban a un 50% de mortandad en concentraciones de 200 a 500 ppm durante 7 días.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La carta batimétrica de la laguna de Tamiahua obtenida en estos estudios sólo contribuye a afinar los rasgos anteriormente señalados por Cruz (1968); sin embargo es necesario anotar que, por las condiciones observadas, esta Laguna puede ser afectada considerablemente por la persistencia de movimientos de materiales dentro de la propia Laguna como de ésta al mar o de los arroyos y ríos a la misma laguna como consecuencia de las lluvias, los vientos, y particularmente por las perturbaciones ciclónicas durante el verano o de los vientos del Norte durante el

invierno. En cualquiera de esos casos un cambio en la conformación batimétrica de la laguna se reflejaría inmediatamente sobre los bancos ostrícolas, por lo que es aconsejable el levantamiento de cartas batimétricas periódicas para la vigilancia preservación y mejora de dichos bancos.

Los sedimentos predominantes del piso de la Laguna correspondieron al tipo limo-arcilla con una mayor frecuencia de los valores de 50 a 100% en la composición granulométrica. En las áreas estrechas y en consecuencia de mayor circulación de agua, los porcentajes de limo-arcilla fueron menores de 50. Las áreas con 90 a 100 % de limo-arcilla se ubicaron en un amplio radio a partir de la boca de los esteros de La Laja, Cucharas y Tancochín, creciendo en sentido sur y alcanzando, en el último de estos esteros, a proyectarse hasta el extremo opuesto de la Laguna en dirección SW-NE. Esta distribución se ve explicada en razón de los caracteres batimétricos así como de los hidrológicos. Estos elementos resultan sumamente importantes para la distribución y desarrollo de los bancos de ostión, por lo que se cree conveniente la planeación de estudios para conocer sobre la interacción de éstos.

La clorinidad del agua de la Laguna de Tamiahua arrojó valores de 10 ‰ en las áreas de comunicación al mar y en sus porciones centro-orientales N y S y valores de 5 ‰ como mínimo en la Boca del Estero de Cucharas para los meses de octubre y noviembre de 1966. En el mes de septiembre (época de lluvias), la Laguna registró valores de 13 ‰ en su comunicación sur al mar y de 5 ‰ en su comunicación norte (Fig. 6); lo anterior señala que en esta época del año la Laguna de Tamiahua recibe la influencia del Río Pánuco, debido seguramente a las crecientes de éste, y la región central de la laguna es principalmente afectada por el escurrimiento de agua dulce del arroyo de Cucharas que le imprime un marcado gradiente de 1 a 12 ‰ de clorinidad y una fuerte estratificación de 1 a 7 ‰ de clorinidad frente a la boca de Cucharas.

La temperatura del agua de la laguna de Tamiahua es principalmente el resultado del calentamiento durante el día y del enfriamiento durante la noche y secundariamente la resultante de la transmisión por los flujos de marea en sus regiones de influencia marina y de los ríos y arroyos por la otra parte; las mayores oscilaciones correspondieron al invierno con 6.2°C de diferencia entre máxima (25.0°C) y mínima (18.8°C); en el verano las oscilaciones diarias fueron menores de 3°C con las temperaturas máximas después de medio día y las mínimas al amanecer y anochecer.

La laguna de Tamiahua es un cuerpo de agua sujeto a constantes accidentes meteorológicos: ciclones, huracanes y heladas por vientos del Norte. El ciclón Inés en 1966 y el huracán Beuhla en 1967, dieron valores de precipitación mayores a las cifras máximas obtenidas en los últimos 20 años, sin embargo se ha observado un escaso y casi nulo influjo de dichos fenómenos sobre la salinidad promedio de la laguna de Tamiahua.

La hidrología en áreas como ésta es de difícil empleo para establecer comparaciones aun de sí misma en diferentes tiempos, debido al gran conjunto de factores que intervienen en todas y cada una de sus variables, en tal virtud por esta ocasión se reserva el tratar de obtener conclusiones o el plantear comparaciones con los datos de otros autores sobre esta localidad y sólo es necesario señalar que nuestros resultados difieren enormemente con los publicados por De Buen (1957), cuyos datos nos parecen dudosos por carecer de especificación del método de valoración y porque resultan disímolos al examinar otros resultados del mismo trabajo. Coincidimos en el criterio de Ayala-Castañares, *et al.* (1969), en señalar dos importantes facies para el mes de julio de 1964 y Cruz (1968), que registra un modelo de facies semejante entre la salinidad de superficie y de fondo para el mes de junio y quien omite sus resultados de febrero de 1965 que indicó en la introducción de su trabajo, por lo que no es posible abordar comparaciones. Es criticable que con una fecha como son junio o julio se utilice el concepto "verano" (Cruz 1968: Ayala-Castañares, *et al.* 1969), para una localidad como lo es la laguna de Tamiahua que durante dicha estación del año puede ser sujeta de serios cambios hidrológicos.

La producción del fitoplancton de la laguna de Tamiahua es responsable de un alto y sostenido contenido de oxígeno disuelto en las aguas y refleja también una condición favorable de nutrimentos que habrá de traducirse en crecimiento y desarrollo de organismos mayores de interés en la biología pesquera. Los valores críticos de fitoplancton se obtuvieron generalmente en las áreas de mezcla entre esteros, arroyos y lagunas que contienen alta turbiedad y valores bajos de oxígeno y consecuentemente pobreza de plancton; este fenómeno se acentuó durante la época de lluvias. Se reconocieron cuatro facies en atención al predominio de una determinada estructura del fitoplancton: nerítica; nerítica-estuárica; estuárica-nerítica y estuárica.

La biomasa de plancton (zooplancton), registra una distribución en relativa correspondencia con las facies de las estructuras del fitoplancton. Las áreas de mayor biomasa se observaron en el sur de la laguna y en la porción NE en tanto que los valores críticos correspondieron a las zonas de influencia de esteros y arroyos. Se hace recomendable el estudio taxonómico y estacional de los componentes de este importante eslabón en la producción biológica de Tamiahua.

La ictiofauna de Tamiahua está representada por 34 familias y 56 especies en su gran mayoría típicamente eurihalinas. En la época de lluvias ingresan a la Laguna poblaciones de hábitos dulceacuícolas y se puebla abundantemente de elementos anadrómicos durante la época de sequía con un significado trófico que convendría conocer con mayor detalle para entender y valorar las cadenas tróficas que se establecen en la localidad y con esto poder en un momento dado pronosticar la producción de especies de interés económico.

Los bancos de ostión por otra parte, ostentan un alto poder de recuperación que permite una extracción constante sólo puesta en reposo cuando los pescadores se dedican a otras actividades o a la pesca de escama o de crustáceos. Existen predadores naturales de los bancos de ostión que conviene conocer en su biología y comportamiento a efecto de limitar su acción sobre los bancos particularmente en su fase de regeneración o crecimiento.

Dentro de la laguna de Tamiahua el ostión *C. virginica* tiene asegurados biotopos protegidos de la acción de escurrimientos de agua dulce así como de la eminentemente marina, condiciones tales, fáciles de resguardar si se cuida la conformación de canales de circulación e intercambio de las diferentes hidrofacies. En cambio las poblaciones de ostión que durante la época de secas invaden los esteros, aunque su desarrollo es vigoroso, durante la temporada de lluvias son prácticamente barridas por la persistente y fuerte escurrentia de agua dulce. Este fenómeno podría ilustrarnos la factibilidad de desarrollar un centro de cría y de semilla que pudiera ser sembrada en los esteros al reunir éstos las condiciones apropiadas y ser extraídas durante el estío previo a las lluvias.

*Crassostrea virginica*, por su carácter eminentemente euritérmico tiene en la laguna de Tamiahua condiciones óptimas durante todo el año lo que le permite disponer de un amplio periodo de reproducción comprendido entre los meses de mayo a agosto (Seville y Mondragón, 1965).

## RECONOCIMIENTOS

A través de estas líneas los autores hacen patente su profundo reconocimiento a los ingenieros y funcionarios de Petróleos Mexicanos señores Graciano Bello, Guillermo Bernal, Enrique Noguera e Ignacio Cervantes, por su empeño y eficiencia con que atendieron las necesidades del trabajo de campo y a su constante asistencia a los laboratorios instalados en el Campamento de PEMEX en Cucharas, Ver., durante el año de estos trabajos; a la propia Subdirección de Producción Primaria de Petróleos Mexicanos por el patrocinio económico que permitió la ejecución del estudio; al Ing. Mauricio Aceves del Instituto de Geografía por su cooperación en los planos de la laguna de Tamiahua; al Dr. Fernando Manrique, profesor del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, por su entusiasta participación en los análisis granulométricos; al Prof. Jorge Cabrera, y a los investigadores del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Alberto Ramírez, Luis Soto y Gerardo Green, en aquel entonces alumnos de la Facultad de Ciencias, por su cooperación diversa en la realización de los trabajos.

Sirva también esta contribución como un testimonio de reconocimiento a los pescadores de la región que conscientes de su responsabilidad veían por la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales de Tamiahua.

## LITERATURA CITADA

AYALA-CASTAÑARES, A., R. CRUZ, A. GARCIA-CUBAS, JR. y L.R. SEGURA, 1969. Síntesis de los conocimientos sobre la Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz. México. *In: Lagunas Costeras, un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras*, UNAM-UNESCO, Nov. 18-30, 1967. México, D.F.; 39-48.

AYALA-CASTAÑARES, A. 1969. Datos comparativos de la Geología Marina de tres Lagunas Litorales del Golfo de México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* 20. Ser. *Cienc. del Mar y Limnol* (1): 1-10, 4 Figs.

CABRERA, J. 1971. Survival of the Oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin) in the laboratory under the effects of oil drilling fluids spilled in the Laguna de Tamiahua, México. *Gulf. Res. Resp.* 3 (2): 197-213.

CHAVEZ, E.A. 1969. Notas acerca de la ictiofauna del estuario del Río Tuxpan y sus relaciones con la temperatura y la salinidad. *Mem. IV Congr. Nal. Ocean (México)*: 177-199, 7 Figs.

CRUZ R., 1968. Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Univ. Nal. Autón. México, Ins. Geol., Bol.* 88:1-47, 18 Figs. 4 Tab.

DE BUEN, F. 1957. *Crisis Ostrícolas en México y su Recuperación*. Sría. Marina Dir. Gral. Pesca e Ind. Conexas, 1-46, 12 figs

DE LA O CARREÑO, A. 1954. Las Provincias Geohidrológicas de México (segunda parte). *Univ Nal. Autón. México, Inst. Geol., Bol.* 56, 116p. 8 láms, 2 Figs., 5 Tab.

GALTSOFF, P.S. 1964. The American Oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fish. Bull. of the Fish and Wildlife Serv.* 64: 1-480, 400 Figs.

GOLDMAN, C.R. 1965. Primary productivity in Aquatic Environments. *Memorie Dell'Inssituto Italiano Di Idrobiologia.* 18 (Supl.):1-457.

GUNTER, G. 1967. Some relationships of Estuaries to the Fisheries of the Gulf of Mexico. *In Estuaries. American Assoc. Adv. Sci. Publ.* 83: 621-638, 3 Figs.

HEDGPETH, J.W. 1966. Aspects of the Estuarine Ecosystem. *In A Symposium on Estuarine. Fisheries American Fisheries Society Spec. Publ.* (3),3-11,5 Figs.

RESENDEZ, A. 1974. Estudio de los peces de la Laguna de Tamiahua Veracruz, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* 41, Ser. *Cienc. del Mar y Limnol.* (1):79-146 58 Figs., 1 Tab.

SEVILLA, M.L. y E. MONDRAGON, 1965. Desarrollo gonádico de *Crassostrea virginica* Gmelin en la Laguna de Tamiahua. *An. Inst. Nal. Invest. Biológico-pesquero* 1:51-69.

SIGNORET, M. 1969. Distribución y abundancia de *Bougainvillia niobe* (Anthomedusae) en la Laguna de Tamiahua, Ver., México. *Mem. IV Congr Nal. Ocean. México*: 249-255,5 Figs.





Figura 2. Batimetría general.





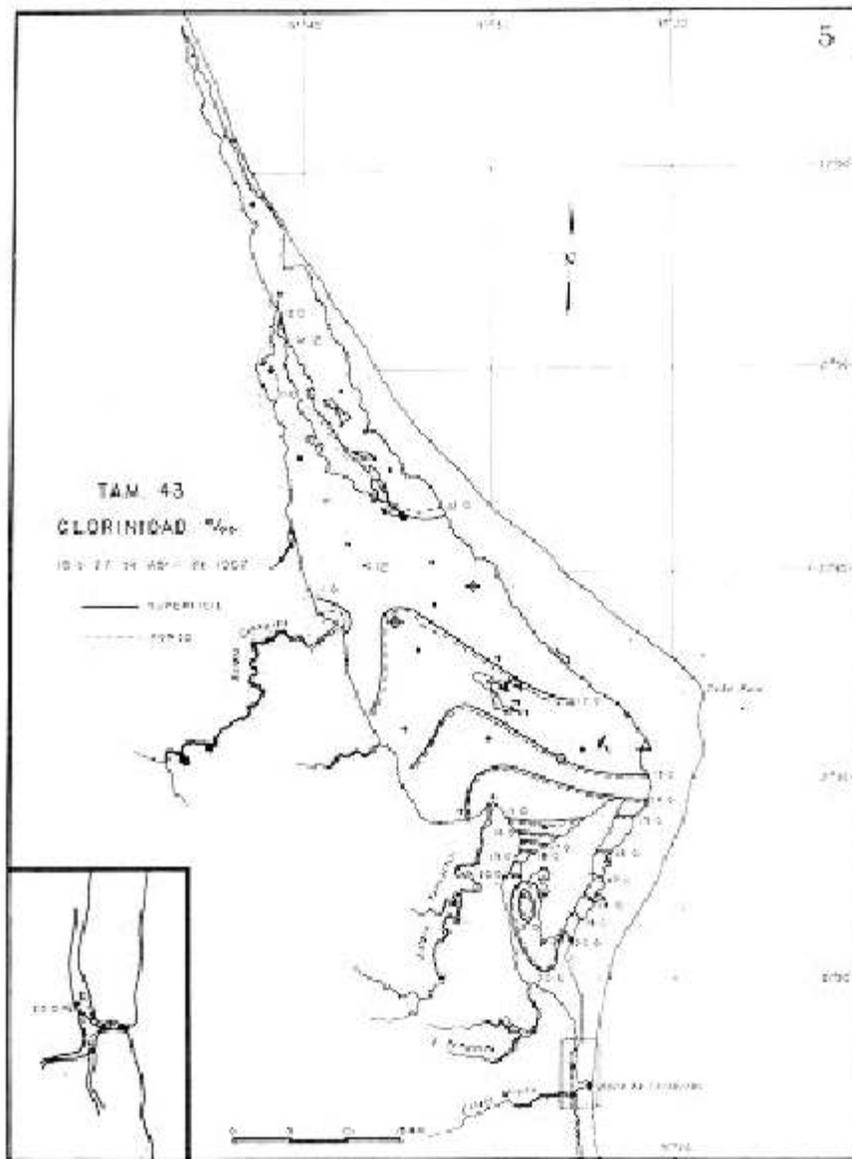


Figura 5. Distribución de la clorinidad durante un periodo de la época de sequía.



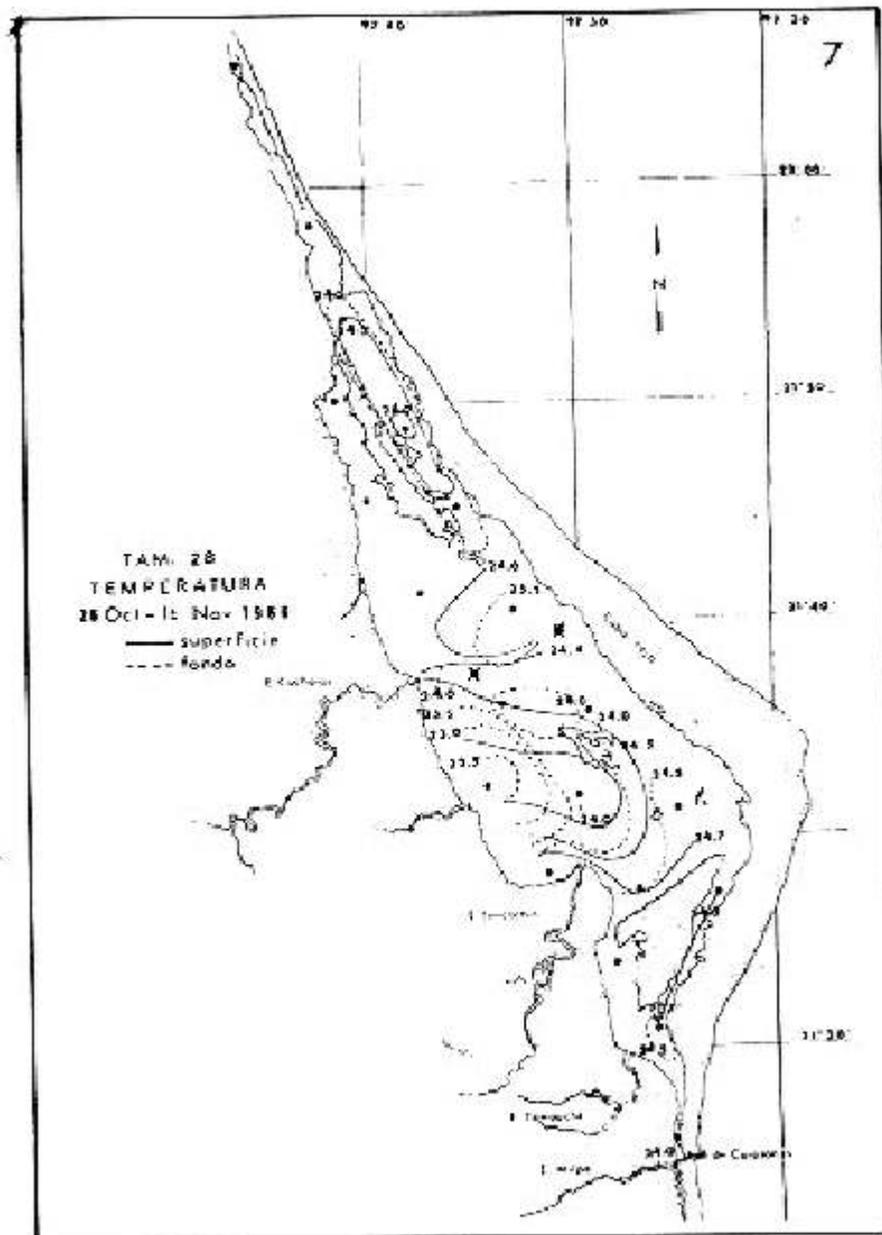


Figura 7. Distribución de la temperatura durante un periodo de la época de lluvias.

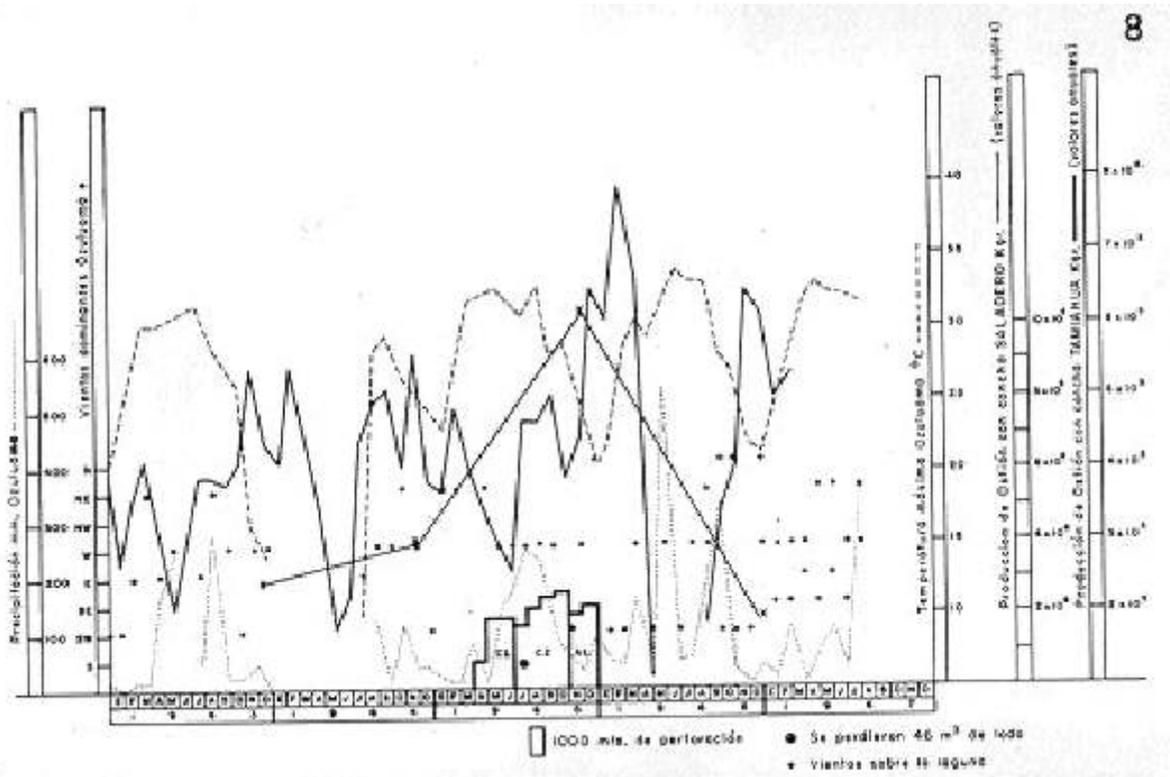


Figura 8. Correlación entre varios factores ambientales de la producción ostrícola y las actividades de PEMEX en la Laguna de Tamiahua.

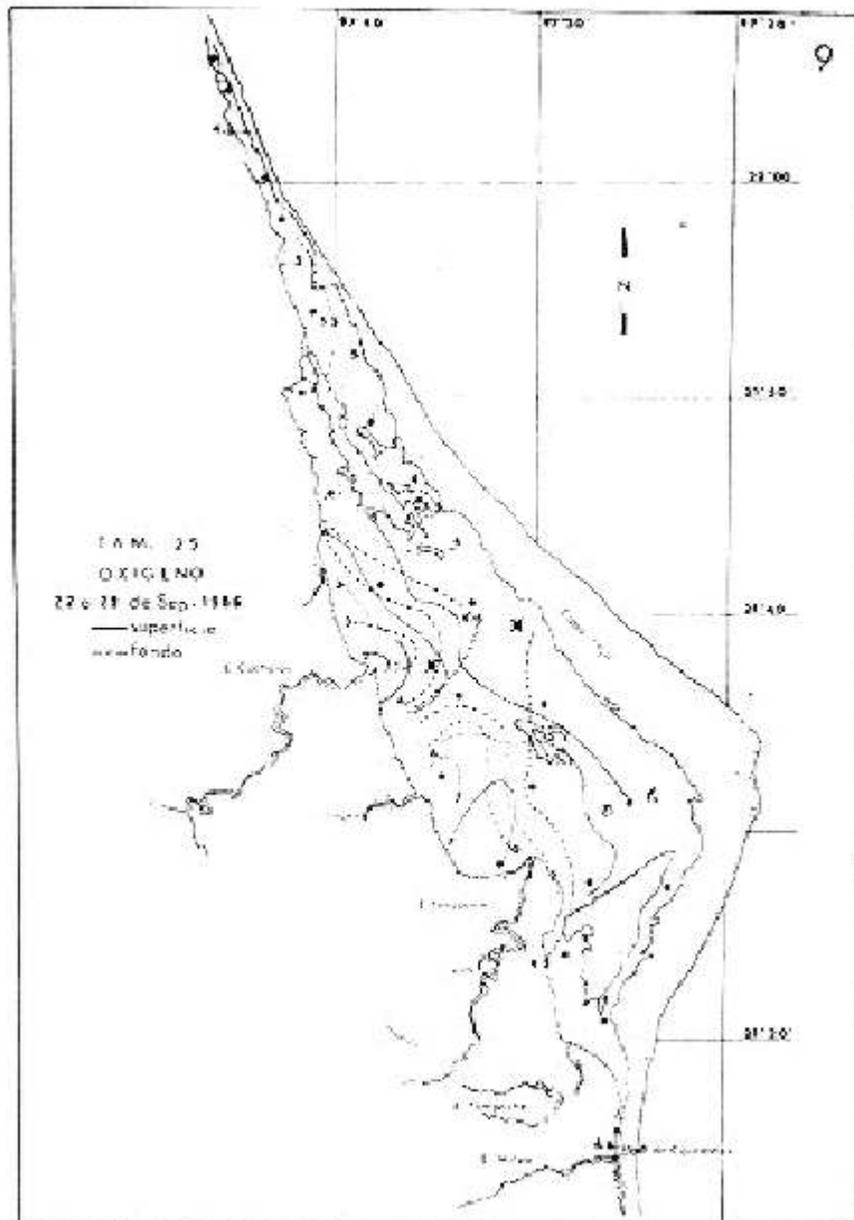


Figura 9. Distribución de oxígeno disuelto en Septiembre de 1966.



Figura 10. Distribución de oxígeno disuelto en octubre y noviembre en 1966.

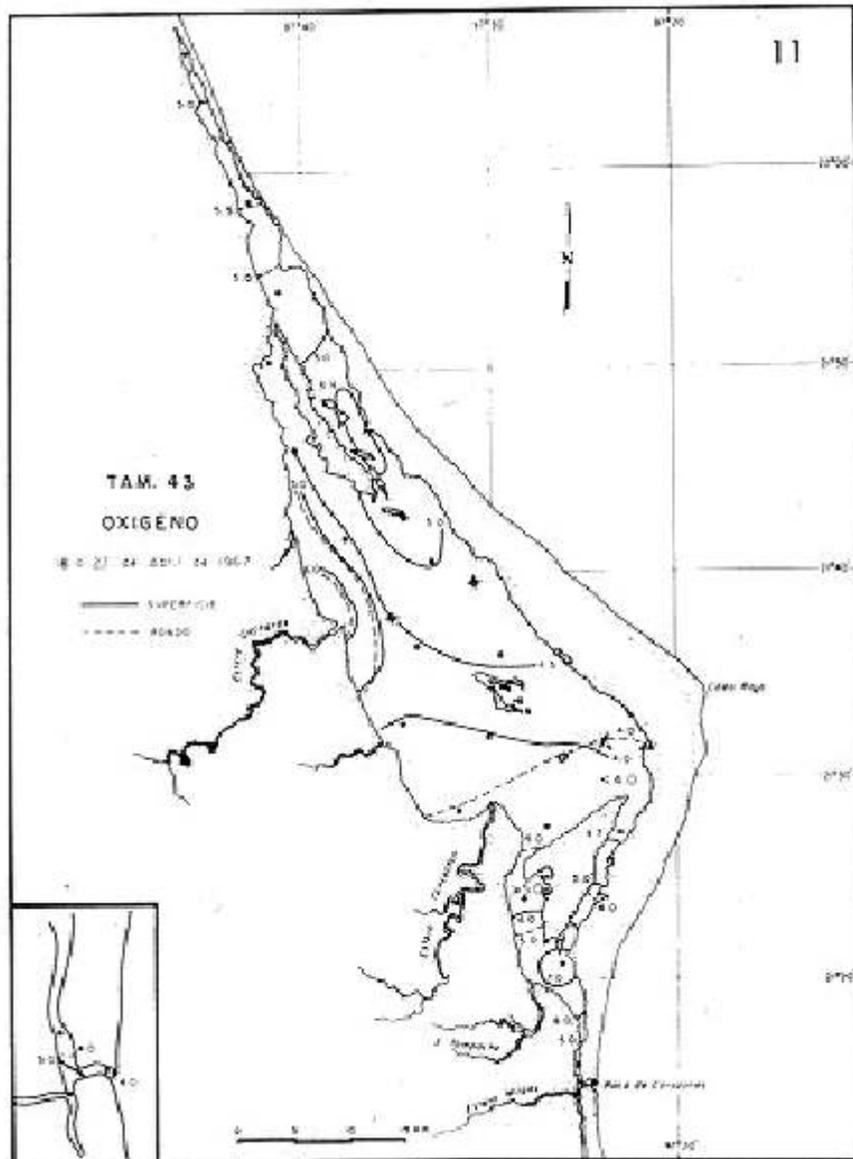


Figura 11. Distribución de oxígeno disuelto en abril de 1967.



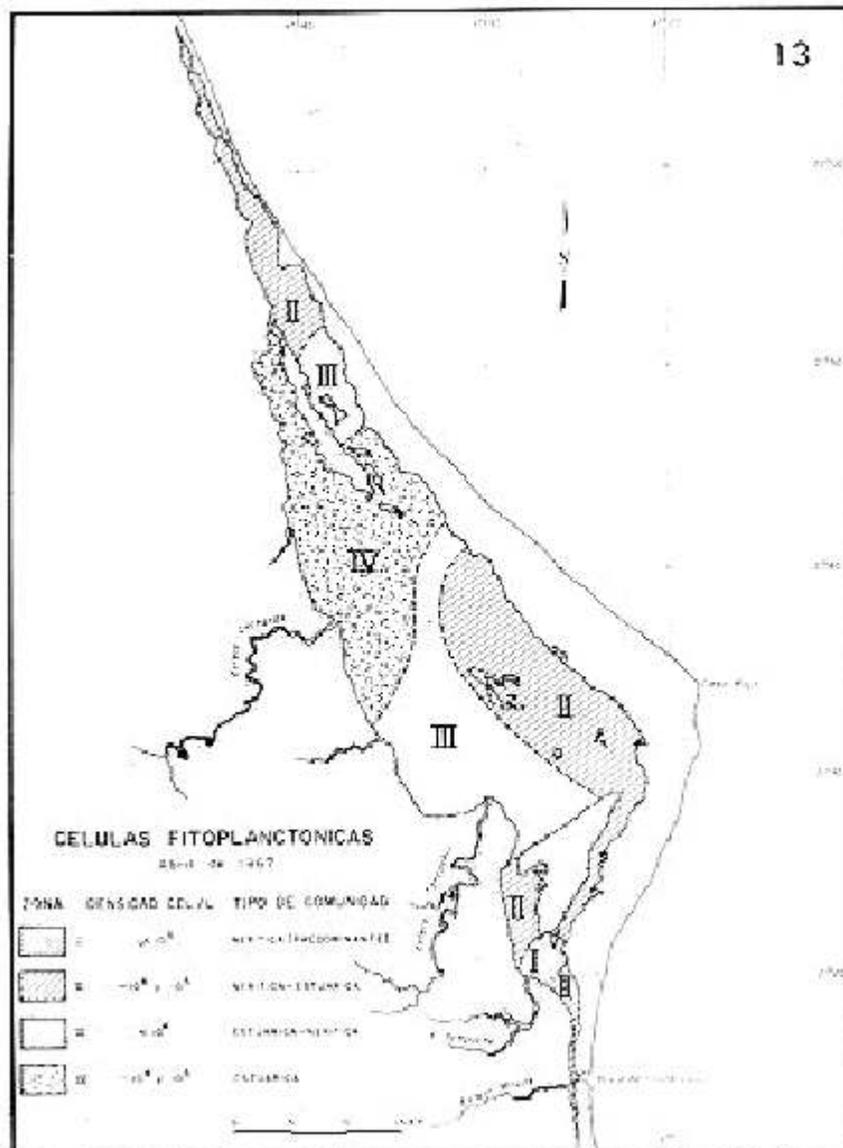


Figura 13. Células fitoplanctónicas en abril de 1967.

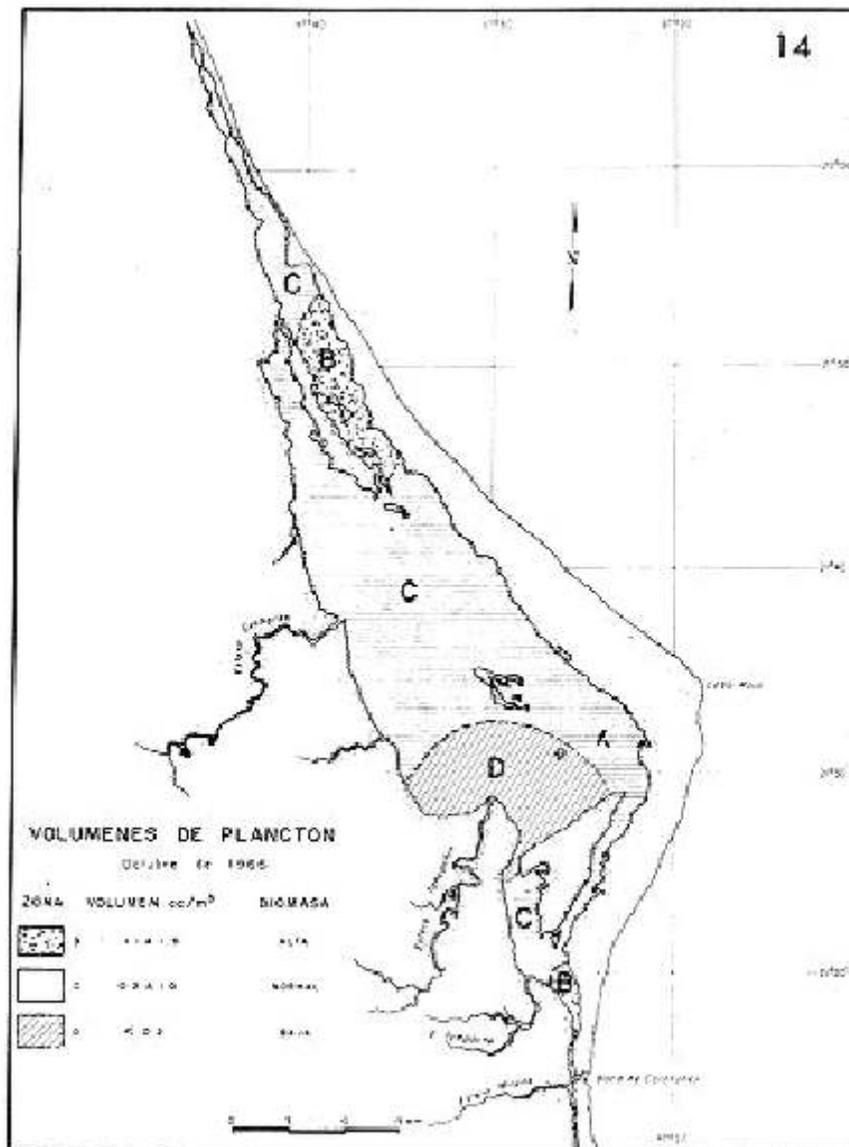


Figura 14. Volúmenes de plancton en octubre de 1966.

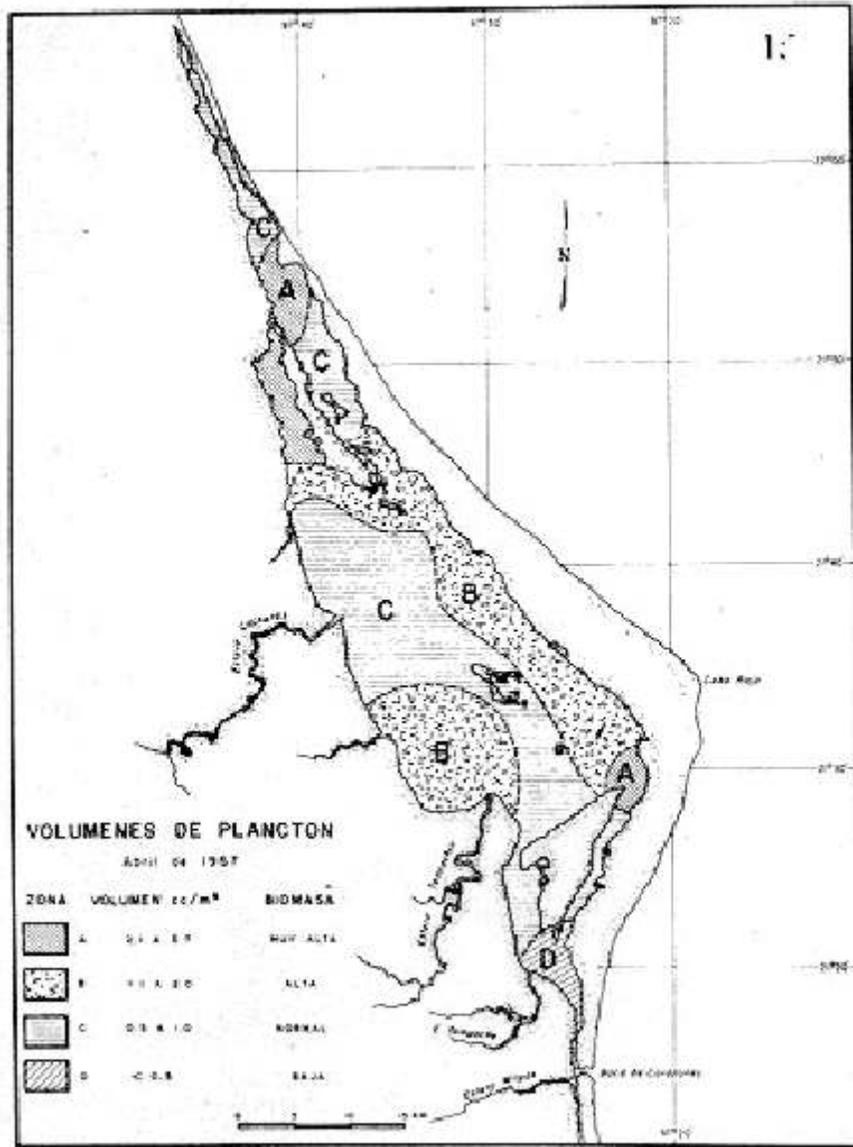


Figura 15. Volúmenes de plancton en abril de 1967.