

Relaciones biogeoquímicas en el sustrato de la laguna costera La Cruz*

**Pedro ORTEGA ROMERO,
**Margarita de la O VILLANUEVA,
y **Arturo I. VILLALBA ATONDO

RESUMEN. *El Sistema Lagunar La Cruz, Sonora, es una albufera salobre situada en la parte SE de Bahía Kino, en la costa central de Sonora. Consiste en una laguna, de aproximadamente, 23 km², separada de las aguas del Golfo de California por una barrera arenosa, con influencia permanente de agua salada por medio de la boca de la misma, y agua dulce temporal debido al drenaje de la parte continental adyacente.*

La distribución de sedimentos se definió como tres zonas texturales sensitivas a la lejanía de la boca de la laguna como fuente de aporte y energía: zona proximal, intermedia y distal. Los sedimentos de la primera, corresponden a arena fina, haciéndose más fina a medida que se aleja de la boca, colocándose en la clasificación de limo en lo que es la zona distal.

Las máximas concentraciones de materia orgánica se encuentran en el sedimento más fino, llegando a ser de 8,99%. La distribución de carbonatos se comporta en forma contraria a la materia orgánica, alcanzando porcentajes de 24,1 en las cercanías de la boca de la laguna.

Las mayores concentraciones de Fe, Mn y Co se encuentran en la zona distal, considerándose ésta, una reductora propicia para la formación de sulfuros. Las medias de Pb, Cu, Cr y Zn establecen un comportamiento muy homogéneo en su distribución en el sistema lagunar.

El tipo de sedimento, concentración de materia orgánica y la energía de las aguas son los factores que mayormente controlan la distribución de los organismos estudiados. Las especies Chione fluctifraga (Lám. I) y Tagelus californianus (Lám. II) se registran en sedimento muy fino con abundancia de materia orgánica y metales pesados. Las especies Chione subrugosa (Lám. III) y Cyclinella singleyi (Lám. IV) se encuentran principalmente en arena fina con escasa materia orgánica y energía moderada. Las especies Donax californicus (Lám. V) Dosinia dunkeri y Felaniella sericata existen en los sedimentos más gruesos registrados y en alta energía de corriente.

*Manuscrito aprobado en marzo de 1985.

**Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, México.

INTRODUCCION

Generalidades y objetivos

El medio sedimentario es el conjunto de las condiciones físicas, químicas y biológicas, bajo las cuales se acumula un sedimento. Estas condiciones están determinadas, en gran parte, por las propiedades de las partículas depositadas dentro del medio.

Con objeto de contribuir al conocimiento de la naturaleza de este medio, se realizó el presente trabajo, en base a los siguientes propósitos fundamentales: definir la granulometría, mapeando su distribución con sus correspondientes características; establecer distribuciones de materia orgánica y carbonatos; conocer cuantitativamente la composición geoquímica de la laguna (metales pesados y livianos); finalmente, relacionar estos parámetros con las diferentes densidades de organismos (bentónicos bivalvos).

Area de estudio

El área de estudio (Fig. 1) se encuentra enmarcada por las siguientes coordenadas geográficas: 28°55' y 28°40' de latitud N y 112°03' y 111°50' de longitud W. Está situada, aproximadamente, a 107 km al W de Hermosillo, Sonora, México, y a 3 km al SE del poblado de Kino Viejo. La laguna tiene una extensión cercana a 23 km², y se localiza dentro de la hoja topográfica "Bahía Kino" publicada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de la S.E.P. a escala 1:50 000.

Con respecto al acceso, existen varias formas de llegar al área de estudio, considerándose de principal importancia la carretera estatal No. 16 que une Hermosillo con Bahía Kino.

Trabajos previos

No se conocen hasta la fecha, trabajos editados que se hayan elaborado exclusivamente en la Laguna Costera La Cruz; sin embargo, existen algunos artículos que incluyen fases de investigación en el área de estudio.

Se elaboró un trabajo para conocer la composición y ambiente de los sedimentos transicionales recientes de la costa de Sonora (Nichols, 1965). En este trabajo se incluye entre otras, la Laguna La Cruz, Sonora.

Se realizó una investigación para la determinación de pigmentos y otros parámetros físico-químicos como una medida indi-

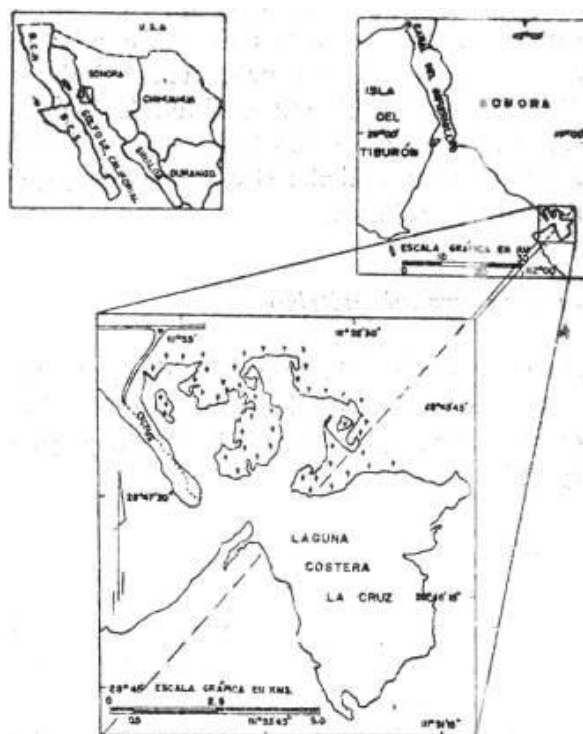


Fig. 1. Localización del área de estudio.

recta de la productividad primaria bruta en la Laguna La Cruz, Sonora (Ortega, 1978).

Se llevaron a cabo estudios experimentales sobre el cultivo del camarón azul (*Penaeus stylirostris*) en sus etapas de maternidad y preengorda (Castellanos, 1982).

Se analizaron los parámetros físico-químicos de las aguas de la laguna, y su relación

con el crecimiento del ostión japonés *Crasostrea gigas* (Chaparro y Villegas, 1983).

Actualmente se está elaborando un estudio bioecológico de las especies, *Chione fluctifraga* y *Chione gnidia* (Lám. VI), por estar sujetas a sobreexplotación en la Laguna La Cruz, y por otro lado, una readaptación y repoblación de ostión en la misma (Martínez et al., en preparación).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de estaciones

En base a un reconocimiento previo, se llevó a cabo la localización de estaciones de muestreo; ésta se hizo mediante el método de rumbos y distancias con la utilización de brújula y cinta. Se colectaron un total de 35 muestras, de tal manera, que cubrieran las diferentes zonas de sedimentación consideradas en el previo reconocimiento (Fig. 2). Los sedimentos obtenidos de las estaciones de muestreo fueron sometidos a los siguientes análisis: Granulométrico, químico y geoquímico.

Análisis granulométrico

Se siguieron las técnicas definidas por Folk (1969) de acuerdo a los procesos descritos originalmente por Krumbein (1932) y Emery (1938).

Análisis químico

Se determinó para el total de muestras, el contenido de carbonatos y materia orgánica. Los porcentajes de estos compuestos químicos se obtuvieron mediante la técnica de pérdida por ignición (Dean, 1974).

Análisis geoquímico

Para la determinación de los metales pesados se utilizó el método de absorción ató-

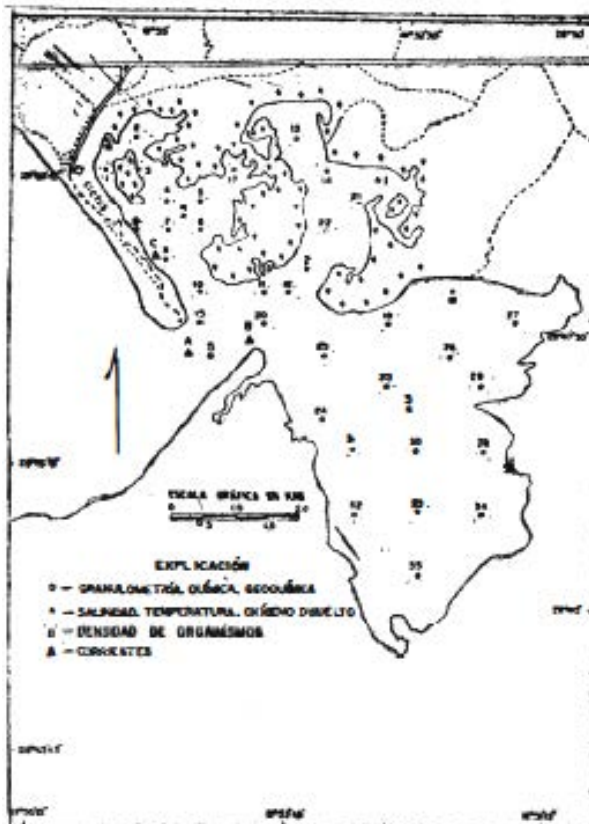


Fig. 2. Localización de estaciones de muestreo de los diferentes análisis.

mica, de acuerdo a lo descrito por Loring y Rantala (1977) y Lively, *et al.* (1979). Esto se elaboró para 28 de las 35 muestras totales.

Además, se hizo una cuantificación directa de los minerales que componen el sedimento y que no se pueden calcular mediante la técnica de absorción atómica (cuarzo, feldspatos, biógenos, micas y fragmentos de roca), utilizándose para ello, un microscopio simple binocular.

Distribución de organismos (bentónicos bivalvos)

Se utilizó un cuadrante de 1 m² para definir el área de extracción del sedimento existente entre 5 y 10 cm de profundidad. Para realizar la cuantificación, se pasó el sedimento por una malla de, aproximadamente, 1 mm de diámetro, efectuándose el mismo trabajo en un promedio de 2 puntos auxiliares dependiendo de la existencia aparente de organismos definida por la estación base.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución sedimentológica

Se consideraron los porcentajes de arena-limo-arcilla para la utilización del triángulo de Folk (1954), definiéndose tres diferentes grupos texturales.

En base a esto, se distinguieron tres zonas de sedimentación sensitivas a la lejanía de la boca de la laguna, como fuente de aporte y energía (Fig. 3). El cambio textural es de más grueso en la boca haciéndose más fino a medida que se aleja de ésta, en relación directa con la energía existente.

Las tres diferentes zonas identificadas se definieron como: (a) proximal, (b) intermedia y (c) distal.

Zona Proximal. Está constituida por 13 de las 35 estaciones totales, precisamente aquellas que se encuentran más cercanas a la boca de la laguna. Esta zona cae en la clasificación de arena, conteniendo un promedio de 95,7% de material arenoso, con un tamaño medio de las partículas de 1,75 ϕ . Además, su coeficiente de asimetría es entre -0,35 y 0,55, observándose que existen tantas estaciones con predominio de fracción fina, como estaciones con predominio de fracción gruesa, y un coeficiente de clasificación de 0,1 a 1,1 ϕ , que corres-

ponde a un rango clasificado de muy bien a mal.

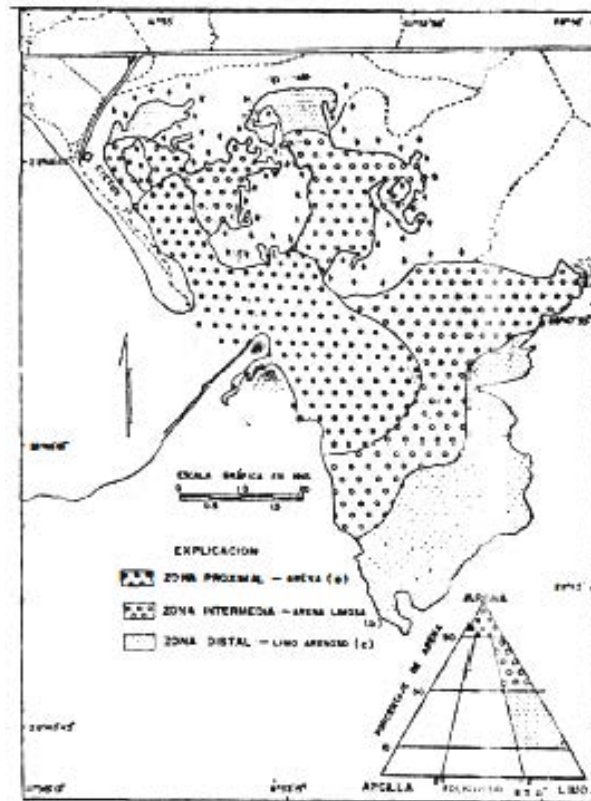


Fig. 3. Distribución de las zonas de depositación en base a grupos texturales.

Zona intermedia. Esta zona se encuentra inmediatamente después de la proximal y está constituida por 14 estaciones. Su clasificación corresponde a la de arena limosa conteniendo un promedio de 76,2% de arena, con un tamaño medio de las partículas de 3,5 ϕ . Su coeficiente de asimetría se encuentra entre 0,22 a 0,53, observándose que todas estas estaciones tienen predominio de fracción fina. El coeficiente de clasificación es de 0,65 a 3,15 ϕ correspondiendo a un rango clasificado de bien a mal.

Zona distal. Está formada por 8 del total de estaciones muestreadas y se encuentra en las partes de la laguna más lejanas a la boca, donde la actividad de las corrientes son apreciablemente bajas. Se ubica dentro de la caracterización de limo arenoso con una única estación definida como limo. El porcentaje de arena para esta zona es de 34,3% con un tamaño medio de las partículas de 5,5 ϕ . Además, su coeficiente de asimetría es de -0,50 a 0,50, observándose, como en la zona proximal, que existen tantas estaciones con predominio de fracción gruesa como estaciones con predominio de fracción fina. El coeficiente de clasificación se encuentra de 1,6 a 3,15 ϕ correspondiendo a un rango clasificado de mal a muy mal.

Este comportamiento de distribución de sedimentos, tiene una relación muy estrecha con los resultados obtenidos por Alba (1978) en el estudio sedimentológico realizado en la Bahía de Puerto Viejo, Sinaloa, México, variando de gruesos a finos a medida que se aleja de la fuente principal de aporte y energía.

Análisis químico

En este trabajo se analizó el contenido de materia orgánica y carbonatos en las 35 estaciones definidas en el muestreo inicial.

Tal como se muestra en la Fig. 4, los resultados de distribución de la materia orgánica, manifiestan que el mínimo contenido de ésta es de 2%, mientras que el mayor alcanza valores cercanos al 9%. Se puede observar en la Fig. 5 que, en general, el contenido de materia orgánica se distribuye en relación directa ($r = 0,78$) al porcentaje de limo del sedimento. Los valores más bajos se presentan en sedimentos gruesos en las cercanías de la boca, donde la cantidad de arena es abundante y los limos escasos; en cambio, los valores más altos se obtuvieron de sedimentos con abundancia de material limoso. Esta distribución está de acuerdo con la, comúnmente, descrita para otros ambientes lagunares.

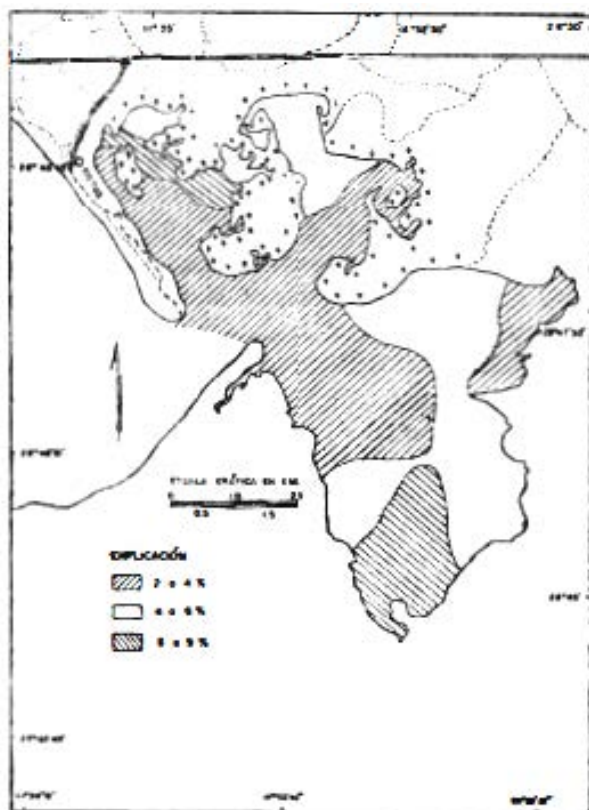


Fig. 4. Distribución porcentual del contenido de carbono orgánico (materia orgánica).

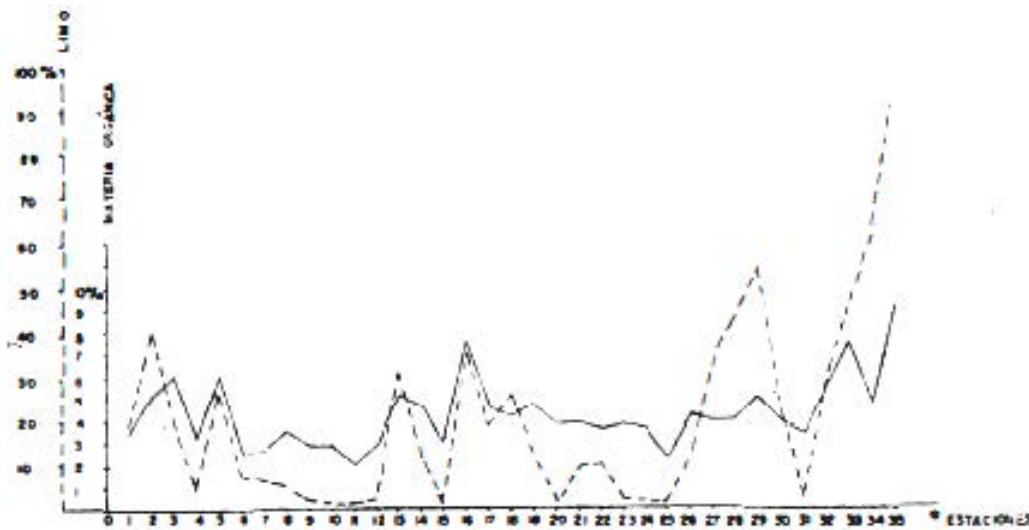


Fig. 5. Relación del contenido de materia orgánica con el porcentaje de limo en el sedimento.

En lo que se refiere a carbonatos, los valores que corresponden al contenido medio en sedimentos de ambientes salobres es de 0,0 a 2,0% según Trask (1932). Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo manifiestan ser desde 1,12 hasta un máximo de 24,1% (Fig. 6).

En un intento de relacionar los contenidos de carbonatos respecto al sedimento donde se encuentra, se interpretó lo siguiente: en general, los mayores porcentajes de carbonatos se encuentran en sedimentos cuyo contenido de limo es muy bajo; por el contrario, los valores menores de carbonatos se localizan donde el contenido de limo aumenta (Fig. 7).

Diversos autores han encontrado que la distribución de carbonatos en sedimentos parece, a veces, conflictiva. Por ejemplo, Warme (1969) al estudiar la Laguna Magu en la costa Sur de California, E.U., encontró porcentajes altos de carbonatos en sedimentos de escaso contenido de limo, y bajos valores donde la cantidad de limo es alta, tal como sucede en los resultados

de este trabajo. Por otra parte Stuardo y Villarroel (1976), al analizar los sedimentos de varias lagunas costeras del Estado de Guerrero, México, encontraron un comportamiento contrario al definido por Warme (1969) para la Laguna Magu y al definido en el presente estudio para la Laguna La Cruz. Estos autores obtuvieron altos porcentajes de carbonatos en sedimentos ricos en limo, mientras que los valores más bajos se manifiestan en sedimentos arenosos cercanos a las barras.

Análisis geoquímico

Metales pesados. Se analizaron 7 elementos (Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Pb, Zn) para 28 estaciones de las 35 totales.

Las concentraciones de estos elementos pueden observarse en la Tabla 1. De los minerales mencionados fueron elegidos el Fe, Mn y Co para ser relacionados con los resultados granulométricos, químicos y biológicos, por observarse diferencias clara-

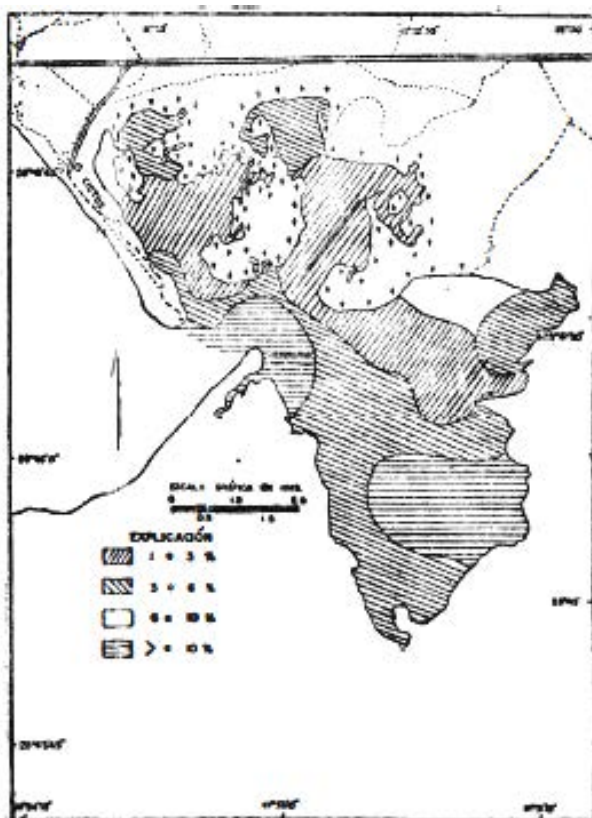


Fig. 6. Distribución porcentual del contenido de carbonatos.

mente marcadas en sus distribuciones en la laguna.

Primeramente se interpretó la relación que existe entre estos elementos y las condiciones químicas y granulométricas de los sedimentos considerando sus promedios por zona textural (Fig. 8), resultando lo siguiente: el Fe y el Mn se encuentran en función directa con la distribución de materia orgánica y disminuyen a medida que aumenta el tamaño de grano en el cual se encuentran. Por otro lado, el Co sigue un comportamiento en parte diferente al seguido por el Fe y el Mn respecto a estos parámetros, ya que sus promedios se mantienen constantes de la zona proximal a la intermedia, y en la distal se promedia su máxima concentración al igual que el Fe y el Mn.

Los resultados obtenidos de Cr, Pb, Zn y Cu no fueron relacionados con las condiciones químicas, físicas y biológicas del sedimento, por tener una distribución casi homogénea sin observarse anomalías de concentración que puedan depender de las condiciones físicas y químicas del sedimento,

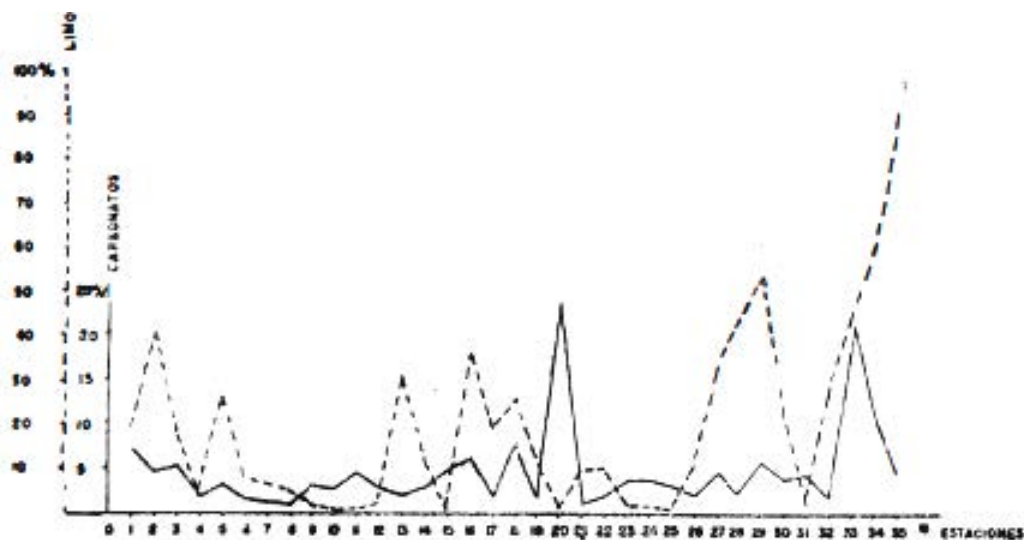


Fig. 7. Relación del contenido de carbonato con el porcentaje de limo en el sedimento.

TABLA 1. *Concentraciones de minerales pesados en el sedimento.*

Estación	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Mn (%)	Fe (%)	Zn (%)	Co (ppm)	Cr (ppm)
2	14,60	21,90	0,010	1,30	0,0093	14,63	12,43
4	7,50	7,50	0,005	0,40	0,0064	7,58	6,06
5	16,00	16,00	0,010	1,00	0,0091	8,03	9,63
6	7,10	14,80	0,010	0,70	0,0058	7,09	7,80
7	7,30	14,60	0,006	0,50	0,0042	7,34	6,60
8	7,10	14,20	0,007	0,60	0,0110	7,14	7,14
9	7,29	14,50	0,008	0,60	0,0082	7,29	8,75
10	7,40	14,90	0,007	0,50	0,0053	7,46	7,46
12	7,50	22,60	0,008	0,60	0,0062	5,27	9,79
13	14,60	36,60	0,020	1,30	0,0075	9,53	3,19
14	15,74	15,74	0,010	0,70	0,0048	10,23	7,08
15	6,71	13,40	0,010	0,56	0,0067	6,71	6,04
17	6,90	13,80	0,009	0,70	0,0041	5,55	6,93
18	7,80	23,60	0,010	0,80	0,0188	14,18	7,88
19	7,20	21,70	0,008	0,60	0,0058	5,07	7,24
20	7,00	42,20	0,018	0,20	0,0100	26,05	5,63
21	7,60	15,30	0,006	0,60	0,0090	6,15	5,38
22	7,30	22,10	0,007	0,60	0,0032	4,42	5,90
23	7,30	14,60	0,007	0,60	0,0043	8,05	5,85
24	7,30	7,30	0,009	0,70	0,0100	6,60	7,34
26	7,50	22,50	0,100	0,60	0,0100	7,53	7,53
27	16,05	24,07	0,017	1,12	0,0031	12,84	9,63
28	7,80	23,45	0,007	0,60	0,0046	3,90	7,81
30	15,90	31,94	0,015	1,04	0,0111	9,58	9,58
31	8,40	16,90	0,010	0,70	0,0050	7,63	6,78
33	15,10	45,50	0,035	0,60	0,0045	25,81	9,11
34	21,50	43,10	0,032	1,80	0,0143	12,92	13,64
35	28,80	36,02	0,035	1,90	0,0180		

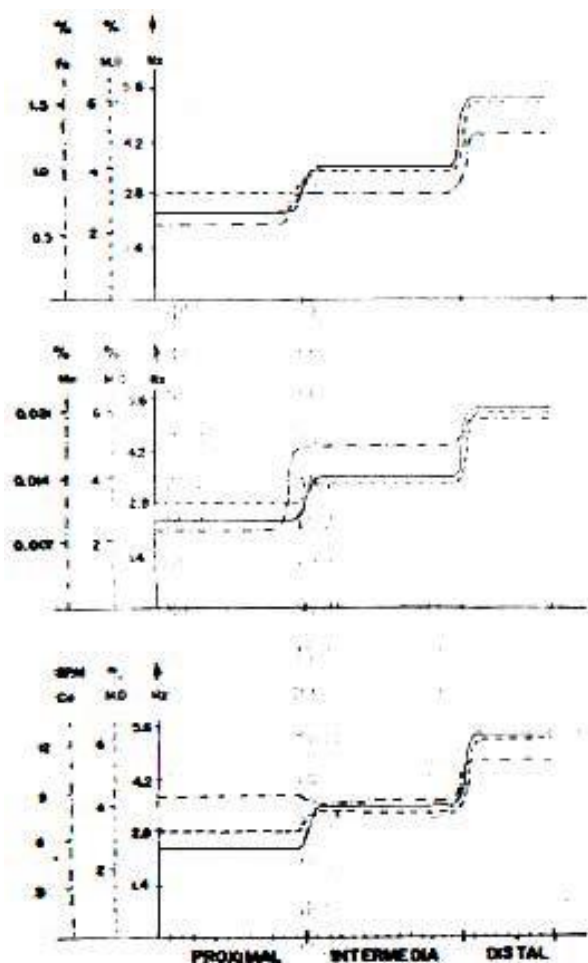


Fig. 8. Relación de Fe, Mn y Co con el tamaño medio del sedimento (Mz) y contenido de materia orgánica (MO) considerando sus promedios por zona textural.

o influir para que la densidad de organismos sea mayor o menor.

Minerales livianos. Este procedimiento se llevó a cabo únicamente para 12 de las 35 estaciones totales, debido a que, para ello, es necesario que el tamaño de la partícula tenga un grosor de, al menos $1,5 \phi$ (0,35 mm) para que puedan diferenciarse unos minerales de otros bajo el microscopio.

Las muestras sometidas a este análisis se ubican, en su mayoría, en la zona proximal y se muestran en la Tabla 2.

Distribución de organismos (bentónicos bivalvos)

En las Tablas 3 y 4 se muestran los resultados, promedio, por metro cuadrado de las especies cuantificadas para cada una de las estaciones; éstas son: *Chione fluctifraga* (Lám. I), *Chione subrugosa* (Lám. III),

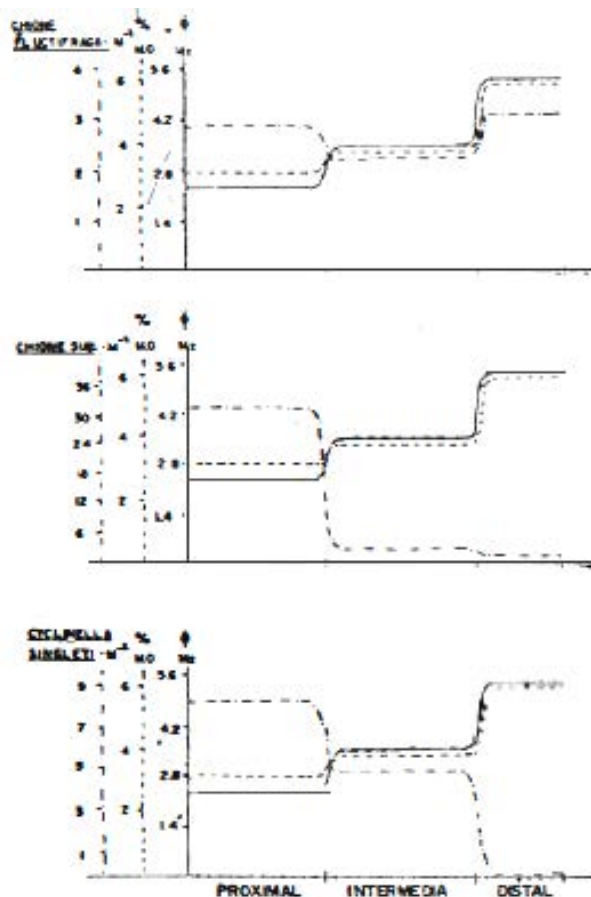


Fig. 9. Relación de las especies *Chione fluctifraga*, *Chione subrugosa* y *Cyclinella singleyi* con el tamaño medio del sedimento (Mz) y contenido de materia orgánica considerando sus promedios por zona textural.

TABLA 2. Porcentajes de minerales livianos, partículas biógenas y fragmentos de roca en sedimentos.

Estación	Bióg.	Cuarzo	Feld.	Micas	Fragmentos de roca
4	1,20	76,6	3,1	1,1	5,8
9	7,80	38,3	16,2	0,6	20,9
10	2,90	47,3	21,9	4,4	15,1
12	2,10	69,1	10,3	0,7	12,4
15	7,05	33,1	13,5	1,3	34,6
20	37,40	26,9	10,4		20,0
21	1,00	42,2	5,9		14,2
23	2,70	64,2	5,2		7,4
24	4,90	71,3	6,4		11,5
25	2,10	71,7	4,6		9,5
31	4,20	56,8	18,9	1,6	2,6
33	10,80	3,6	1,5		84,6

Chione gnidia (Lám. VI), *Anadara grandis* (Lám. VII), *Cyclinella singleyi* (Lám. IV), *Tellina (Angulus) meropsis* (Lám. VIII), *Chione californiensis* (Lám. IX), *Donax californicus* (Lám. V), *Tagelus californianus* (Lám. II), *Dosinia dunkeri*, *Falaniella (Zemysia) sericata*.

De ellas, las cuatro primeras se han considerado de importancia comercial, tanto por su tamaño como por su buena distribución en algunos puntos del sistema lagunar. Se han elegido las especies *C. fluctifraga*, *C. subrugosa* y *C. singleyi* para ser relacionadas con los resultados químicos, físicos y geoquímicos por presentar éstas, diferencias de densidad claramente marcadas entre cada una de las zonas de sedimentación definidas.

La Fig. 9 muestra la relación existente de estas especies con la distribución de materia orgánica y diámetro del sedimen-

to, considerando sus promedios por zona textural, manifestándose de la siguiente manera: Las especies *C. subrugosa* y *C. singleyi* se comportan en forma indirecta respecto a la materia orgánica y disminuyen su densidad de la zona proximal a la distal mientras más fino es el sedimento. Este cambio es demasiado brusco en el caso de la *C. subrugosa* de la zona proximal a la intermedia. Por otro lado, la especie *C. fluctifraga* se mantiene casi constante, tanto en la zona proximal como en la distal, aunque la variación de materia orgánica y diámetro medio de sedimento sea contrastante entre estas zonas texturales.

Así mismo, se elaboró una relación tomando en cuenta estas especies con los promedios, por zona textural, obtenidos para el Fe, Mn y el Co, interpretándose lo siguiente: la densidad de *C. subrugosa* y

TABLA 3. Resultados promedio de la densidad de organismos (bentónicos bivalvos) por metro cuadrado. (A) *Chione fluctifraga*, (B) *Chione subrugosa*, (C) *Cyclinella singleyi*, (D) *Tellina mecropsis*, (E) *Tagelus californianus* y (F) *Chione gnidia*.

Estación	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
1	24,2	3,6	0,6	0,8	0,4	0,2
2	7,6	2,6	0,6	3,6	1,6	
3	1,0	6,6		0,6		
4	14,6	36,0	4,0			
5	4,3	36,0	1,0	0,3		
6		5,0	11,3	0,6	1,3	0,3
7	6,6	11,3	0,6			
8	12,3	44,6	1,3			
9	3,0	13,0	1,0			
10	2,6	332,0	57,6		0,3	0,3
11	1,3	23,6	5,3			
12	2,0	3,0				
13	0,6	0,6		3,6	0,6	
14	0,6	0,6		2,3		
15						0,3
16	18,3					
17	1,3	13,0	0,6	0,6	0,3	
18	1,3	1,0		2,0		
19	1,0	9,6		0,3		0,3
20		0,3				
21		0,6	0,3	1,6		
22	—	1,3	20,6			
23		1,3	11,6	0,3		
24			0,3	0,6		0,3
25			0,3		0,3	
26		0,3	0,3	1,3		0,3
27		1,0		3,0		
28	1,3	0,3	0,3	0,6	0,3	
29			0,3		0,3	
30		0,3	20,6	3,0	1,3	
31		1,3	25,4	2,3	1,3	
32			16,5	2,3	0,3	1,3
33		9,6		0,3		
34						
35		0,3	0,3	4,0	0,6	

TABLA 4. Resultados promedio de la densidad de organismos (bentónicos bivalvos) por metro cuadrado. (G) *Anadara grandis*, (H) *Chione californiensis*, (I) *Donax californicus*, (J) *Dosinia dunkeri* y (K) *Felaniella sericata*.

Estación	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)
1		1,0			
2					
3					
4					
5					
6	1,6				
7	1,0				
8					
9	1,0				
10					
11				1,0	
12	0,3	2,0		0,6	
13	0,6				
14					—
15			3,6		
16					
17	0,3				
18					
19	0,3	6,6			
20			3,6	0,3	
21					
22		3,0		0,3	
23	2,0	0,3	1,6	2,3	2,0
24					
25	0,6	0,3		0,6	
26					
27					
28					
29	0,3				
30					
31	0,6			1,3	
32					
33	0,3				
34					
35		1,0			

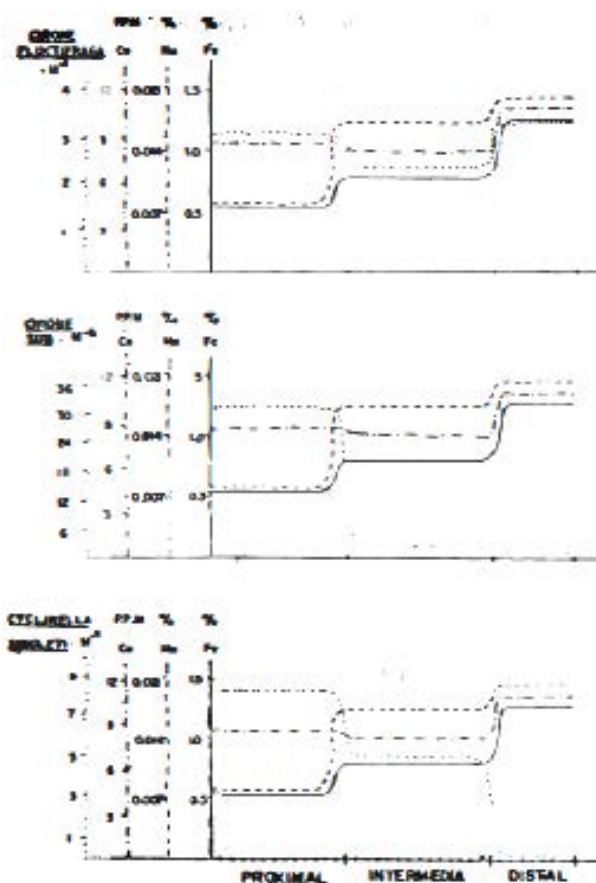


Fig. 10 Relación de las especies *Chiome fluctifraga*, *Chiome subrugosa* y *Cyclinella singleyi* con el contenido de Fe, Co y Mn considerando sus promedios por zona textural.

C. singleyi disminuye conforme aumentan los contenidos de Fe y Mn. En relación al Co estas especies no siguen un comportamiento definido (Fig. 10).

La especie *C. fluctifraga* se manifiesta diferente ya que puede estar en igual forma, tanto donde la concentración de metales pesados es mínima como donde es máxima.

La especie *C. gnidia*, debido al exceso de explotación está pobremente distribuida en el sistema lagunar. Su máxima media de densidad es de 1,3 organismos por m², en un sedimento fino con escasez de carbonatos y rico en materia orgánica.

Las especies *D. californicus*, *D. dunkeri* y *F. sericata* existen en los sedimentos más gruesos de la zona proximal, donde la energía de la corriente es la máxima por encontrarse en el canal principal.

La poca fuerza de unión de valvas que caracteriza a *T. californianus*, hace que ésta se encuentre únicamente en los sedimentos finos de las partes internas del sistema lagunar.

CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en la presente investigación son las siguientes:

El análisis granulométrico puede diferenciar tres zonas de sedimentación que son sensitivas a la lejanía de la boca de la laguna: zona proximal, intermedia y distal. El comportamiento de estas zonas de sedimentación, varía de material grueso en la boca de la laguna, a más fino, a medida que se aleja de ella hacia el interior.

La materia orgánica, en general, se encuentra en función directa con la cantidad de limo en el sedimento, ya que las mayores concentraciones se encuentran en lo que corresponde a la zona distal, y los bajos contenidos en las cercanías a la boca del sistema lagunar (zona proximal).

En general, la distribución de carbonatos se encuentra en relación inversa al contenido de limo en el sedimento y por lo

tanto, tiene una distribución contraria a la de la materia orgánica.

En lo que se refiere a metales pesados, el Fe, Mn y el Co alcanzan su máxima concentración donde el sedimento es más fino. Los elementos Cr, Pb, Zn y Cu siguen una distribución casi homogénea, sin observarse anomalías de concentraciones contrastantes.

Se ha definido que el diámetro del sedimento, la distribución de materia orgánica en el mismo y la energía de las aguas son los factores que mayormente están controlando la distribución de los organismos estudiados.

La especie *C. fluctifraga* se encuentra en igual forma, independientemente de las

variaciones de los parámetros analizados; las especies *C. subrugosa* y *C. singleyi*, se encuentran mejor distribuidas donde las concentraciones de metales pesados y materia orgánica son bajas y donde el sedimento es de textura gruesa (zona proximal); las especies *D. californicus* y *T. californianus* son de hábitat completamente diferentes, ya que la primera se encuentra en las porciones de la zona proximal más cercana a la boca del sistema, donde el sedimento es grueso con alta energía de las aguas, mientras que la segunda se localiza, principalmente, en la zona distal donde el sedimento es fino con baja energía de las corrientes.

RECOMENDACIONES

Con el objeto de lograr un verdadero conocimiento de las relaciones biogeoquímicas en el Sistema Lagunar La Cruz, Sonara, es recomendable el desarrollo de los siguientes puntos:

Extraer un núcleo de sedimento para estudiar su estratificación (fase sólida y líquida) y tener un conocimiento de los procesos de oxidación-reducción, aplicando la ecuación diagenética general (Berner, 1980).

Estudiar en detalle la geología aledaña y conocer cuantitativamente la composi-

cion geoquímica de las rocas, con el fin de definir el origen de los metales pesados estudiados en el sistema lagunar.

Un estudio geomorfológico desimentológico de la barrera arenosa de la laguna, incluyendo, tanto la superficie como el subsuelo, para tratar de conocer su origen y evolución.

Un estudio del fondo marino frente al sistema lagunar, para así conocer en detalle las características de los sedimentos, ya que existe una influencia directa de esta porción hacia el interior de la laguna.

REFERENCIAS

- Alba, C. V. *et al.* (1978): Estudio Sedimentológico de la Bahía de Puerto Viejo, Mazatlán, Sin., Centro de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M., México, pp. 97-118.
- Castellanos, J. A. (1982): *Estudios Experimentales sobre el Cultivo del Camarón Azul (Penaeus stylirostris) en sus Etapas de Maternidad y Preengorda*. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Baja California, Escuela Superior de Ciencias Marinas.
- Chaparro, P. R., y C. Villegas (1983): *Efecto de la Temperatura, Salinidad, pH y Oxígeno Disuelto en el Crecimiento de Ostión Japonés (Crassostrea gigas) Cultivado en Bahía Kino, Sonara*. Tesis Profesional, UNI-SON.

- Dean, W. E. (1974): Determination of Carbonate and Organic Matter in Calcareous Sediments and Sedimentary Rocks by Loss Ignition: Comparison with other Methods. *J. Sedim. Petrol.*, 44(1):242-248.
- Emery, K. O. (1938): Rapid Method of Mechanical Analysis of Sand. *J. Sedim. Petrol.*, 8:105-111.
- Folk, R. L. (1954): Triángulo de Folk. In: Folk, R. L., 1969. *Petrología de las Rocas Sedimentarias*. U.N.A.M., p. 69.
- Folk, R. L. (1969): *Petrología de las Rocas Sedimentarias*. U.N.A.M., p. 69.
- Krumbein, W. C. (1932): The Mechanical Analysis of Fine Grained Sediments. *J. Sedim. Petrol.*, pp. 140-149.
- Lively, J. P. *et al.* (1979): *Analytical Methods Manual*. Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa. Vol. 1.
- Loring, D. H., y R. R. Rantala (1977): *Geochemical Analyses of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter*. Fisheries and Marine Services Technical, Canada, Report. 700. p. 58.
- Martínez, L. *et al.* (1984): Estudio bioecológico de dos importantes especies de Almeja, *Chione gnidia* y *Chione fluctifraga*, sometidas a sobre-explotación en el Estero La Cruz, Sonora. Proyecto de Investigación en Preparación: C.I.C.T.U.S.
- Martínez, L. *et al.* (1984): Readaptación y Repoblación de Ostión en el Estero La Cruz, Sonora. Proyecto de Investigación en Preparación: C.I.C.T.U.S.
- Nichols, N. M. (1965): Composition and Environment of Transitional Recent Sediments on the Sonora Coast, México. Un publ. Dissertation, Univ. Calif., Los Angeles.
- Ortega, R. (1978): *Determinación de pigmentos y otros parámetros físico-químicos como medida indirecta de la productividad primaria bruta en el Estero La Cruz, Bahía Kino, Sonora*. Tesis Profesional. UNI-SON.
- Stuardo, J., y M. Villarroel (1976): Aspectos ecológicos y distribución de los moluscos en las lagunas costeras de Guerrero, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnología*, U.N.A.M., Méx., pp. 182-213.
- Trask, P. D. (1932): Origin and Environment of Source Sediment of Petroleum. Gulf Publishing Company, Houston, Texas. XV, p. 323.
- Warne, J. E. (1969): Magu Lagoon, Coastal Southern California; Origin, Sediments and Productivity. In: Ayala Castañares, A. y F. B. Phleger (Eds.). *Lagunas Costeras*, U.N.A.M.-UNESCO. Nov. 18-30, 1967, p. 137-154.

Ciencias de la Tierra y del Espacio, 14, 1987

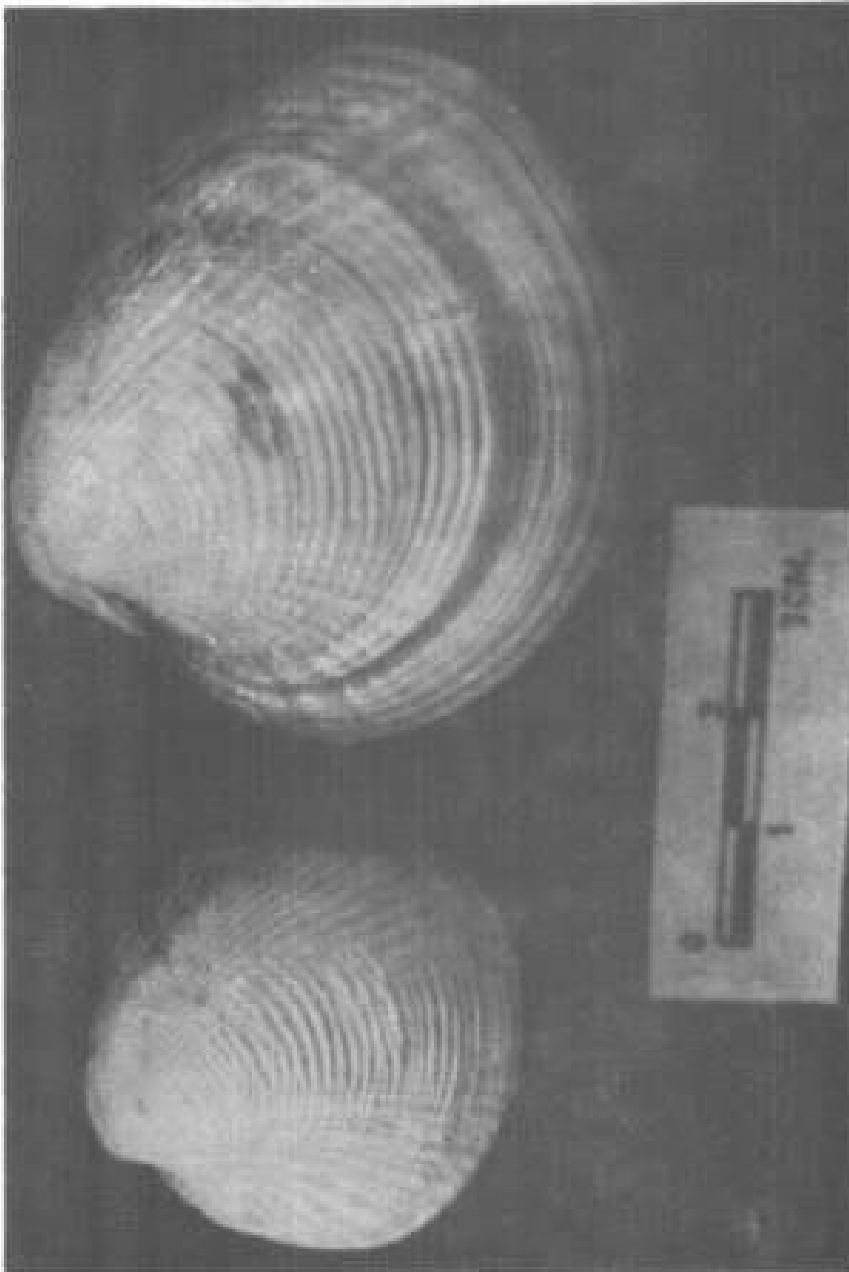
BIOGEOCHEMICAL RELATIONS IN THE SUBSTRATUM OF THE COASTAL LAGOON LA CRUZ

Pedro ORTEGA ROMERO,
Margarita de la O. VILLANUEVA
and Arturo I. VILLALBA ATONDO

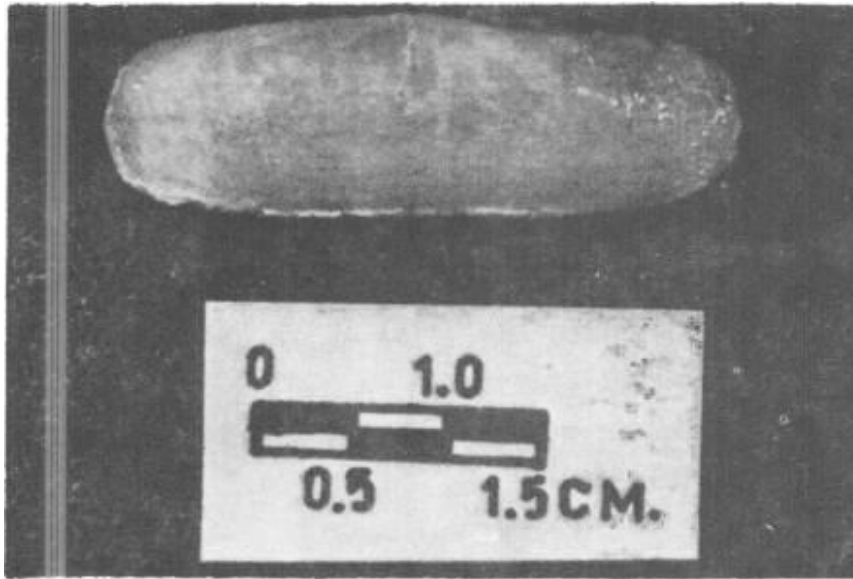
ABSTRACT. *The Lagunar System La Cruz, Sonora, is a brackish lagoon located in the SE part of the Kino Bay, in the central coast of Sonora. It consists of a lagoon of approximately 23 m², separated from the California Gulf waters by a sandy barrier, with permanent influence of salt water by means of its outlet, and temporal fresh water due to the dredging of the adjacent continental part. The distribution of sediments was defined as three textural zones sensitive to the remoteness of the lagoon outlet as a source of contri-*

bution and energy: Proximal, intermediate and distal zones. The sediments of the first zone correspond to fine grained sand which become finer in proportion as it moves away from the outlet, getting place in the classification of mud in what it is referred to the distal zone. The greatest concentrations of organic matter are found in the finer sediment, reaching a 8,99%. The distribution of carbonates conduct itself in a way opposed to that of the organic matter, reaching percentages of 24,1 near the lagoon's outlet. The big concentrations of Fe, Mn and Co are found in the distal zone, considering this last a propitious reducer for the formation of sulfides. The average of Pb, Cu, Cr and Zn stablish a behavior very homogeneous in its distribution in the lagunar system. The type of sediment, concentration of organic matter and energy of waters are the factors which mostly control the distribution of the studied organisms. The species Chione fluctifraga (Photo 1) and Tagelus californianus (Photo 2) register themselves in a fine sdiment with abundance of organic matter and heavy metals. The species Chione subrugosa (Photo 3) and Cycolinella singleyi (Photo 4) are found mainly in fine grained sand with scarce organic matter and moderate energy. The species Donax californicus (Photo 5), Dosinia dunkeri and Felaniella sericata exist in the more thick sediments registered and in a high current energy.

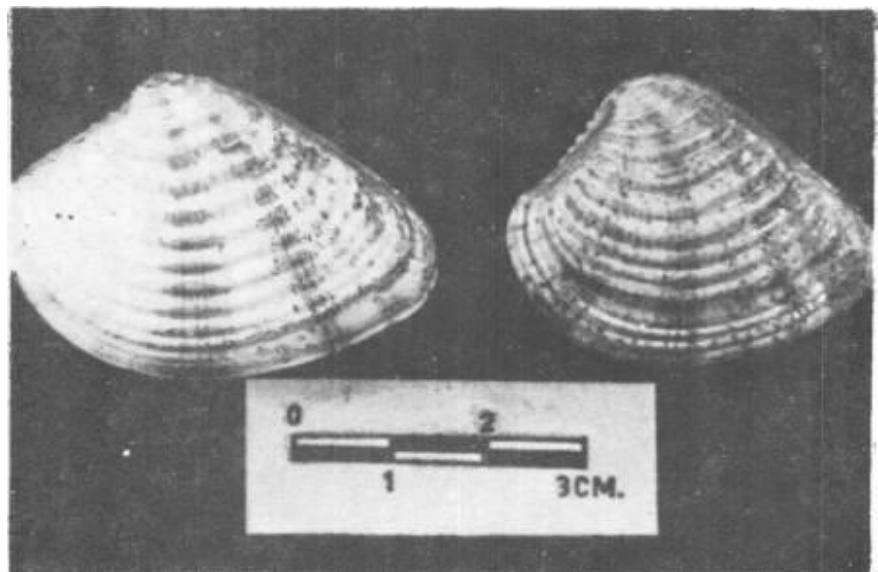
* CICTUS, Universidad de Sonora, México.



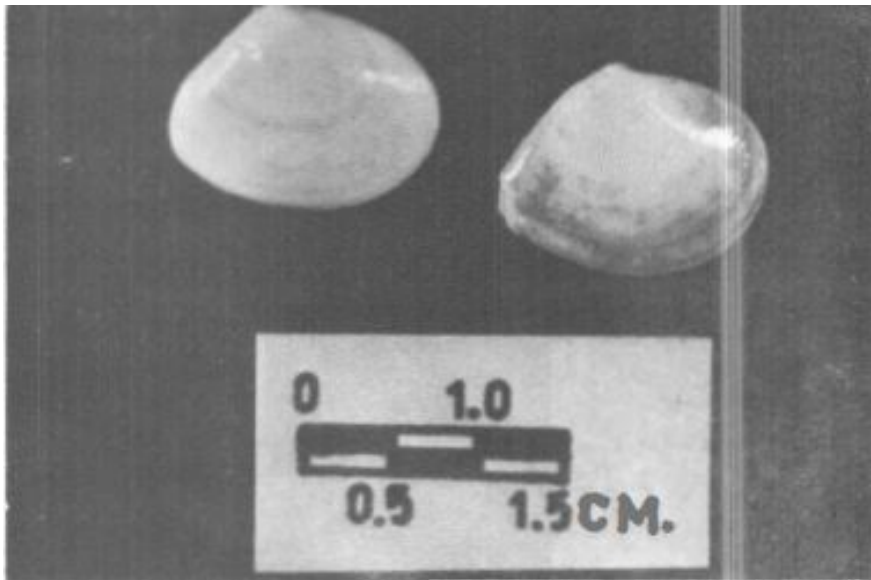
Chione fluctifraga.



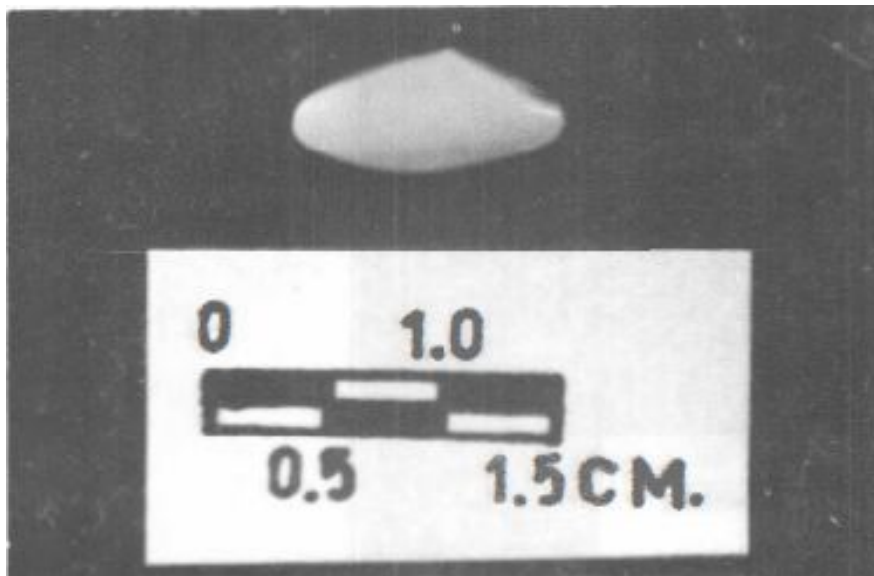
Tagelus californianus.



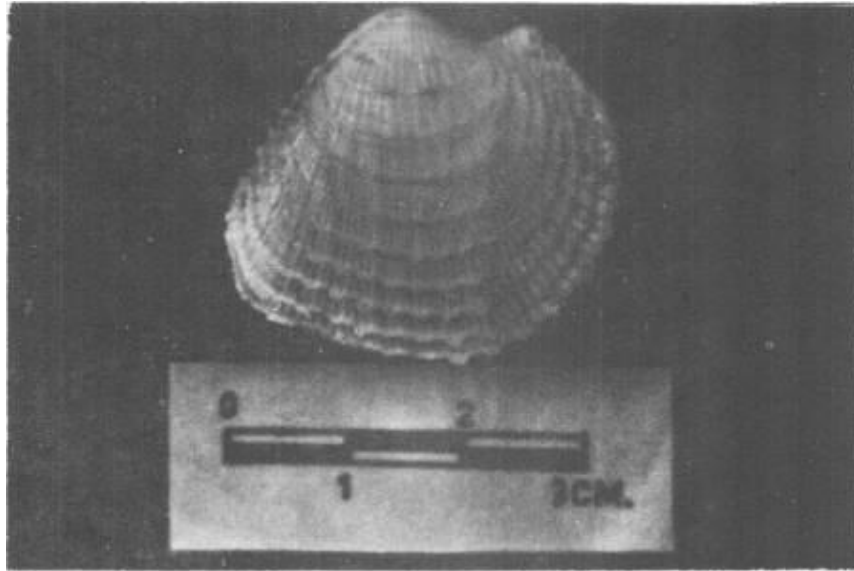
Chione subrugosa.



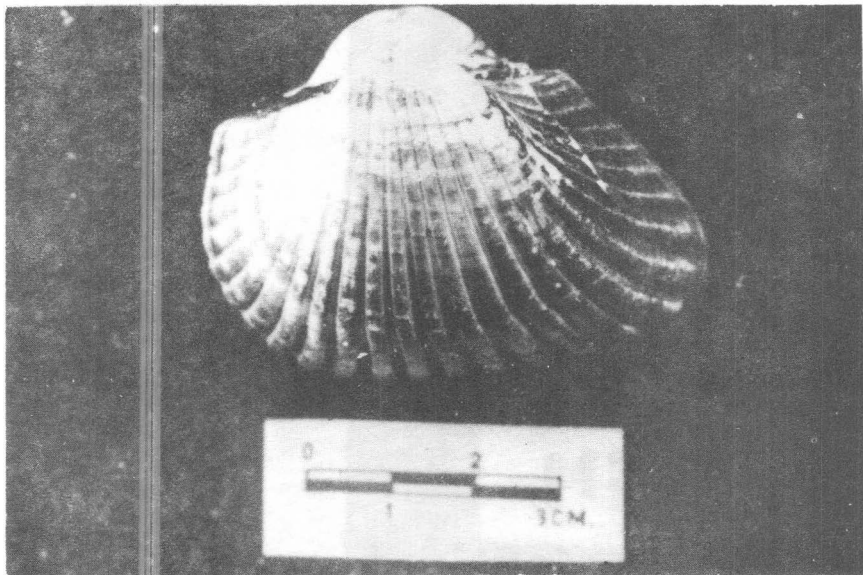
Cyclinella singleyi



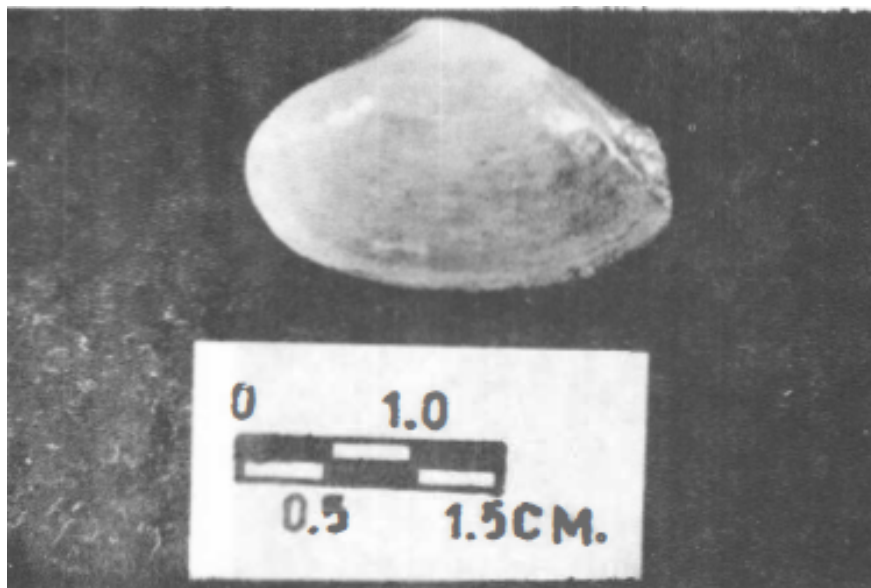
Donax californicus.



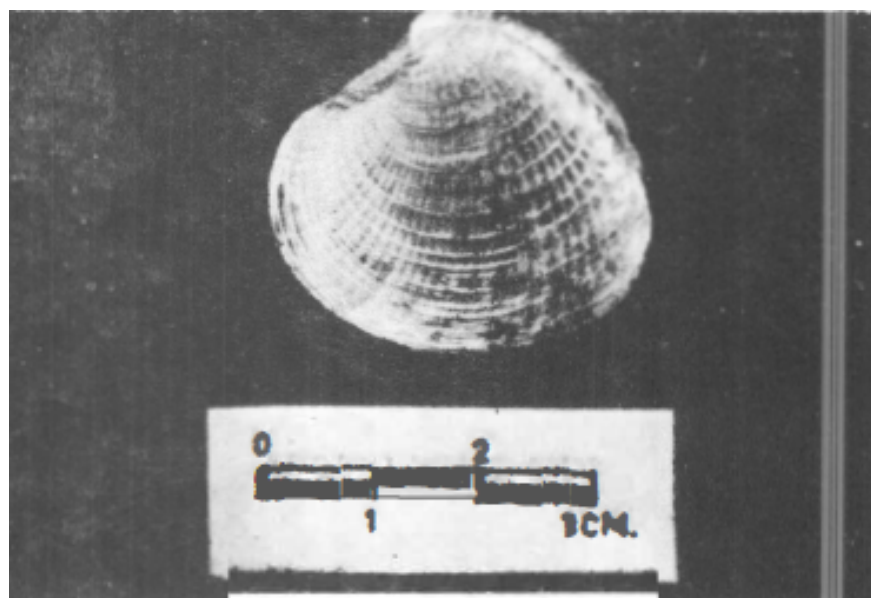
Chione gnidia



Anadara grandis.



Tellina (Angulus) meropsts.



Chione californiensis



Aparición conjunta de las 9 especies anteriores.