

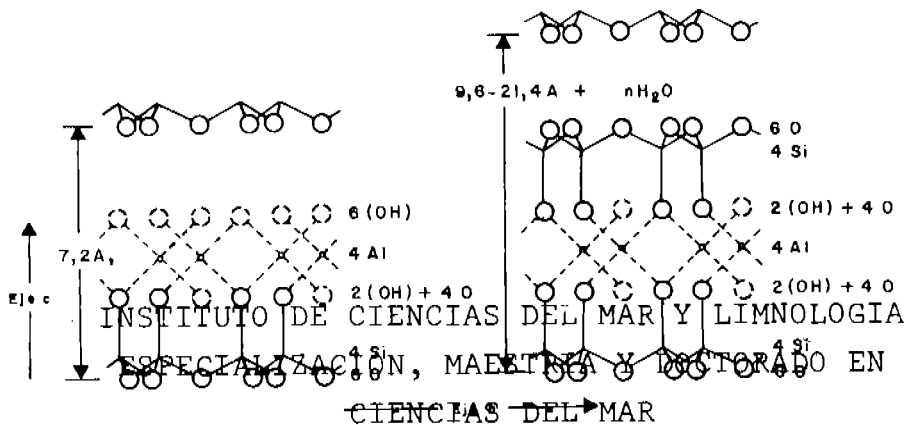
NO DGR



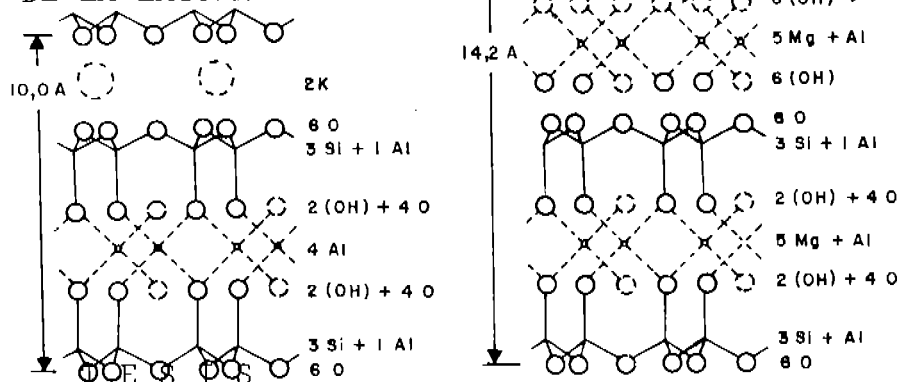
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

BIBLIOTECA
INSTITUTO DE ECOLOGIA
UNAM

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONALES Y DE POSGRADO



IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGANICA EN LOS SEDIMENTOS
DE LA LAGUNA DE HUIZACHE-CATMANERO, SINALOA, MEXICO



que para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS DEL MAR
(especialidad Oceanografía Biológica Pesquera)
Presenta
GUADALUPE DE LA LANZA ESPINO
1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

	P á g i n a
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCION	3
3. ANTECEDENTES	6
4. AREA DE ESTUDIO	9
5. MATERIAL Y METODOS	13
6. RESULTADOS Y DISCUSION	15
- Materia orgánica	
- Hierro	
- Magnesio	
- Calcio	
- Carbonatos	
- Potasio	
- Sodio	
7. MODELO PREDICTIVO	73
8. CONCLUSIONES	80
9. LITERATURA CITADA	84

G L O S A R I O

MO	Materia Orgánica
CHON	Proteínas
CHO	Carbohidratos
ps	peso seco
r	Coefficiente de correlación lineal
α	Probabilidad
n	Estratos
A	Areas

A mis padres

ANTONIO y GUADALUPE

por sus esfuerzos y sacrificios

A mis hermanos

ANTONIO

HECTOR

ALFONSO†

AGUSTIN

EDGARDO

por su confianza

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Alejandro Villalobos F.

Investigador Titular del Departamento de Zootecnia de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, por su orientación en el desarrollo académico.

Al Doctor Virgilio Arenas F.

Investigador Titular y Jefe del Departamento de Zoología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su cooperación y valiosa ayuda en el presente trabajo.

Al Doctor Gerardo Green M.

Coordinador de la Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología del Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su apoyo y estímulo desinteresado.

Al Doctor Ingar Emilsson

Experto de UNESCO, Asesor en Oceanografía Física del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y Profesor de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades por la acertada crítica y valiosa revisión de este trabajo.

Al Doctor Luis Soto

Investigador del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y Profesor de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, por sus comentarios constructivos de la presente tesis.

Al Doctor Jorge Carranza F.

Director del Instituto Nacional de Pesca y Profesor de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, por la revisión de esta contribución.

Al Doctor Alfonso Vázquez B.

Investigador del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y Profesor de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, por sus atinados comentarios en este trabajo.

A la Química Irma Aguilera O.

Del Instituto de Geología, por su apoyo en el desarrollo del análisis de absorción atómica.

Al Ingeniero Diego Córdoba

Exdirector del Instituto de Geología, por su cooperación en el desarrollo de análisis de absorción atómica.

Al Maestro en Ciencias Pablo Arenas F.

Por su valiosa ayuda en el análisis de programación y estadística empleado en este trabajo.

A mis compañeros y amigos, Biólogo Miguel Alberto Rodríguez M. y Pasante Omar Calvario por su desinteresada cooperación

Al Doctor Liberto de Pablo

Investigador del Instituto de Geología, Departamento de Geoquímica, por su apoyo y revisión en este manuscrito.

R E S U M E N

Las condiciones fisicoquímicas y biológicas en el ambiente sedimentario son determinadas en gran medida por la materia orgánica que contiene, por lo tanto la abundancia, el origen, el patrón de distribución y los procesos de descomposición a que se ve sometida son elementos fundamentales para la caracterización de cualquier ecosistema donde el sedimento juegue un papel definitivo como es el caso de sistemas lagunares o estuarinos.

La laguna de Huizache y Caimanero ha sido estudiada desde distintos puntos de vista; en la presente contribución se analiza la variación espacio-temporal de la materia orgánica y dos de sus parámetros de calidad (carbohidratos y proteínas) en el sedimento y su relación con indicadores de la condición diagenética del sistema inorgánico, tales como Fe, Mg, K, Ca y CO_3 .

Con el interés de describir la variación del sistema los resultados cuantitativos se analizan individualmente a través de interacciones estadísticas anuales, regionales y por estrato; y para buscar el modelo predictivo que mejor exprese la correlación múltiple entre la materia orgánica y los otros parámetros, los mismos resultados son estudiados por medio de correlaciones globales, temporales, así como por áreas y estratos.

Los análisis anteriores señalan como una característica básica la heterogeneidad de los procesos diagenéticos en este tipo de ambientes.

La cantidad de materia orgánica delimita claramente regiones que son corroboradas por el contenido de Fe, K y Ca en un 95%. El Mg fue el parámetro en el que se registró la menor variabilidad espacio-temporal lo que sugiere una fuente de origen dominante.

En todos los modelos el Mg mostró un papel preponderante en la predicción del contenido de materia orgánica, alcanzando un 80% de importancia en el de las áreas periféricas, donde con los parámetros estudiados se alcanza un 92% de definición.

En el modelo global, solo seis de los ciento tres residuales exceden el límite de confianza lo cual indica que este modelo lineal resulta de una interacción de los parámetros que conduce a una aparente estabilidad del ambiente sedimentario.

INTRODUCCION

La importancia que representa el ecosistema litoral para el desarrollo humano es de una magnitud considerable, no solo por que constituye un medio de explotación de recursos naturales ya sea bajo condiciones normales o de cultivo, sino también por ser un campo de interacciones ecológicas y de confrontamiento del ambiente marino y terrestre.

México es uno de los países que cuenta con una mayor variedad de lagunas costeras y estuarios cuya utilización racional es relativa, dado el escaso conocimiento de los recursos bióticos, condiciones geológicas, hidrológicas y fisicoquímicas que se encuentran relacionadas directamente con la productividad de estos cuerpos de agua.

A pesar de que son muchos los factores que le confieren a la zona costera capacidad productiva, el estudio fisicoquímico del ambiente acuático y sedimentario puede proporcionar información valiosa acerca de las fuentes de energía disponible para productores primarios y consecuentemente de su capacidad de producción.

El papel que juega el sedimento en estos cuerpos de agua es de primordial importancia, ya que es el reflejo de lo que sucede en la columna de agua; en épocas de gran florecimiento el aporte de materiales orgánicos a la fase sedimentaria es mayor y dadas las

características diagénéticas y geológicas de cada región, como tasa de acumulación, tasa de sedimentación y velocidades de degradación (Steward, 1958), proporciona materiales remineralizados para los consumidores primarios del medio acuático y fuente alimentaria para consumidores bénticos, algunos de ellos de importancia comercial.

La materia orgánica (MO), proporciona energía al sistema sedimentario y los agentes biológicos son los principales factores de los cambios diagenéticos, lo que lleva a una transformación de los materiales tanto en su composición, como en sus propiedades fisicoquímicas (Strakohv, 1960, vide Bordovskiy, 1965).

La mineralización de la materia orgánica (MO) en los estratos superficiales del sedimento, desarrolla procesos acelerados tanto físicos, químicos como biológicos que se encuentran directamente relacionados con la cantidad de MO, que en las lagunas y estuarios, por la poca profundidad y mayor relación entre agua-sedimento, pone en disposición más fácilmente sustancias nutritivas utilizables. En los estratos más profundos, existe una incorporación de MO más estable con procesos de cambio más lentos.

Como resultado de una contribución relativa y diversa de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos que llegan a las lagunas y estuarios, es importante comprender los efectos de los procesos bióticos y abióticos para predecir los cambios geoquímicos de cada compuesto y elemento, y su posible efecto en los orga

nismos, como también su balance entre el medio dulceacuícola y marino (Bewers y Yeast, 1977).

El interés del presente trabajo es evaluar el contenido de MO en el sedimento y su evolución degradativa a través de sus parámetros de calidad (proteínas y carbohidratos), así como su repercución en la calidad de ciertas arcillas, en un ambiente litoral de transición como lo es la laguna de Huizache y Caimanero, Sin. Con ésto, se pretende desarrollar un modelo predictivo, tomando en cuenta condiciones de diversidad regional, temporal y de conducta diagenética.

Dicho modelo podría ser considerado como un patrón de comparación para ambientes similares y predecir los cambios que pudieran presentarse. Asimismo como un conocimiento global de la importancia del ambiente sedimentario el cual puede ser modificado por el manejo de obras de dragado o hidráulicas de interés pesquero.

ANTECEDENTES

Los estudios de la materia orgánica (MO) en el sedimento en los ambientes marinos, salobre y dulceacuática son muy variados y con diversos fines. Un aspecto biológico de los más abordados ha sido la remineralización y la disponibilidad de sus productos a los consumidores primarios, base fundamental para las cadenas alimentarias (Richards et al, 1965; Darnell, 1967; Johannes, 1968; Head, 1969; Parsons y Seki, 1970; Wetzel y Manny, 1972; Mann, 1972; Head, 1976, entre otros). Otro enfoque sobre este mismo aspecto es el consumo de materiales detríticos por organismos benthicos, muchos de ellos de importancia comercial (Darnell op cit; Fenchel 1972; Odum, 1970; Odum y De la Cruz, 1967; Teal, 1962; Newell, 1965; Butler et al, 1970; Mann, 1972; Edwards, 1978, etc).

Desde el punto de vista químico se han desarrollado trabajos encaminados al estudio de las variaciones del potencial óxido reducción bajo la presencia de la MO y consecuentemente aquellos elementos o compuestos relacionados con dicho potencial como el Fe, Mn, S, muchos de los casos relacionados con el fósforo (Berner, 1963, 1973; Hallberg, 1972; Fenchell, 1971; Jackson, 1975, Richards et al, 1965; Lindstrom 1980, etc).

El enfoque geoquímico de ambientes marinos ha sido más ampliamente estudiado, abordandose aspectos específicos, como por ejemplo Berner et al, (1970), revisaron la alcalinidad por carbonatos en aguas intersticiales de sedimentos marinos anóxicos.

Friedman y Garish (1970), evaluaron cambios químicos en aguas intersticiales de sedimentos lagunares; Russell (1970) desarrolló una investigación sobre la interacción entre las arcillas y el agua de mar; Mangelsdorf y Daniell (1969), cuantificaron el enriquecimiento de potasio en aguas intersticiales de sedimentos marinos; Harris (1972), analiza la influencia de las reacciones agua-mineral en los estuarios sobre el presupuesto del boro en los océanos; y numerosas contribuciones sobre temas selectos.

Los estudios publicados en cuanto a composición mineralógica aunados a cambios diagenéticos en la presencia de MO en ambientes litorales, han sido menos favorecidos, ésto es causado por la complejidad de aspectos hidrológicos que deben ser tomados en consideración, ya que estos ambientes por su origen, son altamente inestables; razón por la cual son escasos los trabajos que integran aspectos físicos, químicos, biológicos y geológicos. De las contribuciones más recientes se encuentran: Mohr y Van Baren (1954); Berner (1971); Burton y Liss (1976) y de los más actualizados el de Olausson y Cato (1980) que comprende estudios biogeoquímicos e incluye el manejo y recuperación de los estuarios sometidos a los efectos de la contaminación.

Las investigaciones realizadas en México en cuanto a estos temas últimos son más pobres aún. Las lagunas y estuarios de ambos litorales han sido estudiadas desde el punto de vista geológico, aparte de otros aspectos como biología, hidrología, etc.

Específicamente en la laguna que ahora nos ocupa (Huizache y Caimanero), se han desarrollado trabajos sobre la comunidad planctónica (Gómez-Aguirre, 1970); productividad e hidrología (Arenas, 1970 y Soto, 1969); biología del camarón (Cabrerá-Jiménez, 1970); vegetación sumergida (Ortega, 1970); batimetría y características granulométrico-geológicas (Ayala-Castañares et al, 1970); comunidad pesquera (Warburton, 1978); pesquerías de peneidos (Edwards, 1978); balance anual de carbono, nitrógeno y fósforo (Arenas, 1980) y actualmente un programa global que pretende crear un modelo de balance de materiales en el sistema lagunar Huizache y Caimanero, para ser empleado en el manejo de recursos naturales; que se encuentra en desarrollo y con la participación de la autora.

AREA DE ESTUDIO

La laguna de Huizache y Caimanero se encuentra localizada entre los 22°N y 105°55'E de la costa del Pacífico Mexicano. Los rasgos fisiográficos más sobresalientes y toponimia se señalan en la Fig. 1.

Presenta un clima tropical con dos estaciones al año; la de lluvias que generalmente comienza en junio-julio y termina en octubre, y la estación de sequías en que pierde el 70% de su volumen aproximadamente (Soto, 1969), ayudada por su escasa batimetría (Fig. 2). Según Mendoza von Borstel (1971), además de las mareas propias de la región, el nivel medio del mar adquiere un incremento a partir de mayo hasta septiembre para descender a principios de octubre, fenómeno que se hace sentir en dicho sistema.

Dos principales ríos fluyen al sistema, el Presidio al NW y el Baluarte al SE. Las amplias llanuras de origen fluvial constituidas por sedimentos finos, son el resultado de los movimientos laterales de los ríos Presidio y Baluarte; asimismo se presentan meandros del mismo origen y que dentro de las llanuras incluyen una variedad de sedimentos. Los elementos marinos constituyen las bermas que se localizan en la barrera arenosa o Isla Palmito de la Virgen.

Este sistema lagunar se ha modificado paulatinamente disminuyendo sus dimensiones originales. Esto se debe, por un lado, al

aporte de materiales de arroyos pequeños hacia barlovento de la laguna, y aquellos sedimentos procedentes de tierra adentro en el lado NE y NW de los dos principales ríos dando como resultado una madurez temprana de estos cuerpos de agua (Ayala-Castañares et al, 1970).

El Presidio y el Baluarte en sus desembocaduras han erosionado al sistema de bermas, teniendo como resultado que en los extremos y a sotavento se localicen extensas áreas de manglar favorecidas por la retención de sedimentos finos, constituyendo amplias zonas de inundación que conectan a la isla con los depósitos arenosos aportados por los ríos.

Las lagunas no tienen comunicación directa con el mar ni con los ríos, y lo realizan a través de esteros angostos con amplias llanuras de inundación.

El sistema lagunar actual es el remanente de una laguna de dimensiones significativamente mayores y que se originó durante un nivel del mar inferior al actual, alimentada por sedimentos fluviales retrabajados por las corrientes litorales; se independizó del océano por aportes marinos que actualmente constituyen la Barrera del Palmito de la Virgen y por el aporte de sedimentos de numerosos ríos y arroyos de tierra adentro, cavando causes en sedimentos frescos aún sin consolidar, migrando y abandonando meandros que aún actualmente se aprecian.

El libre acceso de la marea a través de dos bocas, que posiblemente estuvieron alguna vez en comunicación con el océano,

provocó dentro de la laguna el movimiento de dos masas de agua con direcciones opuestas, dando como resultado la depositación de sedimentos que llevaban en suspensión, lo que dió origen al angostamiento que divide a los dos cuerpos de agua; posteriormente éstos fueron llenados con sedimentos finos, limos y arcillas, restringiéndose más y más la comunicación con los ríos y el mar. La erosión reciente ha incrementado sus dimensiones anteriores disminuyendo la profundidad, que aunado al oleaje producido por el viento que erosiona las riberas (especialmente la del NE), genera mayor velocidad de azolve, ampliando las zonas para ser cubiertas por agua pero de menor profundidad.

La predominancia de sedimentos arcillo-limosos es indicadora de la senectud de las lagunas. La distribución del material se dimentario es debida a la acción de azolve originada por las corrientes inducidas por el viento, cambios de temperatura y fluctuación del nivel de las aguas estacionales, que concuerdan con la batimetría.

Según Ayala-Castañares et al (1970) bajo el criterio de Inman y Chamberlain, existe una predominancia de arcilla pobremente clasificada; en la región periférica de Caimanero se encuentra limo muy fino, muy pobremente clasificado; y frente al Tapo Hacienda arena muy fina, pobremente clasificada. Dentro de su mineralogía el cuarzo es el más abundante variando de 41 a 92%, feldespatos del 5 al 57%, minerales oscuros del 2 al 22%, fragmentos de roca ígnea y metamórfica del 0 al 7%, y las micas en trazas.

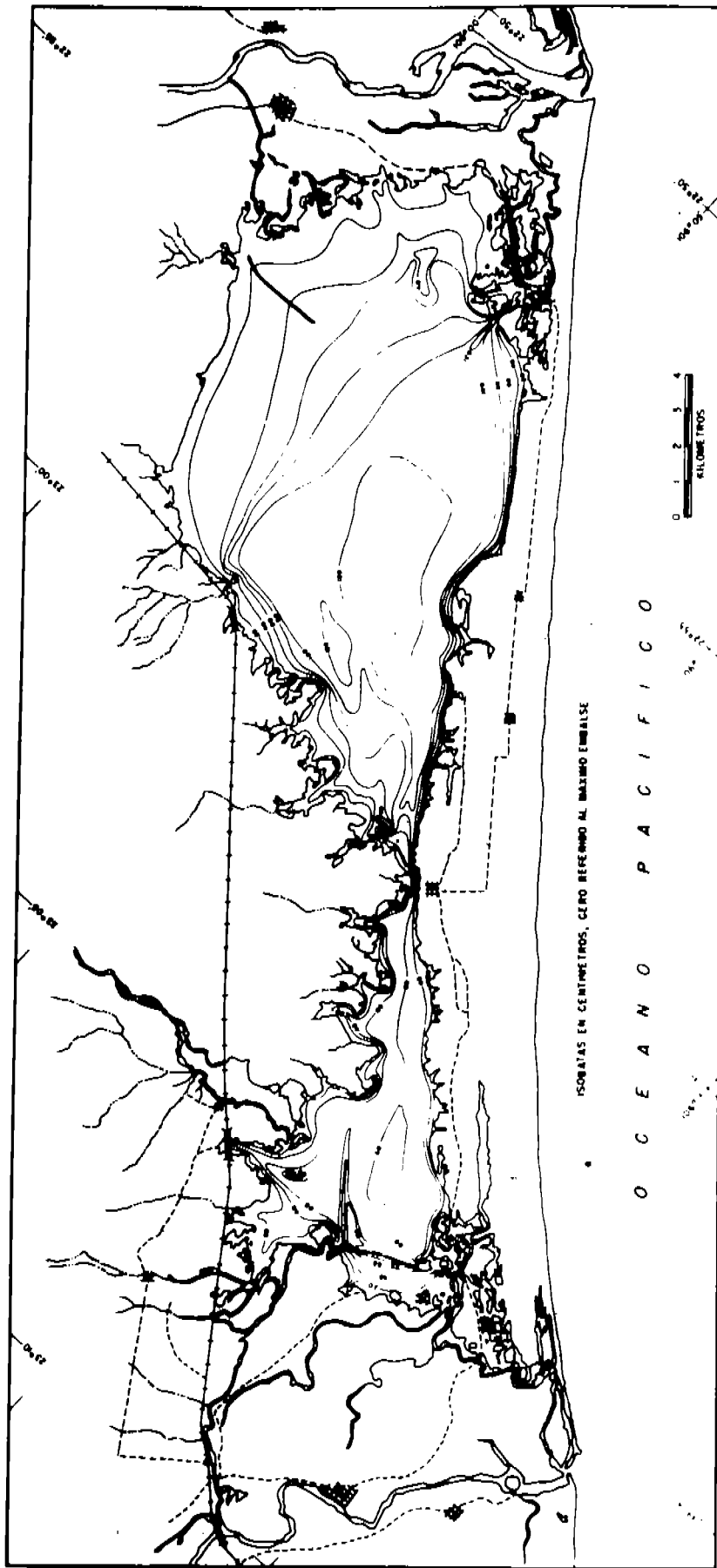


Fig. 2. Batimetría del Sistema Lagunar Huizache -Caimanero.

En la elección de las localidades de muestreo se tomó en cuenta como factor importante la batimetría de la laguna, que lleva consigo tanto la distribución de vegetación sumergida, vegetación periférica, estado de humectación y en cierta forma de distribución granulométrica.

La colecta del material sedimentario se realizó fundamentalmente durante la estación de lluvias. Se eligieron dos transectos; uno que va de Mataderos a las Coloradas y que incluye las estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6 y otro que se inicia de la parte media del anterior hacia el Tapo Hacienda con las estaciones 7, 8, 9, 10 y 11, ambos transectos fueron muestreados en el mes de septiembre de 1975 y octubre de 1977. La mayoría de estas localidades se mantienen inundadas durante todo el año. Las estaciones localizadas frente a Puente Quemado (estaciones 12 y 13), lado Este del Tapo Caimanero (estaciones 14, 15 y 16) y la ubicada al E del Tapo Hacienda (estación 17), a diferencia de las anteriores se ven sometidas a condiciones de sequedad periódicamente; éstas fueron muestreadas en diciembre de 1976 (Fig. 3).

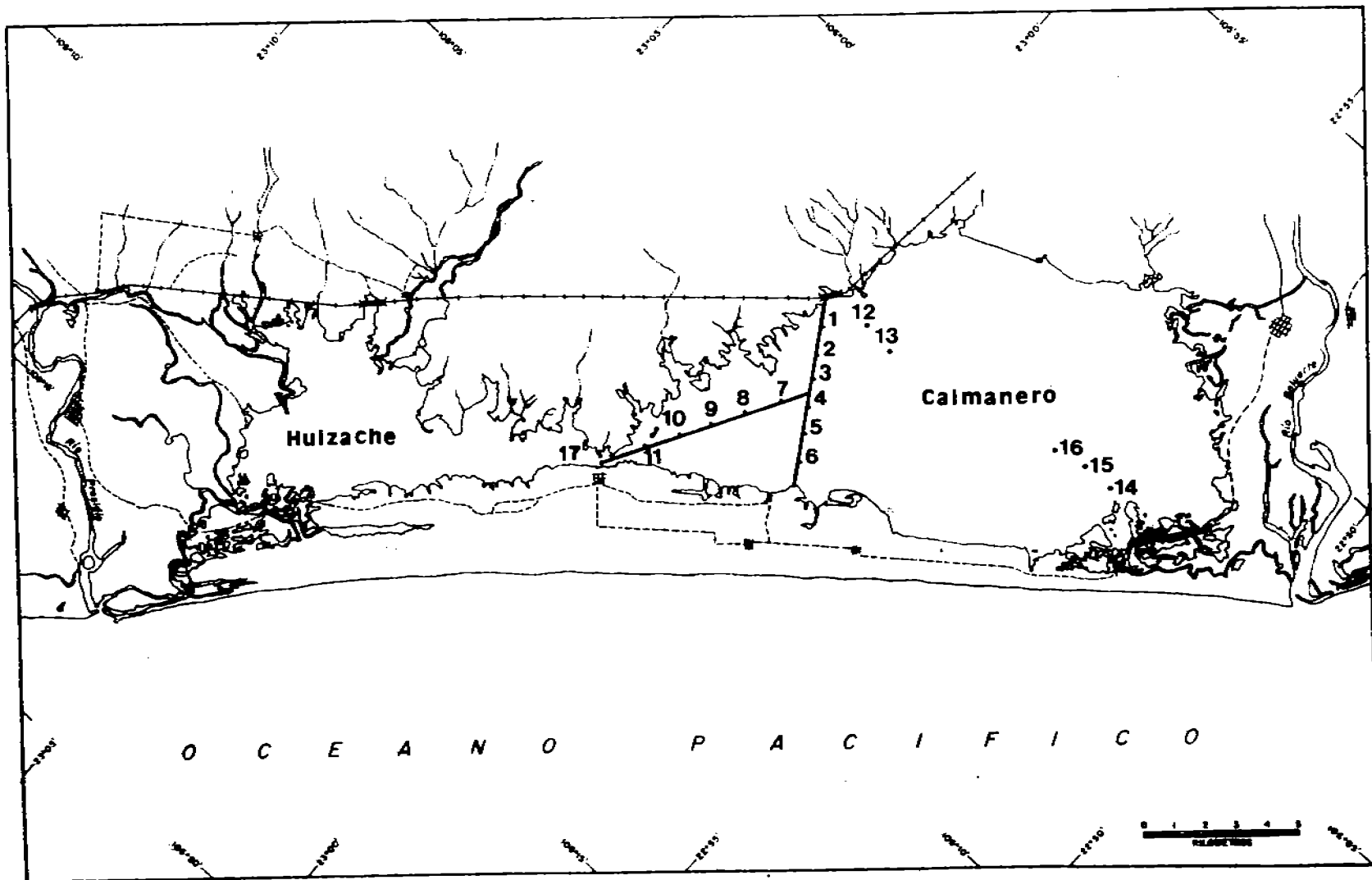


Fig. 3.- Localización de estaciones para muestreo de sedimentos.

MATERIAL Y METODOS

Las muestras de material sedimentario fueron colectadas por medio de nucleadores de PVC y vidrio de 6 cm de diámetro interno y con 20 cm de altura. Dichos núcleos se conservaron en refrigeración a 2°C para ser transportados al laboratorio donde fueron procesados; cada uno fue cortado en secciones transversales de más o menos 3 cm de espesor y que en la sección de resultados son referidos como estratos, niveles u horizontes; cada uno de éstos fueron colocados en cápsulas de porcelana para la determinación de peso seco a 60°C durante 12 horas. El material seco se pulverizó, homogeneizó y tamizó en una malla de 0.50 mm de abertura.

El contenido de materia orgánica (MO) y carbonatos totales fueron cuantificados por la pérdida a la ignición a 550°C y 950°C respectivamente durante una hora (Dean, 1974).

Las proteínas (CHON) se evaluaron mediante la reacción de Biuret (Ellman, 1962) y los carbohidratos (CHO) solubles en agua (a 90°C durante 2 hrs) por la técnica de antrona de Dreywood (1946), Roe (1955) y Zill (1956).

Para cuantificar el Ca, Fe, Mg, K y Na totales en el material sedimentario, se efectuó una fusión con metaborato de litio y disolución con ácido nítrico al 3%. Los tres primeros elementos fueron estimados por absorción atómica y los dos últimos a través del análisis flamométrico. Los resultados obtenidos son expresa-

dos en miligramo por gramo de peso seco (ps). Las variaciones globales, anuales, regionales y por estrato son discutidas individualmente. El análisis de varianza e interacciones se aplicó a los resultados de los años 1975 y 1977. Asimismo se recurrió para su interpretación al análisis estadístico de correlación múltiple; los coeficientes de correlación se calcularon también globalmente, en forma anual, por región y por estrato, motivo por el cual aparecen las fórmulas de predicción para cada caso y su correspondiente parámetro. Finalmente se presentan los modelos predictivos para cada año y un global, todos con sus correspondientes errores estandarizados.

RESULTADOS Y DISCUSION

La materia orgánica en ambientes litorales proviene de diversas fuentes: producción primaria dentro del ecosistema acuático, biota terrestre, material erodado y lixiviado que llega a las lagunas y estuarios a través de los ríos de procedencia continental. La MO que permanece indegradable en la columna de agua es incorporada al sedimento en donde sufre lentos procesos de diagénesis. Según Parsons y Seki (1970), los procesos biológicos que se llevan a cabo en el sedimento son de magnitud mayor que los procesos químicos, por ejemplo la producción primaria, respiración y mineralización de la MO, causan cambios significativos en el contenido de oxígeno, Eh, pH y en consecuencia en las formas oxidadas del $Fe SO_4$, etc, y contenido de carbonatos (Bordovskiy, 1965).

En las lagunas y estuarios los procesos biológicos son particularmente importantes dado el alto aporte de materiales orgánicos e inorgánicos con el resultado de un mayor reciclamiento. Este medio de transición recibe influencias del medio marino, dulce acuícola y terrestre y por lo tanto sus fluctuaciones se verán reflejadas en estos ambientes litorales.

Aún cuando convencionalmente se ha dividido a la MO en disuelta (aquella que pasa 0.5 μ de filtro) y particulada, esta última representa la fuente más importante para el sedimento, ya que la primera experimenta mineralizaciones dentro de la propia colum

na de agua; Manheim et al (1970) han estimado que la particulada representa un 20 a 40% en ambientes costeros. La fracción orgánica de los ríos es mucho menos conocida que la inorgánica, a pesar de que los valores registrados de concentración de carbono orgánico disuelto son mucho mayores que en el medio marino costero (10 mg/l y 0.5 - 5 mg/l respectivamente). El contenido de carbono orgánico total en los estuarios suele presentar concentraciones intermedias entre aquellas de los ríos y las aguas costeras, aún cuando las formas disueltas y particuladas difieren (Burton y Liss, 1976). En la mayoría de los medios acuáticos la materia orgánica disuelta es mayor que la materia orgánica particulada, pero en las lagunas y estuarios son frecuentemente similares.

La mayor parte de las aguas de los ríos son ácidas o neutras con baja tensión iónica y la mezcla que se sucede con las aguas estuarinas, alcalinas y con alta tensión iónica, remueven compuestos orgánicos e inorgánicos; además son áreas de alta productividad biológica dando como resultado una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos. Diversos autores (Burton y Liss, 1976) mencionan que la materia orgánica particulada es mucho mayor que la disuelta en estos ambientes, y buena parte de esta última puede ser convertida a particulada por agregación o consumo biológico.

La MO procedente del fitoplancton es mayor que la oceánica y su consumo es preferencialmente por el bentos. Stephens et al (1967) encontraron que la mitad de la producción primaria fue de-

positada en el fondo como detritos orgánico y aprovechada por los consumidores bénticos. Por otra parte la vegetación de las lagunas y estuarios consistente en vegetación de marismas y macroalgas, adquiere más importancia que el fitoplancton. Mann(1972) estimó que menos del 10% de la producción de macroalgas entra en la cadena de pastoreo, el resto fue descompuesta por los microorganismos del sedimento.

La proporción C/N de la vegetación marismal y de manglar es alta y uno de los mecanismos de compensación es el aporte de materiales con bajos radios procedentes del exterior; Mann (op cit) encontró, que la cantidad de proteínas (CHON) y carbohidratos (CHC) está asociada con la descomposición de estas plantas, donde hay un incremento de CHON y disminución de CHO que reduce el radio C/N y esto puede atribuirse a la colonización por bacterias (Newell 1965). Muy poco de la producción de estos ambientes entra a las cadenas alimentarias por consumo directo y la mayoría se convierte en detritos, participando a este nivel en las cadenas alimentarias de los detritófagos, muchos de ellos de importancia económica.

La producción de la vegetación del sistema litoral es muy significativa comparada con la de los sistemas adyacentes. La producción de las marismas ha sido evaluada en $685 \text{ g C/m}^2/\text{año}$ y solo un 10% es consumida directamente y el resto pasa a formar parte del sedimento. En estos ambientes el manglar también puede contribuir al balance de la MO. La producción global anual de macrofitas

costeras se ha calculado entre 500-1000 g C/m²/año (Mann op cit) y 100 g C/m²/año del fitoplancton, en comparación con 50 g C/m²/año del mar abierto (Ryther, 1969).

La densidad y la estructura de las comunidades bénticas se encuentra correlacionada con la distribución de los detritos en el sedimento. Rhoads y Young (1970) observaron que el patrón de la distribución de la MO determinó la estructura de la comunidad béntica en la Bahía de Buzzards (U.S.A.), encontrando mayor número de detritófagos en el centro de la bahía donde había un alto contenido de MO y de filtradores en la periferia, donde los detritos fueron escasos. Asimismo sugieren que los factores hidrodinámicos pueden gobernar la distribución de los detritos bénticos y por lo tanto de las comunidades.

La MO acumulada en el sedimento, es transformada por oxidaciones biológicas hasta liberar los compuestos inorgánicos más sencillos utilizables por los consumidores primarios. Esta descomposición lleva consigo cambios en el pH, Eh, etc, y aún hasta de la composición mineralógica del sedimento. La mineralización puede llegar a ser intensa en ambientes anaeróbicos con alto contenido en sulfatos (Vosjan y Olangzuk-Neyman, 1977). Sin embargo, Nelson (1972) encontró que los procesos anaeróbicos de descomposición en ambientes sedimentarios estuarinos, son menos eficientes en términos energéticos que se requieren para el crecimiento microbiano que los aeróbicos, y por lo tanto se utiliza mayor cantidad de MO mineralizada. Las poblaciones bacterianas consumen mejor los CHO

que las CHON y mejor aún la celulosa que la lignina. Bajo condiciones anaeróbicas los CHO conllevan a la acumulación de ácidos orgánicos (fórmico y acético), alcoholes y glicoles y a la formación de CO_2 .

Los compuestos orgánicos y minerales del sedimento forman parte de un sistema heterogéneo. La MO es la principal fuente de energía de este sistema y los agentes biológicos son el factor determinante del estado diagenético temprano. Strakhov, citado por Bordovskiy (1965), definió a la diagénesis como un estado biogénico de transformación de los sedimentos presentando alteraciones en su composición y cambios en las propiedades fisicoquímicas de los mismos. El efecto de los organismos escarbadores en los sedimentos es importante no solo por el hecho mecánico, sino también biológico, físico y químico ya que transfieren materiales de estratos inferiores a superiores y viceversa. Sinistsa (1941), vide Bordovskiy (1965) encontró que estos organismos pasan grandes cantidades de oozes a través de su tracto digestivo equivalentes a 3 ó 4 veces su propia biomasa en 24 hrs; lo que indica que los sedimentos son retrabajados en un 80-90%, llegando algunos a reducir la talla del sedimento considerablemente. Strakhov (1965) observó que el contenido de MO en el sedimento fue más bajo en aquellas localidades pobladas por estos organismos que en sus alrededores.

La actividad bacteriana es un agente poderoso tanto en la escala de tiempo como en la multiplicidad de sus efectos sobre la MO, y esto se debe a la diversidad de los microorganismos, encontrándose una relación directa entre su abundancia y la cantidad de MO.

Las transformaciones de la MO en la superficie del sedimento en ambientes de baja tasa de sedimentación como el marino pueden ser substanciales y esto conducirá, aparentemente, a la incorporación de muy poca MO estable, cuya lenta descomposición no utiliza todo el oxígeno combinado. En tales condiciones las propiedades fisicoquímicas del medio y su composición química permanecen poco afectada por períodos largos, permitiendo una lenta descomposición de la MO sedimentada (Bordovskiy, 1965). La amplitud de la zona bacteriana activa está relacionada directamente con la tasa de sedimentación. En aguas litorales donde se acumulan rápidamente los sedimentos, las bacterias pueden presentarse en estratos de gran profundidad; en ambientes de sedimentación lenta, las bacterias se localizan en las capas más superficiales, predominando las formas esporuladas en estratos más profundos.

La composición granulométrica afecta significativamente la distribución de las bacterias; en sedimentos de grano fino se encuentran adsorbidas, mientras que en los arenosos éstas se presentan en estado libre. Rodina (1960) observó que cuando las bacterias se encuentran adsorbidas al sedimento, la tasa de descomposición de la MO puede ser restringida. Experimentalmente se ha observado que en sedimentos arenosos, la MO fue descompuesta en un 95% en 40 días, en cambio en sedimentos arcillosos fue solo un 75% en el mismo período (Oppenheimer, 1960).

Vasoyevich (1955) vide por Bordovskiy (op cit), demostró que la MO controla la diagénesis, en particular a la composición

química de la fase líquida que es en donde se realizan las mayores modificaciones; a tal grado que el agua intersticial se enriquece de compuestos procedentes de la descomposición de la MO, y en cambio el agua suprayacente se puede encontrar empobrecida. La reserva alcalina puede presentar un aumento debido al cambio en los sulfatos, bicarbonatos y carbonatos, pero no verse afectada por carbonatos resultantes del CO_2 producido por la descomposición de la MO; sin embargo Nelson (op cit) infiere que la alcalinidad en ciertos ambientes es una consecuencia del CO_2 producido por la descomposición, sobre todo en los estuarinos, donde los microorganismos se encuentran relacionados con la disponibilidad de la MO y en consecuencia con su transformación. Este mismo autor encontró que la actividad microbiana se incrementa con el aumento de la salinidad más que con el aporte de MO reciente, aún con los mismos niveles de alcalinidad, y concluye que los organismos de un ambiente estuarino, actúan mejor en aguas más salobres.

Los cambios diagenéticos tempranos se manifiestan en la formación de minerales autigénicos en los sedimentos del fondo, bajo la presencia de MO en cantidad suficiente para la actividad microbiana y en las condiciones fisicoquímicas adecuadas. En sedimentos oceánicos, la mineralización es muy lenta razón por la cual se encuentran concentraciones muy bajas de amonio en el sedimento o alcalinidades bajas en comparación con el agua suprayacente. Según Bordovskiy (op cit), la reducción del sulfato no se presenta en estos sedimentos, permaneciendo las condiciones fisicoquímicas más o menos estables.

La MO en el sedimento, según algunos autores, continúa su transformación por largo tiempo, y es por eso que en estratos más profundos disminuye su concentración tanto para las zonas costeras como para el océano. Según Emery y Rittenberg (1952) el contenido de carbono orgánico se reduce en un 50% a los 75 cm aproximadamente en sedimentos costeros, sin embargo se deben de tomar en cuenta las condiciones de sedimentación.

El ciclo exogénico incluye el biogeoquímico de los elementos a través de los organismos, ya que éstos influyen por sus reacciones metabólicas, causando cambios en la concentración y en los estados de oxidación de los elementos, o también por modificaciones de las características físicas y químicas del medio. Asimismo los ciclos biogeoquímicos pueden estar separados en espacio y tiempo, conducidos por la sucesión de microorganismos que son los más importantes (Lindstrom, 1980). Posiblemente en la interfase agua-sedimento los cambios de energía son más intensos.

Según Strakhov (1960) el Fe presente en los sedimentos se encuentra como $\text{Fe}(\text{OH})_3$ y es transformado durante la diagénesis en diversos minerales autigénicos y parte es convertido de Fe^{++} a Fe^{+++} . Las diversas formas mineralógicas del Fe están estrechamente relacionadas con los estados de óxido-reducción del sistema, que a su vez depende directamente de la descomposición de la MO. Strakhov y Zalmazan (1955), enfatizan que el balance de compuestos mineralógicos autigénicos en formaciones sedimentarias en el medio marino, está en función de la MO presente en el sedimento

cuando empiezan la reducción del Fe. Los compuestos férricos son reducidos a ferrosos como resultado de la oxidación de la MO. Bordovskiy (op cit) señala que si se conoce la cantidad del ión ferroso en el sedimento, es posible estimar la cantidad de carbono requerido en su reducción y por lo tanto la cantidad de MO inicial; sin embargo, parte de la MO ha sido destruída sin participar en reacciones de reducción y aquella otra que ha sido utilizada en reducciones de otros compuestos como el azufre, aunque se ha visto que esta cantidad es baja en comparación con el fierro.

La alteración de las condiciones fisicoquímicas en el sedimento, es reflejo de la formación regular de un número de minerales autigénicos, los cuales desarrollan una frecuencia definida que manifiesta la intensidad de la óxido-reducción. Estos minerales formados continuamente bajo un potencial definido de redox en el sistema, la alteración de las condiciones de pH en el sedimento y la movilidad de ciertos iones, están relacionados directamente con la descomposición de la MO, principal fuente de energía para la diagénesis.

Strakhov y Zalmazan (1955), vide por Bordovskiy (op cit), señalan que no todo el Fe del sedimento es convertido a mineral autigénico, sino que parte es precipitado como hidróxido. Además existe otro Fe que puede estar asociado a formas detríticas no formando parte de minerales; él mismo encontró que el Fe detrítico participa escasamente en el balance de Fe en los sedimentos en el Mar de Bering, y que las formas predominantes son las autigénicas, asimismo

menciona que el contenido de Fe detrítico es bajo debido a que en el sedimento predominaba material arcillo-limoso y arcilloso, en los cuales las formas móviles de Fe (Fe^{++} Fe^{+++}) son aparentemente incorporadas. El hecho de que no todo el Fe capaz de entrar en reacción está reducido, concuerda con que varios minerales autigénicos del mismo, están relacionados con la MO presente en el sedimento en el momento de la reducción. Lindstrom (op cit), encontró variaciones estacionales en el contenido total de Fe, siendo en primavera de 29-32 mg/g ps y en otoño de 16-18 mg/g ps.

Las moléculas orgánicas pueden ser adsorbidas en partículas minerales por adsorción física, intercambio catiónico o reacciones químicas. Los minerales arcillosos adsorben fuertemente moléculas poliméricas orgánicas, especialmente los polímeros catiónicos por intercambio iónico (Weiss, 1969); Pérez Rodríguez et al (1977), han investigado específicamente la adsorción de las proteínas por arcillas.

Aún cuando la mayoría de los autores conciben fuertes transformaciones en el material sedimentario, han sido escasos los estudios sobre las modificaciones del material arcilloso o limoso en relación directa entre sus elementos y la MO. Se sabe que ciertas arcillas tienen la propiedad de flocular la materia orgánica, y que ésta a su vez conduce a cambios químicos en los cuales se encuentran elementos traza que están asociados al sedimento; Pérez Rodríguez et al (1977), también han realizado estudios sobre la capacidad de intercambio entre las arcillas y elementos como el Mg y el

K que son disminuidos de la columna de agua. Esta capacidad de intercambio se ve modificada fuertemente por condiciones de óxido-reducción del sedimento, razón por la cual en los ambientes estuari-nos autores diferentes encuentran valores disimiles en aquellos ele-mentos que no presentan cambio de valencia química.

La participación de la MO sedimentaria y sus transformacio-nes biológicas y fisicoquímicas es de mayor importancia en ambien-tes semicerrados y de transición como lagunas y estuarios, dada la mayor relación entre agua y sedimento.

En los siguientes párrafos se discuten los resultados de MO, CHON, CHO, contenido de agua y concentración de elementos. Los da-tos se presentan en las Tablas 1, 2 y 3 correspondiendo a los años de muestreo 1975, 1976 y 1977.

Materia Orgánica (MO), Proteínas (CHON) y Carbohidratos (CHO)

En el análisis del material sedimentario correspondiente a las localidades muestreadas en el año de 1975, se encontró que el contenido de agua varió desde un 30% hasta un 70% y disminuyó con la profundidad excepto algunas capas intermedias donde se registró un ligero incremento.

El contenido de MO fue muy heterogeneo variando entre 2.16 a 15.40%, con una tendencia a disminuir con la profundidad. Los va-lores más altos se registraron en la capa superficial en la región Este donde alcanzaron hasta un 15% y que en su mayoría comprendieron

TABLA I. Composición química del sedimento (Septiembre, 1975).

EST.	% DE AGUA	PROTEINAS mg/g	MATERIA ORGANICA %	CARBONHIDRATOS mg/g	CARBONATOS mg/g	CALCIO mg/g	FIENRO mg/g	MAGNESIO mg/g	POTASIO mg/g	SODIO mg/g	Mg/Ca (PEGS ATOMICOS)
1	69.50	1.72	14.87	0.41	44.5	1.39	47.10	2.61	23.7	102.7	3.05
	58.12	0.10	13.48	0.16	84.5	17.90	40.70	2.11	19.5	106.8	
	42.38	1.05	9.41	0.06	189.0	51.10	42.10	1.54	19.5	90.4	
	31.18	0.90	7.47	0.04	209.0	67.9	37.50	0.82	16.8	73.9	
2	66.41	1.28	14.31	0.34	48.5	3.21	42.5	2.93	26.5	94.5	1.50
	64.39	0.77	18.78	0.37	44.0	5.71	47.9	2.79	25.8	98.6	
	46.76	0.70	11.02	0.07	182.5	54.6	48.1	1.75	20.2	78.0	
	38.10	1.15	6.86	0.06	298.5	93.6	29.6	0.89	15.4	65.7	
3	48.89	0.06	12.26	0.12	112.0	1.79	40.7	2.29	23.7	90.4	2.09
	41.82	0.45	10.83	0.07	51.0	4.50	43.2	1.82	20.2	82.3	
	39.53	0.52	10.04	0.04	46.5	46.4	38.9	1.75	18.8	78.0	
	32.94	0.53	8.69	0.05	85.5	16.4	43.9	1.93	24.4	78.0	
4	71.99	2.62	15.40	0.47	39.5	1.07	45.4	2.50	27.9	65.7	3.81
	44.17	0.40	9.45	0.01	212.0	135.7	35.4	1.57	16.1	53.4	
	41.19	0.58	10.42	0.60	42.5	3.04	48.9	2.14	26.5	102.7	
	41.67	0.53	9.31	0.0	45.5	82.14	38.2	1.82	17.5	69.8	
6	24.81	0.11	2.16	0.11	7.5	0.89	25.7	0.50	34.2	69.8	0.93
	24.37	0.11	2.57	0.11	9.0	0.71	20.7	0.46	23.0	28.8	
	23.54	0.09	2.68	0.05	9.0	0.71	23.2	0.46	25.1	32.9	
7	62.67	0.06	13.30	0.19	38.0	0.89	21.4	4.79	30.7	45.3	8.95
	58.33	0.67	6.15	0.04	200.0	23.6	40.0	1.61	21.6	90.4	
	29.84	0.76	4.31	0.80	296.0	2.0	48.9	2.96	21.6	90.4	
8	57.92	0.46	14.49	0.46	34.5	2.54	55.4	3.11	23.7	82.1	2.02
	35.13	0.53	8.73	0.08	108.5	65.0	34.3	1.64	16.8	82.3	
	39.94	0.77	9.22	0.05	67.0	2.68	51.4	1.96	31.4	123.2	
9	52.74	1.37	11.80	0.42	40.0	1.54	60.4	2.86	32.1	82.1	3.86
	29.22	0.80	6.82	0.13	29.5	1.18	47.9	2.36	34.2	102.7	
	21.34	0.00	7.86	0.02	106.5	20.4	62.1	1.36	27.9	123.2	
	24.65	0.00	6.48	0.02	116.0	23.2	37.5	0.86	20.2	73.9	
10	56.38	1.71	8.59	0.22	32.0	3.60	43.9	2.36	27.9	82.1	1.08
	37.01	0.00	6.28	0.08	121.5	37.10	46.4	1.82	27.2	90.4	
	36.78	0.73	5.43	0.03	16.0	2.04	37.1	1.61	30.0	90.4	
	27.88	0.81	3.66	0.09	15.0	2.11	42.1	0.93	34.2	94.5	

TABLA 2. Composición química del sedimento (Diciembre, 1976).

EST.	%DE AGUA	PROTEINAS mg/g	MATERIA ORGANICA %	CARBOHIDRATOS mg/g	CARBONATOS mg/g	CALCIO mg/g	FIERRO mg/g	MAGNESIO mg/g	POTASIO mg/g	SODIO mg/g	kg/Ca. (Peso atómico)
Pto. Querado 12	24.06	0.38	3.16	0.13	12.5	2.50	28.2	1.04	58.0	119.1	0.68
	22.02	0.16	3.06	0.04	13.5	2.52	47.9	1.36	78.9	131.4	
	21.18	0.05	3.09	0.02	12.5	1.75	35.7	1.54	71.2	123.2	
	21.64	0.04	3.27	0.02	14.5	1.89	27.1	1.43	36.3	94.5	
13	33.60	0.90	6.54	0.20	30.05	2.32	31.1	1.96	30.0	86.2	0.96
	30.60	0.25	6.44	0.09	19.5	2.25	33.9	1.64	30.7	73.9	
	25.28	0.0	5.05	0.06	22.0	2.61	30.4	1.46	26.5	65.7	
Caizambre (centro L.O) 14	32.64	0.38	10.57	0.07	29.0	1.64	49.3	2.68	34.9	94.5	2.69
	28.45	0.07	10.37	0.07	26.0	1.75	49.6	3.00	39.8	98.6	
	29.55	0.16	9.65	0.06	43.5	1.93	42.9	2.61	29.3	82.1	
15	33.96	0.73	10.13	0.17	31.0	2.39	59.3	3.11	41.9	98.6	2.14
	29.92	0.82	10.21	0.04	25.5	2.0	61.8	3.14	32.1	86.2	
	12.53	0.0	9.74	0.08	31.0	2.11	65.0	3.50	44.0	98.6	
16	36.44	0.62	9.75	0.23	33.0	1.86	49.6	2.61	30.0	53.4	2.30
	40.51	0.82	9.74	0.13	33.0	2.18	49.3	2.53	37.0	73.9	
Tipo 1a Hacienda Lado Ca.r. 10	36.80	0.23	9.04	0.21	29.5	2.11	43.2	2.57	31.4	73.9	2.00
	35.31	0.37	9.13	0.11	27.5	1.86	45.4	2.32	36.3	57.5	
	11	41.91	0.69	10.91	0.11	26.0	2.07	61.1	2.54	34.2	
Tipo 1a Hacienda lado Mirasol 17	34.55	0.18	10.05	0.01	25.5	2.14	55.4	3.14	37.7	57.5	2.39
	31.08	0.11	9.97	0.00	25.5	2.0	53.9	2.96	36.3	73.9	
	30.03	0.06	9.87	0.01	28.5	2.14	54.6	2.86	70.5	110.9	

TABLA 3. Composición química del sedimento (Octubre, 1977).

EST.	% de AGUA	PROTEINAS mg/g	MATERIA ORGANICA %	CARBONHIDRATOS mg/g	CARBONATOS mg/g	CALCIO mg/g	PIERRO mg/g	MAGNESIO mg/g	POTASIO mg/g	SODIO mg/g	Mg/Ca (PESOS ATOMICOS)
1	62.90	1.32	12.04	0.53	46.5	3.75	47.1	2.43	23.7	106.8	1.063
	59.98	1.51	14.40	0.55	44.5	3.43	52.5	3.00	26.5	102.7	
	58.90	0.50	11.69	0.40	50.0	3.93	55.4	4.29	27.9	94.5	
	58.80	1.14	11.84	0.51	50.5	3.57	51.1	3.71	26.5	90.3	
2	54.83	0.88	10.69	0.49	51.0	8.57	49.6	3.00	24.4	73.9	0.576
	53.64	0.13	11.40	0.43	50.5	4.86	52.5	3.35	30.9	90.3	
	53.11	0.90	9.74	0.47	48.0	4.07	48.6	3.29	30.0	94.5	
	56.29	1.05	11.37	0.44	54.5	4.46	44.6	3.43	23.7	73.9	
50.40	1.38	10.14	0.40	124.5	33.60	43.6	2.53	22.3	82.1		
3	63.24	1.30	10.86	0.45	60.5	11.79	47.5	3.21	24.4	90.3	0.448
	59.57	1.20	10.35	0.38	44.0	5.57	49.3	3.64	35.2	156.1	
	57.31	1.34	10.54	0.36	52.0	5.96	49.6	3.29	27.9	78.0	
	57.17	0.95	10.92	0.36	60.9	13.46	45.7	3.00	23.7	82.1	
4	63.34	2.60	10.37	0.91	38.5	7.79	47.5	2.86	30.0	61.6	0.605
	54.68	1.57	9.55	0.48	51.5	8.21	48.2	2.89	29.3	69.8	
	52.60	1.41	9.61	0.49	40.5	6.43	58.9	2.89	30.7	53.4	
5	55.13	2.18	9.47	0.84	76.0	16.8	38.0	2.00	21.5	61.6	0.196
	49.17	0.94	8.87	0.47	151.0	43.9	39.0	2.61	23.7	65.7	
	46.18	0.54	7.62	0.30	192.0	60.7	40.0	2.82	21.6	65.7	
6	50.00	0.24	7.53	0.30	42.0	7.86	43.9	2.21	29.3	69.8	0.461
	49.17	0.47	7.75	0.38	34.5	7.04	35.7	2.46	28.6	86.3	
	45.05	0.67	7.49	0.48	36.5	6.61	33.2	2.18	28.6	73.9	
	41.88	0.22	6.67	0.39	39.5	3.57	38.6	2.21	30.7	90.3	
7	54.14	0.86	11.94	0.41	23.0	2.57	53.2	2.86	28.6	61.6	1.83
	53.63	0.83	11.52	0.42	24.0	2.50	53.2	2.79	27.2	57.5	
	51.98	0.74	12.07	0.35	45.5	17.30	49.3	3.07	25.3	73.9	
	52.54	0.61	11.58	0.37	60.5	23.93	45.4	2.71	23.0	78.0	
52.00	0.20	11.93	0.45	68.5	22.86	49.6	2.53	27.9	102.7		
8	47.47	0.65	9.40	0.33	48.5	12.86	40.4	1.79	25.1	65.7	0.229
	38.03	0.39	6.64	0.12	137.5	50.0	37.5	1.86	19.9	65.7	
	37.62	0.53	6.60	0.07	119.5	43.79	35.7	2.04	20.9	61.6	
	39.16	0.72	7.14	0.07	75.0	19.65	41.8	2.65	24.4	86.2	
9	58.33	2.52	11.51	1.03	39.5	4.89	36.4	3.36	21.5	78.0	1.133
	54.10	1.88	10.27	0.58	45.0	5.57	37.9	4.00	20.9	65.7	
	52.97	1.32	11.54	0.70	51.0	3.57	42.5	3.29	21.5	73.9	
	48.49	1.02	10.20	0.48	37.5	2.39	42.9	2.71	26.5	73.9	
35.70	0.0	7.31	0.53	33.0	1.09	34.3	2.36	26.5	82.1		
10	43.77	1.39	8.88	0.37	31.5	2.86	56.1	3.11	31.3	73.9	1.78
	41.06	0.17	8.49	0.44	36.0	2.43	45.7	2.93	30.7	65.7	
	39.35	0.19	7.68	0.36	32.0	2.07	54.3	1.04	37.9	73.9	
	37.76	0.0	8.13	0.27	37.0	3.14	45.0	3.00	32.8	61.6	
11	51.55	0.28	8.49	0.33	32.0	2.71	48.6	3.11	30.7	69.8	1.88
	49.47	0.11	8.20	0.28	33.0	2.71	51.8	2.46	31.4	57.5	
	47.66	0.20	8.07	0.35	39.0	2.54	46.1	2.25	27.9	49.3	
	43.17	0.68	8.27	0.30	32.5	2.57	64.3	2.82	43.3	69.8	
32.75	0.05	7.28	0.30	34.5	2.61	58.2	2.82	40.5	69.8		

las estaciones 1, 2, 3 y 4 con un promedio de 11.19%, región a la cual se denominó A_1 . En las cercanías de la Barra (estaciones 6 y 7), el contenido de MO fue escaso y homogéneo en los distintos estratos, donde el promedio alcanzó 5.19% (área A_2). La zona ubicada frente al Tapo Hacienda (estaciones 8, 9 y 10), se caracterizó por presentar valores muy irregulares, altos en el estrato superficial y bajos en los inferiores, con un promedio de 8.12% (área A_3).

Con respecto a la concentración de las proteínas en el sedimento (CHON), se observó que los valores son en su mayoría bajos oscilando entre el límite inferior de estimación y hasta 1.72 mg/g ps. El estrato superficial presentó las cifras más altas disminuyendo en los más profundos, a pesar de que en ciertas localidades se encontró un nivel intermedio de concentración mayor. Algunas estaciones se señalaron por un alto contenido en MO con valores pobres en CHON. Regionalmente no es posible distinguir patrón alguno por lo que pueden calificarse como de distribución heterogénea.

En lo que se refiere a los CHO sobresale su escasez (indetectable a 0.466 mg/g ps) y su tendencia a la disminución con la profundidad, asimismo pobremente delimitan áreas según su concentración.

Los muestreos realizados en 1976 incidieron en la región Este periférica, dado que el embalse se caracteriza por disminuir estacionalmente en sus áreas humectadas; no sorprendió que el contenido de agua fuera menor durante este muestreo, alcanzando un mínimo de 13% y un máximo de 40%. En este período solamente en una estación se observó el incremento en la humedad en capas intermedias.

Los valores de MO mostraron en esta ocasión más homogeneidad que en el año anterior, la tendencia a la disminución con la profundidad no resultó tan evidente. La concentración de este parámetro osciló entre 3.06% la más baja y 11.03% la más alta, correspondiendo a Puente Quemado la primera y al Tapo Hacienda lado Caimanero la segunda. Aquellas estaciones más próximas al centro del sistema resultaron ser más bajas comparadas con las similares del muestreo anterior.

Durante este muestreo las CHON fueron menores en concentración pero más homogéneas, no obstante fue posible distinguir la presencia de un estrato empobrecido. Las concentraciones para los CHO en estas estaciones periféricas, señalaron que solo en la capa superficial fue significativa, pues los estratos inferiores fueron extremadamente bajos.

El contenido de agua para 1977 en el material sedimentario varió entre 60 y 35%, localizándose también para ciertas estaciones una capa intermedia con un ligero aumento.

El contenido de la MO fue menos heterogéneo comparado con el encontrado en 1975 en las mismas estaciones (6.60% a 14.40%), tanto en el sentido vertical como de localidad, a tal grado que en la estación 6, que anteriormente mostraba una diferencia de aproximadamente 4% con las estaciones vecinas, ahora no fue tan marcada. Es de hacerse notar que la diferencia de concentración desde la superficie hasta la profundidad de muestreo fue escasa, llegándose a presentar la misma concentración en ciertas estaciones.

Siguiendo el mismo patrón de división de áreas, se calculó para la A_1 (estaciones 1 a la 5) un promedio de 10.60%, para la A_2 (estaciones 6 y 7) 9.83%, para la A_3 (estaciones 8 a la 11) 8.85%. Esta agrupación de las estaciones en áreas se debió a la semejanza de concentraciones; sin embargo, se estimó conveniente confirmarla a través del análisis de varianza, el cual aportó un 99.99% de confiabilidad (Tabla 4).

El contenido de MO en los años 1975 y 1977 señaló solo cierta semejanza en el estrato superficial (Fig. 4a), ya que los horizontes más profundos se condujeron en forma diferencial; esto es también notorio cuando se refiere dicha interacción entre áreas y años (b). La disminución de la concentración de MO en cada horizonte de cada área sigue aproximadamente el mismo patrón y sólo en el último estrato se presentó un ligero aumento que le hizo interactuar con los superiores (c). Dicho esto es posible observar que la conducta de cada área en base a sus estratos (d) las definió totalmente a pesar de que en el último año (e) se haya presentado una disminución en la variación de la concentración; por lo tanto el comportamiento de los estratos en cada área estuvo en función de los aportes diferenciales en los dos años.

Los valores de CHON fueron aparentemente mayores en 1977 (inapreciable a 2.6 mg/g ps), que los registrados en 1975 en las mismas localidades, con una disminución hacia los estratos más profundos, no obstante que en ciertas estaciones se presentó un aumento en los últimos niveles de muestreo; este último fenómeno se pudo observar en las mismas estaciones en los dos años.

Tabla 4. ANALISIS DE VARIANZA (PORCIENTO)

	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
MO	99.99	99.99	90	-	80	99	97.5
Fe	99.95	-	99.5	80	97.5	-	-
Mg	80	-	99.99	-	-	95	-
K	97.5	-	99.99	80	99	99.5	97.5
Ca	95	95	97.5	-	80	90	-
CO ₃	80	80	97.5	-	-	-	-
Na	90	-	80	-	97.5	-	-

A = AREAS

B = ESTRATOS

C = AÑOS 1975, 1977.

La característica principal del muestreo de 1977 fue el aumento de concentración de los CHO en aproximadamente dos veces lo encontrado en 1975 para la mayoría de las estaciones (0.07 a 1.03 mg/g ps); otro hecho particular fue su regularidad tanto vertical como horizontal, ya que la diferencia de concentración entre estación y estación, así como en los diferentes niveles de muestreo, no fue tan grande. Los valores mayores fueron encontrados en el estrato superficial. En este muestreo el valor más alto superó a 1 mg/g ps con una disminución de aproximadamente al 50% en el último estrato. Cabe resaltar que en este año en ninguna de las estaciones, se presentaron valores no detectables. En comparación con 1975, los CHO para 1977 no fueron \leq a 0.03 mg/g, lo cual hace suponer un aporte significativo y una alta tasa de sedimentación, o bien que la bioturbación produjera la homogeneización de los estratos, ya que de no ser así, en cualquier nivel deberían de encontrarse concentraciones inferiores a la arriba señalada.

En virtud de la aparente homogeneidad de los valores encontrados, no es posible regionalizar o agrupar las estaciones estudiadas; sin embargo, dado el aumento en relación al año anterior, el aporte de materiales al sedimento debió haber sido mayor en este año, ya que en 1975 el muestreo se realizó un mes antes (septiembre) a lo efectuado en 1977 (octubre), y ésto significa un estado más avanzado de descomposición del material orgánico contenido en el sedimento, con pocas posibilidades de encontrar una mayor concentración.

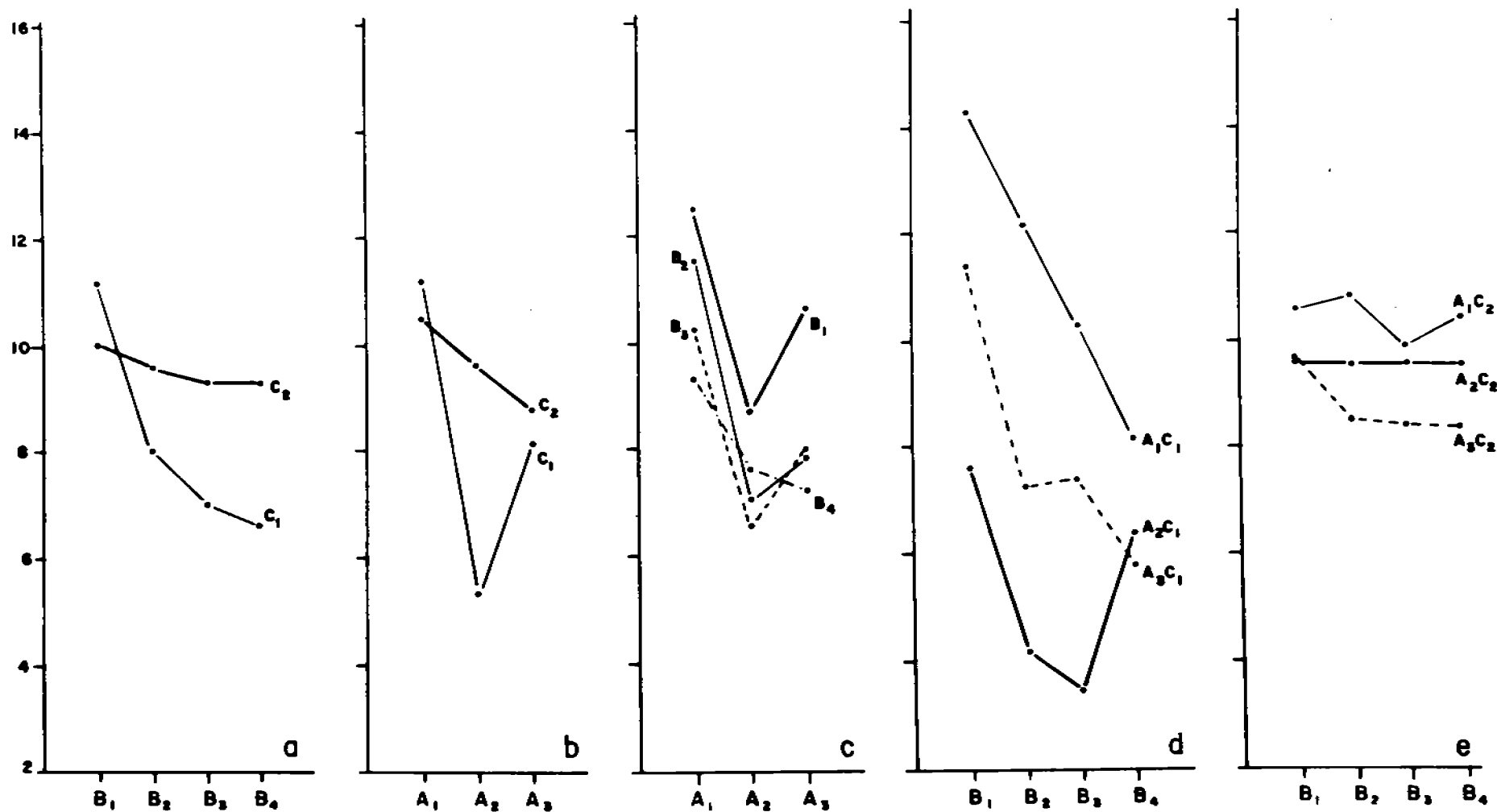


Fig. 4. Interacciones entre Areas (A), Estratos (B) y Años (C) para Materia Orgánica.

Específicamente para el contenido de CHON y CHO en el sedimento, no se efectuaron divisiones en áreas, ya que sus concentraciones mostraron valores que en la mayoría de las ocasiones no rebasan a la unidad, muy heterogéneos y difíciles de agrupar.

Las concentraciones más bajas de MO encontradas en la laguna fueron inferiores a aquellas registradas en sedimentos procedentes de praderas de fanerógamas acuáticas (De la Lanza y Arenas, 1978), pero más altas comparativamente que las del medio marino. Estas altas concentraciones de MO son explicables dependiendo de: 1) tasa de acumulación, 2) tasa de descomposición, 3) tasa de dilución por clásticos y 4) un enterramiento rápido. Stewart (1958) encontró en la Laguna de San Miguel, Baja California, una preservación baja alcanzando valores de aproximadamente 1% de MO, debido a una tasa de acumulación alta, una dilución por clásticos baja, y descomposición alta, con un bajo enterramiento.

Los valores más bajos de MO encontrados en los sedimentos de la Laguna de Huizache y Caimanero a una profundidad de 10 cm sobrepasan al 2%, lo cual da lugar a pensar en: una alta tasa de acumulación, baja dilución por clásticos, una posible baja tasa de descomposición y, alto enterramiento y por lo tanto una preservación alta.

Para Stewart la MO puede ser más abundante en sedimentos finos que gruesos, y en el sistema lagunar que ahora se analiza predominan sedimentos arcillo-limosos y sólo cerca de la Barra predominan los arenosos, donde se encontraron los valores más bajos de MO (2.5%). Este mismo autor menciona que la Laguna de San Miguel,

presenta altas tasas de acumulación de MO aunada con aperturas alternadas de la barra con cambios ambientales catastróficos que conducen a elevadas mortandades. Esto ha sido observado en lagunas costeras antiguas con sus consecuentes cambios en el medio. La Laguna de Huizache y Caimanero presenta estas características similares, altas tasas de azolvamiento, debido a condiciones hidrológicas estacionales (escorrentías, aportes fluviales e influencia del medio marino), topografía somera y el efecto del viento que erosiona las riberas y re TRABAJA los sedimentos antiguos, conduciendo a una mayor velocidad de azolve que de acuerdo con su ciclo geomorfológico, se encuentra en una etapa de senectud temprana que se ve modificada ligeramente por los dragados artificiales (Ayala-Castañares et al, 1970). Bajo estas condiciones, es fácil pensar que las altas tasas de MO aportadas al sedimento van a ser enterradas rápidamente provocando en consecuencia cambios drásticos en este medio, y quizá debido al movimiento y re trabajo de los sedimentos por el efecto del viento, dada la someridad de este cuerpo lagunar, propicien a que las condiciones para el desarrollo de organismos bénticos no sea tan desfavorable como para provocar las mortandades que Stewart menciona.

En condiciones anaeróbicas la descomposición de los CHO (compuestos preferenciales por los microorganismos), se libera CO_2 y se acumulan ácidos orgánicos, glicoles y alcoholes en el sedimento; sin embargo en el mejor de los casos se puede conducir a la formación de detritos y ser consumidos o bien a la formación de ácidos húmicos, más refractarios.

Swain (1970), estimó una concentración de CHO entre 28 mg/g como azúcares hidrolizables en el sedimento de un lago. El valor máximo aquí encontrado de carbohidratos solubles alcanza apenas 1.3 mg/g; un valor promedio de 0.5 mg/g fue registrado en los sedimentos de la Laguna de Huizache y Caimanero, en realidad es poco significativo comparado con el arriba mencionado, pero sí puede sugerir que el aprovechamiento por la flora microbiana de este material soluble es alto, tomando como base que el contenido de MO en el sedimento es proveniente en su mayoría de vegetación.

Las transformaciones de la MO en el sedimento pudieran ser analizadas desde el punto de vista de su calidad química, esto es en base a sus productos más importantes como los CHON y CHO, pero también en forma indirecta por las transformaciones que genera en los constituyentes de las arcillas (Fe, Mn, Ca, Mg, CO₃, etc). Para tal efecto se tomó como base el análisis de correlación múltiple que se calculó para todos los parámetros aquí estudiados y que se presenta en la matriz de correlación de la Tabla 5.

El análisis de las correlaciones fue empleado para efectuar el seguimiento de la degradación de la MO en dos de sus principales constituyentes (CHON y CHO) lo cual permitió observar lo siguiente:

La correlación entre MO/CHO global que incluye los tres años de muestreo, diferentes condiciones ambientales sedimentarias y diferentes estratos mostró un coeficiente bajo $r = 0.427$, $\alpha < 0.05$ (inverso de la probabilidad) (Fig. 5), pero aparentemente significativo. En virtud de que la MO señaló una distribución en áreas,

Tabla 5. CORRELACION MULTIPLE DE LOS PARAMETROS ESTUDIADOS

	MO	CHON	CHO	FE	CA	MG	NA	K	CO ₃
MO	1.00000								
CHON	0.44254	1.00000							
CHO	0.42786	0.55015	1.00000						
FE	0.47275	0.10718	0.13402	1.00000					
CA	-0.07889	-0.01468	-0.22710	-0.26982	1.00000				
MG	0.63178	0.21467	0.50768	0.51038	-0.32610	1.00000			
NA	0.07680	0.01336	-0.11980	0.25543	-0.15496	0.02977	1.00000		
K	-0.27703	-0.27202	0.18849	0.23455	-0.41022	0.05448	0.44673	1.00000	
CO ₃	-0.05381	0.07751	-0.17898	-0.15995	0.73098	-0.21504	-0.02971	-0.46030	1.00000

comprobada por el análisis de varianza antes discutido, se procedió a calcular las correlaciones anuales, regionales y por estratos, obteniéndose el coeficiente más alto para 1975, $r = 0.624$, $\alpha < 0.05$, para 1976 no se encontró correlación alguna y para 1977 fue $r=0.479$, $\alpha < 0.05$. Efectuado el análisis a nivel de áreas se pudo observar un aumento en el coeficiente, en particular para el área A_1 con $r = 0.670$, $\alpha < 0.05$. En 1977 correspondieron a las áreas A_1 y A_3 los valores más altos; $r = 0.685$, $\alpha < 0.05$ y $r = 0.812$, $\alpha < 0.05$, respectivamente.

MO / CHO

	1975	
	$r = 0.624$	$\alpha < 0.05$
	$Y = - 0.09 + 0.03 X$	
A_1	$r = 0.670$	$\alpha < 0.05$
	$Y = - 0.34 + 0.05 X$	
	1977	
	$r = 0.479$	$\alpha < 0.05$
	$Y = - 0.01 + 0.05 X$	
A_2	$r = 0.685$	$\alpha < 0.05$
	$Y = - 0.22 + 0.02 X$	
A_3	$r = 0.812$	$\alpha < 0.05$
	$Y = - 0.68 + 0.13 X$	

La correlación global indica un comportamiento no muy definido de la MO cuando se degrada en sus componentes más sencillos, por lo que posiblemente el consumo de los CHO sea mayor como lo han estimado otros autores.

Los resultados anteriores muestran que la degradación de la MO señaló un comportamiento inespecífico para las diferentes áreas en cada año ya que no hubo semejanza; dada la dimensión de la Lagu

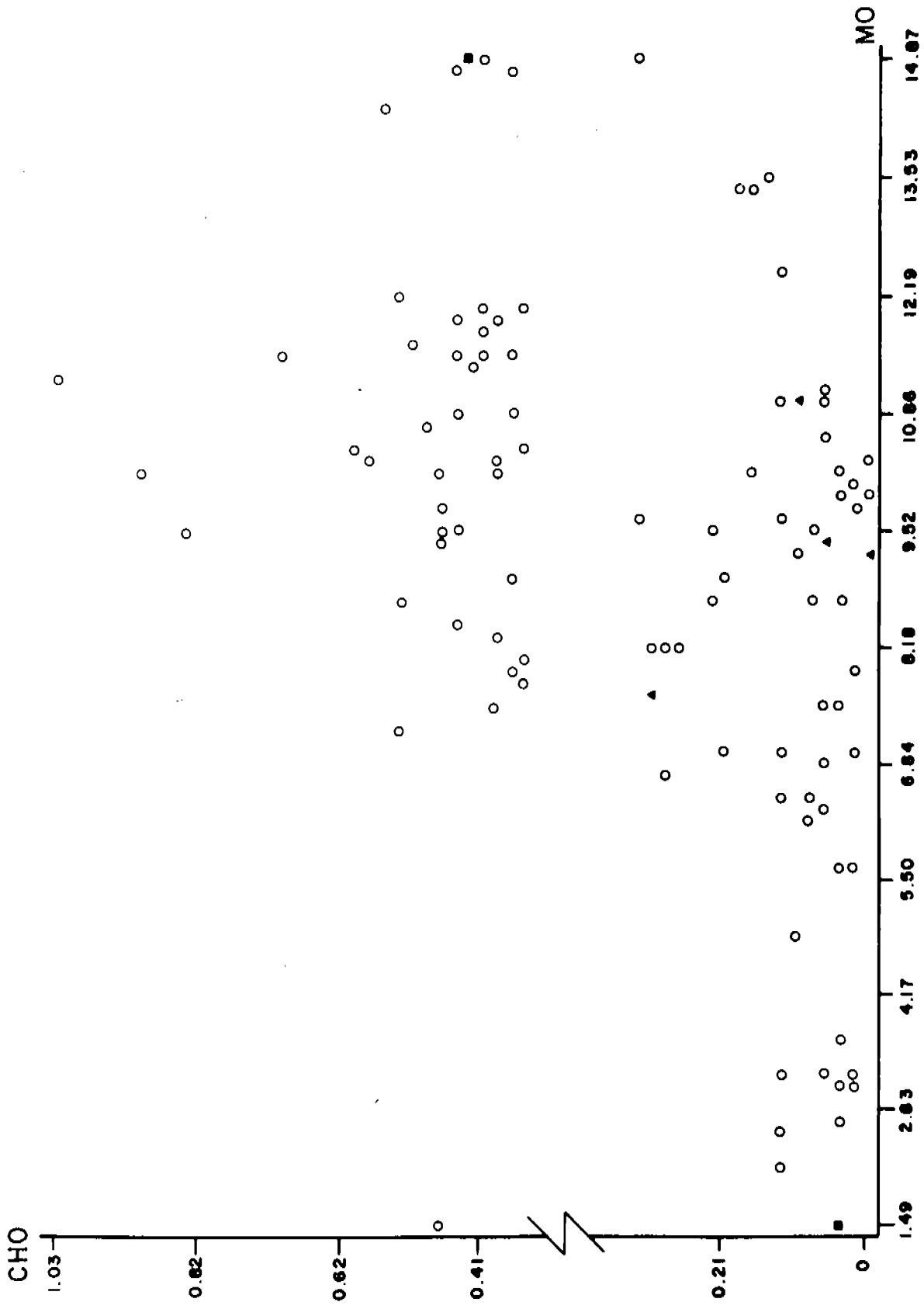


Fig. 5. Materia orgánica / Carbohidratos

na es de esperarse que las condiciones sean mucho más diversas, y por lo tanto los procesos biológicos, y fisicoquímicos muy confinados regionalmente.

La correlación global de MO/CHON fue más o menos semejante, $r = 0.442 \alpha < 0.05$ (Fig. 6), y los cálculos para cada año solo mostraron un coeficiente significativo para 1977, y específicamente para el área A_3 , $r = 0.762 \alpha < 0.05$.

MO / CHON

1977

$$r = 0.479 \alpha < 0.05$$

$$Y = - 0.77 + 0.17 X$$

$$A_3 \quad r = 0.762 \alpha < 0.05$$

$$Y = - 2.51 + 0.37 X$$

Las posibilidades de correlación entre MO/CHON fueron inferiores que entre MO/CHO, lo que señaló un proceso de degradación específico para las CHON. Un hecho curioso de mencionar fue que en un buen número de casos las concentraciones de proteínas en el sedimento fueron cero en comparación con los CHO.

Sin embargo, la correlación entre CHON/CHO presentó un coeficiente global significativo, posiblemente por el alto número de muestras trabajadas, siendo éste $r = 0.550, \alpha < 0.05$ (Fig. 7). Esta situación pudo deberse a que como subproductos de la descomposición de la MO sean más proporcionales desde el punto de vista químico aún cuando no definan la calidad de la fuente de origen ni el proceso.

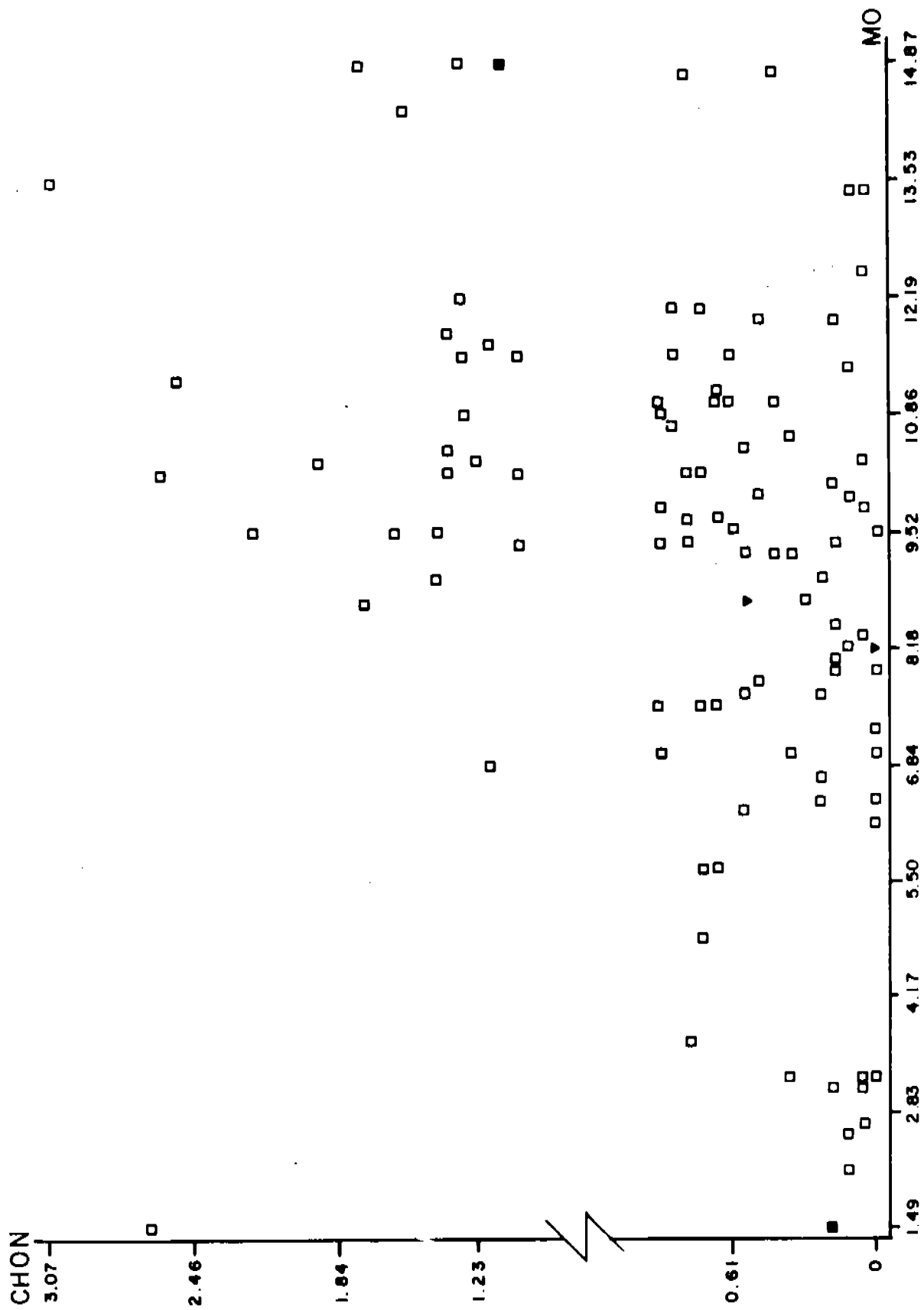


Fig. 6 . Materia Orgánica / Proteínas

Desglosada la correlación global entre años se encontró un aumento en el coeficiente solamente para 1977, como a continuación se presenta:

CHON / CHO

1975

$r = 0.447$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.08 + 0.13 X$
$A_1 r = 0.509$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.05 + 0.15 X$
$A_1 n_1 r = 0.975$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.14 + 0.14 X$

1976

$r = 0.632$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.04 + 0.15 X$
-------------	------------	--------	---------------------

1977

$r = 0.707$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.26 + 0.19 X$
$A_1 r = 0.787$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.21 + 0.23 X$
$A_3 r = 0.640$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.27 + 0.20 X$
$A_3 n_1 r = 0.950$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.16 + 0.29 X$

Es notorio que dicho coeficiente fué más alto en el estrato superficial de A_1 en los años 1975 y 1977, dando lugar a pensar que es una degradación de material fresco en el que los procesos diagenéticos no han marcado las condiciones del lugar que se imprimen en estratos más profundos.

El número de correlaciones para 1976 fue baja, lo que confirma tanto en la división en áreas y la diferencia en los aportes anuales.

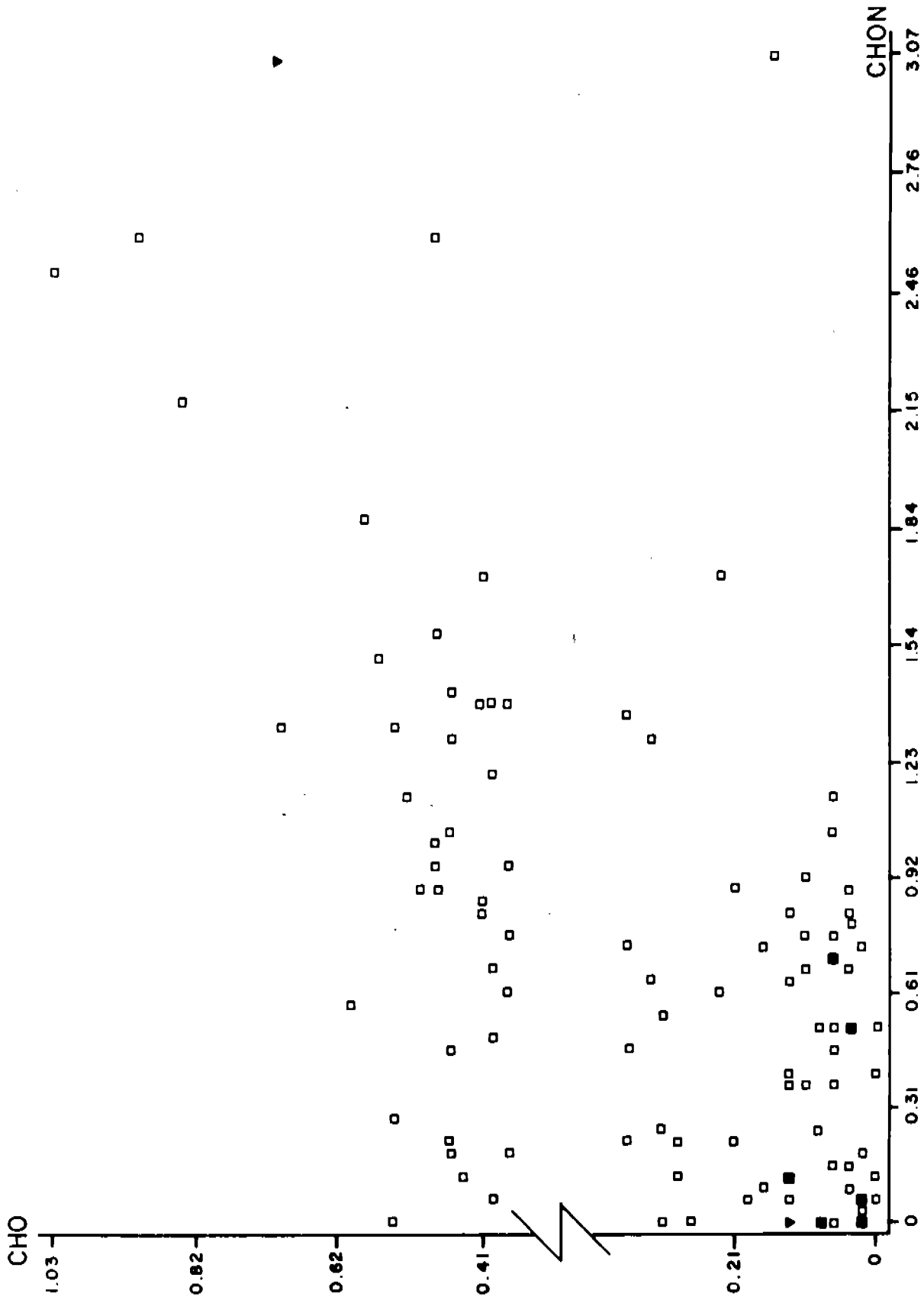


Fig. 7. Proteínas / Carbohidratos

Es importante también mencionar que las fórmulas de predicción presentan pendientes bajas, pero su nivel de confianza osciló entre un 99% y 99.9% lo cual es considerado como muy significativo.

En lo que respecta a los parámetros inorgánicos analizados en este trabajo se pudo observar que las concentraciones de Fe, K y Ca caen dentro de la composición de las lutitas y la roca sedimentaria (Mason, 1966). El Mg se encontró en muy bajas concentraciones, el Na y CO_3 corresponde a ambientes salobres.

Fierro

El contenido de Fe durante los 3 años de muestreo presentó una variación entre 20.7 a 65.0 mg/g ps.

En 1975 el promedio fue de 41.3 mg/ \pm 9.74, con una oscilación de sus valores entre 20.7 y 62.1 mg/g, con una tendencia generalizada a la disminución con la profundidad, observándose en la mayoría de las estaciones un estrato intermedio de mayor concentración. A semejanza de lo que sucedió con la MO, el Fe se distribuyó aparentemente en las mismas áreas, A_1 que comprende las estaciones 1, 2, 3 y 4; A_2 estaciones 6 y 7; y A_3 estaciones 8, 9 y 10. En la primera se calculó un promedio de 41.5 mg/g que se encuentra frente a Mataderos; la segunda con 29.98 mg/g frente a la Barra; y la última con 47.05 mg/g frente al Tapo Hacienda, siendo en esta última área (A_3) la de los valores más variables de los registrados.

En el área muestreada en 1976, se calcularon valores entre 27.1 y 65 mg/g con un promedio de 46.86 \pm 11.53 mg/g, asimismo fue

posible observar la tendencia de ciertas estaciones a la disminución con la profundidad y la presencia de un estrato intermedio de mayor concentración. Dado que las estaciones no son suficientes para delimitar ambientes, solo se consideró una área; sin embargo, las periféricas de Caimanero y las ubicadas frente al Tapo Hacienda, presentaron las concentraciones más altas (49.2 y 65.0 mg/g) y las de Puente Quemado las más bajas (27.1 - 47.9 mg/g). Cabe señalar que las estaciones efectuadas en 1975 manifestaron también los valores más altos aunque no iguales.

En los muestreos efectuados en 1977, en aproximadamente las mismas localidades que en 1975, se encontró que los valores de Fe oscilaron menos que en los otros años, 33.2 a 58.2 mg/g. Su concentración promedio fue $46.27 \text{ mg/g} \pm 7.4$. Como en los casos anteriores, en este año de muestreo se observó la disminución con la profundidad y un estrato intermedio de mayor concentración. La distribución en áreas hechas en 1975, es válida también para este año, aún cuando no se presentaron las mismas concentraciones. De las estaciones 1 a la 5 (A_1) se calculó un promedio de 47.82 mg/g; en las 6 y 7 (A_2) un 44.67 mg/g; y de las estaciones de la 8 a la 11 (A_3) un 45.53 mg/g. Como se puede ver en este caso no distan mucho los promedios entre sí, pero es notorio que en el área A_1 se mantiene más o menos la concentración a diferencia de la A_3 , donde fueron sumamente variables, en cambio en la A_2 se encontró el promedio más bajo; condiciones semejantes a lo que aconteció en 1975. La distribución de la MO en áreas discutida anteriormente, también manifestó esta misma conducta; es decir, de los 1975 y 1977, el área más homogénea fue la A_1 , la más variable la A_3 y la de los valores más bajos la A_2 .

La división en áreas de la región muestreada en base a la similitud de los resultados en el contenido de Fe durante los años 1975 y 1977, fue corroborada por análisis de varianza, obteniéndose un nivel de confianza del 99.95%; en este mismo análisis se observó escasa diferenciación entre estratos y que la diferenciación anual es significativa (99.5% de confianza), como se señala en la Tabla 4.

Para apoyar más el comportamiento de las áreas, estratos y años, el análisis de las interacciones aportó los siguientes resultados; la conducta de las áreas y los estratos fue más o menos regular y semejante aunque con un aporte anual diferencial como puede verse en la figura 8 (a-b-c). El comportamiento de las áreas en base a sus estratos en 1975 fue muy similar (d) pero con valores diferentes; sin embargo, para 1977 (e) la oscilación fue mucho menor con una mayor interacción entre las áreas por la regularidad de los valores.

Estas interacciones hacen pensar que las condiciones diagenéticas se conducen diversamente en tiempo y espacio muy reducidos, originadas por condiciones sedimentarias bióticas y abióticas variables.

Tomando en cuenta el movimiento que tiene el Fe sedimentario en los procesos diagenéticos bajo la presencia de la M0, y el hecho de la delimitación semejante en áreas, se efectuaron las correspondientes correlaciones encontrándose un coeficiente global para M0/Fe de $r = 0.472$, $\alpha < 0.05$ (Fig. 9). Calculado para cada año se ob

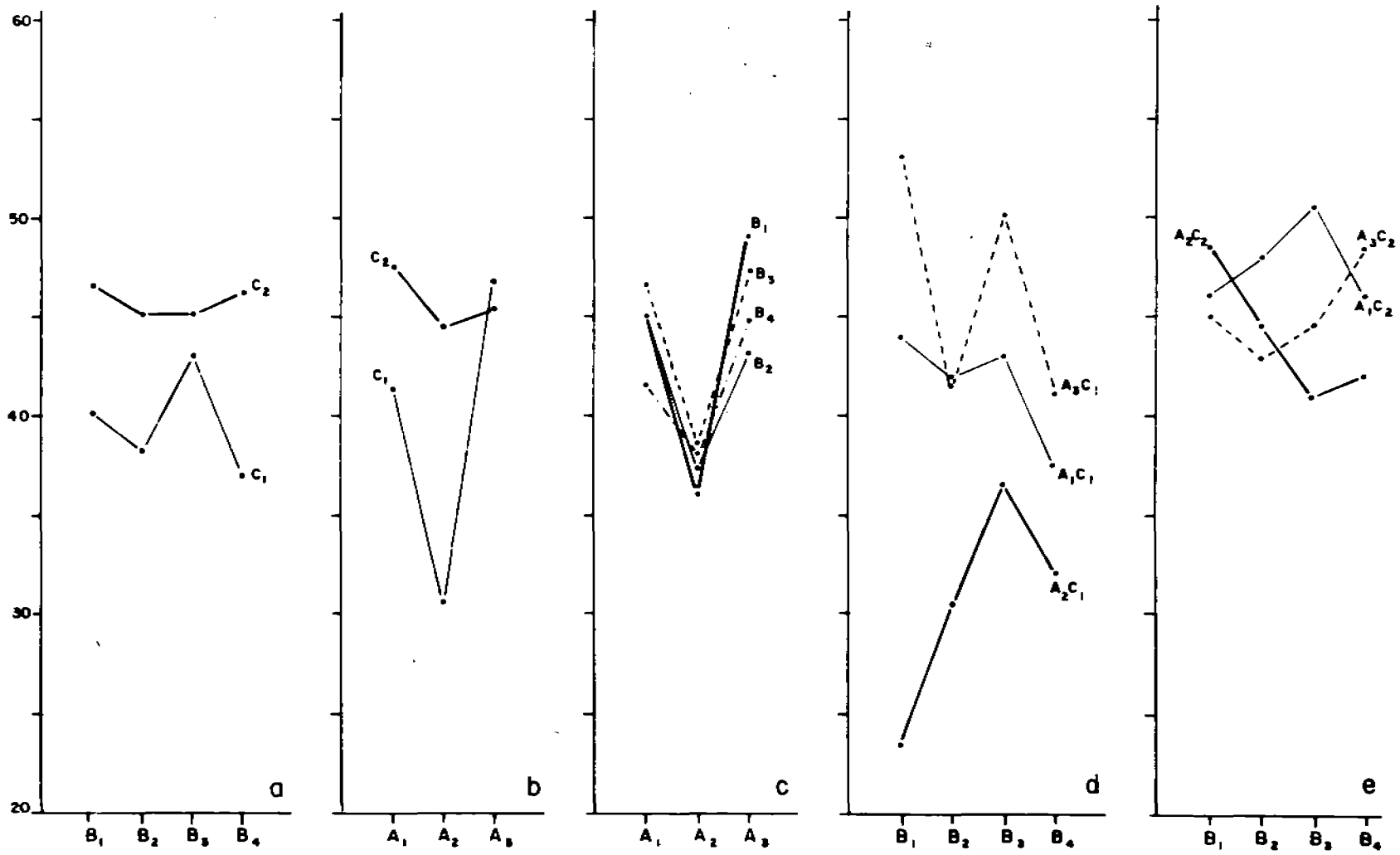


Fig. 8. Interacciones entre Areas (A), Estratos (B) y Años (C) para Hierro.

servó que en 1975 se redujo a $r = 0.400$, $\alpha < 0.05$; sin embargo el área A_1 de este año, presentó una $r = 0.656$, $\alpha < 0.05$.

En 1976 se obtuvieron los valores de correlación más altos de los registrados en los 3 años, siendo éste $r = 0.781$, $\alpha < 0.05$, alcanzando en la superficie un valor todavía mayor ($r = 0.900$, $\alpha < 0.05$).

Para 1977 el coeficiente fue poco significativo, $r = 0.331$, $\alpha = 0.05$ pero para las áreas A_1 y A_2 se obtuvo $r = 0.500$, $\alpha = 0.05$ y $r = 0.854$, $\alpha < 0.05$, respectivamente.

MO / Fe

1975			
	$r = 0.472$	$\alpha < 0.05$	$Y = 31.83 + 1.04 X$
A_1	$r = 0.400$	$\alpha < 0.05$	$Y = 28.41 + 1.17 X$
1976			
	$r = 0.781$	$\alpha < 0.05$	$Y = 20.94 + 3.19 X$
N_1	$r = 0.900$	$\alpha < 0.05$	$Y = 10.44 + 4.19 X$
1977			
	$r = 0.331$	$\alpha = 0.05$	$Y = 34.32 + 1.24 X$
A_1	$r = 0.500$	$\alpha = 0.05$	$Y = 28.06 + 1.86 X$
A_2	$r = 0.854$	$\alpha < 0.05$	$Y = 18.21 + 2.70 X$

Es claro observar que las fórmulas de predicción son aplicables sólo para las áreas delimitadas, y esto se debe a la variabilidad de los ambientes.

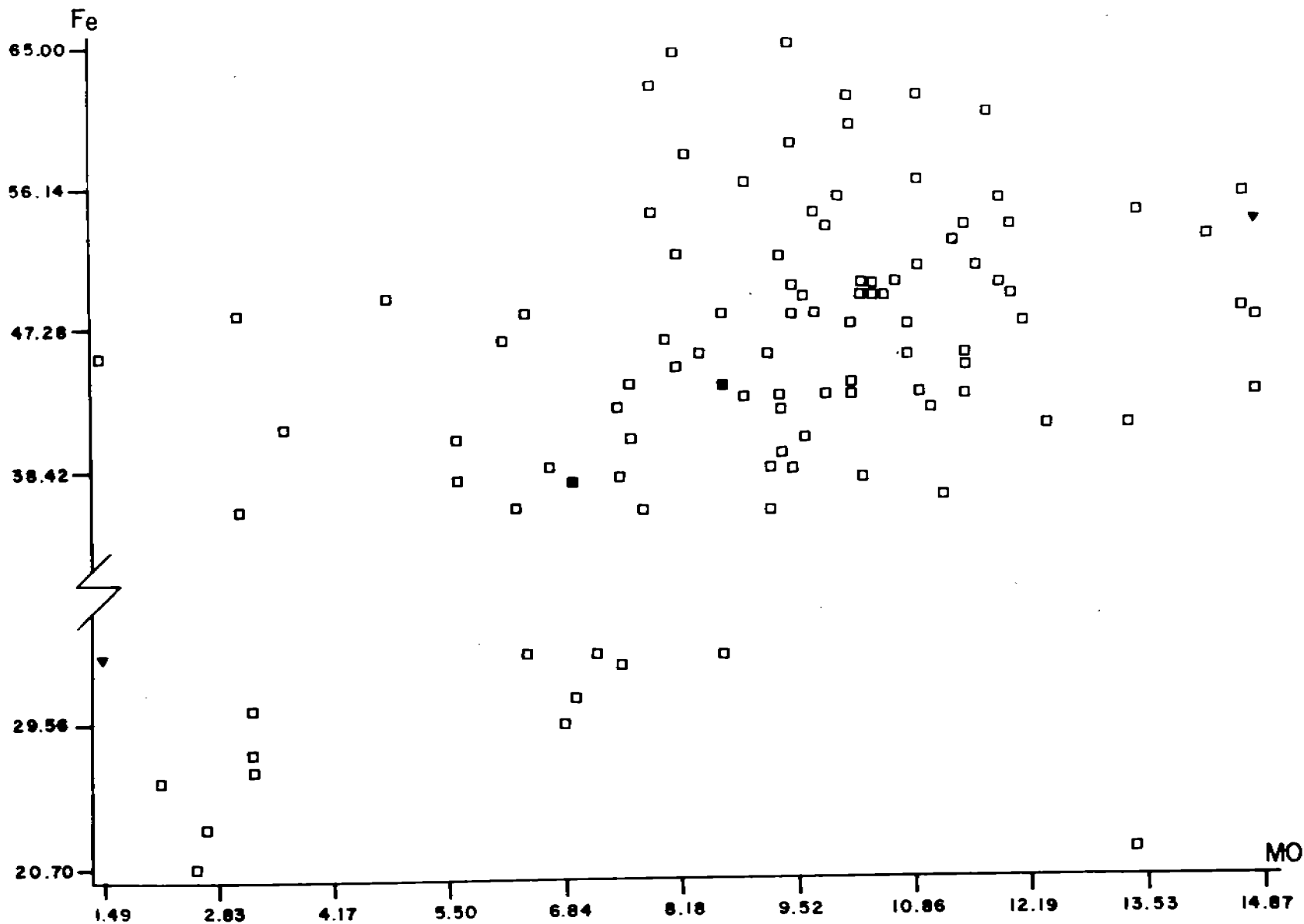


Fig. 9 . Materia Orgánica / Fierro

Dentro de la matriz de correlación para todos los parámetros estudiados, el Fe mostró coeficientes negativos y bajos con el calcio y los CO_3 , y escasamente significativos cuando fueron referidos de manera global a los tres años de muestreo, aunque a nivel anual, por áreas o estratos el coeficiente fue más alto.

En el caso de Fe/Ca el coeficiente fue $r = -0.269$, $\alpha < 0.05$ para los tres años de muestreo; en 1975 solo fue significativo en el área A_1 con $r = -0.800$, $\alpha < 0.05$, repitiéndose nuevamente en 1977 con $r = -0.678$, $\alpha < 0.05$, correspondiendo a los tres primeros centímetros de este último año un coeficiente de $r = -0.964$, $\alpha < 0.05$ y a los tres subsiguientes una $r = -0.974$, $\alpha < 0.05$.

Fe / Ca

1975

$$A_1 \quad r = -0.800 \quad \alpha < 0.05$$

$$Y = 313.02 + (-6.66) X$$

1977

$$A_1 \quad r = -0.678 \quad \alpha < 0.05$$

$$Y = 109.26 + (-2.66) X$$

Estas fórmulas aparentemente difieren para cada área, dada su especificidad, hecho que sugiere posiblemente diversidad en calidad sedimentaria.

En lo que respecta al coeficiente de correlación de Fe/ CO_3 global para los tres años, éste fue muy bajo ($r = -0.178$, $\alpha = 0.10$), pero considerando la posibilidad de la existencia de siderita (minerales de carbonato de fierro) se procedió a calcular las

correlaciones por áreas, años y estratos. El coeficiente encontrado para 1975 fue de poco valor, pero las áreas A₁ y A₂ mostraron cifras altamente significativas, $r = -0.748$, $\alpha < 0.05$ y $r = 0.979$ $\alpha < 0.05$ respectivamente, si bien en el área A₂ la correlación fue positiva.

Es importante hacer notar que el coeficiente global para 1976, aún cuando fue poco significativo, ($r = 0.458$, $\alpha = 0.05$) la correlación fue positiva, lo que daría lugar a pensar en la presencia de Fe CO₃, situación contraria a lo encontrado en los otros años, a excepción de la área A₂.

En 1977 se obtuvo un coeficiente de $r = -0.387$, $\alpha < 0.05$ correspondiendo para el área A₁ la cifra más alta, $r = -0.678$, $\alpha < 0.05$ que en los tres primeros centímetros de profundidad alcanzó $r = -0.943$, $\alpha < 0.05$.

Fe / CO₃

1975

A₁ $r = -0.748$ $\alpha < 0.05$

$Y = 46.35 + (-0.04) X$

A₂ $r = 0.979$ $\alpha < 0.05$

$Y = 21.40 + 0.09 X$

1976

$r = 0.458$ $\alpha = 0.05$

$Y = 28.85 + 0.69 X$

1977

$r = -0.387$ $\alpha = 0.05$

$Y = 50.71 + (-0.08) X$

A₁ $r = -0.678$ $\alpha < 0.05$

$Y = 53.62 + (-0.09) X$

A_{1n1} $r = -0.943$ $\alpha < 0.05$

$Y = 55.78 + (-0.11) X$

Es necesario hacer incapié que las correlaciones y sus correspondientes fórmulas son diferentes nuevamente en los tres años de estudio, posiblemente por la especificidad antes mencionada, más aún, con el cambio de signo en la correlación no solo en 1976, sino también para el área A_2 de 1975, donde cabe suponer la presencia de $Fe CO_3$.

De lo analizado hasta ahora, es notorio que el área A_1 es la que ha presentado mayor número de correlaciones, lo que posiblemente signifique mayor estabilidad del ambiente sedimentario, ya que inclusive la relación Fe/Na mostró un coeficiente significativo, $r = 0.735$, $\alpha < 0.05$, específicamente encontrado en 1975.

Magnesio

En cuanto al contenido de Mg en el sedimento, en ningún momento su concentración llegó a valores que puedan ser comparados con la roca sedimentaria, roca ignea, o de algunas arcillas hasta ahora reportadas. Su concentración osciló entre 0.40 a 5.0 mg/g ps, por lo que hace suponer un origen biológico.

En los transectos estudiados en 1975 se obtuvieron valores que van de 0.46 a 4.79 mg/g ps con un promedio de 1.88 mg/g \pm 0.88, asimismo señaló una tendencia generalizada a la disminución con la profundidad, y en ciertas estaciones un estrato intermedio de una concentración mayor que parece corresponder con los aumentos de MO y Fe .

La distribución de las concentraciones de Mg no diferencian claramente las áreas como lo hacen los parámetros anteriores y a través del análisis de varianza se obtuvo apenas un 80% de confianza; a pesar de esto se consideró conveniente hacer esta clasificación, señalando el área A₁ para 1975 un promedio de 1.95 mg/g, A₂ 1.79 mg/g y A₃ de 1.80 mg/g; que como puede verse son cifras muy semejantes.

La región muestreada en 1976 ofreció valores entre 1.04 y 3.50 mg/g ps, con un promedio de 2.38 ± 0.70 . La tendencia a la disminución con la profundidad fue menos marcada, y en ciertas estaciones permaneció más o menos constante en los diferentes estratos de muestreo; señalando también algunas estaciones una capa intermedia de mayor concentración. Las localidades frente a Puente Quemado son las que presentaron los valores más bajos (1.49 mg/g), las de Caimanero los más altos (2.90 mg/g) y los de ambos lados del tapo Hacienda los intermedios (2.68 mg/g). Esta misma situación fue registrada para Fe.

En 1977 el Mg varió de 1.79 a 4.29 mg/g con un promedio de $2.85 \text{ mg/g} \pm 0.54$, valor que comparado con los años anteriores fue mayor y con menos variación. La disminución con la profundidad para este año no fue evidente y mas bien permaneció constante, la presencia de aquellos estratos intermedios más altos que los adyacentes, se ampliaron. La división en áreas fue también pobremente diferenciable; el A₁ presentó un promedio de 3.08 mg/g, el A₂ de 2.56 mg/g y el A₃ de 2.76 mg/g, que comparados con los de 1975 se registró un aumento del 30-40% en la concentración.

La pobre regionalización en áreas de acuerdo con el contenido de Mg fue ratificada por el análisis de varianza, obteniéndose un escaso nivel de confianza (80%), y esto fue debido a la escasa variación de su contenido en el sedimento; asimismo no existió diferencia significativa entre los estratos, pero el aporte anual fue bastante diferente (99.99% de confianza), como puede verse en la Tabla 4 y en la figura 10 (a-b-c). En d y e de esta misma figura se señala una escasa interacción con poca definición entre las áreas en base a sus estratos para 1975 y 1977. En el primer caso las áreas A_1 y A_3 llevaron una conducta semejante, siendo la A_2 la que interactúa con ellas y la que presentó las mayores variaciones; en el segundo caso la interacción entre las áreas según sus estratos fue más baja.

Analizando globalmente lo que sucede con el contenido de Mg, puede decirse que manifestó una conducta diferente a los anteriormente citados, ya que su concentración es bastante regular lo que puede dar lugar a pensar en una sola fuente de aporte. Los valores encontrados aquí no corresponden a los de origen arcilloso, como en el caso de contenido de Fe, y en el mejor de los casos el valor más alto obtenido fue de 4.79 mg/g que es aproximadamente la mitad de lo encontrado en material suspendido inorgánico en un río, con 9.4 mg/g (Postma, 1980); la cuarta parte de las limolitas, con 15 mg/g (Mason, 1966) o la sexta parte del material rocoso, con 24.4 mg/g (Postma, 1980).

El contenido de Mg en el sedimento fue el que presentó mayor número de correlaciones con la MO comparativamente con los paráme-

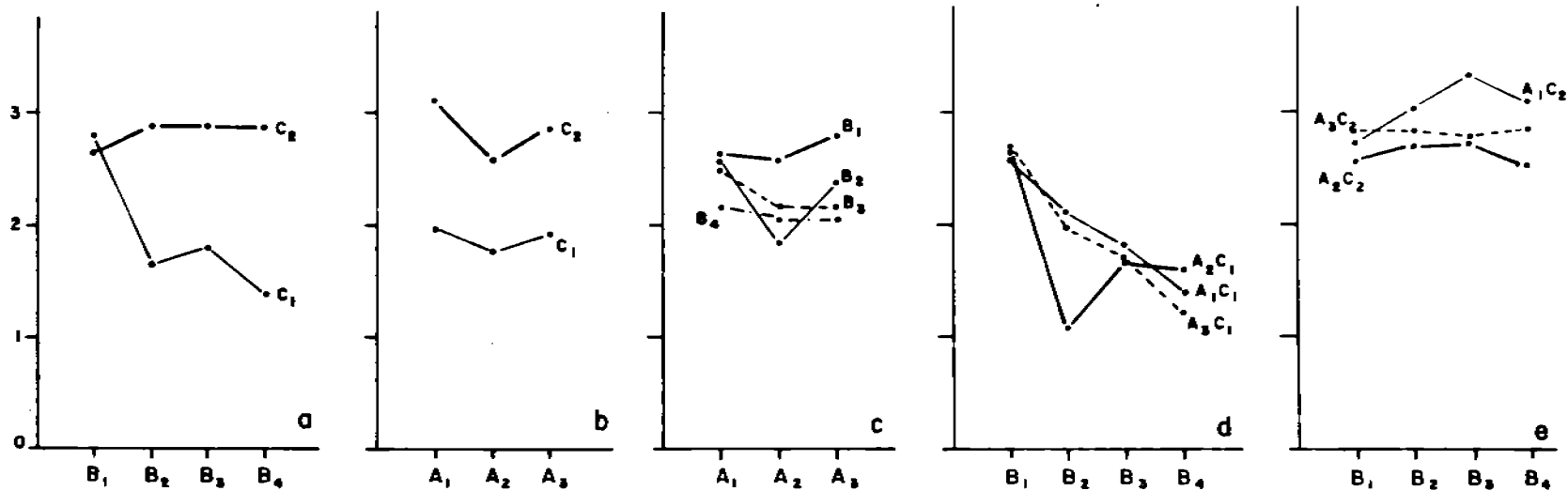


Fig.10. Interacciones entre Areas (A), Estratos (B) y Años (C) para Magnesio.

tros antes descritos, mostrando un coeficiente para los tres años de $r = 0.632$, $\alpha < 0.05$ (Fig. 11), y que como en los casos anteriores este coeficiente se ve aumentado cuando es calculado por años y por áreas. El coeficiente de correlación en los muestreos de 1975 fue de $r = 0.707$, $\alpha < 0.05$, habiéndose calculado para las áreas A_1 , A_2 y A_3 , los siguientes valores; $r = 0.917$ $\alpha < 0.05$; $r = 0.911$, $\alpha < 0.05$; $r = 0.819$, $\alpha < 0.05$ respectivamente. Para este año en especial, la correlación en los diferentes estratos tendió a disminuir con la profundidad aún cuando no se pierde el buen grado de significancia. Esta situación conlleva a lo que se dijo anteriormente, a un solo origen del Mg, pudiendo ser éste biógeno.

Para 1976 se obtuvo un coeficiente de $r = 0.894$, $\alpha < 0.05$, y dado que se consideró como una sola área, se procedió a calcular el coeficiente en los tres estratos de muestreo, con los siguientes valores; $r = 0.922$, $\alpha < 0.05$; $r = 0.877$, $\alpha < 0.05$ y $r = 0.900$ $\alpha < 0.05$.

El coeficiente de correlación obtenido para 1977 bajó notablemente aún cuando siguió siendo significativo ($r = 0.519$ $\alpha < 0.05$), correspondiendo a A_1 $r = 0.346$, $\alpha = 0.05$, para el A_2 $r = 0.883$, $\alpha < 0.05$, y para el A_3 $r = 0.583$, $\alpha < 0.05$. Es importante señalar que el área A_2 comprendió dos estaciones litorales semejantes a las efectuadas en 1976 donde se obtuvieron los mejores coeficientes.

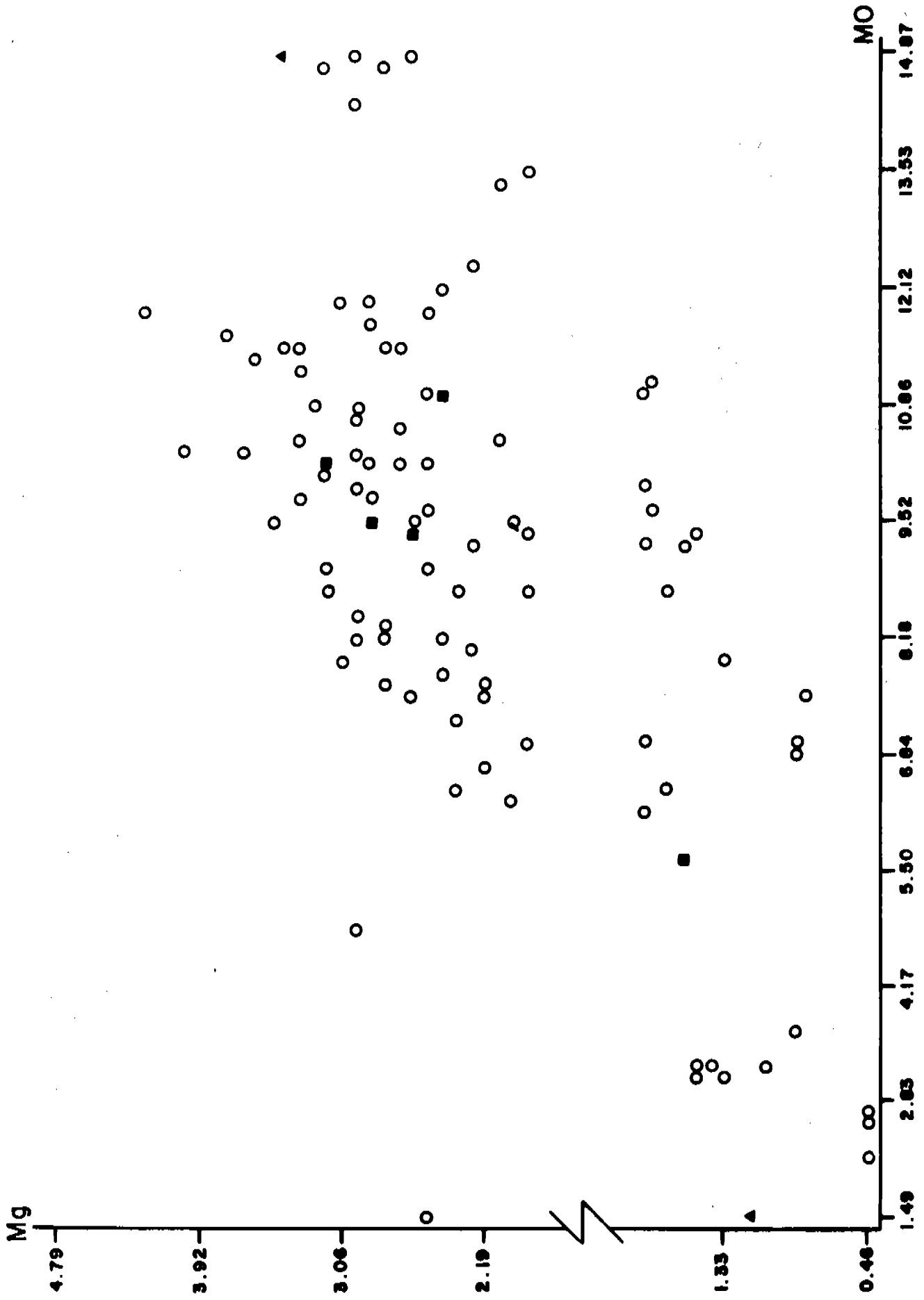


Fig. 11. Materia Orgánica / Magnesio

MO / Mg

1975

	$r = 0.707$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.38 + 0.17 X$
A ₁	$r = 0.917$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.25 + 0.20 X$
A ₂	$r = 0.911$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.16 + 0.37 X$
A ₃	$r = 0.817$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.30 + 0.20 X$

1976

	$r = 0.894$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.59 + 0.22 X$
r ₁	$= 0.922$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.37 + 0.24 X$
r ₂	$= 0.877$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.58 + 0.21 X$
r ₃	$= 0.900$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.54 + 0.25 X$

1977

	$r = 0.517$	$\alpha <$	0.05	$Y = 1.4 + 0.15 X$
A ₁	$r = 0.346$	$\alpha =$	0.05	
A ₂	$r = 0.883$	$\alpha <$	0.05	$Y = 1.38 + 0.12 X$
A ₃	$r = 0.583$	$\alpha <$	0.05	$Y = 0.88 + 0.22 X$

Aún cuando las pendientes de estas fórmulas son bajas, su porcentaje de confianza calculado siempre excede al 99%.

Como en los casos anteriores, aparentemente las fórmulas de predicción para cada año son diferentes, sin embargo, en este caso en particular se encontró mayor regularidad entre ellas.

En virtud de que el Mg mostró un coeficiente de correlación bastante significativo con la MO, era de esperarse que lo presenta

rá con los constituyentes de calidad de ella misma, como lo son CHON y CHO no obstante con las primeras no se obtuvo ninguna correlación global, anual o por estrato; correspondiendo para los CHO el coeficiente más alto (Mg/CHO, $r = 0.507$, $\alpha < 0.05$) en los tres años de muestreo (Fig. 12). Cuando fueron calculados para cada año se encontró que en 1975 para el área A_1 se elevó a $r = 0.678$, $\alpha < 0.05$ y para la A_3 $r = 0.883$, $\alpha < 0.05$. En 1977, esta última área experimentó una ligera disminución alcanzando un coeficiente de $r = 0.608$, $\alpha < 0.05$.

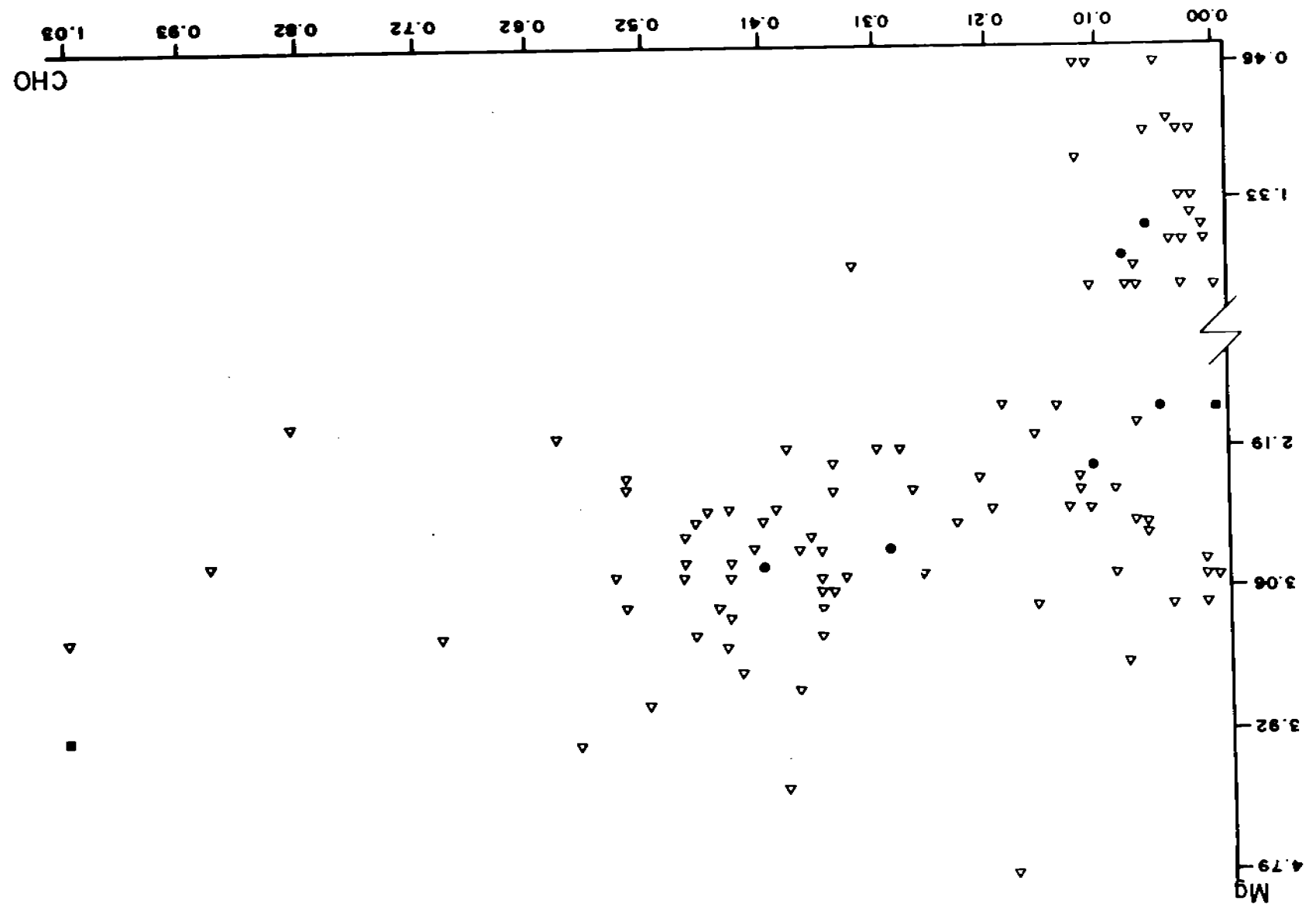
Mg / CHO

1975	
$r = 0.360$ $\alpha < 0.05$	$Y = - 0.09 + 0.03 X$
A_1 $r = 0.678$ $\alpha < 0.05$	$Y = - 0.24 + 0.21 X$
A_3 $r = 0.883$ $\alpha < 0.05$	$Y = - 0.23 + 0.19 X$
1977	
A_3 $r = 0.608$ $\alpha < 0.05$	$Y = - 0.29 + 0.25 X$

Otra de las correlaciones globales más o menos significativas fue Mg/Fe (Fig. 13), que para los tres años de muestreo presentó un coeficiente de $r = 0.510$, $\alpha < 0.05$, que al ser calculado para 1975 señaló una $r = 0.346$, $\alpha = 0.05$, siendo el área A_1 la que nuevamente alcanzó un valor alto, $r = 0.742$, $\alpha < 0.05$, y específicamente en el estrato dos de todas las áreas ($r = 0.911$, $\alpha < 0.05$).

El hecho más importante de esta correlación fue encontrado en 1976, donde se obtuvieron los coeficientes más altos, coincidiendo

Fig. 12. Carbohidratos / Magnesio



do también con los de MO/Fe de este mismo año. Este coeficiente Mg/Fe, correspondió a $r = 0.848$, $\alpha < 0.05$, en los estratos n_1 y n_3 , más significativos.

En cuanto a 1977 la correlación fue $r = 0.479$ $\alpha < 0.05$, en donde las áreas A_1 y A_2 fueron más altas $r = 0.608$, $\alpha < 0.05$ y $r = 0.762$, $\alpha < 0.05$ respectivamente; coincidiendo también las mismas localidades para este mismo año pero para MO/Fe.

Mg / Fe

1975

	$r = 0.346$	$\alpha = 0.05$	$Y = 34.22 + 3.64 X$
A_1	$r = 0.742$	$\alpha < 0.05$	$Y = 29.60 + 6.10 X$
n_2 Tot	$r = 0.911$	$\alpha < 0.05$	$Y = 17.45 + 12.40 X$

1976

	$r = 0.848$	$\alpha < 0.05$	$Y = 13.40 + 14.04 X$
n_1	$r = 0.850$	$\alpha < 0.05$	$Y = 9.28 + 15.42 X$
n_3	$r = 0.964$	$\alpha < 0.05$	$Y = 8.73 + 15.45 X$

1977

	$r = 0.479$	$\alpha < 0.05$	$Y = 30.59 + 5.52 X$
A_1	$r = 0.608$	$\alpha < 0.05$	$Y = 28.87 + 6.19 X$
A_2	$r = 0.762$	$\alpha < 0.05$	$Y = 0.22 + 17.55 X$

Lo que resalta a simple vista de estas fórmulas es la mayor homogeneidad en los coeficientes de correlación encontrados en 1976, en comparación con los otros dos años, que bien puede ser interpre

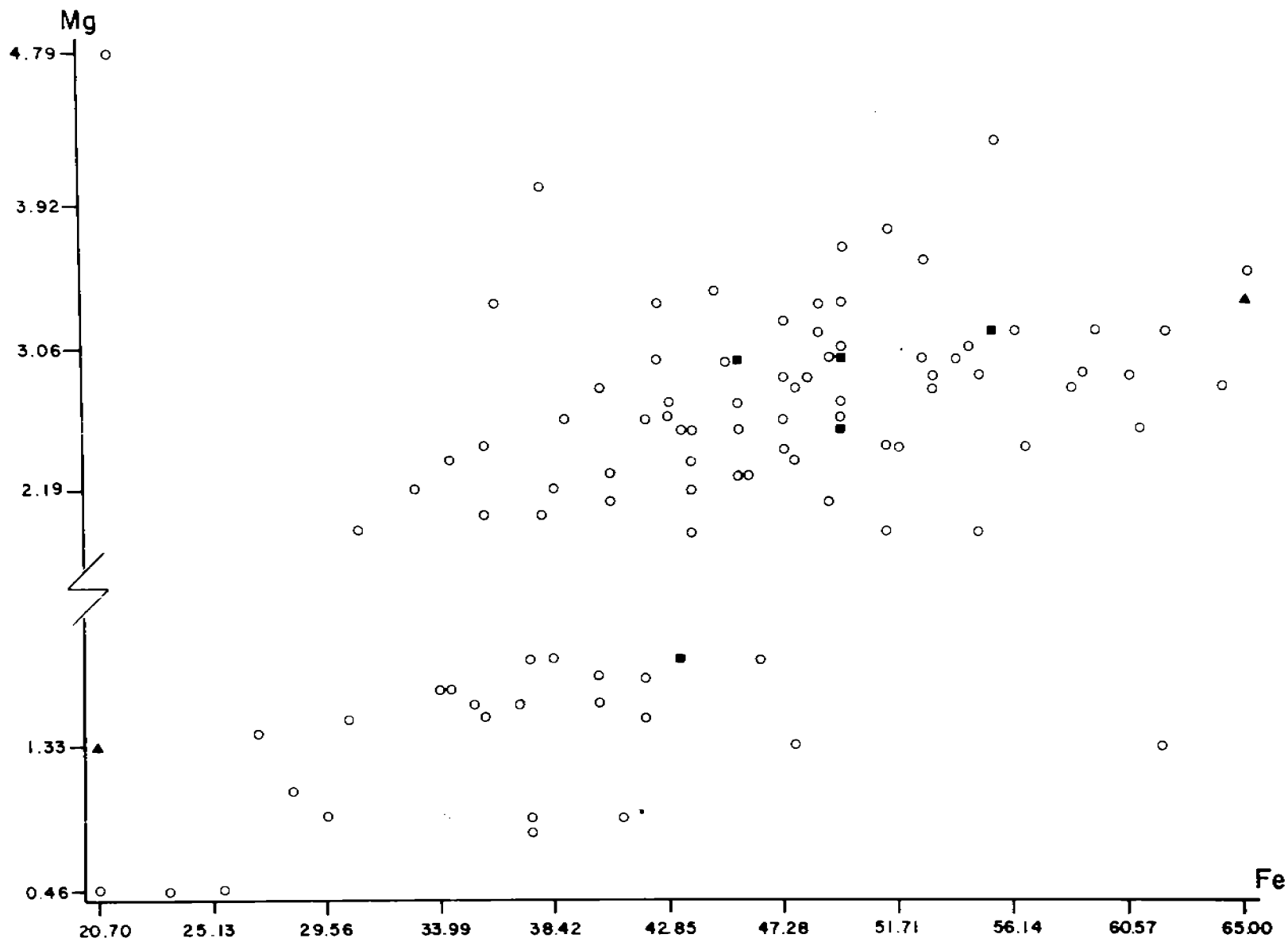


Fig. 13 . Fierro / Magnesio

tado como condiciones diagenéticas diferentes u orígenes distintos de uno o de los dos parámetros.

Otra situación particular que cabe señalar es que el contenido de Fe y Mg variaron de manera proporcional al contenido de MO. Dada la concentración de Mg, es posible pensar en un origen biológico, sin descartar la posibilidad de que fueren areniscas, a pesar de que su contenido en Mg es aproximadamente el doble del registrado aquí, en cuanto al Fe es posible aceptar un origen mineral arcilloso modificable por procesos diagenéticos específicos de cada habitat químico.

Tomando en consideración la posibilidad de la presencia de carbonatos de Mg y Ca, se efectuaron correlaciones entre ellos que condujeran a confirmar su existencia, encontrándose escasa correlación y en todos los casos negativas. El coeficiente global para los tres años de muestreo fue $r = -0.326$, $\alpha < 0.05$ (Fig. 14), aparentemente significativo por el alto número de muestras; al expresarlo para cada año se observó que para 1975 solo fue importante el área A_1 con $r = -0.754$, $\alpha < 0.05$; en 1976 en el estrato 2 con $r = -0.735$, $\alpha < 0.05$. Para 1977 ($r = -0.400$, $\alpha < 0.05$) solamente fue importante en el área A_3 ($r = -0.557$, $\alpha < 0.05$).

Mg / Ca

1975

$$r = -0.300$$

$$A_1 \quad r = -0.754 \quad \alpha < 0.05$$

$$Y = 131.26 + (-48.70) X$$

1976

$$r = - 0.100$$

$$n_2 r = - 0.735 \alpha < 0.05$$

$$Y = 2.76 + (- 0.30) X$$

1977

$$r = - 0.400 \alpha < 0.05$$

$$Y = 43.41 + (- 11.02) X$$

$$A_3 r = - 0.557 \alpha < 0.05$$

$$Y = 48.01 + (- 14.04) X$$

En estas fórmulas se señala una marcada diferencia atribuible a la especificidad de los ambientes.

Nelson (1972), emplea la proporción Mg/Ca para señalar la influencia de ambientes dulces o salobres, estimando que los valores más altos de esta relación se encuentran en las inmediaciones del medio marino. Dyrssen y Wedborg (1980) han calculado una proporción de Mg/Ca (peso atómico) de 0.21 en promedio en agua de ríos. En esta contribución también se analizan exclusivamente en el estrato superficial donde la influencia de agua suprayacente imprime características dulceacuícolas, salobres o marinas.

En 1975 esta relación superó a 1.0 en la mayoría de las estaciones a excepción de la no. 6 con 0.93, localidad que se encuentra en la parte sur frente a la Barra. Según esta proporción la laguna mantiene una influencia marina mayor que se refleja en los sedimentos.

En 1976 los valores encontrados de esta proporción fueron más regulares (2.0 - 2.64), aún cuando dos localidades frente a Puente Quemado, mostraron los valores más bajos (0.68 a 0.96), tal

situación puede deberse a la influencia de las escurrentías, ya que el resto de las estaciones se ubicaron en las inmediaciones de la laguna con una mayor mezcla de aguas salobres.

En 1977 estas proporciones en comparación con los otros años aparentemente bajaron (0.19 - 1.88) y esto se debió a un aumento de Ca.

Nelson (op cit) califica como un medio netamente marino a cifras cercanas a 3 y las oscilaciones anuales que se encontraron en la presente, señalarían un ambiente de transición o salobre, variable año con año debido fundamentalmente a la magnitud del aporte fluvial y pluvial.

En lo que respecta a los coeficientes de correlación entre Mg/CO_3 , de antemano se debe hacer notar que fueron de los más bajos de los estudiados; sin embargo, y como ya se ha mencionado anteriormente, se analizaron para tratar de saber el origen del Mg, ya que en estos ambientes puede existir minerales arcillosos carbonatados. En los tres años de muestreo se calculó un coeficiente de $r = - 0.215$, $\alpha = 0.05$, apenas significativo. A semejanza de los que se presentó en 1975 con Mg/Ca, solamente se encontró un valor significativo para el área A_1 con $r = - 0.781$, $\alpha < 0.05$; en cambio para 1976 el coeficiente global fue alto y positivo, $r = 0.692$, $\alpha < 0.05$, siendo para sus diferentes estratos los siguientes valores; n_1 $r = 0.721$, $\alpha = 0.05$; n_2 $r = 0.663$, $\alpha = 0.10$ y n_3 $r = 0.640$, $\alpha > 0.10$; estos dos últimos aún cuando no son significativos, solo se mencionan para hacer notar la correlación po-

sitiva de esta región en este año. Esta situación viene a comprobar la heterogeneidad geoquímica en el ambiente lagunar.

En 1977 la correlación fue negativa nuevamente, pero sólo significativa en el área A_2 donde el coeficiente fue $r = - 0.509$, $\alpha = 0.05$.

Mg / CO₃

1975

$$A_1 \quad r = - 0.781 \quad \alpha < 0.05 \quad Y = 318.76 + (- 107.64) X$$

1976

$$r = 0.692 \quad \alpha < 0.05 \quad Y = 7.6 + 7.9 X$$

$$n_1 \quad r = 0.721 \quad \alpha = 0.05 \quad Y = 6.78 + 10.48 X$$

1977

$$A_2 \quad r = - 0.509 \quad \alpha = 0.05 \quad Y = 125.97 + (- 27.69) X$$

La posible existencia de Mg CO₃ se reduce a el área muestreada en 1976 y confinada exclusivamente al nivel superficial.

Calcio

El contenido de calcio durante los años de muestreo presentó una considerable variación, 0.71 a 135.7 mg/g, con un promedio de 24.14 mg/g \pm 33.89. A pesar de que en la mayoría de las estaciones no se encontró un patrón de conducta con la profundidad, es posible observar en las 4 primeras un aumento, el resto de las localidades fue muy irregular. De las estaciones 1 a la 4 mostraron un promedio de 36.65 mg/g (área A_1) la 6 y 7 de 4.8 mg/g (área A_2) y de la 8 a la 10, 16.49 mg/g (área A_3).

Para 1976 los valores oscilaron entre 1.64 y 2.5 mg/g ps con un promedio de 2.07 ± 0.26 , siendo mucho más regulares que los anteriores, dando como resultado que se mantengan concentraciones más o menos constantes en los diferentes niveles de muestreo.

En 1977 la variación de concentración fue de 1.0 a 60 mg/g con un promedio de 11.10 ± 13.83 mg/g, siendo este último valor la mitad de los encontrados en 1975 y con la oscilación menor de aproximadamente del 50%. El patrón de distribución respecto a la profundidad no fue definido, si bien es cierto que muchas de las localidades señalaron en el nivel más profundo de muestreo un aumento considerable.

Respecto a la distribución de las concentraciones en las áreas ya señaladas, se calcularon los siguientes valores, A_1 con 13.82 mg/g, área A_2 11.78 mg/g y la área A_3 9.19 mg/g. Como se podrá ver las cifras promedio en ningún caso son semejantes a las encontradas en 1975; un hecho importante fue que el área A_1 mostró la concentración promedio más alta en ambos años. Como en los casos anteriores esta división en áreas fue comprobada por el análisis de varianza obteniéndose un 95% de confianza; por otra parte fue posible observar a través de este mismo análisis la diferencia entre los estratos en los que se obtuvo un 95% de confianza. La variación entre los aportes anuales fue apoyada en un 97.5% de confiabilidad. El comportamiento de los estratos y las áreas en los dos años (Fig. 15 a-b) denota procesos diferentes, si bien la conducta de las áreas fue aparentemente semejante en función de sus estratos (c), esto último da lugar a que las áreas sean totalmente dife

rentes en magnitud más no en conducta (d) a pesar de que existen aportes anuales diferentes (e). Lo anterior lleva a pensar que las fuentes de aporte de Ca son variables anualmente, con procesos dia genéticos también variables en cada año que le conllevan a una diferenciación entre las áreas.

En cuanto a la correlación con la MO, el Ca no presentó coeficientes significativos a pesar que los organismos calcáreos pudie ran aportar materiales orgánicos; sin embargo, se pudo observar una relación entre Ca/CHO que a nivel global aportó un coeficiente de $r = - 0.227$, $\alpha < 0.05$, al ser calculados los coeficientes para los años 1975 y 1977 se volvieron más significativos; en el primer año se encontró un coeficiente de $r = - 0.436$, $\alpha < 0.05$ y específicamente para el área A_1 $r = - 0.640$, $\alpha < 0.05$, y más aún en el tercer estrato en donde la correlación es casi perfecta con una $r = - 0.984$, $\alpha < 0.05$; en el segundo año se calculó un coeficiente bajo pero dentro de los límites de significancia ($r = - 0.316$, $\alpha = 0.05$) y en donde el área A_3 mostró un ligero aumento con $r = - 0.548$, $\alpha = 0.05$.

CHO / Ca

1975		
$r = - 0.436$	$\alpha < 0.05$	$Y = 37.92 + (- 90.89) X$
A_1 $r = - 0.640$	$\alpha < 0.05$	$Y = 61.59 + (- 139.50) X$
n_3 $r = - 0.984$	$\alpha < 0.05$	$Y = 55.53 + (- 86.97) X$
1977		
$r = - 0.316$	$\alpha = 0.05$	$Y = 21.61 + (- 24.50) X$
A_3 $r = - 0.548$	$\alpha = 0.05$	$Y = 22.59 + (- 33.54) X$

Lo más importante en estos coeficientes es la relación inversa sin ninguna explicación satisfactoria desde los puntos de vista biológico o químico.

Una de las correlaciones esperables altamente significativas fue CO_3/Ca ; globalmente se obtuvo una $r = 0.730$, $\alpha < 0.05$, sin embargo para 1975 experimentó una ligera disminución a $r = 0.600$, $\alpha < 0.05$, pero que a nivel de cada una de las áreas aumentó notoriamente, siendo éstas A_1 $r = 0.721$, $\alpha < 0.05$, y A_3 $r = 0.806$, $\alpha < 0.05$ y específicamente para la primera en el estrato dos donde se obtuvo una línea perfecta de correlación $r = 0.990$, $\alpha < 0.05$; todo esto conduce a interpretar que las condiciones de equilibrio diagenético ni son iguales en las diversas áreas ni se localizan en los mismos estratos, y esto es posible verlo más claramente en las localidades de 1976 donde no hubo correlaciones significativas; cabe recordar que en este año la correlación entre Mg/CO_3 fue positiva en comparación con los otros dos, por lo que pudiera pensarse en la presencia de Mg CO_3 , asimismo ayuda a confirmar el hecho de la heterogeneidad geoquímica en ambientes muy delimitados y localizados.

El coeficiente global para el año 1977 fue de $r = 0.959$, $\alpha < 0.05$, y para las tres áreas se calcularon las siguientes correlaciones; A_1 $r = 0.990$, $\alpha < 0.05$, A_2 $r = 0.922$, $\alpha < 0.05$ y A_3 $r = 0.990$, $\alpha < 0.05$, dicha situación señaló una predominancia de CO_3 como Ca CO_3 , cosa que no sucedió en 1976.

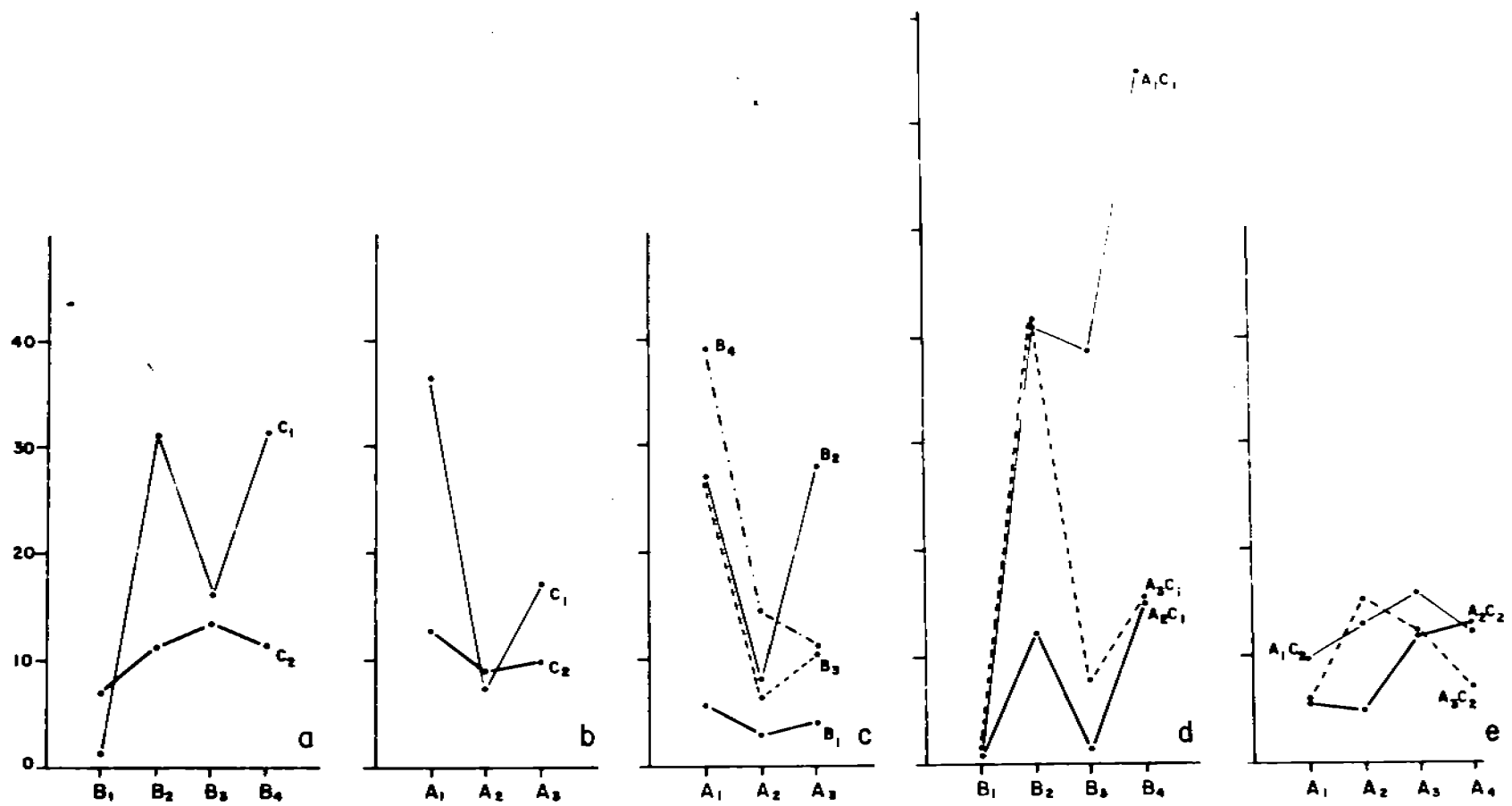


Fig. 15. Interacciones entre Areas (A), Estratos (B) y Años (C) para Calcio.

CO₃ / Ca

1975

	r = 0.600	α <	0.05	Y =	1.36 + 0.25 X
A ₁	r = 0.721	α <	0.05	Y = -	2.45 + 0.36 X
A ₃	r = 0.806	α <	0.05	Y = -	11.31 + 0.45 X

1977

	r = 0.959	α <	0.05	Y = -	10.26 + 0.38 X
A ₁	r = 0.990	α <	0.05	Y = -	12.09 + 0.37 X
A ₂	r = 0.922	α <	0.05	Y = -	11.53 + 0.53 X
A ₃	r = 0.990	α <	0.05	Y = -	13.49 + 0.46 X

En este último año, en donde se encontraron los coeficientes de correlación lineares, en la mayoría de las áreas se manifestó que en todos los estratos de muestreo hay un promedio de Ca CO₃ que no fue encontrado en 1975 en las mismas localidades, motivo por el cual exista un aporte anual diferente, con un movimiento muy dinámico alcanzando rápidamente condiciones diagenéticas estables respecto a este compuesto. Es importante señalar que la pendiente de estas fórmulas es bastante baja, sin embargo, también fue calculado su nivel de confianza alcanzándose más del 95% de confiabilidad.

También es importante señalar que las fórmulas de 1977 presentaron más semejanza que las de 1975, y esto se debe a la gran variación que presentó el Ca.

Dentro de la matriz de correlación se encontró que el Ca mostró un coeficiente negativo global con el Fe que fue de $r = -0.269$, $\alpha < 0.05$.

En 1975 sólo el área A_1 presentó un valor estimable de $r = -0.800$, $\alpha < 0.05$; para 1976 no se obtuvo nada significativo y en 1977 se calculó un coeficiente muy bajo $r = -0.387$, $\alpha < 0.05$, sin embargo el área A_1 fue la que presentó nuevamente el valor más alto, $r = -0.678$, $\alpha < 0.05$; el análisis de sus estratos señaló un aumento en los horizontes n_2 y n_3 ($r = -0.964$, $\alpha < 0.05$ y $r = -0.974$, $\alpha < 0.05$ respectivamente).

Fe / Ca

1975

	$r = -0.200$	$\alpha = 0.10$	
A_1	$r = -0.800$	$\alpha < 0.05$	$Y = 313.02 + (-6.66) X$
A_2	$r = 0.469$	$\alpha = 0.10$	

1977

	$r = -0.387$	$\alpha < 0.10$	$Y = 46.76 + (-0.77) X$
A_1	$r = -0.678$	$\alpha < 0.05$	$Y = 109.26 + (-2.66) X$
$A_1 n_2$	$r = -0.964$	$\alpha < 0.05$	$Y = 158.24 + (-3.00) X$
$A_1 n_3$	$r = -0.974$	$\alpha < 0.05$	$Y = 63.34 + (-1.09) X$

Lo importante de estas correlaciones es que por ser negativas permiten descartar la posibilidad de la presencia de compuestos que están relacionados con los carbonatos como el $Fe CO_3$. En este sentido parece la pena insistir que el coeficiente de Fe/CO_3

en el área A_2 en 1975 fue el único valor que se encontró positivo y ahora con Fe/Ca para ese año en la misma área se obtuvo el único valor positivo a pesar de que no fue significativo el coeficiente calculado ($r = 0.469$).

Otra de las correlaciones que ofrecieron coeficientes negativos fue K/Ca, cuyo coeficiente global para los tres años de muestreo fue de $r = - 0.410$, $\alpha < 0.05$ (Fig. 16). Cabe mencionar que estos dos elementos presentaron mayor número de correlaciones de todos los estudiados a excepción de la MO/Mg. Para 1975 se encontró una $r = - 0.693$ $\alpha < 0.05$, correspondiendo a las áreas A_1 y A_3 $r = - 0.830$, $\alpha < 0.05$, $r = - 0.678$, $\alpha = 0.05$ respectivamente; para la primera los coeficientes en sus estratos 3 y 4 aportaron lo siguiente: $r = - 0.954$, $\alpha = 0.05$ y $r = - 0.970$, $\alpha = 0.05$.

En lo referente a 1976, la correlación para estas localidades señaló algo semejante a CO_3/Fe , Mg/CO_3 , ya que se vuelven positivos, lo que señala la posibilidad de la existencia de compuestos carbonatados no solo de Ca, aún cuando los valores obtenidos no son significativos.

En cambio las correlaciones calculadas para 1977 mostraron coeficientes ligeramente más bajos que los de 1975, pero aun significativos. El global de este año fue de $r = - 0.400$, $\alpha < 0.05$, siendo para las áreas A_2 y A_3 las de las cifras más altas; $r = - 0.707$, $\alpha = 0.05$ y $r = - 0.520$, $\alpha = 0.05$, correspondiéndole a el área A_1 en su estrato 3 una $r = - 0.933$, $\alpha < 0.05$.

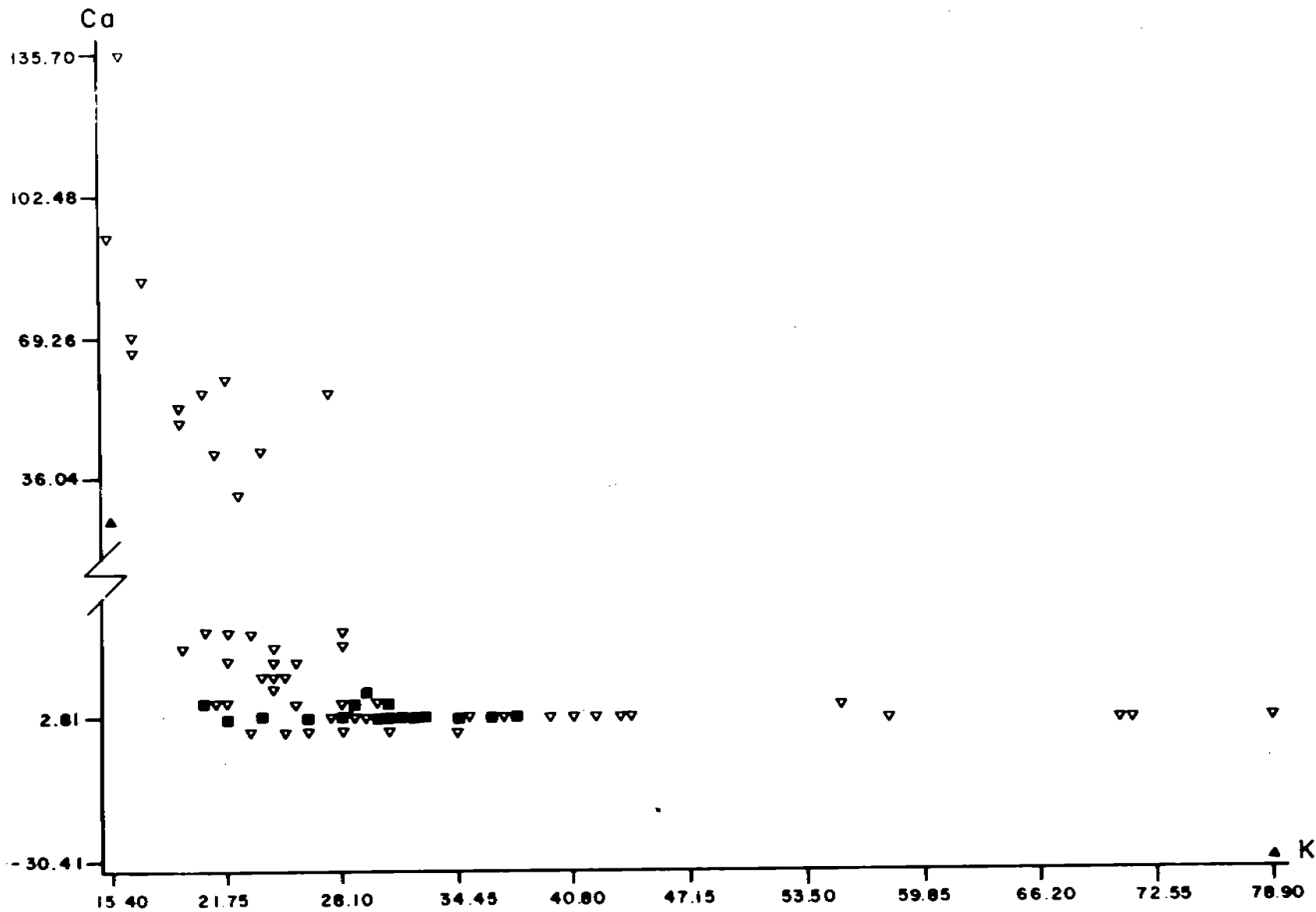


Fig. 16. Potasio / Calcio

K / Ca

1975

	r = - 0.693	$\alpha <$	0.05	Y = 127.44 + (- 4.24) X
A ₁	r = - 0.830	$\alpha <$	0.05	Y = 221.87 + (- 8.63) X
A ₃	r = - 0.678	α	= 0.05	Y = 95.06 + (- 2.83) X
A ₁ n ₃	r = - 0.954	α	= 0.05	Y = 176.48 + (- 6.48) X
A ₁ n ₄	r = - 0.970	α	= 0.05	Y = 217.43 + (- 8.23) X

1977

	r = - 0.400	$\alpha <$	0.05	Y = 37.50 + (- 0.91) X
A ₂	r = - 0.707	α	= 0.05	Y = 85.68 + (- 2.91) X
A ₃	r = - 0.520	α	= 0.05	Y = 39.37 + (- 1.06) X
A ₁ n ₃	r = - 0.933	$\alpha <$	0.05	Y = 194.73 + (- 6.46) X

Ya que la máxima profundidad muestreada fue de 15 cm aproximadamente, era de esperar poca estabilidad química ya que los cambios más dinámicos se registran en la superficie del sedimento; sin embargo, en los estratos más profundos de muestreo, el coeficiente de K/Ca alcanzó sus valores más altos, como lo fue en el horizonte 3 correspondiente a 12 de 15 cm de profundidad.

Carbonatos

La concentración de carbonatos presentó las variaciones más amplias de todos los parámetros que se analizan en este trabajo, encontrándose que en 1975 fueron las de mayor magnitud 7.5 a 298.5 mg/g y esto puede ser debido tanto a la heterogeneidad del ambiente, como a la distribución de organismos calcáreos que también es

muy irregular. El promedio para este año fue de 91.06 ± 82.43 mg/g, su patrón de comportamiento respecto a la profundidad parece señalar un aumento en los estratos más profundos. Sus variaciones en concentración no enmarcan las áreas como los casos anteriores, por lo contrario, es tal su irregularidad que las estaciones parecen ser iguales, no por su concentración sino por su conducta heterogénea. El análisis de varianza confirmó la escasa delimitación en áreas, pues aportó apenas un 80% de confiabilidad tomando en consideración los datos de los tres años.

Para las localidades estudiadas en 1976, se encontró una disminución en la concentración con mayor regularidad en los mismos, éstos oscilaron entre 12.5 a 43.5 mg/g, con un promedio de 25.91 ± 7.67 mg/g, en este año predominó la regularidad respecto a la profundidad; hecho que puede deberse posiblemente a las condiciones prevalecientes en la periferia de la laguna donde se localizaron estas estaciones.

Las concentraciones obtenidas en 1977 variaron entre 23.0 a 192.0 mg/g, con promedio de 55.29 ± 35.20 mg/g. Respecto a la profundidad la concentración permaneció más o menos constante a excepción de algunas localidades en que se presentó un aumento en los estratos más profundos. Este comportamiento junto con los de los años anteriores no marcó diferencia alguna entre los estratos, y el análisis de varianza lo apoyó con un escaso 80%; sin embargo para este año en especial, de las estaciones 1 a la 5 se encontró un promedio de 67.71 mg/g con una variación mayor; las localidades 6

y 7, más regulares, fue de 41.78 mg/g; y de la 8 a la 11 se calculo un promedio de 49.66 mg/g. Lo importante en este caso fue la diferencia marcada entre los aportes anuales, donde el análisis de varianza si alcanzó un 97.5% de confiabilidad.

En cuanto a la interacción entre años, áreas y estratos (Fig. 17) señala que estos últimos mostraron una conducta semejante con aportes anuales diferentes, partiendo de una concentración común superficial (a); en las áreas a pesar de que no hubo interacción, su comportamiento tendió a ser semejante (b); esto dió como resultado que los estratos se mostraron similares excepto el horizonte 3, que se caracterizó por aumento en las estaciones del área A_2 (c). Finalmente dicha situación llevó a una escasa diferenciación en el primer año por la alta interacción de los estratos por áreas (d), con una tendencia opuesta, con mayor regularidad y menor interacción en el segundo año (e). Todo esto conduce a pensar que los aportes anuales son los que marcaron el comportamiento diagenético y diferencial en cada área y por supuesto en cada estrato.

Vale la pena nuevamente mencionar que las correlaciones más significativas de los carbonatos fueron entre CO_3/Ca , que a nivel de los tres años de muestreo se obtuvo un coeficiente de $r = 0.730$ $\alpha < 0.05$, que al ser desglosado en 1975 se calculó una $r = 0.600$ $\alpha < 0.05$; las áreas A_1 y A_3 mostraron coeficientes de $r = 0.721$, $\alpha < 0.05$ y $r = 0.806$, $\alpha < 0.05$ respectivamente, siendo el estrato 2 del área A_1 el más alto, $r = 0.990$, $\alpha < 0.05$.

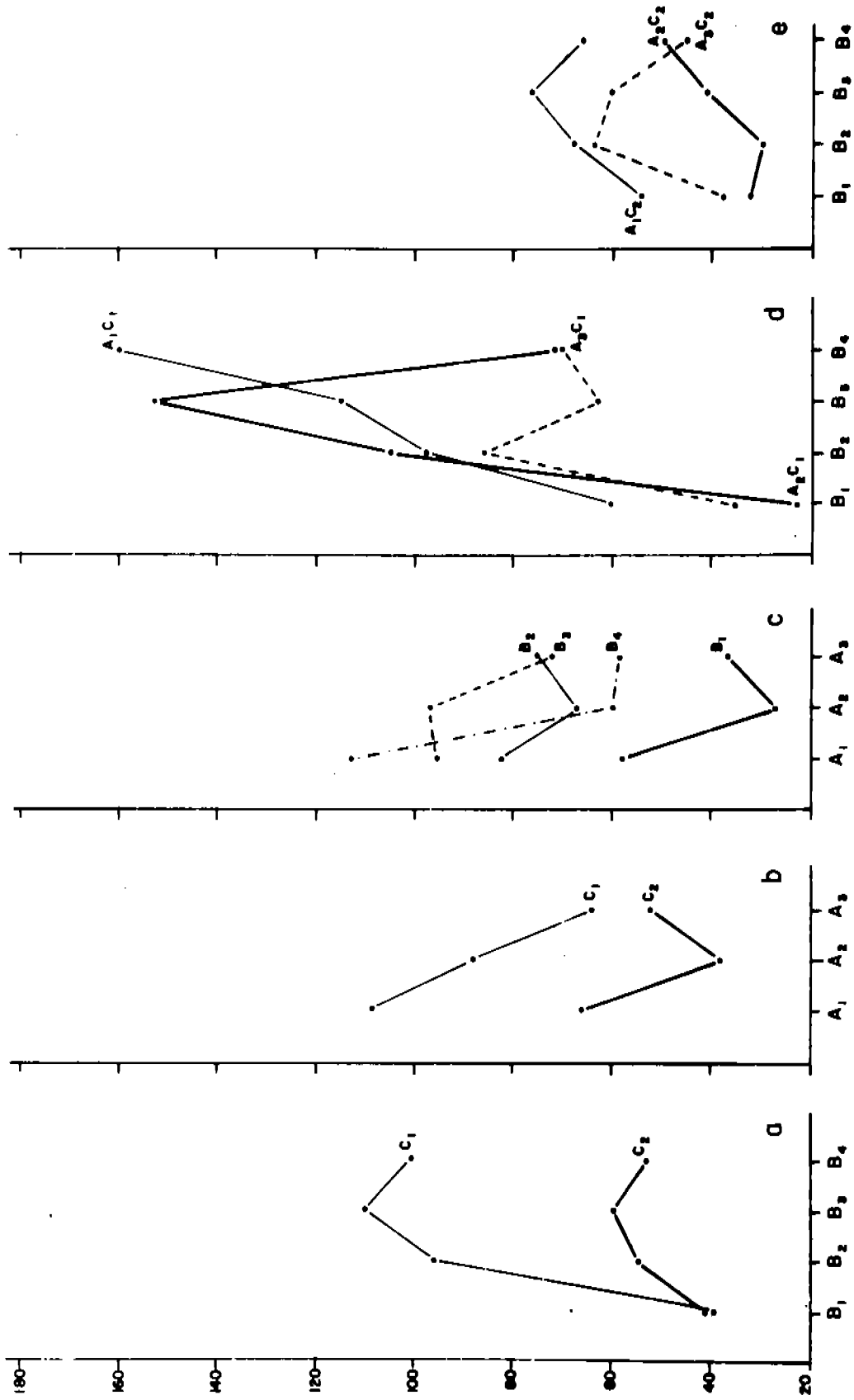


Fig 17. Interacciones entre Areas (A), Estratos (B) y Años (C) para Carbonatos.

En 1976 no se encontró ninguna correlación significativa, lo que puede interpretarse como que el Ca CO_3 no fue el principal componente de estas localidades y sí la posible presencia de otros carbonatos como el de Mg, K e inclusive Fe, ya que sus correlaciones fueron positivas exclusivamente para este año en comparación con los otros dos.

La MO no mostró correlación con el contenido de CO_3 a nivel global; en 1975 tampoco fue significativa excepto en el área A_1 donde se obtuvo un coeficiente de $r = -0.656$, $\alpha < 0.05$ y específicamente en el nivel n_1 donde alcanzó una $r = -0.995$ $\alpha < 0.05$. Esta correlación negativa puede en parte indicar que la principal procedencia de la MO no fue de organismos calcáreos, o que las reacciones diagenéticas en presencia de MO conducen cambios en el pH que le llevan a disolver los carbonatos y perderse éstos por difusión.

En 1976 el coeficiente llegó a $r = 0.794$, $\alpha < 0.05$ con valores significativos también para sus dos primeros niveles; $r = 0.721$, $\alpha = 0.05$ y $r = 0.889$, $\alpha < 0.05$. Nuevamente cabe señalar el cambio signo de esta correlación en comparación con los otros años, y es posible pensar en otro origen de la MO o quizás los procesos diagenéticos sean distintos.

La correlación para 1977 fue nuevamente negativa y sólo significativa en la misma área A_1 (-0.616 $\alpha < 0.05$), con aproximadamente el mismo valor de 1975.

MO / CO₃

1975

A ₁	r = - 0.656	$\alpha <$	0.05	Y = 327.77 + (-19.60) X
A ₁ n ₁	r = - 0.995	$\alpha <$	0.05	Y = 406.72 + (-24.11) X

1976

	r = 0.794	$\alpha <$	0.05	Y = 8.46 + 2.12 X
n ₁	r = 0.721	$\alpha =$	0.05	Y = 11.83 + 1.74 X
n ₂	r = 0.889	$\alpha <$	0.05	Y = 7.30 + 2.07 X

1977

A ₁	r = - 0.616	$\alpha <$	0.05	Y = 258.38 + (-17.98) X
----------------	-------------	------------	------	-------------------------

La especificidad de las áreas y de los años en la correlación de MO/CO₃ así como sus fórmulas de predicción denotan una marcada diferencia ambiental debido a los aportes y posiblemente a la calidad del material sedimentario, y/o procesos biogeoquímicos distintos.

La correlación entre carbonatos y potasio presentó un coeficiente global de $r = - 0.460$, $\alpha < 0.05$, que analizada para las localidades de 1975 mostró un valor mayor $r = - 0.612$, $\alpha < 0.05$, con coeficientes ligeramente mayores en sus áreas A₁ y A₃ de $r = - 0.685$, $\alpha < 0.05$ y $r = - 0.640$, $\alpha = 0.05$, respectivamente. La correlación registrada para 1976 fue de $r = - 0.539$, $\alpha < 0.05$ correspondiendo a los dos primeros niveles las siguientes cifras: n₁ $r = - 0.883$, $\alpha < 0.05$ y n₂ $r = - 0.721$, $\alpha = 0.05$.

Para todas las localidades muestreadas en 1977 el coeficiente fue $r = - 0.436$, $\alpha < 0.05$, y solo el área A₃ presentó un valor estimable de

$$r = - 0.574, \alpha = 0.05.$$

K / CO₃

1975

$r = - 0.612$	$\alpha < 0.05$	$Y = 308.90 + (- 8.97) X$
$A_1 r = - 0.685$	$\alpha < 0.05$	$Y = 403.57 + (- 12.79) X$
$A_3 r = - 0.640$	$\alpha = 0.05$	$Y = 197.70 + (- 4.87) X$

1976

$r = - 0.539$	$\alpha < 0.05$	$Y = 36.16 + (- 0.28) X$
$n_1 r = - 0.883$	$\alpha < 0.05$	$Y = 49.74 + (- 0.61) X$
$n_2 r = - 0.721$	$\alpha = 0.05$	$Y = 35.98 + (- 0.27) X$

1977

$r = - 0.436$	$\alpha < 0.05$	$Y = 121.97 + (- 2.37) X$
$A_3 r = - 0.574$	$\alpha < 0.05$	$Y = 121.54 + (- 2.52) X$

Potasio

El contenido promedio de potasio en el material sedimentario para los tres años de muestreo, se asemeja a la concentración en la roca sedimentaria como las lutitas (26.6 mg/g) y al de la roca ígnea (25.5 mg/g) encontradas por Mason (op cit). Los valores registrados en 1975 oscilaron entre 15.4 a 34.2 mg/g ps, con un promedio de 24.37 mg/g \pm 5.56. La mayoría de las localidades mostraron una tendencia a la disminución con la profundidad, aún cuando ciertas localidades presentaron un aumento en la concentración en estratos más profundos, en aproximadamente en los mismos niveles que la MO y el Fe. Las concentraciones de este elemento para este año definen claramente las tres áreas que se han venido manejando, la A₁

con un promedio de 21.41 mg/g, A₂ con 26.03 mg/g y la A₃ con 27.78 mg/g.

Las localidades muestreadas en 1976 señalaron valores más altos variando éstos entre 26.5 a 70.5 mg/g, con un promedio de 40.2 ± 13.53 mg/g. La disminución con la profundidad también fue registrada a pesar de lo escaso en el número de estratos; así mismo presentaron también un estrato intermedio de mayor concentración, aparentemente en correspondencia con los aumentos de MO y Fe y en ciertos casos también con el Mg. Los valores más altos fueron observados en las estaciones frente a Puente Quemado y Tapo Hacienda lado Huizache, localidades que por su batimetría se ven tempranamente desecadas cada año.

Las concentraciones encontradas en 1977 fueron aparentemente más regulares, con una oscilación de 19.5 a 55.2 mg/g y un promedio de 27.32 mg/g ± 4.94 . Las diferencias por cada estrato fue baja, sin embargo, no se dejó de observar un nivel intermedio de mayor concentración nuevamente semejante a lo encontrado en MO y Fe ya que para el Mg sólo fue en ciertas estaciones.

La división en áreas no se encuentra definida en este año ya que para el área A₁ presentó un promedio de 27.57 mg/g, la A₂ de 27.74 mg/g y la A₃ de 28.52 mg/g, situación semejante a lo encontrado con Fe y Mg. A pesar de la poca diferenciación de las áreas en este año, el análisis de varianza aportó un 97.5% de confianza en su división. La diferenciación entre los estratos fue escasa pero el aporte anual fue altamente diferenciable comprobado con un 99.99% de confiabilidad (Tabla 4).

En apoyo a lo anterior, el análisis de las interacciones que se muestra en la figura 18, indica que la conducta entre los estratos y áreas fue totalmente diferente sin ningún paralelismo (a-b) y sólo señala una escasa interacción entre el estrato superficial del primer año, lo cual quiere decir que los cambios diagnéticos se diferencian por debajo de este nivel; sin embargo, el comportamiento de los estratos fue tan irregular cuando fueron referidos a las áreas que se interactuaron a tal grado que no hubo distinción entre ellas (c), lo que hace pensar en un patrón diagnóstico heterogéneo en los diferentes horizontes. Por otra parte la conducta de las áreas respecto a sus estratos en el primer año, mostró ser igual en las áreas A_1 y A_3 , y la A_2 con cierta diferenciación en el último estrato (d). Para el segundo año la interacción fue bastante marcada sin ningún patrón de comportamiento (e), lo cual quiere decir que los aportes anuales conducen a procesos diferentes en cada uno de los distintos estratos.

La correlación global de MO/K, presentó un coeficiente pobre aún cuando significativo $r = 0.277$, $\alpha < 0.05$, no obstante el análisis detallado para cada uno de los años lo elevó considerablemente. En 1975 el coeficiente más alto correspondió a el área A_1 con $r = 0.728$, $\alpha < 0.05$, aunque también para el estrato superficial de todas las estaciones, $r = 0.663$, $\alpha = 0.05$.

En 1976 se obtuvo un valor de $r = - 0.479$, $\alpha = 0.05$, que en el estrato 2 aumentó notoriamente a $r = - 0.806$, $\alpha < 0.05$.

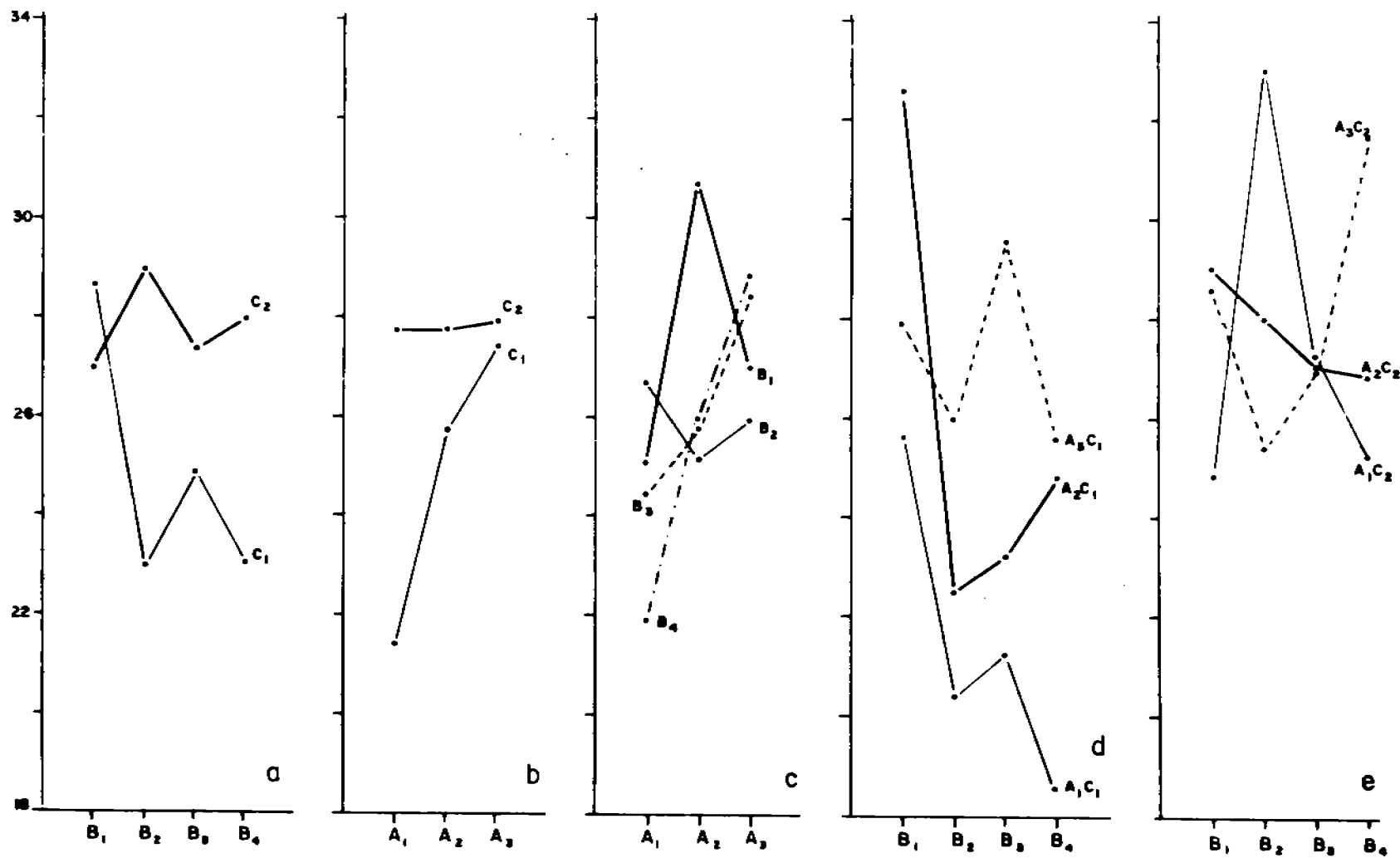


Fig. 18. Interacciones entre Areas (A), Estratos (B) y Años (C) para Potasio.

Para 1977 se obtuvo solamente un coeficiente aceptable, el del área A_2 con $r = - 0.663$, $\alpha = 0.05$. Es importante señalar que si bien el área A_1 no mostró correlación significativa, ésta fue de signo positivo a semejanza de aquel observado en la misma área pero en 1975.

MO / K

1975

$$A_1 \quad r = 0.728 \quad \alpha < 0.05$$

$$Y = 9.32 + 1.08 X$$

$$n_1 \quad r = - 0.663 \quad \alpha = 0.05$$

$$Y = 35.06 + (- 0.60) X$$

1976

$$r = - 0.479 \quad \alpha = 0.05$$

$$Y = 63.33 + (- 2.51) X$$

$$n_2 \quad r = - 0.806 \quad \alpha < 0.05$$

$$Y = 82.66 + (- 4.91) X$$

1977

$$A_2 \quad r = - 0.663 \quad \alpha < 0.05$$

$$Y = 33.91 + (- 0.63) X$$

La presencia de la MO aparentemente no se relaciona en forma adecuada con el contenido de K, sin embargo en párrafos posteriores se verá la influencia de este elemento en la fórmula o modelo predictivo global de la MO. Se ha visto que las estructuras geométricas de ciertas arcillas, en las cuales se encuentra potasio interlaminar, pueden intercambiarlo con cationes orgánicos; la mascovita forma parte de este grupo de arcillas y se encuentra en el sistema con más o menos regularidad.

Esta es la única información en la cual existe relación entre MO y K.

En cuanto a la correlación del Mg con el K no se encontró nada significativo a excepción del área A₁ en 1975 en el primer estrato con $r = 0.832$, $\alpha < 0.05$.

La correlación entre K y Na mostró un coeficiente global de $r = 0.446$, $\alpha < 0.05$ (Fig. 19), lo más sobresaliente de ésta fue en las localidades de 1976 con un valor de $r = 0.792$, $\alpha < 0.05$, que en sus tres estratos se calcularon los siguientes coeficientes; $n_1 = 0.734$, $\alpha = 0.05$; $n_2 = 0.787$, $\alpha < 0.05$; $n_3 = 0.948$, $\alpha < 0.05$, alcanzándose la estabilidad en los estratos más profundos. Este puede deberse a ambientes sedimentarios distintos con aportes e influencias diferentes a aquellas localidades de los otros años, y sobretodo por que las estaciones de 1976 fueron las más litorales y sujetas a condiciones de desecación drástica, a pesar de que en el área A₁ se encontraron valores de $r = 0.500$, $\alpha = 0.05$ y $r = 0.700$, $\alpha < 0.05$, en 1975 y 1977 respectivamente, correspondiéndole al estrato 2 un valor todavía más alto, $r = 0.916$, $\alpha < 0.05$ del último año.

K / Na

1975			
A ₁	$r = 0.500$	$\alpha = 0.05$	$Y = 42.21 + 1.90 X$
1976			
	$r = 0.793$	$\alpha < 0.05$	$Y = 40.30 + 1.14 X$
n ₁	$r = 0.734$	$\alpha = 0.05$	$Y = 14.72 + 1.78 X$
n ₂	$r = 0.787$	$\alpha < 0.05$	$Y = 42.70 + 1.08 X$
n ₃	$r = 0.948$	$\alpha < 0.05$	$Y = 47.93 + 1.00 X$

1977

$$A_1 \quad r = 0.700 \quad \alpha < 0.05 \quad Y = 23.90 + 2.17 X$$

$$A_1 n_2 \quad r = 0.916 \quad \alpha < 0.05 \quad Y = 9.88 + 2.63 X$$

Estas fórmulas de predicción manifiestan una considerable heterogeneidad entre ellas, alcanzando aproximadamente una diferencia de 13% sobre un mismo valor calculado.

Sodio

En 1975 el valor más bajo encontrado fue de 32.9 mg/g y el más alto de 106.8 mg/g ps, con un promedio de 82.25 ± 21.44 mg/g. Las primeras cuatro estaciones (que corresponden al área A_1) mostraron una disminución con la profundidad el resto no señaló un patrón definido.

En 1976 la concentración osciló entre 53.4 a 131.4 mg/g con un promedio de 86.80 ± 21.71 mg/g; en su mayoría estas localidades mostraron una tendencia a disminuir con la profundidad, registrándose los valores más altos frente a Puente Quemado, estaciones periféricas sometidas a desecidad.

En 1977 la variación fue de 49.3 a 106.8 mg/g con un promedio de 76.77 ± 17.89 mg/g, concentraciones semejantes a las encontradas en 1975; las cuatro primeras estaciones disminuyeron su concentración en función de la profundidad, el resto permaneció constante o en ciertas localidades aumentó ligeramente.

El análisis de varianza respecto a la división en áreas aportó un 90% de confiabilidad, en la Tabla 4 se señala que no hay dife

rencia entre los estratos, y en cuanto al aporte anual se encontró un escaso 80% de confiabilidad; no obstante se observa que la relación entre áreas y años fue alta ya que el análisis de varianza ofreció un 97.5% de seguridad, lo cual quiere decir que aún cuando bajas las diferencias anuales puede ser posible delimitar áreas.

En cuanto a las interacciones de los estratos según el contenido de sodio en los dos años, éste fue sólo a nivel del último horizonte ya que los superiores siguieron conductas diferentes (Fig. 20), asimismo la conducta de las áreas en ambos años fue muy desigual (b), lo cual puede interpretarse que cada año puede llevar a un comportamiento particular en las áreas, y esto puede ser cierto tomando en cuenta la variación de aportes marinos y fluviales así como las condiciones drásticas de evaporación que no siguen siempre un patrón definido anual; tal situación puede modificar los cambios meramente diagenéticos. La conducta de los estratos en las tres áreas (c) señaló algunas particularidades; la primera fue que en los 2 primeros niveles aumentó el contenido, no muy bien definido en el tercero del área A_1 donde hubo una franca interacción, y segundo fue que en el último estrato se encontraron concentraciones inferiores en todas las áreas; todo esto dió lugar a una aparente diferenciación de las áreas; en la A_2 una marcada interacción entre sus estratos (área siempre humectada), A_2 de las cifras más bajas (localidades periféricas, con procesos alternados de desecación) y A_3 algo parecida a A_2 pero de mayores concentraciones (localidades muy irregulares en procesos de desecación y humectación). Lo anterior se confirma cuando se ponen en juego estratos, áreas y años; la figura 16d, muestra las 3 áreas bastante diferentes en el

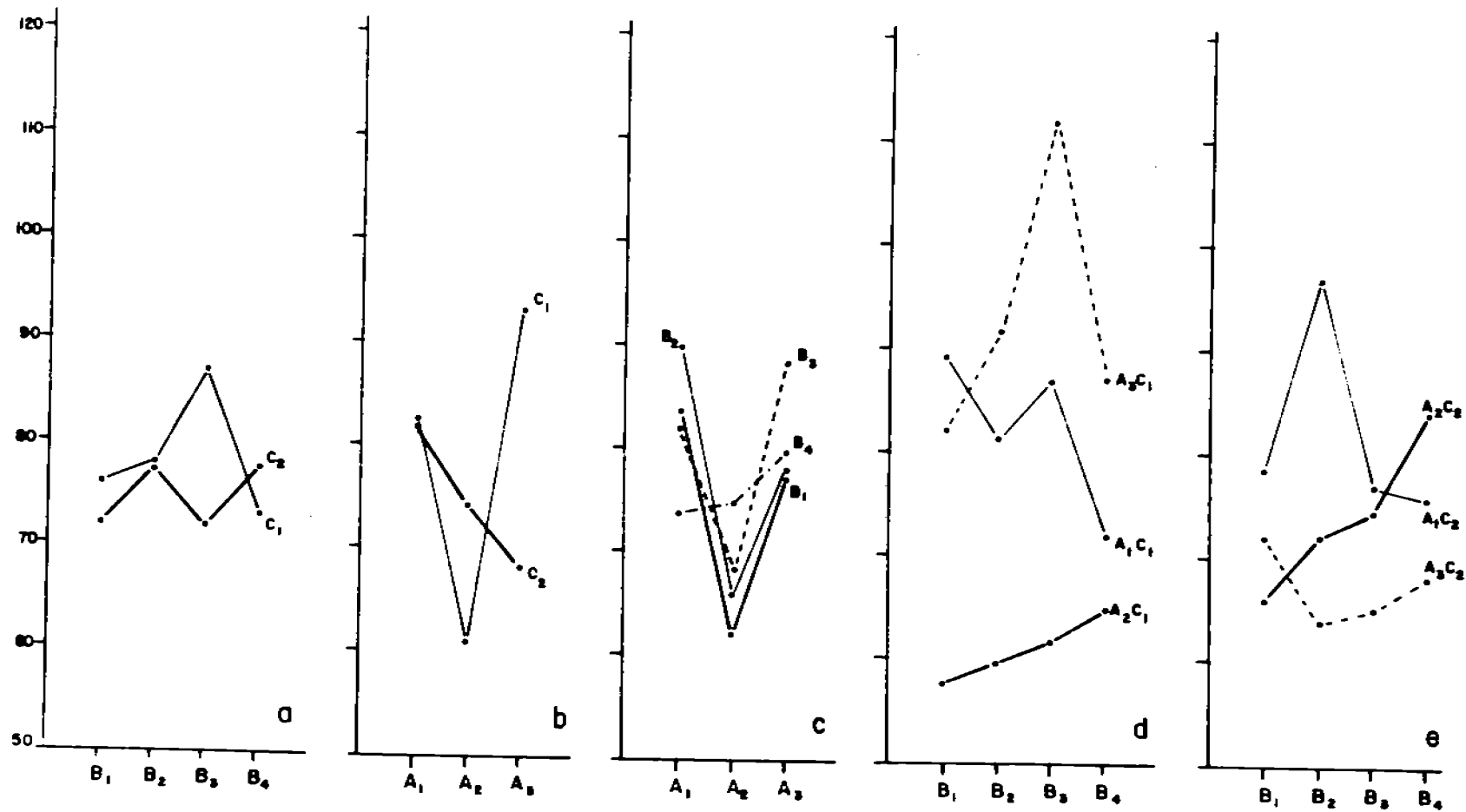


Fig. 20. Interacciones entre Areas (A), Estratos (B) y Años (C) para Sodio.

primer año, interactuando sólo el A_1 en el primer estrato con la A_3 ; en el inciso (e) se puede observar un cambio de comportamiento de las áreas debido a diferencias en el aporte anual.

Uno de los hechos químicos que llevó a calcular la correlación entre la MO/Na fue la variación de la solubilidad de la primera (específicamente los CHON) en medios salinos . El coeficiente global no fue significativo y casos muy aislados posiblemente coincidentes sin significado fueron obtenidos por el gran número de datos que se manejaron.

En la relación de Fe/Na se obtuvo un coeficiente de correlación de $r = 0.255$, $\alpha < 0.05$ que fue el de los más altos, encontrándose que solamente para el año de 1975 fueron significativos con las siguientes cifras.

Fe / Na

	1975		
	$r = 0.735$	$\alpha < 0.05$	$Y = 5.02 + 1.82 X$
A_1	$r = 0.640$	$\alpha < 0.05$	$Y = - 0.94 + 2.03 X$
A_2	$r = 0.883$	$\alpha < 0.05$	$Y = - 3.55 + 2.11 X$

Estas fórmulas de predicción aparentemente no son semejantes, sin embargo, la diferencia sobre un valor calculado por cada una de ellas no excede de 4 mg/g de Na, y a pesar de que este, no es muy alto no podrían ser empleadas por su bajo número de correlaciones, aún cuando este elemento se considera como conservativo.

El único hecho importante que señala el contenido de Na es su disminución con respecto a la profundidad. Generalmente la salinidad aumenta con la profundidad en la fase sedimentaria, alcanzándose en esta laguna cifras de 250 o/oo en los primeros 10 cm durante las sequías, sin embargo, puede ser que no se deban al aumento del contenido de sodio, ya que en la mayoría de las estaciones tiende a disminuir con la profundidad, lo cual se puede atribuir a un intercambio iónico, adsorción y desadsorción con ciertas arcillas.

MODELO PREDICTIVO

En el análisis desarrollado en párrafos anteriores se calcularon y se trataron de explicar: ciertas correlaciones, la regionalidad geoquímica del ambiente sedimentario de la laguna, el comportamiento diverso y en ocasiones muy específico de los estratos, las variaciones anuales, etc. En este capítulo se procede a calcular una fórmula predictiva en base a todos los parámetros aquí estudiados para la MO, tomando en cuenta el número de correlaciones significativas. Para tal efecto se programó la correlación múltiple en un programa SPSS (r e g r e s s i o n) contenido en la computadora Burroughs 6700, con la información disponible en orden de importancia o según el criterio de la autor, obteniéndose los siguientes resultados de las pendientes así como porcentos de variación en la MO explicado por cada variable.

X	Variable	Pendiente	% de variación en MO explicado por variable	% de variación acumulativo
1	CHON	1.0672	19,5	19,5
2	CHO	- 0.8342	4,9	24,4
3	Mg	1.8165	25,5	50,0
4	K	- 0.1277	5,9	55,9
5	Fe	0.0605	5,3	61,3
6	Na	0.0308	2,0	63,3
7	CO ₃	- 0.0145	1,5	64,9
8	Ca	0.0252	1,6	66,5
	Intersepto	2.4786		
	r ₂ múltiple	0.815		
	r	0.665		
	error estandar	1.7506		

$$\% \text{ MO} = 2.478 + 1.06X_1 + (-0.83) X_2 + 1.81 X_3 + (-0.12) X_4 + 0.06 X_5 + 0.03 X_6 + (-0.01) X_7 + 0.02 X_8.$$

El coeficiente de correlación obtenido permite considerar un grado de significancia aceptable ($r= 0.815$, $\alpha < 0.05$). En los porcentajes de participación de cada variable en el modelo de predicción para explicar la MO en el orden en el que se le señaló al programa, el Mg presentó el más alto (25.5%), seguido por CHON y K. Sin embargo dada la misma información a la computadora se le programó para que realizara una fórmula de predicción marcando la prioridad según sus mejores coeficientes de correlación de los parámetros, encontrándose lo siguiente:

X	Variable	Pendiente	% de variación en MO explicado por variable	% de variación acumulativo
1	Mg	1.8165	39.9	39.9
2	K	- 0.1277	10.1	50.0
3	Fe	0.6057	6.6	56.6
4	CHON	1.0672	4.6	61.2
5	Na	0.0308	2.1	63.3
6	CO ₃	- 0.0145	1.4	64.7
7	Ca	0.0252	1.6	66.3
8	CHO	- 0.0833	0.18	66,5
	Intersepto	2.4786		
	r ₂ múltiple	0.815		
	r ²	0.665		
	error estandar	1.750		

$$\% \text{ MO} = 2.478 + 1.81 X_1 + (-0.12) X_2 + 0.60 X_3 + 1.06 X_4 + 0.03 X_5 + (-0.01) X_6 + 0.02 X_7 + (-0.08) X_8.$$

Por supuesto son las mismas cifras de las pendientes e intersepto que la fórmula anterior de predicción, lo único que varió notoriamente fue el porcentaje alcanzado en cada una de las variables; el Mg subió a 39.9% el K a 10.1%, etc, pero las CHON disminuyeron del 19.5 a un 4.6% y para los CHO de 4.9 a 0.18%. La modificación de cada porcentaje obedeció al número, magnitud e importancia de las

correlaciones individuales, conservando el porcentaje global o acumulativo de 66.5, que explica dicho modelo en base a los parámetros aquí analizados, que para la heterogeneidad de éstos y sus variaciones particulares bajo condiciones diversas de procesos físicos, químicos, biológicos y geológicos de este ambiente lagunar, es altamente significativo.

La distribución de los valores residuales estandarizados (expresados en desviaciones estandar), mostró que solamente 6 de los 103 se salieron de los límites de confianza, situación realmente favorable ya que indica que el modelo funciona correctamente (Fig. 21). Otra forma de mostrar los residuales estandarizados se señala en la Fig. 22, donde además se muestra una distribución de los mismos específica de cada año, con una tendencia a la disposición hacia la derecha o hacia la izquierda, dada posiblemente por el predominio de alguno o algunos de los procesos diagenéticos, y en donde se considera el aporte y calidad de la MO y de las arcillas; este modelo puede ser tomado como base en la predicción de las condiciones ambientales, bajo un patrón de comportamiento anual.

De acuerdo con el análisis específico de cada año, las fórmulas de predicción variaron grandemente en su coeficiente así como el orden de importancia de los parámetros en juego. Para el caso de 1975 el modelo predictivo señaló las siguientes características:

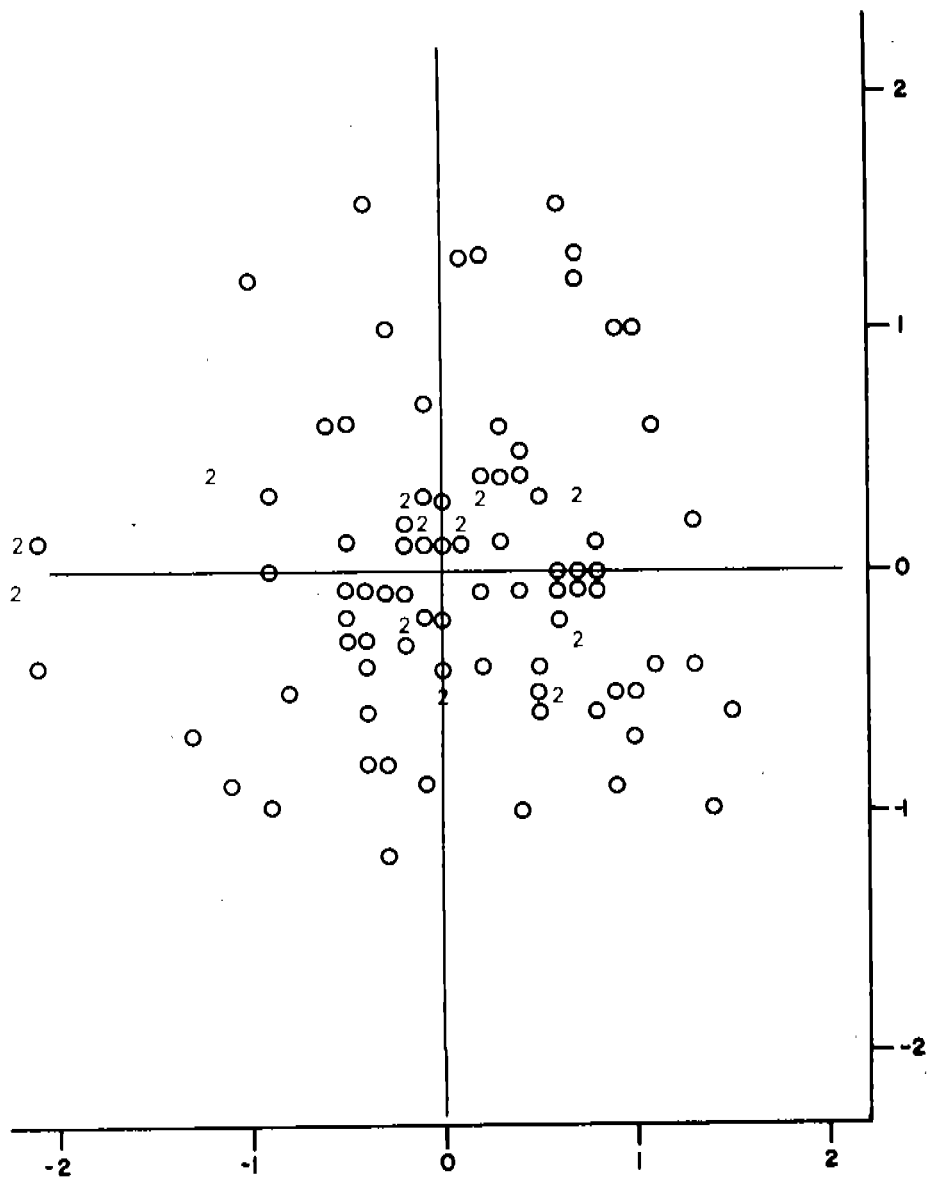


Fig. 21 .- Residuales estandarizados de la correlación múltiple global entre la Materia Orgánica y todos los parámetros analizados.

No. SECUENCIA	No OBSERVADA	NO PREDICHA	RES DUAL.
1	12.01000	10.32210	1.687901
2	11.40000	10.33112	1.148882
3	12.07000	11.10284	0.967153
4	11.50000	11.08551	0.4940875
5	11.93000	11.90485	.2514821E-01
6	9.610000	8.114550	1.295010
7	7.010000	7.771034	-0.7610317
8	6.310000	6.933712	-0.6237120
9	7.530000	8.822497	-1.292497
10	10.87000	11.09844	-0.4284384
11	11.34000	10.95308	0.3869685
12	9.740000	10.79942	-1.059418
13	11.46000	10.09932	1.360684
14	10.15000	9.893482	0.2965176
15	12.13000	12.34317	-0.2131741
16	1.400000	12.89239	-1.507615
17	11.99000	12.44911	-0.4991071
18	11.65000	11.98379	-0.3337911
19	10.88000	11.59602	-0.7160237
20	10.36000	9.302947	1.057053
21	10.50000	10.16826	0.3317394
22	10.92000	10.64857	0.2714301
23	10.22000	10.87887	-0.6588694
24	9.550000	9.605214	-.5521354E-01
25	9.530000	10.31209	-0.7820612
26	9.030000	10.72988	-1.6998877
27	8.480000	8.463113	-.1688668E-01
28	7.850000	8.820046	-0.9700458
29	8.130000	7.124559	1.009541
30	7.640000	8.012823	-0.3728230
31	7.740000	8.114799	-0.3747986
32	7.490000	7.029906	0.4600741
33	6.670000	7.699611	-1.029611
34	9.470000	9.666834	-0.1968337
35	9.340000	7.975609	1.364194
36	7.710000	7.899571	-0.1895708
37	11.31000	12.08183	-0.7718183
38	10.26000	10.36582	-0.1058182
39	11.54000	11.08981	0.4501935
40	17.20000	9.391351	0.8066489
41	7.300000	8.284561	-0.9845614
42	8.690000	8.743058	-1.053058
43	8.200000	8.199135	.7643131E-03
44	8.070000	7.423682	0.6463184
45	8.210000	8.798871	-0.5888712
46	9.740000	11.42225	-1.682246
47	11.46000	11.62313	-0.1637334
48	10.15000	10.44614	-0.2961449
49	12.13000	11.33627	0.7937306
50	14.40000	12.53090	1.869498
51	11.99000	13.66469	-1.674697
52	11.69000	17.87820	-1.228201
53	10.86000	13.73588	-1.375880
54	10.36000	11.28562	-0.9256224
55	10.50000	11.81818	-1.318182
56	10.92000	11.28625	-0.3662493
57	10.22000	11.24166	-1.021664
58	9.950000	10.79481	-1.044809
59	7.530000	10.90497	-1.374965
60	9.030000	11.72057	-2.690587
61	8.480000	8.933557	-0.4535566
62	7.890000	9.324378	-1.434378
63	8.130000	8.579984	-0.4499836
64	7.640000	8.028836	-0.3888357
65	7.740000	8.690198	-0.9501982
66	7.490000	7.799967	-0.3099667
67	6.670000	7.971001	-1.301001
68	9.470000	9.274032	0.1959679
69	9.340000	8.881911	0.4580889
70	7.710000	9.153865	-1.443865
71	11.31000	17.53269	-1.222677
72	10.26000	13.14444	-2.904443
73	11.54000	11.58205	-.4204820E-01
74	10.20000	9.951470	0.2485295
75	7.300000	7.77137	-0.471365
76	8.690000	9.729907	-1.039907
77	8.200000	8.354134	-0.1541344
78	8.070000	7.657346	0.4126538
79	8.210000	8.792350	-0.5823501
80	8.320000	8.569127	-0.2491273
81	3.260000	8.400434	-5.140434
82	3.080000	2.726348	0.356348
83	3.060000	2.780995	0.3790046
84	3.270000	3.082681	0.1873094
85	3.230000	3.913189	-2.663189
86	9.500000	11.02732	-1.527317
87	6.450000	6.518211	-.6181078E-01
88	6.960000	7.781478	-0.8214783
89	9.690000	8.940176	0.7498244
90	9.550000	9.064694	0.4853056
91	9.400000	9.003119	0.3968815
92	10.32000	9.608117	0.711830
93	10.57000	9.744465	0.8255346
94	10.14000	12.23779	-2.097795
95	10.13000	10.84074	-0.7107428
96	9.800000	6.176766	3.623766
97	9.910000	9.635630	0.2743702
98	10.04000	9.465457	0.5745427
99	10.94000	10.84300	.9900069E-01
100	11.05000	9.987628	1.062372
101	10.93000	9.688937	1.241063
102	9.270000	7.434045	1.835055
103	9.040000	8.593027	0.4469732

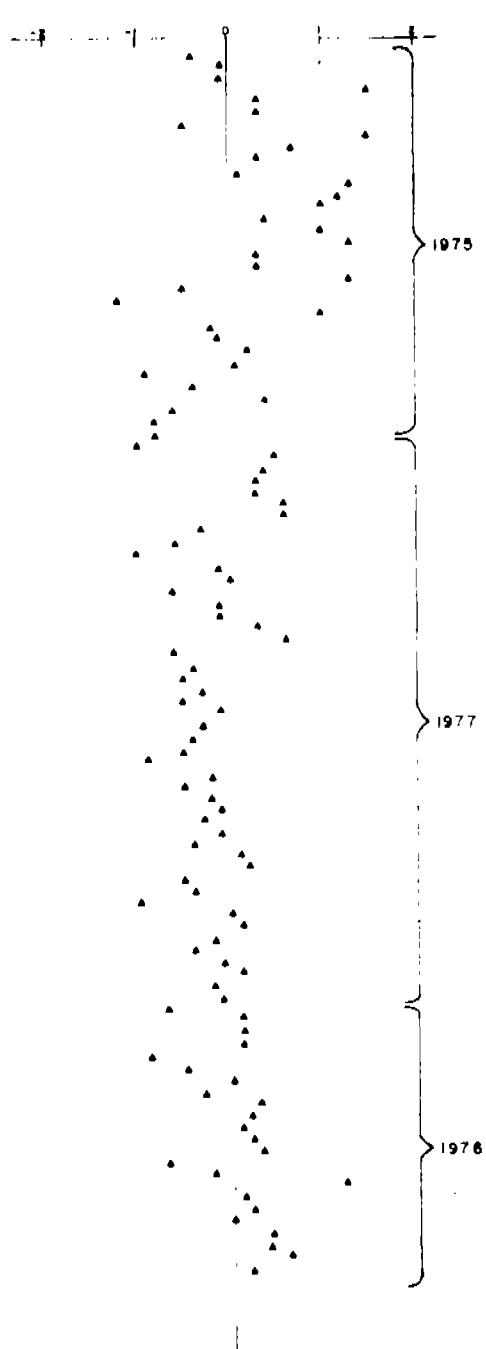


Fig. 22. Residuales estandarizados para 1975, 1976 y 1977.

X	Variable	Pendiente	% de variación en MO explicado por variable	% de variación acumulativo
1	Mg	2.5840	49.20	49.20
2	CHON	1.1212	9.87	59.07
3	K	- 0.3624	7.13	66.20
4	CO ₃	- 0.0193	7.27	73.50
5	Na ₃	0.0469	5.63	79.1
6	CHO	5.3874	2.33	81.5
7	Ca	0.0187	1.19	82.6
8	Fe	0.0062	0.01	82.65
	Intersepto	8.6779		
	r ₂ múltiple	0.909		
	r	0.8265		
	error estandar	1.839		

$$\% \text{ MO} = 1.839 + 2.58 X_1 + 1.12 X_2 + (-0.36) X_3 + (-0.019) X_4 + 0.04 X_5 + 5.38 X_6 + 0.01 X_7 + 0.01 X_8.$$

Como se puede ver en este año es posible explicar el 82.6% de la variación de la MO, correspondiéndole el mayor porcentaje al Mg (49.2%), el segundo a las CHON (9.87%) y el tercero al K (7.13%) y el de menor importancia al Fe (0.01%); ésto no significa que este último elemento no juegue un papel importante en los procesos de transformación diagenética, sin embargo, su participación en el modelo de este año fue insignificante.

La distribución de residuales estandarizados (Fig. 23 y 24), demuestra que el modelo para este año se comportó linealmente, sin llegar a dispersarse ninguno de los valores predichos; la elaboración de una fórmula de una correlación lineal, ofreció un coeficiente de $r = 0.909$, $\alpha < 0.05$.

En 1976 la distribución de los parámetros en orden de importancia para el modelo predictivo fue el siguiente:

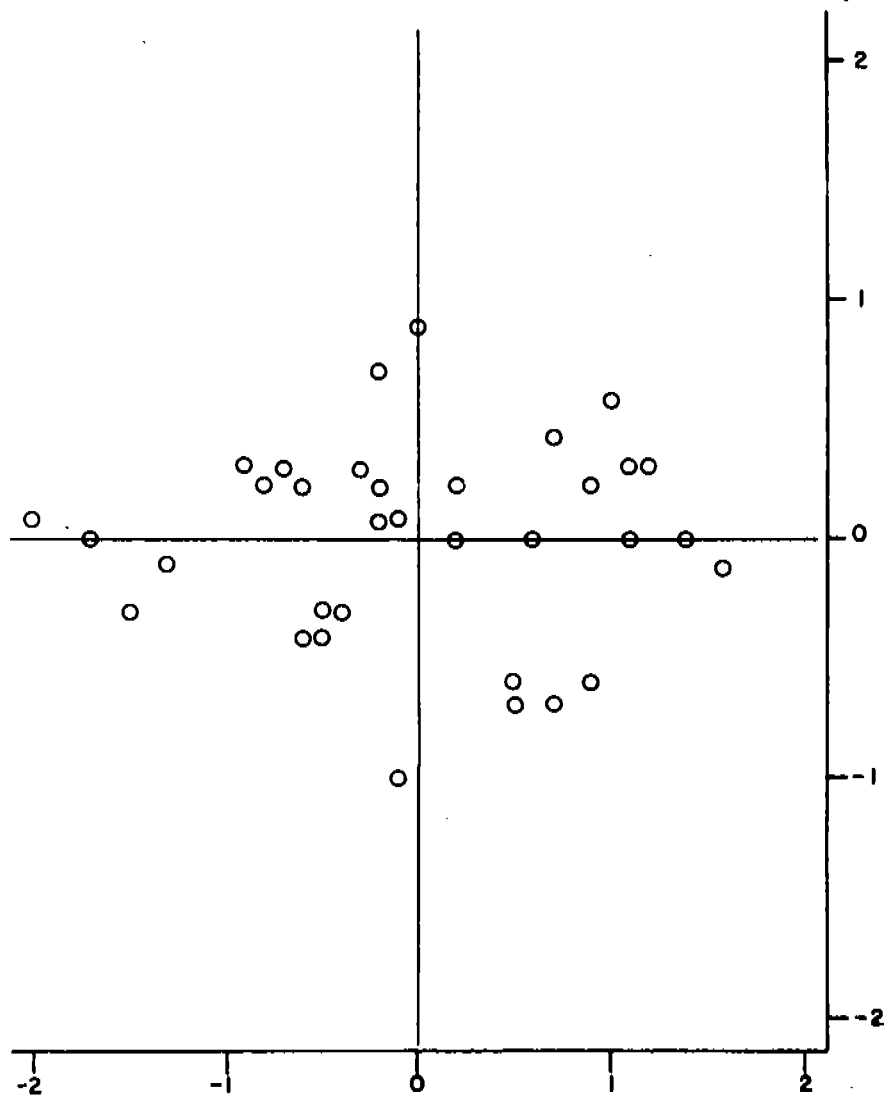


Fig. 23 .- Residuales estandarizados de la correlación múltiple en el año de 1975 entre la Materia Orgánica y todos los parámetros analizados.

No. SECUENCIA	NO OBSERVADA	NO PREDICHA	RESIDUAL.
1	2.10000	1.592572	0.5074276
2	2.90000	3.660234	-1.060234
3	2.67000	2.662434	.7566164E-02
4	15.40000	13.09805	2.301955
5	9.30000	8.564533	0.7354668
6	10.40000	12.84923	-2.449226
7	9.30000	11.81043	-2.510429
8	12.40000	9.074361	3.325639
9	11.05000	10.15740	0.8926038
10	9.970000	10.15594	-0.1859422
11	8.650000	8.275344	0.3746563
12	14.85000	13.73119	1.118812
13	14.69000	13.54091	1.149092
14	11.14000	8.470549	2.669451
15	6.860000	6.254299	0.6057012
16	14.87000	15.23611	-0.3661100
17	13.38000	12.02423	1.355773
18	9.410000	8.884387	0.5256131
19	7.470000	6.888821	0.5811793
20	13.45000	12.56105	0.8889543
21	5.700000	7.065726	-1.365726
22	4.790000	8.732595	-3.942595
23	14.72000	14.68898	.3101999E-01
24	8.730000	11.07371	-2.343711
25	9.330000	8.003757	1.326243
26	13.48000	13.39494	.8506393E-01
27	11.77000	11.69796	.7203522E-01
28	6.420000	7.627451	-1.207451
29	7.860000	6.688941	1.171059
30	6.910000	5.587339	1.322661
31	8.710000	11.33908	-2.629076
32	6.180000	7.198350	-1.018350
33	5.690000	7.134637	-1.444637
34	3.680000	4.204486	-0.5244864

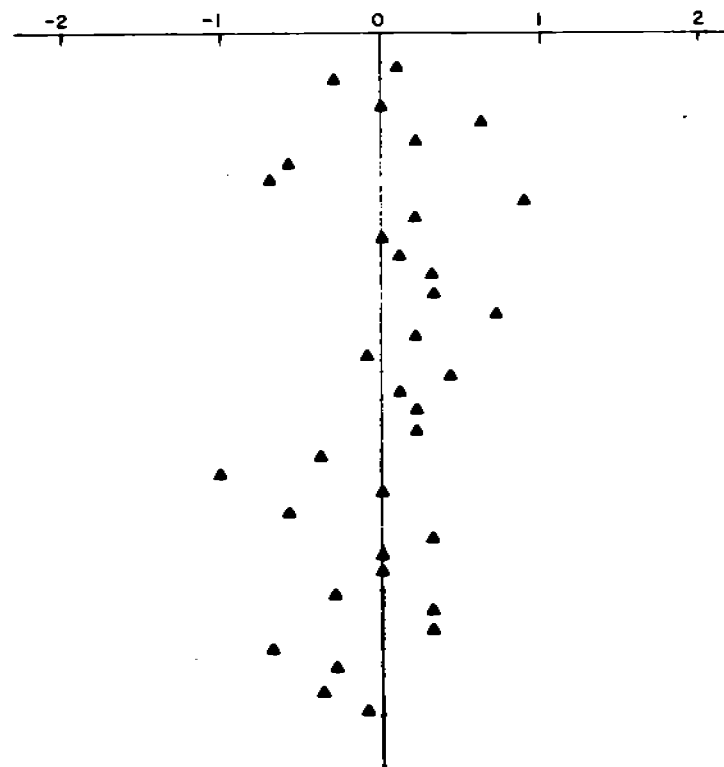


Fig. 24 . Residuales estandarizados para 1975 .

X	Variable	Pendiente	% de variación en MO explicado por variable	% de variación acumulativo
1	Mg	1.7016	76.68	76.68
2	CHON	1.9515	8.57	82.26
3	Ca	- 1.9833	2.65	87.90
4	Na	- 0.0188	1.91	89.91
5	CO ₃	0.0824	0.83	90.65
6	Fe	0.0603	1.07	91.72
7	CHO	- 1.3402	0.05	91.76
8	K	- 0.0035	0.01	91.77
	Intersepto	4.4556		
	r ₂ múltiple	0.9579		
	r	0.9177		
	error estandar	1.053		

$$\% \text{ MO} = 4.455 + 1.70 X_1 + 1.95 X_2 + (-1.98) X_3 + (-0.01) X_4 + 0.08 X_5 + 0.06 X_6 + (-1.34) X_7 + (-0.003) X_8.$$

El elemento más importante en la predicción de la MO en este modelo fue nuevamente el Mg con 76.68% y las CHON con 8.57%; en este año el K se encontró como insignificante. El cambio en el orden de importancia de los parámetros aquí estudiados a excepción del Mg ha venido a confirmar ampliamente la regionalidad ambiental diagenética, muy delimitada, considerando en ello los cambios físicos, químicos y biológicos así como la diversidad de aportes de cada uno de ellos, y tal situación se apoya con lo encontrado en las localidades de este año. La correlación calculada presentó el coeficiente más alto mostrando una línea perfecta, dada fundamentalmente por los tres primeros parámetros, ya que los subsiguientes representan un por ciento poco significativo. La Fig. 25 muestra la disposición de sus residuales estandarizados y en donde solamente un valor es el que se sale de los límites de confiabilidad y la Fig. 26 señala la linealidad del modelo.

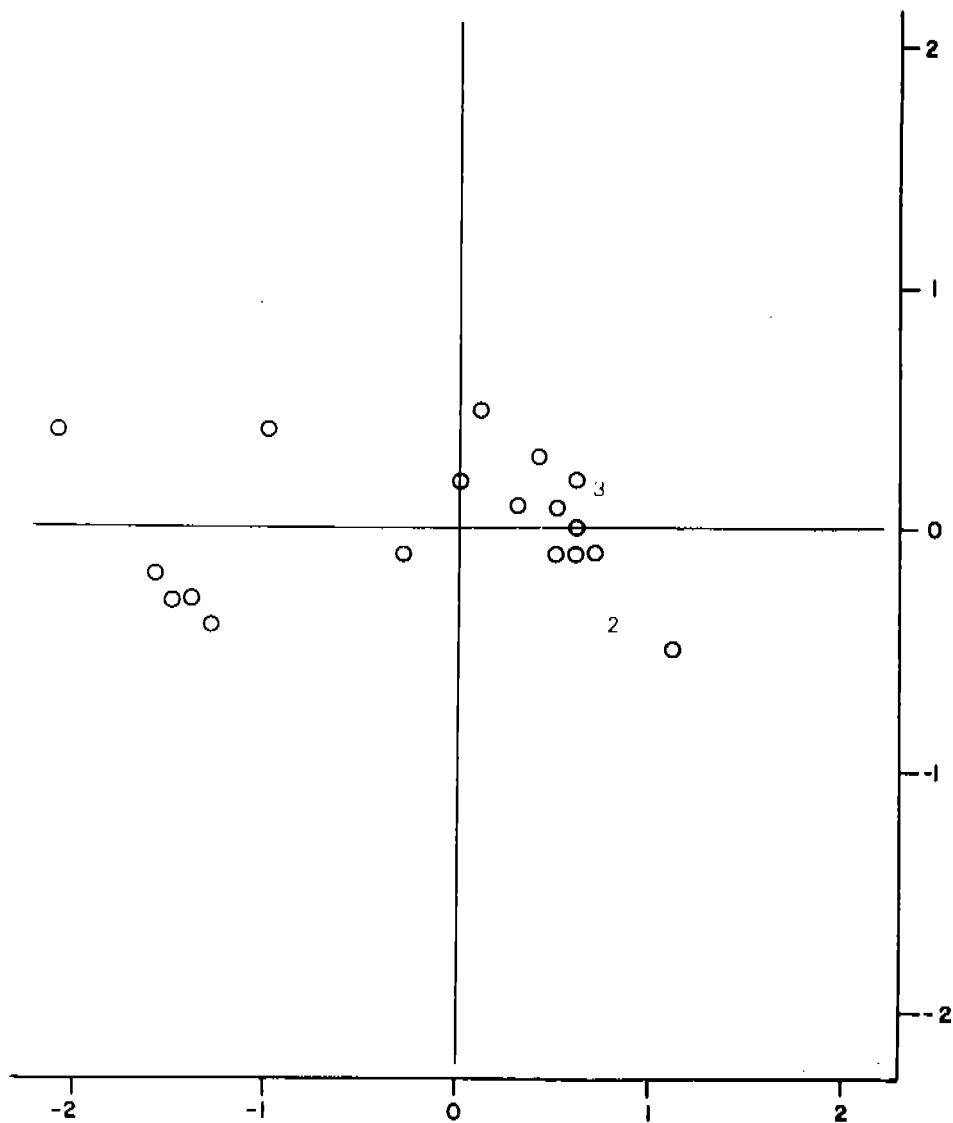


Fig. 25 .- Residuales estandarizados de la correlación múltiple en el año de 1976 entre la Materia Orgánica y todos los parámetros analizados .

No. SECUENCIA	NO OBSERVADO	NO PREDICHO	RES IDUAL.
1	3.260000	4.114995	-0.8549960
2	3.080000	4.291385	-1.211385
3	3.060000	3.677946	-0.6179458
4	3.270000	2.119550	1.150450
5	3.250000	3.993484	-0.7434837
6	9.500000	10.58168	-1.081678
7	6.450000	5.306592	1.143308
8	6.960000	7.341578	-0.3815777
9	9.690000	10.03486	-0.3448612
10	9.550000	10.70696	-1.156961
11	9.400000	9.826706	-0.4267062
12	10.32000	9.393750	0.9262499
13	10.57000	9.877366	0.6926342
14	10.14000	11.46835	-1.328347
15	10.13000	10.33287	-0.2028713
16	9.800000	8.480261	1.319739
17	9.910000	9.572790	0.3372102
18	10.04000	10.11424	-.7424303E-01
19	10.94000	10.24444	0.6955648
20	11.05000	10.33785	0.7121500
21	10.93000	10.36090	0.5691037
22	9.270000	9.079879	0.1901209
23	9.040000	8.351474	0.6885258

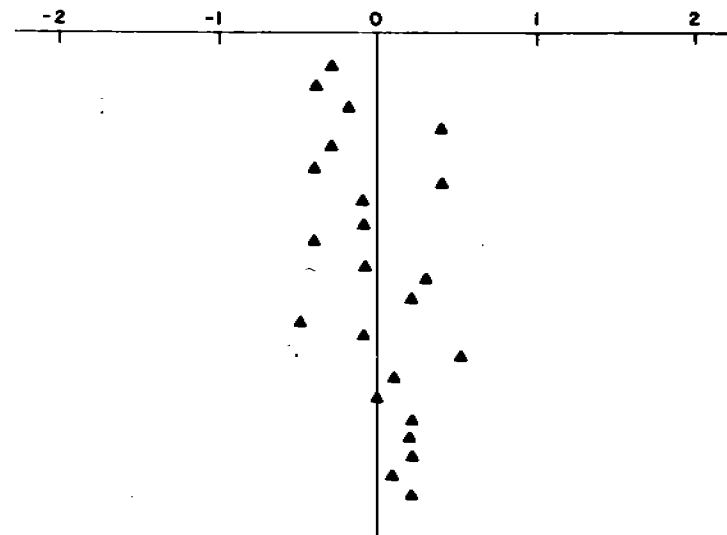


Fig. 26. Residuales estandarizados para 1976.

En el modelo predictivo calculado para 1977, nuevamente se marca como el hecho más sobresaliente la prioridad del Mg como a continuación se señala:

X	Variable	Pendiente	% de variación en MO explicado por variable	% de variación acumulativo.
1	Mg	0.5326	28.27	28.27
2	CHO	3.3809	10.69	38.96
3	Fe	0.1681	6.88	45.84
4	K	- 0.2046	11.18	57.02
5	Na	0.0549	18.51	76.53
6	CO ₃	- 0.0326	1.08	76.61
7	Ca ³	0.0705	1.88	78.49
8	CHON	0.1510	0.12	78.61
	Intersepto	1.3696		
	r ₂ múltiple	0.886		
	r ²	0.786		
	error estandar	0.940		

$$\% \text{ MO} = 1.369 + 0.53 X_1 + 3.3809 X_2 + 0.16 X_3 + (-0.20) X_4 + 0.05 X_5 + (-0.3) X_6 + 0.07 X_7 + 0.15^2 X_8.$$

El coeficiente de correlación es ligeramente mayor que el encontrado en 1975, siendo ambos adecuados y significativos dado que fueron en las mismas localidades. El porcentaje de variación de la MO explicado por todas las variables para este año fue ligeramente menor (78.61%) que el encontrado en 1975 (82.65%), así como también el valor porcentual del Mg se vió disminuído en este año de 49.20% a 28.27%; otra situación diferencial de estos dos años fue que no presentaron la misma prioridad en la aparición de los parámetros subsiguientes en orden de importancia en el modelo. En este último se encontró en segundo lugar a los CHO con 10.69% (aproximadamente la mitad del valor encontrado en 1975), Fe con 6.88% y K con 11.18%, correspondiéndole a las CHON una cifra que ni siquiera alcanza el 1%. El modelo predictivo de 1977 puede ser también considerado como casi lineal, ($r = 0.886$, $\alpha < 0.05$) con apoyo también de la distri-

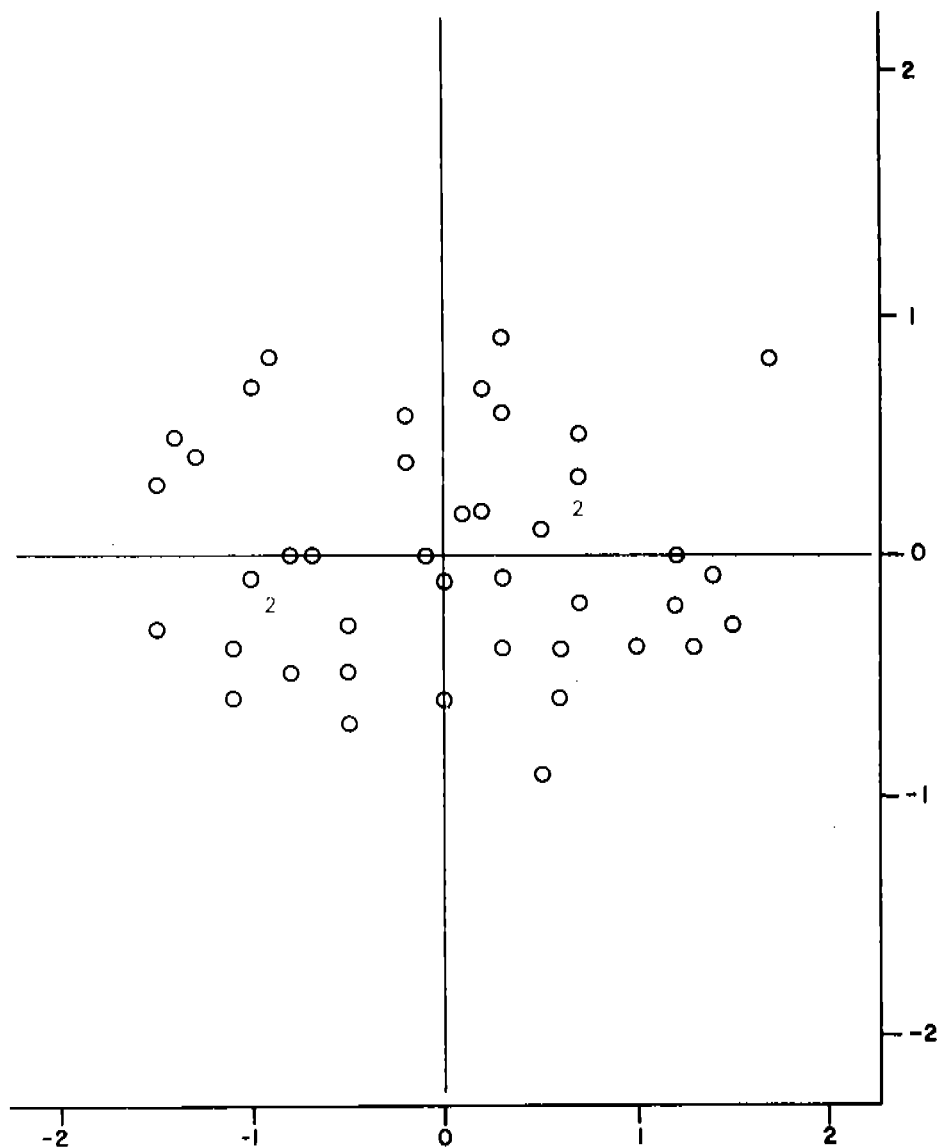


Fig. 27 .- Residuales estandarizados de la correlación múltiple en el año de 1977 entre la Materia Orgánica y todos los parámetros analizados.

No. SECUENCIA	MO OBSERVADA	MO PREDICHA	RESIDUAL
1	2.100000	3.153616	-1.053616
2	2.900000	2.855679	-0.2556788
3	2.6700000	2.932883	-0.2628832
4	15.40000	10.99908	4.400916
5	9.300000	7.531934	0.7680662
6	10.40000	9.664115	0.7358846
7	9.300000	10.75369	-1.453690
8	12.40000	8.059499	4.340501
9	11.0500	9.018376	2.031624
10	9.970000	9.184331	0.7856688
11	8.650000	8.503407	0.1465928
12	14.85000	11.21234	3.637663
13	14.69000	11.17313	3.516867
14	11.14000	8.284316	2.855684
15	6.860000	5.737278	1.122726
16	14.87000	12.03748	2.832524
17	13.38000	9.585954	3.794046
18	9.410000	8.577946	0.8320536
19	7.470000	6.719275	0.7507251
20	13.45000	9.753564	3.696436
21	5.700000	7.019639	-1.319639
22	4.790000	8.300924	-3.510924
23	14.72000	11.76644	2.953556
24	8.730000	9.165477	-0.4354769
25	9.330000	9.711091	-0.3810906
26	16.48000	12.87867	0.6013349
27	11.77000	11.54283	0.2271725
28	6.420000	8.918242	-2.498242
29	7.860000	9.135005	-1.275005
30	6.910000	5.640792	1.269208
31	8.710000	10.53709	-1.827091
32	6.180000	8.443425	-2.263425
33	5.690000	7.921780	-2.231780
34	3.680000	6.696910	-3.016916
35	12.01000	10.50997	1.500026
36	11.48000	10.38031	1.099689
37	12.07000	11.28218	0.7878187
38	11.58000	10.59029	0.9897431
39	11.93000	10.09381	1.836192
40	9.610000	7.844136	1.765864
41	7.010000	7.994302	-0.9843016
42	6.310000	8.111668	-1.801668
43	7.530000	10.31809	-2.788093
44	10.67000	11.09161	-0.4216054
45	11.34000	11.22131	0.1186930

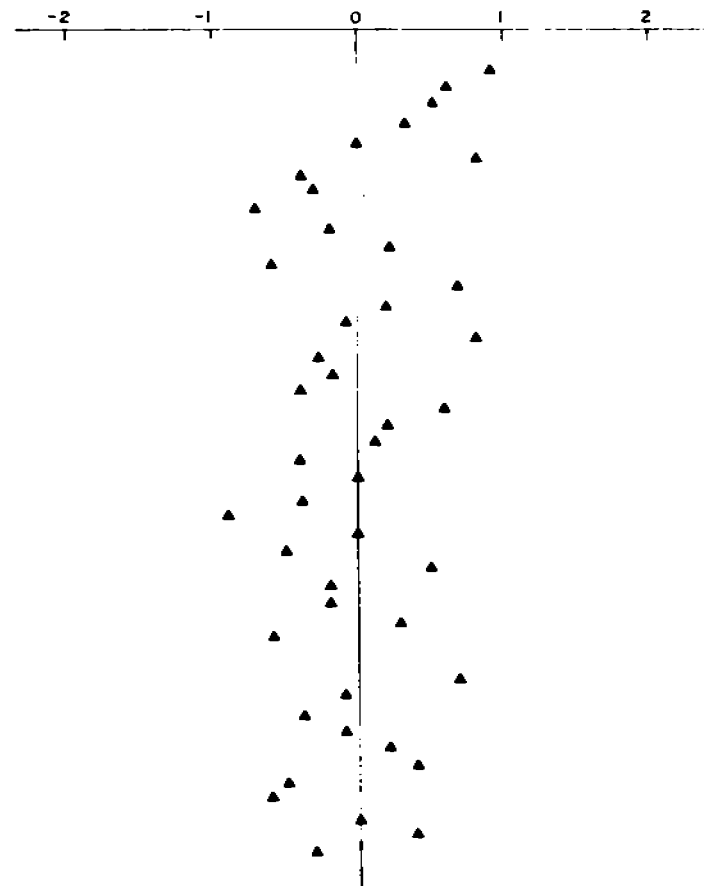


Fig. 28. Residuales estandarizados para 1977.

bución de residuales estandarizados (Fig. 27 y 28). El cambio de distribución en orden de importancia de las variables en los años 1975 y 1977, correspondientes a las mismas localidades, viene a confirmar completamente la especificidad diagenética de ambientes, épocas y aportes en los sistemas.

C O N C L U S I O N E S

1. La heterogeneidad registrada es atribuible a la variación de las condiciones hidrológicas, (escorrentías, nivel medio de inundación, etc), debida a su vez al sistema climático.
2. La mayoría de los parámetros aquí estudiados marcaron diferencias significativas en su concentración a tal grado de delimitar áreas más o menos restringidas, con diferenciación diagénica a nivel de estratos, influenciada grandemente por los aportes anuales, dentro de los cuales se pueden contar a la misma MO, Fe K y Ca.
3. La diversidad de ambientes biogeoquímicos aparentemente presentó correlaciones para ciertos parámetros, que aunque a veces poco significativas debido a la heterogeneidad, calculadas anualmente condujeron a coeficientes mayores, que respondieron mejor a nivel de áreas, que en ciertos horizontes en algunos parámetros alcanzaron la linealidad.
4. Las mejores correlaciones para un mismo parámetro no siempre correspondieron a las mismas áreas, ni mucho menos para los mismos estratos en los dos años, que pudieran conducir a la definición de un estrato en el cual se alcanzaran condiciones diagénicas definidas y estables; y esto puede deberse a la escasa profundidad de muestreo y/o, al dinamismo propio de estos ambientes aún a nivel sedimentario y/o al estado de transición de los medios lagunares.

5. En orden de importancia a nivel global los coeficientes más significativos fueron MO/Mg $r = 0.631$, Fe $r = 0.472$, CHON $r = 0.442$ y CHO $r = 0.427$ que desde el punto de vista químico se ven ampliamente justificados.
6. El contenido de MO en el sedimento de la Laguna de Huizache y Caimanero, hace modificar grandemente la calidad de las arcillas, a tal grado que elementos que no presentan cambios de valencia se pueden ver alterados grandemente por su presencia como lo son el Mg y K.
7. En el desglosamiento del modelo predictivo general se comprobó la diferencia regional a nivel muy definido, dando como resultado el mejoramiento de la precisión del modelo anual.
8. El elemento determinante en la predicción del modelo general y los desglosados por año fue el Mg (39.9% para el global), que por el mayor número de correlaciones con la MO y el análisis mineralógico, condujeron a pensar en su origen biológico y posterior transformación a atapulgita modificada.

El segundo elemento en importancia global fue el K con 10.1%; el análisis mineralógico señaló para la mayoría de las localidades la presencia de feldespatos (ortoclasa) en un 40% y moscovita modificada en 1 a 6%.

En cuanto al contenido de Fe, éste mostró un comportamiento en su concentración total muy semejante al de la MO tanto desde el punto de vista de los aportes anuales, regionales, así

como en su distribución respecto a la profundidad; la variación porcentual para la predicción del modelo global de la MO dada por el Fe no van más allá del 6.5%, esta situación pudo deberse a que no se consideró los estados de oxidación de este elemento donde posiblemente la correlación podría haber sido más alta; sin embargo, en orden de prioridad fue el tercero en la definición del modelo global para la MO.

9. El contenido de CHON, a pesar de que fue bajo explicó un 4.5% del modelo, bastante aceptable tomando en consideración las transformaciones específicas en el modelo y la remineralización de la MO, que en ocasiones fue poco proporcional por la heterogeneidad ambiental.
10. En el modelo predictivo global se justificó un 66.5% de la MO, correspondiéndole al 33.5% restante a otros parámetros no considerados aquí, o a las condiciones de muestreo y análisis; sin embargo, dada la diversidad biogeoquímica de la laguna de Huizache y Caimanero, ese porcentaje explicado a través de los parámetros estudiados es estimado como significativo.
11. Los modelos calculados por año o globalmente han puesto de manifiesto la importancia de ciertos constituyentes arcillosos en el tiempo y espacio (Fe, K).
12. Los modelos pueden ser utilizados no solo como un medio para evaluar aproximadamente el contenido de MO, sino que también pueden ser tomados como términos de referencia en el análisis

conductual de ambientes de transición, de los que sea posible el manejo de la fase sedimentaria para fines de explotación económica de organismos bentónicos, o simplemente el conocimiento de las condiciones diagenéticas en estos cuerpos de agua.

LITERATURA CITADA

- Arenas, V. 1970. Informe final de las investigaciones correspondientes a hidrología y productividad en los Planes Piloto de Escuinapa y Yavaros. Instituto de Biología, UNAM y Secretaría de Recursos Hidráulicos 192-233.
- Arenas, V. 1980. Balance Anual del Carbono Orgánico, Nitrógeno y Fósforo en el Sistema Lagunar Huizache-Caimanero, Sin, México. Tesis Doctoral Univ. Nal. Auton. México 120 pp.
- Ayala-Castañares, A., Gutiérrez, M. y Malpica, V.M. 1970. Informe final de los estudios de geología marina, en las regiones de Yavaros, Son., Huizache-Caimanero, Sin. y Agiabampo, Sin, durante la primera etapa en los Planes Piloto de Escuinapa y Yavaros. Instituto de Biología, UNAM y Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1-191.
- Bordovskiy, OK. 1965. Transformation of organic matter in bottom sediments and its early diagenesis. Accumulation and transformation of organic substance in Marine Sediments 4. Marine Geology Special Issue, 3(1-2):86-14.
- Berner, R.A. 1963. Electrode studies of hydrogen sulfide in marine sediments. Geochim. et Cosmochim. Acta, 27:563-575.
- Berner, R.A. 1964. Distribution and diagenesis of sulfur in some sediments from the Gulf of California. Mar. Geol. 197-140.
- Berner, R.A. 1966. Chemical diagenesis of some modern carbonate sediments. Am. J. Sci. 265, 1-36.

- Berner, R.A., Scott, M.R. y Thomlinson C. 1970. Carbonate alkalinity in the pore waters of anoxic marine sediments. *Limnol. Oceanogr.* 15:544-549.
- Berner, R.A. 1971. Principles of Chemical Sedimentology McGraw-Hill Book Company, 240 pp.
- Berner, R.A. 1973. Phosphate removal from sea Matter by adsorption on volcanogenic ferric oxides. *Earth Planet. Sci. Gett.* 18:77-86
- Bewers, J.M. y Yeast, P.A. 1977. Oceanic residence times of trace metals. *Nature* 268:595-598.
- Burton, J.D. y Giss P.S. 1976. Estuarine Chemistry Academic Press N.Y. 1-229 pp.
- Buther, E.I. Corner E.D.S. y Marshall, S.M. 1970. On the nutrition and metabolism of zooplankton. VII Seasonal survey of Nitrogen and phosphorus excretion by Calanus in the chyd sea area. *J. Mar. Biol. Ass. U.R.*, 50:525-560.
- Cabrera-Jiménez, J. 1970. Informe sobre los programas de Biología del camarón en los Planes Piloto de Escuinapa y Yavaros. Instituto de Biología, UNAM., y Secretaría de Recursos Hidráulicos 384-409.
- Cruz, A.A. de la. 1956. Study of particulate detritus in Georgia salt-marsh-estuarine ecosystem. Dissertation, Univ. Georgia 110 p.
- Darnell, R.M. 1967. Organic detritus in relation to the estuarine ecosystem. In. "Estuaries" (G.H. Lauff ed) . pp. 376-382.

American Association for the Advancement of Science,
Washington, D.C.

Dean, N.E. Jr. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments rocks by loss on ignition: comparison with other methods. Jour. Sed. Petrology, 44(1): 242-248.

De La Lanza G., y Arenas, V. 1978. Naturaleza química de las hojas y rizomas de los pastos marinos y su ambiente sedimentario. Rev. Biol. Trop. 26(2): 277-289.

Dreywood. R. 1969. Ind. Engng. Chem. Analyt. Edm. 18, 499.

Dyrssen, D. y Wedborg, M. 1980. Suspended matter in estuaries: absorption and desorption processes. In Chemistry and Geochemistry of Estuaries. (Olausson y Cato Ed) John Wiley and Sons. 75-110.

Edwards, R. R. C. 1978. Ecology of a Coastal Lagoon complex in Mexico Estuarine and Coastal Marine Science, 6:75-92.

Eglinton, G. y Murphy M.T.J. 1969. Organic Geochemistry, Springer-Verlag, New York. 828 p.

Ellman, E.L. 1972. The Biuret Reactions: changes in the ultraviolet absorption spectra and its application of peptide bonds. Anal. Biochem. 3, 40-48.

Emery, K.O. y Rittenberg, S.C. 1952. Early diagenesis of California Basin sediments in relation to origin of Oil. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologist, 36(5): 735-806.

- Frenchell, T. 1970. Studies on the decomposition of organic detritus derived from the turtle grass Thalassia testudinum. Limnol. Oceanogr. 15(1):14-20.
- Frenchell, T. 1971. The reduction-oxidation properties of marine sediments and the vertical distribution of the microfauna. Vie. et Milieu Supp. 22:509-521.
- Frenchell, T. 1972. Aspects of decomposer food chains in marine benthos. Verh. d. Dtsch. Zool. Ges., 65: 14-22.
- Friedman, G.M. y Gavish, E. 1970. Chemical changes in the interstitial waters from sediments of lagoonal deltaic, river, estuarine, and salt water march and cove environments. Jour. Sedimentary Petrology, 40(3): 930-953.
- Golley, F.H.T., Odum E.P. and Wilson, R.F. 1962. The structure and metabolism of a Puerto Rico red mangrove forest in May. Ecology, 43:9-19.
- Gómez-Aguirre, S. 1970. Informe final de la segunda etapa de los estudios del plancton en los planes piloto de Escuinapa y Yavaros. Instituto de Biología, UNAM y Secretaría de Recursos Hidráulicos. 234-287.
- Hallberg, R.O. 1972. Sedimentary sulfide mineral formation and energy circuit system approach. Mineral. Deposita, 7: 189-201.
- Harris, R. C. 1972. Influence of Mineral-Water in Estuaries on Boron Budget in the Ocean. The Geological Society of America, Memoir 133: 71-77.

- Heald, E.J. (1969). The production of organic detritus in a South Florida estuary. Thesis, University of Miami, 120 pp.
- Head, P.C. 1976. Organic Processes in Estuaries. In Estuarine Chemistry. (J.D. Burton y Liss, P.S. Ed) 53-91, Academic Press. London.
- Jackson, T.A. 1975. Humic Matter in Natural Waters and sediments. Soil Science, 119(1):56-64.
- Johannes, R.E. 1968. Nutrient regenerations in lakes and oceans. Adv. Microbiol. Sea, 1: 203-213.
- Krumbein, W.C. y Sloss, L.L. 1969. Estratigrafía y sedimentación (Traducción Rafael García Díaz) Unión Topográfica Editorial Hispano Americana 778 pp.
- Lindstrom C.H.M. 1980. Transformation of Iron Constituents During Early Diagenesis In Situ studies of a Baltic Sea Sediment-Water Interface. Microbiol. Geochemistry 1-17.
- Margelsdorf, P.C. Jr. y Daniell E. 1969. Potassium Enichment Waters of Recent Marine Sediments. Science 165:171-173.
- Manheim F.T., Meade, R.H. y Bond G.C. 1970. Suspended matter in surface waters of the Atlantic coastal margin from Cape Cod to the Florida Keys. Science, N.Y. 167:361-376.
- Mann, K.H. 1972. Macrophyte production and detriectus food chains in coastal waters. Mem. Inst. Ital. Ideobiol. 29 Suppl. 353-386.

- Mason, B. 1966. Principles of Geochemistry. 3er Edition, John Wiley and Sons, Inc. N.Y. 329 pp.
- Mendoza von-Bontel, X. 1972. Efectos de la marea en la producción camaronera en aguas litorales. Mem. IV Congreso Nal. de Oceanografía (México) 407-418.
- Mohr, E.C.J. and Van Baren, F. A. 1954. Tropical Soils Inter-Science. Publischers Inc., N.Y. 498 pp.
- Nelson, B.W. 1972. Biogeochemical Variables in Bottom sediments of Rappahannock River Estuary In. Geological Society of America, Inc. Memoir 133.
- Newell, R. 1965. The role of detritus in the nutrition of two marine deposit feeders, the prosobranch Hydrobia ulvae and bivalve Macoma balthica Proc. Zool. Soc. Gond. 144: 25-45.
- Odum, E.P. y de la Cruz, A.A. 1967. Particulate organic detriu in a Georgia salt marsh-estuarine ecosystem. In J. H. Lauff (Ed) Estuaries: 383-388. Amer. Ass. Adv. Sci. Publ. 83. Washington D.C. 757 pp.
- Odum, W.E. 1970. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the stripel mullet Mugil cephalus. In J.H. Steele (Ed), Marine food chains: 222-240. Univ. of Calif. Press. 552 pp.
- Olausson, E. y Cato I. 1980. Chemistry and Geochemistry of Estuaries. John Wiley and Sons, Chichester 452 pp.
- Oppenheimer, C.H. 1960 a. Bacterial activity in sediments of shallow marine bays. Geochim. Cosmochim. Acta 19(4).

- Oppenheimer, C.H. 1960 b. Bacterial activity in marine sediments, In Geochemical Symposium Gostoptekhizdat, Moscow.
- Ortega, G.M. 1970. Informe de avance del estudio de la vegetación sumergida en los Planes Piloto de Escuinapa y Yavaros. Instituto de Biología, UNAM y Secretaría de Recursos Hidráulicos 246-287.
- Parsons, T.R. y Seki, H. 1970. Importance and general implication of organic matter in aquatic environments. In "Symposium on Organic Matter in Natural Waters" (D.W. Hood, ed) pp 1-27. Institute on Marine Science, University of Alaska.
- Pérez Rodríguez, J.L. Weiss, A. y Lagaly A. 1977. A natural clay organic complex from Andalusian Black earth. Clays and Clay Min. 25:243-251.
- Postma, H. 1980. Sediment transport and Sedimentation. In Chemistry and Biochemistry of Estuaries, E Olausson and I Cato (Ed.) 153-186.
- Presley, B.J. y Kaplan, I.R. 1968. Changes in dissolved sulfate, Calcium and carbonate from interstitial water of near shore sediments. Geochim. et Cosmochim Acta, 32, 1037-1048.
- Presley, B.J. y Raplan, I.R. 1970. Interstitial water chemistry: deep sea drilling project. Leg. 4. In Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Vol. IV, 415-430.

- Presley, B.J. y Trefry, J.H. 1980. Sediment water interaction and geochemistry of interstitial waters. In Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries. E. Olausson and I. Cato (Ed.) 187-232.
- Rhoads, D.C., y Loung D.K. 1970. The influence of deposit-feeding organism on sediment and stability and community trophic structure. J. Mar. Res. 28:150-178.
- Richards, F.A. Cline, J.D., Broenkow, N.N. y Atkinson, L.P. 1965. Some consequences of the decomposition of organic matter in Lake Nitinat, and anoxic fjord. Limnol. Oceanogr. 10 Suppl., R. 181-R 205.
- Roe, J.H. 1955. J. Biol. Chem. 212. 335.
- Russell, K.L. 1970. Geochemistry and halmyrolysis of clay minerals, Rio Ameca, México. Geochim et Cosmochim Acta, 34: 893-907.
- Ryther, J.H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. Science, 160: 72-77.
- Sayles, F.L., Wilson, T.R.S., D.N. y Mangelsdorf, P.C. 1973. In situ sampler of marine sedimentary pore waters: Evidence for potassium depletion and calcium enrichment- Science 181, 154-156.
- Shishkina, O.V. 1961. The types of water that form in marine sediments in the courses of diagenesis In Recent Marine and Oceanic Sediments. A Symposium Izd. Akad. Nauk S.S.S.R. Moscow.

- Sinitza, T.I. 1941. Alteration of content of certain organic substances in sapropel under the effect of the digestive processes of larvae. Tr. Lab. Lenezisa Sapropelya, Akad Nauk S.S.S.R. 2.
- Soto, R.L. 1969. Mecanismo hidrológico del sistema de lagunas litorales Huizache-Caimanero y su influencia sobre la producción Camaronera. Univ. Auton. Baja Calif. México: 80 pp.
- Stephen, K., Sheldon, R.W. y Parsons, T.R. 1967. Seasonal variations in the availability of food for benthos in a Coastal Environments. Ecology, 48:852-855.
- Steward, H.B. 1958. Sedimentary Reflections of Depositional Environment in San Miguel Lagoon, Baja California, México. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 42(11):2567-2618.
- Strakhov, N.M. y Zalmazan, E.S. 1955. The distribution of anthigenous mineralogical forms of iron in sedimentary rocks and its bearing on lithology. Izv. Akad. Nauk S.S.S.R., Ser. Geol., 1.
- Strakhov, N.M. 1960. Principles of the theory of Lithogenesis. Izd. Akad. Nauk S.S.S.R., Moscow.
- Swain, F.M. 1970. Non-Marine organic geochemistry (Cambridge: University Press), 325 p.
- Teal, J.M. 1962. Emery flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. Ecology, 43: 614-624.

- Vosjan J. y Olanczuk-Neyman, K.M. 1977. Netherland Journal of Sea Research 11(1): 14-23.
- Vassoyevich, A.B. 1955. Oil-bearing deposits of the northeastern Caucasces. In The Origen of Petrobum. A Symposium. Gostroptekhhizdat, Moscow.
- Warburton, K. 1978. Community structure abundance and diversity of fish in a Mexican Coastal Lagoon. Estuarine and Coastal Marine Science, 7:497-519.
- Wetzel, R.G. y Manny, B.A. 1972. Descomposition of dissolved organic carbon and nitrogen compounds from leaves in an experimental hard water stream. Limnol. Oceanogr. 17: 927-931.
- Weilss, A. 1969. Organic Derivatives of clay Minerals, Zeolites, and Related Minerals. In Organic Geochemistry. (Eglinton G. and Murphy, M.T.J. Eds). Springer-Verlag. N.Y. 736-781.
- Zill, L.P. 1956. Analyt. Chem. 28:1577.