



24712
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

MANEJO ESTADÍSTICO DE ALGUNAS VARIABLES
QUÍMICAS Y GRANULOMÉTRICAS DE LA FASE
SEDIMENTARIA DEL SISTEMA LAGUNAR HUIZACHE-
CAIMANERO, SIN., MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

JESUS JURADO MOLINA

FALLA DE ORIGEN

ABRIL DE 1989



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 está 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.

RESUMEN

Las lagunas costeras son sistemas de una alta complejidad debido a los factores climáticos, hidrológicos, geológicos, químicos y biológicos que interaccionan en ellas, por lo que es adecuada la aplicación de métodos de evaluación matemática, para comprender dichas zonas.

Particularmente los estudios geoquímicos representan un reto para el empleo estadístico. En hecho algunos estudios al respecto se han iniciado en la Laguna de Huitzache-Caimanero. Sin, de los cuales forma parte el presente estudio, que pretende aplicar métodos estadísticos y definir modelos de predicción para la materia orgánica sedimentaria, para la comprensión de procesos de transformación de compuestos geoquímicos. En base a esto se manejan las siguientes variables del sedimento: materia orgánica (MO), humedad, arena, arcillas, grava, limos, Amonio (NH_4^+), fosfatos (PO_4^{3-}), carbohidratos (CHO), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Potasio (K), Manganeso (Mn), demanda química de oxígeno (DQO), potencial de oxidación-reducción (Eh) y ácido fólvico. La información corresponde a dos muestreos realizados en periodos de estiaje y lluvias (abril de 1984 y septiembre de 1985) en la citada laguna. Sus interrelaciones se analizan a través de pruebas estadísticas univariadas, que incluyen medidas de tendencia central y de dispersión, análisis de variancia y la matriz de correlación de Pearson; así mismo se emplea la técnica de diagramas de nudos, modelos predictivos de correlación múltiple por tres métodos distintos (SPSS; SPSS9, Forward; SPSS9, Backward). Del empleo estadístico anterior se observó que existe una fuerte variación de componentes geoquímicos que cambian en el espacio y tiempo,

esto es de la época de secas a lluvia y de una localidad a otra, así como también de la superficie al fondo, por ejemplo: en abril de 1984 los parámetros que registraron una mayor variación fueron la arena y los limos y en septiembre de 1985: amonio, ortofosfatos, Eh, grava y arcilla. En la época de sequías (1984) la mayoría de los niveles superficiales de muestreo registraron una concentración alta que disminuyó con la profundidad, para 1985 los estratos intermedios presentaron el mayor contenido.

En 1984 las variables que registraron regionalización espacial confirmada en un 95% por el análisis de varianza fueron las siguientes: carbohidratos, Manganeso, Potasio, amonio y demanda química de oxígeno. Por su parte la humedad, grava, arena, arcillas, materia orgánica, amonio y demanda química de oxígeno se agruparon en áreas bien definidas en septiembre de 1985 (confiabilidad de .01).

La representación gráfica (diagramas de nudos) es un buen medio de apoyo para el marco de interpretación geoquímica de las principales variables y para la corroboración del modelo; de ello se definieron dos grupos, el diagrama correspondiente a la época de sequías (abril de 1984), que incluyó variables que demarcaron a la materia orgánica fuera del resto de las variables. Para septiembre de 1985 (temporada de lluvias) la mayoría de las variables se relacionan significativamente con la materia orgánica, esta representatividad define procesos distintos de la materia orgánica, debido a los fuertes cambios en el clima, la predicción señaló dos modelos: el de estiaje que describe a la materia orgánica a través de Amonio, humedad y

demanda química de oxígeno y que fue desarrollado con la versión SPSS9 (método Forward), cuyo coeficiente de correlación múltiple mostró un valor de $r=0.8569$ y una variación explicada por el modelo de 73.40%. Por el contrario en la época de lluvias, el modelo considerado óptimo fue el calculado con el método Backward de la versión SPSS9, que alcanzó 0.9836 y 92.85% como valores respectivos de r y r^2 ; la Humedad, Eh, Fosfatos y el Amonio son los parámetros que intervinieron en la definición del mismo. De esta manera se proponen dos modelos de predicción de la materia orgánica con variables que se justifican desde el punto de vista químico.

INTRODUCCION

Las lagunas costeras representan un gran potencial productivo, sin embargo el aprovechamiento de este recurso es relativo, debido a que se carece de conocimientos integrales de recursos bióticos, condiciones geológicas, hidrológicas y fisicoquímicas, que influyen directamente en la productividad de estos cuerpos de agua (de la Lanza, 1981); por lo que es necesario el apoyo y la aplicación de métodos de evaluación matemática (modelos) que ayuden a integrar la información existente y permitan el conocimiento de estos ecosistemas y el de sus recursos para el manejo y explotación en forma óptima. Sin embargo este tipo de herramientas utilizadas para la comprensión dinámica de la zona costera, requiere del entendimiento de ciertos conceptos estadísticos que a continuación se expondrán.

Al describir un objeto se desarrolla un modelo, en la parte inicial se recaba información de la cual se seleccionan solo los hechos relevantes, lo que simplifica el modelo y permite entender el objeto o sistema. Una característica principal de los modelos es su carácter predictivo, que anticipa el comportamiento de un sistema, en base a lo cual se realiza la toma de decisiones.

Los modelos pueden variar desde los más sencillos, como los cualitativos a los más complejos o cuantitativos. En los modelos el sistema se describe por magnitudes características que, en el caso del presente estudio, pueden ser: la materia orgánica, los nutrientes, el Ph, el pHH, variables geológicas etc., que se relacionan entre sí mediante ecuaciones.

La estadística es una herramienta muy importante en el proceso de modelaje. Levin (1977) la define como: "Un conjunto de técnicas para la reducción de datos cuantitativos a un número pequeño de términos más adecuados y de lectura más simple". Es importante señalar que la estadística se usa con el objeto de generalizar resultados obtenidos en la investigación, con un alto grado de seguridad de pequeñas muestras a poblaciones mayores (Levin, 1977).

La media o promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (σ), así como los valores máximos y mínimos, son muy usados en la caracterización de los sistemas; la primera forma parte de las medidas de tendencia central y se define como la suma de un conjunto de puntajes dividido entre el número total de puntajes del conjunto (Levin, 1977). Cabe señalar que este parámetro se interpreta como un punto de equilibrio en la distribución de los valores registrados; la suma de las desviaciones que caen por encima de la media es igual en valor absoluto a la suma de las desviaciones que caen por debajo del promedio. En lo que respecta a la desviación estándar (σ), se define como la raíz cuadrada de la media de las desviaciones de la media de una distribución elevadas al cuadrado ($[\sum (X_i - \bar{X})^2 / N]^{1/2}$). La desviación estándar es una medida importante de la dispersión de los valores registrados alrededor de la media; en el caso de la distribución normal, aproximadamente dos tercios (68%) de los valores caen dentro del intervalo $X + \sigma$ (Ippen & Feigl, 1970); el 95% y el 99% caen dentro de los intervalos $X + 2\sigma$ y $X + 3\sigma$ respectivamente. Otra medida de dispersión importante es el rango el cual se calcula restando del valor máximo el valor mínimo y de

una idea de la variación del parámetro estudiado.

Otra técnica estadística importante es el análisis de varianzas: esta prueba permite tomar una decisión global única acerca de la existencia de una diferencia significativa entre las medias muestrales que se comparan (Levin, 1977). Cabe señalar que esta prueba generalmente se aplica cuando se comparan tres ó mas grupos. Este análisis determina la variación promedio de la distribución de n medidas relativa a la variación promedio dentro de cada grupo (Ipsen & Feigl, 1970):

$$\text{razón F} = \frac{\text{variación entre grupos}}{\text{variación dentro de los grupos}}$$

Las técnicas de correlación y regresión proveen medidas estadísticas de la asociación de dos (ó más) variables cuantitativas. Cuando se aplica la prueba de correlación de Pearson se cuantifica el grado de asociación lineal que existe; cabe señalar que el coeficiente de correlación r es simétrico entre dos variables (X y Y); es decir se pueden intercambiar sin que esto afecte el valor de r, lo contrario de lo que sucede con el coeficiente de regresión (pendiente), que en general no es simétrico, la fórmula para calcular el coeficiente de correlación de Pearson es la siguiente:

$$r = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

El valor de este parámetro oscila entre -1 y +1, un valor de 0 para el coeficiente indica que las variables no se relacionan de manera lineal; un coeficiente de 1 indica una correlación lineal perfecta (Ipsen & Feigl, 1970). Un coeficiente

cerca de 1 se ve reflejado en una gráfica como puntos de escasa dispersión que forman al estrecharse una línea recta; por el contrario cuando se acerca a cero la dispersión es más notoria. El signo del coeficiente indica el tipo de relación, el positivo implica una correlación directamente proporcional, el negativo corresponde a una inversa. En los problemas de dos variables es apropiado pensar en una de ellas como dependiente (Y) de la otra (X) y expresar la relación entre ellas como una ecuación de regresión; ésta puede desarrollarse a partir del método conocido como mínimos cuadrados, la fórmula general es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Donde β_0 es la ordenada al origen y β_1 es la pendiente, estos parámetros se calculan a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\beta_1 = \frac{\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad \beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \bar{X}$$

Donde n es el número total de valores, X_i es el valor i-ésimo de la variable dependiente y Y_i el de la variable independiente, \bar{X} y \bar{Y} son los valores promedios correspondientes. Estos resultados se pueden generalizar a n variables por medio de la técnica de regresión múltiple, con este método se puede analizar la relación entre una variable dependiente y un conjunto de variables independientes. Esta técnica puede ser vista como una herramienta descriptiva, por la cual la dependencia lineal de una variable en otras, puede ser resumida y descompuesta ó como una herramienta de inferencia en la cual las relaciones en la población son evaluadas a partir de los datos muestreados (Die et

al. 1975). La ecuación asociada a este caso toma la siguiente forma:

$$Z = C + m_i X_i$$

Donde Z es la variable dependiente, m_i es la pendiente asociada a la variable independiente X_i y C es la constante.

Por otra parte, Berenson, Levine y Goldstein (1983), enuncian cuatro condiciones para el análisis de regresión lineal simple:

- i) Normalidad
- ii) Linealidad
- iii) Independencia
- iv) Homocedasticidad

La primera condición es necesaria tanto para propósitos de inferencia como descriptivos: se considera que para cada X_i fija, la subpoblación de valores Y_i correspondientes, se distribuyen de forma normal con una media $\mu_{y|x}$ y varianza $\sigma_{y|x}$ (Fig. 1). La condición de linealidad, especifica la relación funcional entre las variables X y Y , en la Fig. 1 se aprecia que para cada X_i fija corresponde una $\mu_{y|x}$, con la que se relaciona de forma lineal ($\mu_{y|x} = \beta_0 + \beta_1 X$). En cuanto a la independencia, se establece que los valores observados Y_i correspondientes a un valor X dado, son independientes de los de cualquier otro valor. La homocedasticidad se refiere al valor constante que toma la variabilidad ($\sigma_{y|x}$) alrededor de la línea de regresión (Fig. 1). Es decir un modelo obtenido por regresión debe cumplir que para un valor dado X_i , la subpoblación de valores Y_i independiente,

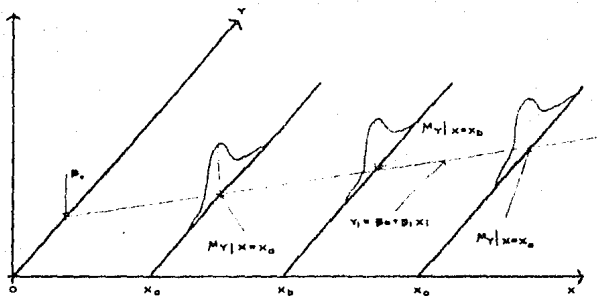


FIG. 1 CONDICIONES PARA UN REGRESION LINEAL SIMPLE.

tenga una distribución normal, cuya media particular μ_{yx} cambie linealmente con X y que la variancia σ_{yx}^2 permanezca constante (Brenson, Levine y Goldstein, 1963).

Conviene mencionar otros aspectos asociados al análisis de regresión. La desviación estándar de la ecuación de regresión lineal o error estándar de estimación, se define como la variación alrededor de la ecuación y se calcula de la siguiente forma:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{N - 2}}$$

Donde Y_i es el valor observado para una X dada y \hat{Y}_i es el valor estimado, el error estándar de estimación se mide en unidades de la variable dependiente y representa la variación promedio de la línea de regresión ajustada.

Por otra parte, la variación total es una medida de la dispersión de los valores observados Y alrededor de su media \bar{Y} . La variación total ó suma total de cuadrados (SST), se calcula a través de:

$$SST = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

La variación total esta formada por dos componentes: la variación explicada ó suma de cuadrados debida a la regresión (la cual es atribuible a la relación entre X y Y, postulada por el modelo) y se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$SSR = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

La segunda componente es conocida como variación no-explicada ó error de la suma de cuadrados:

$$SSE = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

\hat{Y}_i representa las diferencias residuales entre los valores observado y predichos.

Los parámetros anteriores son utilizados para realizar un análisis de varianza (ANOVA), con el cual se comprueba la significancia de la relación lineal. En el caso específico de dos variables, se asocia a la variación total SST, $n-1$ grados de libertad (debido a que son n casos y un parámetro); de forma similar, los grados de libertad para la variación no-explicada es $n-2$ (dos parámetros Y y X). para calcular los grados de libertad de la variación explicada, se usa la siguiente relación:

Variación total = variación explicada + variación no-explicada

Al realizar la sustracción se obtiene:

$$\text{grados de libertad} = (n-1) - (n-2) = 1$$

A partir de las consideraciones anteriores se puede probar la hipótesis nula:

H_0 : $\theta = 0$ (no existe relación lineal)

H_1 : $\theta \neq 0$ (existe una relación lineal significativa)

Para lo cual es necesario calcular la razón F

$$F = \frac{MSR}{MSE}, \quad MSR = \frac{SSR}{1}, \quad MSE = \frac{SSE}{N-2}$$

Al tomar el nivel de significancia α , la hipótesis nula se rechaza si: $F > F_{1-\alpha, 1, n-2}$, donde $F_{1-\alpha, 1, n-2}$ es el valor de F con una significancia α , y con 1 y $n-1$ grados de libertad.

Una vez que se ha desarrollado el modelo por regresión, es recomendable aplicar el método de análisis de residuos, que es la

técnica indicada para evaluar lo adecuado que es un modelo de regresión lineal, para un conjunto de datos. (Curts, 1984)

Los residuales se definen como:

$$\hat{e}_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

Por su parte los residuos estandarizados se calculan con la siguiente fórmula:

$$\hat{e}_i = \hat{e}_i / S$$

Donde S es la desviación estándar de los residuales dada por la ecuación: $S = [\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (N-2)]^{1/2}$

Los residuales estandarizados tienen una media de cero y una desviación unitaria, y se encuentran normalmente e independientemente distribuidos (Chatterjee, 1977). Por lo que cuando el modelo de regresión lineal es el apropiado para describir un conjunto de datos, se puede esperar que el 95% de los residuos estandarizados tiendan a caer en un rango entre los valores $(-2, +2)$ (Curts, 1984).

Varios autores (Berenson, Levine y Goldstein, 1983; Curts, 1984; Chambers et al., 1983; Chatterjee, 1977; Weisberg, 1980) sugieren diversas técnicas para el análisis de residuos, entre estas destacan: graficar los residuos estandarizados contra los valores de la variable independiente, cuando se observa un comportamiento azaroso en esta gráfica puede concluirse que el modelo ajustado es apropiado; esta misma es útil para verificar la condición de homocedasticidad. El graficar los residuales contra los valores estimados, conduce a resultados similares y además es útil para identificar los "casos extremos". Por su

Por lo tanto, la normalidad puede verificarse al construir una distribución de frecuencia y graficar un histograma ó un diagrama de tallo y hoja. Así mismo la condición de independencia se prueba al graficar los residuales en el orden en el cual los datos fueron observados, la ausencia de un patrón en la gráfica indica que la condición se cumple.

La metodología estadística básica puede calificarse de empleo común y de rutina. Dentro del uso de estas herramientas en los sistemas lagunares se puede citar a Gonzalez (1985) quien para definir la productividad primaria de tres lagunas costeras de Guerrero, con base en variables físicas, químicas y ambientales, utilizó los modelos de simulación de Steele (1976) y Smith (1980).

Diversos trabajos (Arredondo et al., 1982; Arredondo et al., 1984; Ponce & Arredondo 1986) han modelado sistemas lacustres y embalses temporales con un enfoque a la acuicultura, para tal fin aplicaron técnicas de correlación y regresión, así como análisis multivariados en base a lo cual se pudo contemplar los efectos separados y combinados; además, el grado de asociación que presentan las variables temperatura, oxígeno, magnesio, transparencia, pH, alcalinidad, conductividad, carbonatos, dureza total, ortofosfatos, nitritos y calcio, que caracterizan a dichos ambientes.

Arredondo (1987), para definir el grado de calidad de tres tipos de fertilizantes empleados en la acuicultura, aplicó a la información obtenida pruebas estadísticas como: medidas de tendencia central y dispersión; análisis de varianza y discriminante. A través de esta metodología identificó las

diferencias y semejanzas del comportamiento entre ciertos parámetros fisicoquímicos; a su vez el discriminante reveló las variables de mayor significancia en el modelo predictivo.

De la Lanza (1981) evaluó la variación espacio-temporal de la materia orgánica, carbohidratos y proteínas del sedimento y su relación con indicadores de la condición diagenética (Fe, Mg, Ca, K y Cu) de la fase sedimentaria de la Laguna Huizache-Campanero; los datos recabados se analizaron a través de pruebas estadísticas (media, desviación estándar, valores máximos y mínimos, análisis de variancia y correlaciones globales, anuales, regionales y por nivel; así mismo desarrolló modelos anuales y un global para definir el comportamiento de la materia orgánica.

El presente trabajo, forma parte del programa de investigación sobre la geoquímica de la Laguna Huizache y Campanero, San, México, y constituye la continuación del empleo de modelos utilizados por de la Lanza (1981). En consecuencia y dado lo anterior, los objetivos de esta contribución son: aplicar las técnicas estadísticas citadas a las variables químicas como: materia orgánica, carbohidratos, ortofosfatos, ácido fulvico, NH_4^+ , Fe, Mg, Mn, K, Ca y geoquímicas como: arena, arcillas, grava, limos, y humedad, muestreadas en abril de 1984 y septiembre de 1985; desarrollar modelos predictivos para la materia orgánica, compararlos, y con base en sus características, así como en los resultados de las distintas técnicas, elegir el modelo que la describe en forma óptima. Para interpretar y predecir sus cambios y su biogeoquímica.

ÁREA DE ESTUDIO

El sistema lagunar Huizache-Caimanero se encuentra localizado entre los 22°N y 105°45'E de la costa del Pacífico Mexicano, en el estado de Sinaloa (Fig. 2).

Presenta un clima con dos estaciones predominantes durante el año: el periodo de lluvias que se inicia durante junio-julio y finaliza en octubre y el estiaje en el cual se pierde aproximadamente el 70% de su volumen (Soto, 1989).

Este sistema está constituido por dos lagunas las cuales se encuentran separadas por un pronunciado angostamiento; la primera de ellas denominada Laguna de Huizache, está situada hacia el NW; tiene una superficie aproximada de 72 Km² y una profundidad promedio de 0.70 m; hacia el SE se ubica la Laguna Caimanero cuya superficie rebasa a la anterior (200 Km²), mientras que su profundidad media es de 2.0 m.

Fluyen al sistema dos ríos: el Río Presidio al NW y el Beluarte al SE. La comunicación entre el sistema lagunar y estos ríos no es directa, se realiza por medio de esteros angostos con amplias llanuras de sedimentación; el sistema se separa del Pacífico por una barrera arenosa conocida como Isla Palmito de la Virgen, la comunicación entre éste y el océano se realiza a través de bocas efímeras, las cuales pueden modificarse durante el año.

Las dimensiones originales de la laguna se han reducido debido al arrastre de sedimentos por parte de los ríos, aunado al material aportado por otros cursos de agua como algunos arroyos que se encuentran al oriente del área. Esto ha provocado que el

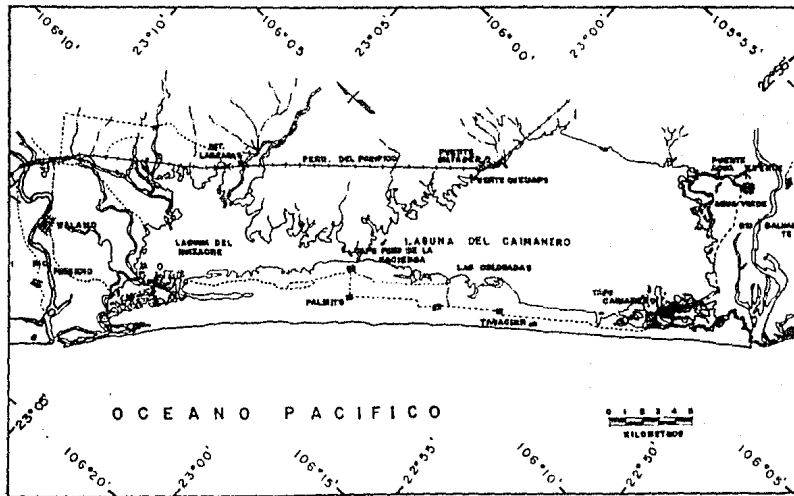


FIG. 2 SISTEMA LAGUNAR HUIZACHE - CAIMANERO, TOFONIMIA

el sistema se encuentre en una etapa de madurez avanzada, como lo señala Ayala-Castañares et al (1970).

La distribución del material sedimentario dentro del área se debe a la dinámica de las corrientes inducidas por el viento, a los cambios de temperatura y a la fluctuación de las aguas durante el año (de la Lanza, 1981).

Según Ayala-Castañares et al (1970), basado en los criterios de Inman y Chamberlain, el sedimento arcilloso es pobremente clasificado, su distribución es generalizada en el área; el limo pobremente clasificado se localiza principalmente en la parte periférica, al NE de la Laguna Caimanero; al norte de la misma se encuentran sedimentos arenosos muy finos y limos gruesos pobremente clasificados.

METODOLOGÍA

Los muestreos de material sedimentario realizados en el sistema lagunar Hutzache-Caimanero, se llevaron a cabo en abril de 1984 y septiembre de 1985, en localidades ubicadas en dos transectos: el primero entre Tapo Caimanero y Mataderos, el segundo de las Coloradas a Mataderos (Fig. 3): estaciones de colecta elegidas por su nivel de humectación durante la época de sequías y lluvias.

Los núcleos de sedimento fueron analizados en el laboratorio de Química y Productividad Acuáticas del Instituto de Biología e incluyeron determinaciones de materia orgánica por el método de ignición a 550°C (Dean, 1974), carbohidratos por el método de Ellman (1972); demanda química de oxígeno (DQO), fosfatos y amonio según Carlberg (1972), el ácido fulvico por el método de Allen (1974). La determinación del potencial de oxidación-reducción (Eh) se realizó electrométricamente. Las estimaciones de Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn) y Potasio (K), se efectuaron a través de fusión con metaborato de Litio y disolución con ácido nítrico al 3%. Los tres primeros elementos fueron estimados por absorción atómica y el último a través de flourometría.

Los análisis estadísticos aplicados a los resultados obtenidos se basaron principalmente en el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences) contenido en la computadora Bournght 107800; considerando medias, desviaciones estándar y valores máximos y mínimos. Con el objeto de detectar la presencia de variación regional, se practicaron las variables

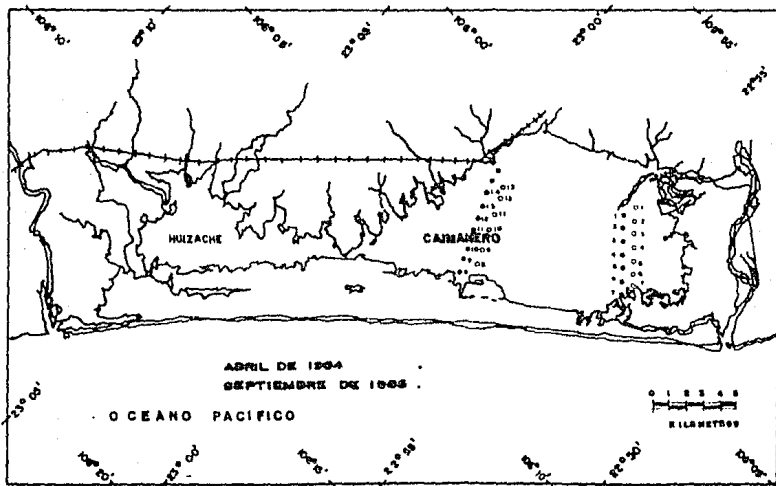


FIG. 3 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA LAGUNA -
HUIZACHE - CAIMANERO , SIN.

en sus distintos niveles de muestreo en función de las localidades, en caso afirmativo se aplicó el análisis de varianza con el fin de confirmar dicha zonación (se consideró como límite inferior un valor de 0.05 en la significancia); y se calculó una vez más la media y la desviación estándar, puntualizando el comportamiento de la variable en dicha área.

En segundo término se calculó el comportamiento en relación de la linealidad de las variables mediante la matriz de correlación de Pearson; para identificar las correlaciones significativas.

Se aplicó la técnica de diagramas de nudos con el objeto de obtener una representación gráfica de las variables correlacionadas. Se desarrollaron modelos predictivos de correlación múltiple para cada año. Para lo cual se usaron los subprogramas REGRESSION y NEW REGRESSION de las versiones SPSS (Nie et al., 1975) y SPSS9 (Hadjar & Nie, 1981) respectivamente; de esta última versión se usaron dos métodos: Backward y Forward. En los modelos se estableció a la materia orgánica como función lineal de las distintas variables, el desarrollo del modelo también incluyó el análisis de residuos, así como el de varianza (ANOVA). Finalmente con base en lo anterior se propone el mejor modelo según los resultados de las distintas técnicas estadísticas.

RESULTADOS Y DISCUSION

GRANULOMETRIA

En abril de 1964, la humedad presentó valores heterogéneos (Tabla 1), con una amplitud de 24.41% a 65.63% y un promedio global de $44.94 \pm 9.99\%$; en la mayoría de las estaciones se observó una tendencia a aumentar el contenido de humedad con la profundidad.

La presencia de grava fue en general muy baja, varió de 0.01% a 16.67%, esta definió dos zonas: una que comprende las estaciones que parten de Tapo Caimanero en dirección a Puente Mataderos (1 a 7), que mostraron un promedio de $0.19 \pm 0.36\%$ (sección denominada A1) y la segunda del transecto que va de las Colonadas a Puente Matadero, área A2 (est. 8 a 14) con $5.46 \pm 3.87\%$. Esta agrupación por secciones fue confirmada por el análisis de varianza, el cual aportó una consistencia de 0.01, además fue similar a la división realizada por de la Lanza (1981) con base en el contenido de materia orgánica (MO) en esta laguna.

La distribución de arena en el sedimento fue heterogénea de 0.36% a 75.81% con un promedio global de $22.70 \pm 19.81\%$, ambos contenidos se localizaron en Tapo Caimanero. Se observó una tendencia generalizada a disminuir con la profundidad; no se registró ningún patrón de distribución por áreas para esta variable.

El elemento más abundante en este año fue la arcilla, en donde el mínimo y máximo se observaron en Tapo Caimanero con 11.09 y 95.47%, respectivamente y el promedio fue $58.19 \pm 23.84\%$; en los distintos niveles mostró una disminución con la

Tabla 1. Variables geoquímicas en abril de 1984, en la Laguna Huizache-Caumanero Sin, Méx.

est	NH ⁺	Hum.	OH	Pu ³	CH ₄	arsén.	arsén.	ars.	Almos	NO	COO	Ca	Pu	Fe	Mg	P.
1	457.0	48.71	1.24	95.4	0.950	0.18	0.69	93.47	3.66	9.80	4.10	2.81	46.75	20.20	39.0	
	502.0	49.42	1.01	145.9	0.325	0.07	0.36	97.30	7.23	8.81	4.34	2.59	43.05	15.50	35.1	
2	767.5	65.63	1.29	107.7	1.025	--	--	--	--	6.55	4.76	0.00	43.38	12.15	35.1	
3	703.7	46.55	1.27	98.7	0.700	0.17	24.30	59.58	15.93	10.50	4.13	4.59	42.51	12.65	42.9	
	706.2	33.57	0.88	102.1	7.215	0.02	56.23	37.71	10.97	11.69	1.61	6.26	33.34	10.03	42.9	
	89.1	25.75	0.80	105.5	0.090	1.32	75.81	15.09	7.75	10.49	1.40	6.93	27.28	7.50	42.9	
4	549.7	50.63	1.31	98.7	0.295	0.11	12.43	81.97	5.47	8.04	2.80	3.60	43.74	12.13	39.0	
	610.9	67.32	1.18	154.9	0.540	0.11	3.97	53.73	4.16	6.12	2.70	3.83	43.82	15.65	35.1	
5	66.0	32.89	0.67	145.9	0.470	--	--	--	--	10.05	3.47	3.70	31.01	8.50	31.2	
	84.2	47.67	1.14	85.3	0.745	--	--	--	--	8.08	3.23	3.46	44.47	13.73	35.1	
6	198.7	40.63	0.92	33.5	0.770	0.01	41.10	40.93	17.94	7.70	2.53	3.65	39.54	10.93	46.8	
	122.3	39.91	0.85	49.3	0.700	0.01	34.22	43.57	22.18	8.62	2.66	4.00	39.42	11.73	42.9	
7	495.7	48.37	1.27	47.1	0.795	0.08	11.83	86.66	1.41	9.94	4.15	4.65	45.79	14.55	27.3	
	389.7	50.77	1.32	101.0	0.830	0.07	15.12	44.37	40.42	3.70	3.78	4.67	49.10	15.30	39.0	
8	595.5	44.04	0.65	86.7	0.905	5.72	39.47	44.28	10.56	7.80	2.17	5.94	35.41	13.00	39.0	
	554.0	45.00	0.64	72.1	0.820	8.61	34.39	37.57	19.47	8.04	2.58	4.22	34.59	12.38	39.0	
9	649.7	56.77	0.89	37.0	1.445	1.03	9.96	86.31	2.68	6.98	3.01	5.39	46.98	19.80	42.9	
	598.4	54.79	1.33	76.3	1.560	2.11	2.08	75.61	2.78	7.18	3.36	3.92	43.01	19.60	35.1	
10	305.5	48.93	1.05	86.3	1.250	3.78	17.36	73.56	6.28	10.98	3.43	3.17	44.01	15.36	35.1	
	871.5	47.78	0.87	61.6	1.485	16.67	10.79	59.79	17.23	19.21	2.94	3.94	38.15	17.85	31.2	
11	777.5	35.78	1.20	81.9	0.485	0.39	10.07	58.91	30.57	11.82	3.15	3.50	45.20	18.65	32.1	
	915.0	50.67	1.24	87.5	1.105	3.81	6.70	87.78	1.70	11.47	2.94	2.37	39.37	18.38	32.1	
	1045.0	46.13	1.03	90.9	0.890	2.69	5.37	91.14	1.48	11.23	3.27	3.34	47.83	18.30	19.5	
	564.0	47.87	0.80	96.5	0.900	10.05	26.56	48.71	14.65	10.98	2.38	3.17	34.07	12.00	23.4	
12	778.5	51.70	0.88	53.8	1.175	7.71	0.73	61.36	30.18	8.38	2.45	6.69	37.68	17.83	23.4	
	692.5	50.69	0.91	85.1	1.015	7.19	2.18	65.73	24.88	9.34	2.63	3.27	38.77	16.40	31.2	
13	779.5	44.65	1.06	23.9	1.195	5.00	17.14	54.34	23.50	10.72	3.08	3.01	44.28	26.70	31.2	
	742.5	45.20	1.05	38.9	1.100	1.96	18.42	49.19	30.41	10.26	3.03	3.05	44.13	26.05	35.1	
14	429.2	24.41	0.48	123.4	0.165	6.66	49.62	23.53	20.17	10.24	1.26	3.91	25.38	7.35	27.3	
	529.2	27.61	0.47	111.1	0.420	6.61	49.79	22.08	21.50	11.18	1.19	3.63	23.81	7.48	23.4	
	536.2	28.73	0.57	98.7	1.055	3.75	45.80	26.20	24.23	10.15	1.40	4.42	26.28	9.20	27.3	

profundidad. Regionalmente no se distinguió ningún patrón. Los limos se distribuyeron heterogéneamente, con un mínimo de 1.40% y un máximo de 40.42%, con un valor medio de $15.63 \pm 10.62\%$; en forma inversa al contenido de arcilla, los limos aumentaron con los niveles más profundos y no se observó patrón de zonación.

En cuanto a lo registrado en septiembre de 1955, el porcentaje de humedad fue más homogéneo que el observado en abril de 1954 (Tabla 2), justificable a la época del año, con una variación de 16.4 a 38.0% y con un promedio de $19.50 \pm 11.11\%$. Esta variable definió la regionalización antes citada: en el transecto de Tapo Carmanero (área A1) el valor medio fue de $12.94 \pm 2.03\%$ y los estratos intermedios se caracterizaron por tener altos contenidos de humedad; en el área A2 (Matadero), la humedad aumentó a $38.03 \pm 9.70\%$, como promedio. El análisis de varianza confirmó la zonación con 0.01 de confiabilidad.

En cuanto a la grava, es importante señalar que nuevamente se observó la regionalización y en el Área A1 (Tapo Carmanero) no se registró grava (Tabla 2). En Fuente Matadero (área A2) el mínimo fue de 0.6%, el máximo de 59.2% y un promedio de $9.43 \pm 13.50\%$, la confiabilidad asociada a este patrón de zonación fue 0.01.

En general el contenido de arena mostró los niveles más altos en este año, con una oscilación de 4.10 a 87.09%; siguiendo el mismo patrón de divisiones en secciones observado para la grava; el Área A1 mostró el $59.73 \pm 9.81\%$ y los estratos intermedios fueron altos; en el Área A2 fueron bajos, con una media de $7.45 \pm 3.05\%$. La confiabilidad para el análisis de

Tabla 7. Variables genotípicas en septiembre de 1965 en la Laguna Huizache-Campanero San. Mexico.

Est.	PH ⁴	Tram.	EH	PO	POO	PO ³	Características				Hijos	
	kg	%	kg	%	kg	%	%	%	%	%	%	%
1	159.5	17.4	111	4.14	0.38	1029	64.6	0.0	13.9	35.5		
	144.8	7.7	350	6.17	0.34	1093	41.1	0.0	31.0	27.6		
	106.7	-1.1	154	5.82	0.37	1050	64.7	0.0	14.2	20.8		
2	164.7	17.0	-119	3.49	0.39	1269	43.6	0.0	25.9	30.5		
	62.7	16.4	101	4.42	0.35	560	58.4	0.0	13.0	28.5		
	11.6	20.5	154	5.79	0.51	1089	38.8	0.0	26.6	24.0		
3	173.8	23.7	301	5.39	0.40	487	50.5	0.0	24.3	25.7		
	152.2	18.6	91	3.39	0.49	616	80.9	0.0	2.3	16.7		
	62.8	19.3	251	3.22	0.44	473	70.1	0.0	8.0	24.3		
4	-	23.4	31	2.84	0.47	365	64.0	0.0	27.0	9.1		
	-	25.0	81	1.89	0.37	387	69.3	0.0	23.2	7.5		
	-	22.1	131	2.19	0.46	394	66.6	0.0	24.2	9.2		
5	299.3	29.2	61	2.15	0.15	298	57.4	0.1	28.0	14.5		
	304.1	20.5	31	2.22	0.44	346	67.0	0.0	25.7	7.4		
	260.7	19.3	201	2.44	0.47	265	60.0	0.0	26.9	13.5		
6	202.8	19.7	271	2.30	0.46	274	60.8	0.0	26.6	12.6		
	57.9	17.4	61	3.99	0.61	440	60.4	0.0	8.3	31.3		
	19.3	20.5	11	4.38	0.66	430	65.4	0.0	6.4	26.3		
7	25.5	18.3	171	3.56	0.51	483	52.9	0.0	32.3	14.8		
	106.2	16.5	154	4.03	0.50	519	71.7	0.0	6.8	31.5		
	36.4	20.5	41	4.01	0.51	357	54.9	0.0	3.1	42.0		
8	67.6	20.5	351	3.84	0.45	355	65.6	0.0	0.0	54.4		
	72.4	19.1	71	4.07	0.50	390	53.7	0.1	3.0	38.0		
	26.0	20.1	-19	4.25	0.51	342	49.9	0.0	7.1	42.9		
9	0.0	27.6	111	6.76	0.63	301	12.9	39.2	33.5	14.4		
	0.0	35.2	431	6.53	0.66	322	8.8	7.1	19.1	24.9		
	0.0	45.8	11	8.82	0.67	355	3.5	4.6	61.4	25.1		
10	0.0	40.1	39	18.0	0.67	344	4.1	0.9	65.7	29.8		
	0.0	37.8	59	7.61	0.66	387	3.6	4.1	64.2	17.1		
	0.0	41.7	59	9.40	0.67	351	5.4	0.6	62.4	34.6		

varianza fue 0.01.

En 1985 las arcillas no fueron abundantes en las localidades seleccionadas; con un ámbito de 0.0 a 65.2% y un promedio de $25.17 \pm 19.97\%$. En consecuencia en el área A1 (Tapo Gaimanero) el promedio correspondiente fue $17.05 \pm 10.62\%$ y se caracterizó por tener estratos intermedios con valores más altos; el Área A2 registró contenidos altos (Tabla 2), de $57.63 \pm 10.97\%$ de promedio.

El porcentaje de limos fue homogéneo, la variación fue de 7.4 a 40.9% y una media de $23.76 \pm 9.8\%$. A diferencia de los anteriores, los limos no se agruparon en ningún patrón de zonación.

Es importante señalar que en abril de 1984 la variable textural dominante fue la arcilla (58.19%), con la tendencia generalizada de las variables a aumentar con la profundidad (Tabla 3), así mismo sin patrones de regionalización, a excepción del encontrado para la grava (Tabla 4). En septiembre de 1985 la arena fue la más representada (59.73%) y la mayoría de las estaciones se caracterizaron por tener estratos intermedios con valores altos (Tabla 5) y en general las variables granulométricas definieron significativamente áreas (Tabla 6), a excepción de los limos.

Tabla 3. Comportamiento de los niveles de muestreo con respecto a la profundidad, en la laguna Huitzache-Caimanero en 1984.

Variable	Incremento de la concentración a la profundidad	Disminución de la concentración con la profundidad	Isóstratos intermedios con mayor concentración	Sin comportamiento definido con la profundidad
Humedad	*			
grava				*
arena		*		
arcillas		*		
limos	*			
MO		*		
CO ₂		*		
Hierro		*		
Manganeso		*		
Magnesio	*			
Potasio		*		
Ca, ful.				*
amonio		*		
NO ₃		*		
fosfatos	*			

Tabla 4. Variables que regionalizan áreas en la Laguna de Huitzache-Caimanero en 1984 (Análisis de varianza).

Variable	Significancia	No delimita
Humedad		*
grava	.01	
arena		*
arcilla		*
limos		*
MO		*
CO ₂	.01	
Fe		*
Mn	.05	
Mg		*
K	.01	
Ca, ful.		*
NH ₄	.01	
NO ₃	.05	
PO ₄		*

Tabla 5. Comportamiento de los niveles de muestreo con respecto a la profundidad, en la Laguna Huizache-Caimanero en 1985.

Variable	Incremento de la concentración	Disminución de la concentración	Indicados con mayor frecuencia	Indicados con la menor frecuencia
Humedad			*	
grava				*
arena			*	
arcillas			*	
limos				*
MO			*	
amonio			*	
NO ₃			*	
fosfatos				*

Tabla 6. Variables que regionalizan áreas en la Laguna de Huizache-Caimanero en 1985 (análisis de variancia).

Variable	Significancia	No delimitada
Humedad	.01	
Grava	.01	
Arena	.01	
Arcillas	.01	
Limos		*
MO	.01	
NO ₃	.01	
NO ₂	.01	
PO ₄		*

MATERIA ORGÁNICA Y CARBOHIDRATOS

El contenido de materia orgánica en los sedimentos muestreados en abril de 1984, a diferencia de los realizados por de la Lanza (1981) en 1975, 1976 y 1977, fue de menor oscilación, con una amplitud de 6.12 a 11.82% y promedio de $9.45 \pm 1.58\%$, las medidas de dispersión confirmaron que la variación de 1984 fue la más baja como a continuación se señala:

Año	% (M) prom.	des. est.	Rango
1975	9.06	3.74	13.24
1976	8.07	2.79	7.85
1977	7.65	1.85	7.80
1984	9.41	1.58	5.70
1985	4.79	2.49	8.11

A nivel regional no fue posible distinguir patrón alguno, contrariamente a lo registrado por de la Lanza (1981), que definió claramente tres zonas, para cada uno de los diferentes años de muestreo.

La variación de los carbohidratos fue de 0.07 a 1.58 mg/g, la media de 0.40 ± 0.38 mg/g. En este muestreo las concentraciones fueron más altas que las estimadas en años anteriores, también se observó una ligera tendencia a disminuir con la profundidad. En el Área de Lago Calmanero denominada Al West. 1 a 7) el promedio fue de 0.60 ± 0.17 mg/g, en Puente Nalcojeros (Área 60) el sedimento mostró niveles de carbohidratos con promedio de 0.57 ± 0.36 mg/g; particularmente esta área fue la de mayor contenido. Es importante señalar que los carbohidratos en este año se agruparon en dos zonas bien definidas, al contrario de lo registrado por de la Lanza (1981).

En septiembre de 1985 la concentración de materia orgánica osciló entre 1.89 y 10.0% con 4.79 ± 2.40 como promedio; el área A1 (est. 1 a 7) presentó $3.77 \pm 1.13\%$ y estratos intermedios con contenidos altos; en el área A2 (est. 9 a 13) el nivel de materia orgánica fue el más alto con un promedio de $8.89 \pm 1.80\%$; la confiabilidad asociada al agrupamiento anterior fue de 0.01.

De acuerdo al análisis de correlación correspondiente a 1984 (Tabla 7), la materia orgánica solo se relacionó con la humedad ($r = -0.586, \alpha < .05$), los carbohidratos con la humedad ($r = 0.615, \alpha < .05$), los fosfatos ($r = -0.509, \alpha < .05$), el hierro ($r = 0.458, \alpha < .05$), el amonio ($r = 0.415, \alpha < .05$), el magnesio ($r = 0.655, \alpha < .05$) y la arena ($r = -0.625, \alpha < .05$).

En el muestreo de 1985 se calcularon mayores correlaciones significativas para la materia orgánica, difiriendo de aquellas encontradas por de la Lanza (1981) en 1975, 1976 y 1977; alcanzando coeficientes mayores y positivos a comparación de 1984 (Tabla 8).

FIERRO

La concentración de Fe en los sedimentos muestreados en abril de 1984, varió de 20.81 a 49.10 mg/g con un promedio de 39.70 ± 7.16 mg/g; la mayoría de las estaciones mostraron a nivel superficial un contenido alto que disminuyó con la profundidad, el promedio para este año fue más bajo que los registrados en 1975 (41.3 ± 9.4 mg/g), 1976 (46.87 ± 11.27 mg/g) y 1977 (46.27 ± 7.4 mg/g) por de la Lanza (1981); regionalmente no fue posible distinguir ningún patrón.

Cabe señalar que el Fe se relacionó linealmente con el Mn en todos los muestreos; en particular en este, el coeficiente de

correlación obtuvo un valor alto ($r = 0.730$, $\alpha < 0.05$); los restantes mas significativos fueron con: humedad ($r = 0.763$, $\alpha < 0.05$), NO_3^- ($r = 0.850$, $\alpha < 0.05$), carbohidratos ($r = 0.453$, $\alpha < 0.05$), arena ($r = -0.798$, $\alpha < 0.05$), arcillas ($r = 0.809$, $\alpha < 0.05$) y demanda química de oxígeno ($r = 0.860$, $\alpha < 0.05$).

MANGANESO

Las concentraciones de Mn en el sedimento del sistema lagunar Huizache-Caimanero, registraron una variación entre 0.47 y 1.03 mg/g, con una media de 0.96 ± 0.25 mg/g. El área A1 (Tapa Caimanero) se caracterizó por la homogeneidad en el contenido y la tendencia a la distribución con respecto a la profundidad, el promedio para esta área fue 1.10 ± 0.19 mg/g; por el contrario en Fuente Mataderos (área A2), los contenidos fueron muy irregulares, sin ninguna tendencia a la profundidad. Las correlaciones mas significativas del Mn fueron con la humedad ($r = 0.632$, $\alpha < 0.05$), la arena ($r = 0.641$, $\alpha < 0.05$), las arcillas ($r = 0.679$, $\alpha < 0.05$) y demanda química de oxígeno ($r = 0.797$, $\alpha < 0.05$); relaciones semejantes a las presentadas por el Fe (Tabla 7).

MAGNESIO

El valor mas bajo registrado para 1984 fue 7.35 mg/g y el mas alto 26.7 mg/g, ambos se localizaron en Fuente Mataderos, la tendencia generalizada fue el aumento de la concentración con la profundidad, el promedio fue 14.71 ± 9.90 mg/g, valor que es aproximadamente seis veces mas alto que los registrados en años anteriores, como en seguida se observa:

Año	Mg. (mg/g)
1975	1.88 ± 0.86
1976	2.38 ± 0.70
1977	2.85 ± 0.54
1984	14.71 ± 4.93

A nivel regional no se distinguió ningún patrón. En cuanto a correlaciones, el Magnesio señaló como las más significativas las obtenidas con los carbohidratos, la arena y el fierro ($r = 0.655$, $\alpha < 0.05$; $r = -0.724$, $\alpha < 0.05$; $r = 0.730$, $\alpha < 0.05$, respectivamente). De forma similar al Fe y al Mn, se cuantificaron relaciones con la humedad ($r = 0.589$, $\alpha < 0.05$), demanda química de oxígeno ($r = 0.587$, $\alpha < 0.05$) y arcillas ($r = 0.556$, $\alpha < 0.05$), como se observa en la Tabla 7.

POTASIO

Esta variable mostró concentraciones entre 19.50 y 46.80 mg/g con una media de 34.78 ± 6.86 mg/g, contenido mayor a los registrados por de la Lanza (1981) en 1975 (24.07 ± 5.47) y 1977 (27.98 ± 6.35).

Los niveles de K en el sedimento diferenciaron dos áreas claramente (confiabilidad 0.01), la A1 (est. 1 a 7) con las concentraciones más altas y homogéneas y promedio de 38.16 ± 5.14 mg/g. El correspondiente a Puente Betaderos (Área A2) fue 31.08 ± 6.21 mg/g. El K se relacionó exclusivamente con el NH ($r = -0.462$, $\alpha < 0.05$) y la grava ($r = -0.487$, $\alpha < 0.05$).

ACIDO FULVICO

Este compuesto fue heterogéneo y varió de 0.0 a 6.93%, con un promedio de $3.93 \pm 1.36\%$; sin una tendencia respecto a la profundidad. Sus correlaciones más significativas fueron con

arcillas ($r = -0.420$, $\alpha < .05$), arena ($r = 0.478$, $\alpha < .05$); y la demanda química de oxígeno ($r = -0.395$, $\alpha < .05$), como se observa en la Tabla 7.

AMONIO

El contenido de NH_4^+ determinado en 1984 varió de 66.0 a 1045.0 $\mu\text{g/g}$, con $573 \pm 256.66 \mu\text{g/g}$ de media global. La concentración en la mayoría de las estaciones y en los diferentes niveles estudiados fue homogénea. En Tapo Carmanero (área A) el promedio fue $410.74 \pm 245.90 \mu\text{g/g}$ y en Fuente Mataderos (área B) fue 705.5 ± 143.0 ; esta división por áreas se confirmó con 0.01 de nivel de confianza.

En 1985 la concentración osciló entre 0.0 y 304.10 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 2) y el promedio registrado fue $76.39 \pm 91.90 \mu\text{g/g}$ aproximadamente seis veces más bajo que en 1984; los niveles intermedios fueron mayores. De forma similar al año anterior este compuesto definió dos áreas: en Tapo Carmanero (est. 1 a 7) con $121.36 \pm 80.46 \mu\text{g/g}$; mientras que en Fuente Mataderos no se detectó su presencia (Tabla 2). Estas diferencias pueden ser explicadas en base a la época del año.

El NH_4^+ fue el que más correlaciones mostró y esto es justificable no solo por sus características químicas sino también por derivar de la materia orgánica, elemento determinante para la diagenesis (Berner, 1980). En 1984 se calcularon las siguientes: carbohidratos ($r = 0.415$, $\alpha < .05$), arena ($r = -0.530$, $\alpha < .05$), arcillas ($r = 0.439$, $\alpha < .05$), K ($r = -0.462$, $\alpha < .05$) y con Mg ($r = 0.505$, $\alpha < .05$). En 1985 con arena ($r = 0.557$, $\alpha < .05$), MO ($r = -0.701$, $\alpha < .05$), PO ($r = 0.560$, $\alpha < .05$), humedad ($r = -0.510$,

$\alpha < .05$), humedad ($r = 0.521$, $\alpha < .05$) y demanda química de oxígeno ($r = -0.489$, $\alpha < .05$).

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

En los transectos muestreados en abril de 1984, la demanda química de oxígeno señaló como valor más bajo $1.19 \text{ mgO}_2/\text{l}$ y el más alto de $4.76 \text{ mgO}_2/\text{l}$. En la mayor parte de las estaciones se observó escasa variación con promedio de $2.90 \pm 0.99 \text{ mgO}_2/\text{l}$. El contenido de DBO delimitó las dos áreas ya citadas: la de Tapo Caimanero (área A1) que se caracterizó por la disminución de la concentración con la profundidad y cuyo promedio fue de $3.27 \pm 0.98 \text{ mgO}_2/\text{l}$; y en el transecto de Puente Matadero (área A2) aumentó en los niveles más profundos; el valor promedio de esta área fue más bajo, de $2.50 \pm 0.70 \text{ mgO}_2/\text{l}$. La confiabilidad para esta división fue de 0.05. La DBO se correlacionó con el Mn ($r = 0.797$, $\alpha < .05$), humedad ($r = .673$, $\alpha < .05$), ácido fulvico ($r = -0.395$, $\alpha < .05$), Fe ($r = 0.860$, $\alpha < .05$) y con el Mg ($r = 0.587$, $\alpha < .05$).

En septiembre de 1985 la DBO en general fue más baja que la correspondiente al año anterior; su ámbito fue de 0.31 a $0.67 \text{ mgO}_2/\text{l}$. Los estratos intermedios registraron niveles más altos y se definió nuevamente el patrón de regionalización (confiabilidad de 0.01), cuyo promedio en el área A1 fue $0.44 \pm 0.10 \text{ mgO}_2/\text{l}$ y en la A2 de $0.66 \pm 0.01 \text{ mgO}_2/\text{l}$.

Por su parte en septiembre de 1985, la DBO se correlacionó con la MO ($r = 0.550$, $\alpha < .05$) y la arcilla ($r = 0.528$, $\alpha < .05$) en forma positiva y con la arena ($r = -0.592$, $\alpha < .05$) y el amonio ($r = -0.489$, $\alpha < .05$) en forma negativa; la primera justificable por que es materia orgánica de fácil oxidación que no se acumula en

los pólos entre grano y grano de arena (Burton & Liz, 1976).

ORTOFOSFATOS

El contenido de Pu_4^{3-} en los muestreos de abril de 1984, osciló de 23.9 a 154.9 $\mu g/g$, con una media de $86.54 \pm 32.66 \mu g/g$ y una tendencia a aumentar con la profundidad; en 1985 los Pu_4^{3-} mostraron un mínimo de 246.0 $\mu g/g$ y un máximo de 1289.0 $\mu g/g$ con $543.47 \pm 298.65 \mu g/g$ como media global; en ambos años no se detectó ningún patrón de zonación.

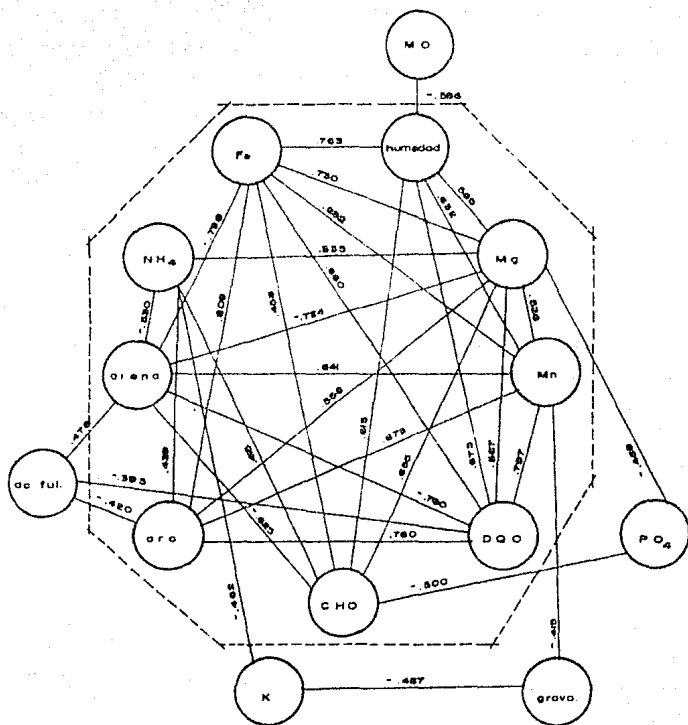
Particularmente para el muestreo de abril de 1984, el contenido de Pu_4^{3-} en el sedimento no mostró ninguna relación con la concentración de otros componentes aquí analizados, a excepción de los carbohidratos ($r = -0.500$, $\alpha(0.05)$) y el Na ($r = -0.469$, $\alpha(0.05)$); y para el de septiembre de 1985 se calculó un coeficiente significativo entre los Pu_4^{3-} y NO ($r = -0.418$, $\alpha(0.05)$); esto puede señalar que el origen de los fosfatos es de procedencia inorgánica (de la Lanza, comunicación personal).

De lo expuesto anteriormente, se concluye que el comportamiento de las variables en ambos años fue distinto, atribuible a las diferentes épocas en que se realizaron los muestreos. En 1984 las variables que definieron patrones de zonación fueron: grava, CH_0 , Mn , K , NH_4^+ y DBO (Tabla 4), en este mismo muestreo los niveles superficiales mostraron una concentración alta que disminuyó al aumentar la profundidad (Tabla 3). Para 1985, la humedad, la grava, la arena, las arcillas, la MO , el NH_4^+ y la DBO se agruparon en las dos zonas ya citadas (Tabla 6), por su parte los contenidos intermedios fueron los más altos como se observa en la Tabla 5.

DIAGRAMAS DE NUDOS

A continuación se analizan las interrelaciones de las variables químicas y granulométricas a través de diagramas de nudos, tanto para abril de 1984 como para septiembre de 1985.

Las correlaciones significativas del primer muestreo representadas mediante un diagrama de nudos (Fig. 4), indicaron que la mayor parte de los parámetros definen un grupo (dentro de la línea punteada), el cual incluye elementos que están relacionados con el proceso de diagénesis de la fase sedimentaria como son: humedad, demanda química de oxígeno, arcillas, arena, Magnesio, Manganeso, Hierro, carbohidratos y amonio. En la misma figura se aprecia que la relación entre el Manganeso, el Magnesio, el Hierro y el Amonio con las arcillas es directa, la mayor cantidad de estos elementos registrados en la arcilla, se debe a las propiedades que ésta posee como son: compactación, compacción, paro de agua, capacidad de floculación y mayor retención de Mn . Así mismo los coeficientes positivos del Fe, Mg, y Mn con la Demanda Química de Oxígeno, reflejan la relación con la MO de fácil oxidación. Por otra parte de la Lanza (1981) señala: "Los compuestos orgánicos y minerales del sedimento forman un sistema heterogéneo; la materia orgánica es la principal fuente de energía en este sistema y los agentes biológicos son el factor determinante del estado diagénético". Sin embargo como se aprecia en la figura 4, la Materia Orgánica solo se correlacionó con la humedad ($r = -0.523$, $\alpha < 0.05$) y se encuentra fuera del grupo, lo cual es atribuible a la época de sequía en que se realizó el muestreo, y que de la Lanza (1981)



considera que en esta época la MO se encuentra en un estado más avanzado de descomposición.

En la parte externa del grupo se localiza el ácido fúlvico relacionado con la arena ($r=0.478$); con la arcilla ($r=0.426$) y con la P00 ($r=0.395$). el coeficiente negativo asociado a esta última variable puede señalar el carácter refractario de esta sustancia húmica. También fuera del grupo se encuentran el Potasio relacionado con la grava ($r=0.487$) y amonio ($r=0.492$); por su parte los ortofosfatos lo hacen con el Magnesio ($r=0.469$) y con los carbohidratos ($r=0.506$).

En la Figura 5 se observa el diagrama de nudos correspondiente al muestreo de septiembre de 1985, en el se aprecia que el amonio, la MO, la Humedad, las Arcillas, la Arena y la P00 definen un grupo (línea punteada), todos ellos están relacionados con el proceso de descomposición de la Materia Orgánica; esta, a diferencia de 1984 (período de sequía) se encuentra incluida en el grupo y presenta varias correlaciones que indican un estado distinto en el proceso antes mencionado. El coeficiente negativo con el amonio y positivo con la P00, pueden posiblemente deberse también a la época de lluvias.

Por fuera del grupo se encuentran la grava y los limos, cabe señalar que de forma similar en los dos años los ortofosfatos se definen en la parte externa, lo cual hace pensar en que forma parte incluso de otros compuestos no considerados.

Los diagramas analizados representan dos procesos diferentes, asociados a las distintas épocas en que se realizó el muestreo, lo cual también incide en el distinto comportamiento de la materia orgánica para las épocas de sequía y lluvias.

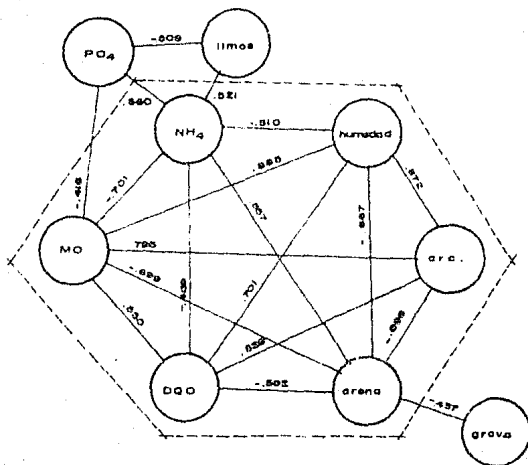


FIG. 5 DIAGRAMA DE HUDOS PARA LA CORRELACIONES LINEALES SIGNIFICATIVAS (.05) ENTRE LAS VARIABLES QUIMICAS MUESTRADAS EN LA LAGUNA HUIZACHE-CAMANERO DURANTE SEPTIEMBRE DE 1965.

MODELOS PREDICTIVOS

El modelo predictivo de correlación múltiple (versión SPSS) para la materia orgánica en 1984 mostró un coeficiente alto ($r = 0.9215$) con un porcentaje amplio de variación explicada ($r^2 = 0.8491$), como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Características del modelo predictivo de correlación Múltiple correspondiente a abril de 1984 (versión SPSS).

y	variable	pendiente	pendiente estandarizada	% de variación explicado por el modelo
1	Amonio	0.0026	0.3663	84.91 %
2	humedad	-0.1592	-0.9739	
3	Manganeso	2.9856	0.4980	
4	Fosfatos	0.0055	0.1152	
5	carbohidratos	0.2091	0.0519	
6	grava	0.7330	1.9241	
7	arena	0.6630	8.4573	
8	arcillas	0.6371	9.8426	
9	limos	0.6327	4.3553	
10	Potasio	-0.0315	-0.1471	
11	D00	0.6066	0.3495	
12	ac. fulvico	-0.2100	-0.1633	
13	Hierro	-0.0151	-0.0711	
14	Magnesio	0.4820	0.1565	
-	constante	-52.8738		
	r múltiple	0.9215		
	error estándar	0.8639		

Cabe señalar que con este método la materia orgánica queda definida como función de catorce variables; la ecuación adopta la siguiente forma:

$$NO = -52.8738 + 0.0026 Y_1 - 0.1592 Y_2 + 2.9856 Y_3 + 0.0055 Y_4 + 0.2091 Y_5 + 0.7330 Y_6 + 0.6630 Y_7 + 0.6371 Y_8 + 0.6327 Y_9 - 0.0315 Y_{10} + 0.6066 Y_{11} - 0.2100 Y_{12} - 0.0151 Y_{13} + 0.4820 Y_{14}$$

El modelo con coeficientes estandarizados (constante igual a cero) es el siguiente:

$$MO = 0.3869 Y1 + 0.9739 Y2 + 0.4989 Y3 + 0.1152 Y4 + 0.0519 Y5 + 1.9241 Y6 + 8.4573 Y7 + 9.8426 Y8 + 4.3553 Y9 - 0.1471 Y10 + 0.3495 Y11 - 0.1633 Y12 - 0.0711 Y13 + 0.1565 Y14$$

El análisis de varianza (tabla 10) da como resultado un valor de $F=5.22508$ con 14 y 13 grados de libertad, el cual es significativo a un nivel de confianza de .01, con base en lo anterior se puede aceptar la hipótesis alternativa; es decir, existe una relación lineal entre la materia orgánica y las variables correspondientes.

Tabla 10. Analisis de varianza para el modelo predictivo (versión SPSS) correspondiente al muestreo de abril de 1984.

grados/libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F
14	SSR=54.59352	MOR=3.97354	5.22508
13	SSE=9.70206	MSE=0.74631	

Por otra parte el análisis de residuales indica que los valores se distribuyen al azar, sin un patrón definido (Fig. 6), lo cual sugiere que el modelo de regresión lineal es adecuado para el conjunto de datos.

En lo que respecta al modelo calculado por el método Forward con la versión SPSS9, éste obtuvo una significancia menor ($r = 0.8569$), con una variación que disminuyó ($r^2 = 73.42\%$); sin embargo sólo con tres variables se alcanzó una alta predicción de la materia orgánica como a continuación se observa:

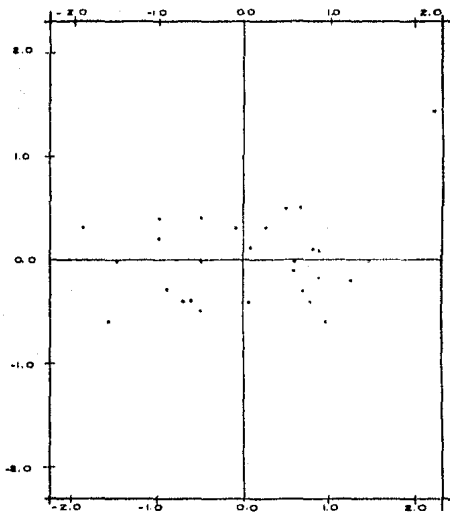


FIG. 8 ANALISIS DE RESIDUALES ESTANDARIZADOS PARA LA CORRELACION MULTIPLE (VERSION SPSS) CORRESPONDIENTE AL MUESTREO DE ABRIL DE 1994.

Y.	variable	pendiente	pendiente estandarizada	% de variación explicado por la variable
2	humedad	-0.1750	-1.0705	27.38
1	amonio	0.0042	0.6210	33.26
11	DOO	0.8337	0.4833	12.78
	constante	12.4609		-----
	r mult.	0.8569		73.42
	r ²	0.7342		
	error est.	0.6438		

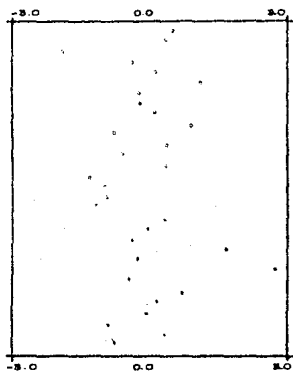
Esta característica confiere al presente modelo una ventaja con respecto al anterior: su manejo es más sencillo debido a que sólo se evalúan tres variables, siendo su fórmula:

$$MO = 12.4609 + 0.0042 Y_1 - 1.0705 Y_2 + 0.4833 Y_{11}$$

que, con coeficientes estandarizados adopta, la siguiente forma:

$$MO = 0.6210 Y_1 - 1.0705 Y_2 + 0.4833 Y_{11}$$

Cabe señalar que el amonio fue la variable con mayor participación en la variación explicada de la materia orgánica, con un 33.26%, particularmente ésta fue la variable con mayor número de correlaciones significativas; la humedad también aportó una significancia importante en el modelo (27.38%). El valor de F obtenido en el análisis de variancia (Tabla 11), fue de F=27.10060 con 3 y 24 grados de libertad, a su vez la significancia fue de 0.0000, con base en lo anterior, se acepta que la relación lineal entre la MO y las demás variables es significativa. Al graficar los residuales contra la secuencia en que fueron observados (Fig. 7), no se definió ningún patrón, por lo que se puede suponer que el modelo es adecuado y se cumple la condición de independencia, por su parte la distribución de frecuencia de los residuos fue normal (Fig. 12).



MO.	PRED	RESID
9.80	9.370	0.430
9.81	9.552	0.259
8.55	8.177	-1.627
10.50	10.606	-0.348
11.09	10.889	0.201
10.49	9.502	0.989
8.04	8.247	-0.207
8.12	8.964	-0.844
10.08	9.092	0.158
8.08	7.180	0.899
7.70	9.254	-0.634
8.62	8.219	0.401
8.04	8.052	-0.498
8.70	8.378	0.324
7.80	9.043	-1.264
8.04	8.860	-0.829
8.80	7.787	-0.787
7.18	8.192	-1.012
10.98	10.400	0.298
10.21	10.200	0.001
11.62	12.031	-0.411
11.47	9.990	1.020
11.28	11.437	-0.177
10.98	8.428	2.541
8.38	8.722	-0.348
8.34	8.672	0.649
10.72	10.409	0.231
10.26	10.239	0.021
10.24	11.040	-0.800
11.18	10.839	0.340
10.18	10.849	-0.699

FIG. 7 ANALISIS DE RESIDUALES PARA LA CORRELACION MULTIPLE DESARROLLADA CON EL METODO FORWARD VERSION (SPSS), CORRESPONDIENTE AL MUESTREO DE ABRIL DE 1984-HUIZAOHUE-CAIMANERO

Tabla 11. Análisis de varianza para el modelo (versión SPSS9, método Forward) correspondiente al muestreo de abril de 1984.

grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F
3	SSR=47.20739	MSR=15.73580	22.10060
24	SSE=17.06818	MSE=0.71201	1SF=0.0000

El tercer modelo (versión SPSS9, método Backward) desarrolló una fórmula semejante al antes expuesto, tanto en la variación explicada, como en el coeficiente de correlación (72.61% y $r=0.8525$ respectivamente), el número de variables que definen el modelo aumentó (4), como a continuación se señala:

i	Variable	Pendiente	Pendiente estandarizada	% de variación explicado por el modelo
2	Humedad	-0.1662	-1.0166	72.61 %
12	ac. fulvico	-0.3016	-0.2345	
1	Amonio	0.0036	0.5323	
13	Hierro	0.0695	0.3273	
--	constante	13.2532	-----	
r mult.		0.8525		
error est.		0.8741		

La ecuación correspondiente es:

$$M0 = 13.2532 + 0.0036 Y1 - 0.1662 Y2 - 0.3016 Y12 + 0.0695 Y13$$

la versión estandarizada es:

$$M0 = 0.5323 Y1 - 1.0166 Y2 - 0.2345 Y12 + 0.3273 Y13$$

Como se puede observar, en este modelo nuevamente el amonio y la humedad participan en la definición del modelo, difiriendo las restantes variables (ac. fulvico y Hierro) de aquellas del modelo por el método Forward. El análisis de varianza (tabla 12)

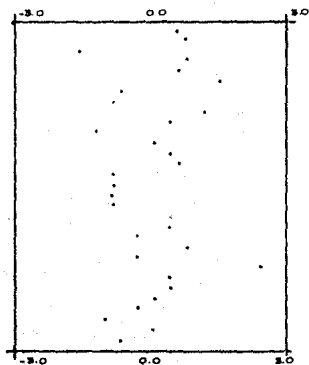
muestra un valor de $F=10.29621$ con 4 y 23 grados de libertad, la significancia asociada es de 0.0000, por consiguiente la relación lineal es significativa. La distribución de frecuencia de los residuales, se comportó de forma normal (Fig. 12), por su parte al graficar los residuales en secuencia (Fig. 8), se observó un comportamiento al azar, que confirma el buen ajuste del modelo, así como la condición de independencia.

Tabla 12. Análisis de varianza del modelo (versión SPSS9, método Backward) de correlación lineal para abril de 1984.

grados/libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F
4	SSE=46.72448	MSE=11.68112	15.09621
23	SSE=17.97109	MSE=0.76396	1SE=0.0000

Para 1984 el modelo calculado a través del método Forward es el que definió con precisión y menor número de variables a la materia orgánica, los valores de r y r^2 fueron más altos (comparados con el método backward), aunado a lo anterior el error estandar de estimación fue el mas bajo (0.8438), por lo que siguiendo el criterio sugerido por Curts (1984), éste podría considerarse el modelo óptimo para describir a la materia orgánica de la fase sedimentaria.

Para 1985 el modelo de correlación múltiple (versión SPSS) contempla las siguientes características:



MO	PRED.	RESID.
9.80	9.197	0.603
9.81	9.004	0.799
9.83	9.159	-1.329
10.80	9.716	0.784
11.09	10.819	0.471
10.49	9.038	1.451
9.04	9.095	-0.055
9.12	9.242	-0.122
10.05	9.084	0.966
9.08	7.878	0.408
7.70	9.880	-1.180
9.62	9.591	0.028
9.04	9.764	0.275
9.70	9.815	0.484
7.80	9.737	-0.937
9.04	9.891	-0.851
9.98	7.788	-0.805
7.18	9.008	-0.918
10.98	10.575	0.404
10.21	9.898	0.312
11.82	12.178	-0.358
11.47	10.807	0.612
11.89	11.647	-0.747
10.99	9.729	2.260
9.53	9.065	0.414
9.34	9.019	0.321
10.790	10.790	-0.075
10.26	10.048	-0.269
10.24	11.232	-1.092
11.18	11.120	0.059
10.18	10.892	-0.742

FIG. 8 ANALISIS DE RESIDUALES PARA LA CORRELACION MULTIPLE, DESARROLLADA POR EL METODO BACKWARD (VERSION SPSS 9) CORRESPONDIENTE AL MUESTREO DE 1984.

Y	Variable	Pendiente	Pendiente estandarizada	% de variación explicada por el modelo
1	Alcorno	-0.0057	-0.2222	94.60 %
2	Humedad	0.1577	0.8635	
3	Eh	0.0022	0.1154	
4	Limos	0.0663	0.2491	
5	OOO	1.4184	0.0688	
6	Fosfatos	0.2035	0.2676	
7	arena	0.0274	0.2729	
8	Grava	0.1519	0.1670	
9	arcilla	0.0564	0.4971	
	constante	-4.6664		
	r mult.	0.9726		
	error est.	0.7014		

El modelo incluye diez variables y la correlación alcanza una significancia bastante alta ($r=0.9726$), y la variación explicada por esta relación alcanza el 94.60%; la ecuación obtenida es:

$$M0 = -4.6664 + 0.0057 Y1 + 0.1577 Y2 + 0.0022 Y3 + 0.0663 Y4 + 1.4184 Y5 + 0.2035 Y6 + 0.0274 Y7 + 0.0519 Y8 + 0.0564 Y9$$

el modelo con pendientes estandarizadas tiene la siguiente forma:

$$M0 = -0.2222 Y1 + 0.8635 Y2 + 0.1154 Y3 + 0.2491 Y4 + 0.0688 Y5 + 0.2676 Y6 + 0.2729 Y7 + 0.1670 Y8 + 0.4971 Y9$$

Al realizar el análisis de varianza se encontró un valor de $F=28.02565$ con 10 y 16 grados de libertad, que es significativo a un nivel de confianza de .01. como en seguida se observa:

grados/libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F
10	SSR=137.87750	MSR=13.78775	28.02565
16	SSE=7.87150	MSE=0.49194	

Con base en lo anterior se rechaza la hipótesis nula y se acepta la existencia de una relación lineal significativa. El análisis de residuales indica que estos no conforman ningún patrón (Fig. 9) y se distribuyen de forma normal (Fig 12), lo cual es indicativo de que el modelo de regresión múltiple se ajusta bien a los datos.

Como era de esperarse el modelo desarrollado con la versión SPSS9 (método Forward), incluye solo las variables con mayor significancia, por lo que el número de estas nuevamente se ve reducido como en seguida se observa:

Y	Variable	Pendiente	Pendiente estandarizada	% de variación explicada por la variable
7	Arena	-0.0283	-0.2820	80.83
1	Amonio	-0.0066	-0.2545	5.80
2	Humedad	0.1612	0.5757	1.96
5	Fosfatos	0.0016	0.2082	3.57
	constante	2.3960		-----
	r mult.	0.9482		92.16
	r ²	0.9316		
	error est.	0.75981		

Las ecuaciones correspondientes son:

$$MO = 2.39 - 0.0066 Y1 + 0.1612 Y2 + 0.0016 Y6 - 0.0283 Y7$$

para el caso con pendientes estandarizadas:

$$MO = -0.2545 Y1 + 0.5757 Y2 + 0.2082 Y6 - 0.2820 Y7$$

Las fórmulas anteriores incluyen solo cuatro parámetros, sin embargo el coeficiente de correlación lineal múltiple tiene un valor alto (r=0.9482), y explica el modelo en un 92.16%. La arena es la variable que participa con el porcentaje mayor (80.83%), le siguen el Amonio con 5.80%, los fosfatos con 3.57% y

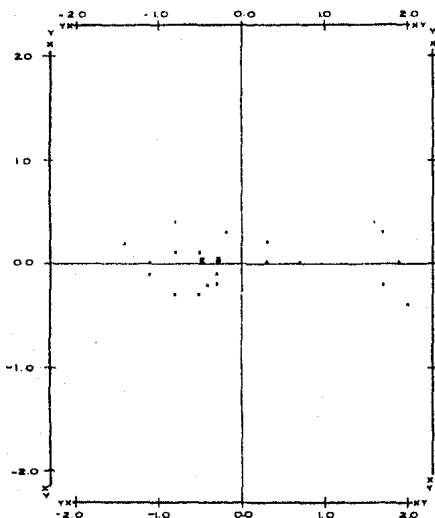


FIG. 9 ANALISIS DE RESIDUALES ESTANDARIZADOS PARA LA CORRELACION MULTIPLE (VERSION SPSS), CORRESPONDIENTE AL MUESTREO DE SEPTIEMBRE DE 1988.

con la menor participación se encuentra la humedad, la disminución del amonio y la humedad en su participación en el modelo (con respecto al año anterior), puede ser explicada con base en la época del año. En tanto la correlación lineal múltiple es significativa como se observa en la Tabla 13. Los residuales se distribuyeron normalmente (Fig. 12), al graficarse en secuencia su comportamiento fue aleatorio (Fig. 10), por lo que se confirmó la condición de independencia, así como el buen funcionamiento del modelo.

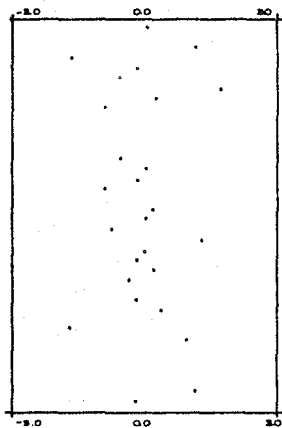
Tabla 13. Análisis de varianza para el modelo de correlación (versión SPSS9, método forward) para septiembre de 1985 en Huizache-Caimanero.

grados/libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F
3	SSR=131.03417	MSR=43.67939	68.29159
23	SSE=14.71083	MSE=0.63960	1SF=0.0000

Por otra parte en el tercer modelo de 1985 (versión SPSS9, método backward) las variables con participación significativa también son cuatro como en seguida se observa:

i	Variable	Pendiente	pendiente estandarizada	% de variación explicado por el modelo
2	Humedad	0.2335	0.8341	92.85 %
3	En	0.0019	0.0990	
6	Fosfatos	0.0020	0.2563	
1	Amonio	-0.0074	-0.2860	
	constante	-1.0129		
	r mult.	0.9656		
	error est.	0.6681		

De manera similar al modelo anterior (Forward), en éste también participan la humedad, los ortofosfatos y el amonio en la definición del modelo. En este caso, se estima que en septiembre



MO.	PRED.	RESID.
4.14	4.190	-0.050
5.12	5.120	1.008
5.82	5.034	0.786
5.88	5.122	-1.182
4.42	4.422	-0.072
5.78	5.243	-0.452
2.22	4.250	1.140
3.38	3.208	0.184
3.22	3.202	-0.022
2.150	2.022	0.578
2.22	2.192	0.027
2.44	2.517	-0.071
2.24	2.925	-0.618
5.88	5.820	0.108
4.22	4.306	-0.016
1.50	4.112	-0.582
4.02	3.144	0.886
4.01	4.039	-0.029
2.24	2.922	-0.022
4.07	2.542	0.121
4.22	4.574	-0.324
5.72	5.242	-0.122
6.32	6.222	0.202
9.82	10.077	-1.257
10.00	9.220	0.719
9.21	9.244	0.242
9.40	9.212	-0.112

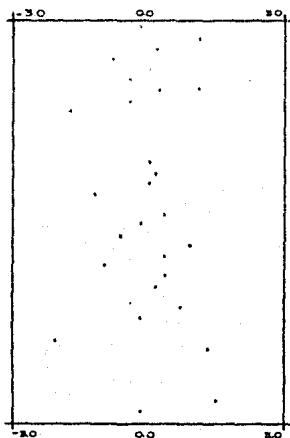
FIG. 10 ANALISIS DE RESIDUALES PARA EL MODELO DESARROLLADO CON EL METODO FORWARD (VERSION SPSS 9), PARA EL MUESTREO DE SEPTIEMBRE DE 1985 EN LA LAGUNA HUZACHE-GAMANERO.

de 1985 el modelo Backward supera al modelo desarrollado con el método Forward en los valores de r y r^2 , el error estándar de estimación (0.6881) para este caso es el más bajo. Así mismo la relación lineal es significativa como se observa en el análisis de varianza (Tabla 14). Por su parte el comportamiento de los residuos es azaroso (Fig. 11) y su distribución es normal (Fig. 12), por lo que tomando como base los criterios usados para los modelos de abril de 1984, se considera a este como el modelo óptimo para septiembre de 1985.

Tabla 14. Análisis de varianza para el modelo predictivo (versión SPSS9, método backward) correspondiente a septiembre de 1985.

grados/libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F
4	SSR=137.03215	MSE=33.83304	F=71.45412
22	SSE=10.41687	MSE=0.47349	tSE=1.0000

De lo expuesto en párrafos anteriores, se observa una variación estacional en los modelos, a excepción del Amonio y la humedad, las variables que definen el modelo cambian con el año. lo anterior confirma la variabilidad temporal con cambios en las variables físicas, químicas y biológicas y la diversidad de aportes de cada uno de ellas.



MO.	PRED.	RESID.
4.140	4.239	-0.099
4.120	5.241	0.880
3.820	5.517	0.203
3.990	4.506	0.515
4.420	4.418	0.004
5.790	6.090	-0.300
5.990	4.513	0.976
3.390	3.720	-0.253
3.220	4.417	-1.197
1.890		
2.150	2.192	-0.042
2.250	2.069	0.180
2.440	2.461	-0.021
2.240	3.150	-0.799
3.900	5.691	0.259
4.380	4.490	-0.109
3.560	3.963	-0.403
4.030	3.349	0.681
4.610	3.706	0.223
5.340	4.641	-0.701
4.070	3.804	0.266
4.250	4.108	0.144
8.780	8.823	0.556
8.580	8.631	-0.101
8.820	10.389	-1.569
10.000	9.092	0.907
9.610	8.976	1.133
9.400	9.517	-0.117

FIG. 1) ANALISIS DE RESIDUALES PARA EL MODELO DESARROLLADO CON EL METODO BACKWARD (VERSION SPSS), PARA EL MUESTREO DE SEPTIEMBRE DE 1988 EN LA LAGUNA HUZACHE-CAMANERO

f int.

1	3.00	*
0	2.00	
0	2.33	
0	2.00	
1	1.00	*
1	1.33	*
1	1.00	*
2	0.00	**
2	0.33	*****
2	0.00	**
2	0.33	*****
2	0.00	**
2	-1.00	**
2	-1.33	**
0	-1.00	*
1	-2.00	*
0	-2.33	
0	-2.00	
0	-3.00	

f int.

0	3.00	
1	2.00	*
0	2.33	
0	2.00	
1	-1.00	*
0	1.33	
3	1.00	**
4	0.00	****
6	0.33	*****
3	0.00	**
3	-0.33	**
1	-0.00	*
0	-1.00	**
2	-1.33	**
1	-1.00	*
0	-2.00	
0	-2.33	
0	-2.00	
0	-3.00	

a) METODO FORWARD, ABRIL DE 1954

b) METODO BACKWARD, ABRIL DE 1954

FIG. 12 HISTOGRAMAS DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE LOS RESIDUALES

f int.

0	3.00	
0	2.00	
0	2.33	
0	2.00	
2	1.00	**
3	1.33	**
1	1.00	*
0	0.00	
3	0.33	**
2	0.00	**
2	-0.33	**
2	-0.00	**
3	-1.00	**
0	-1.33	
1	-1.00	*
1	-2.00	*
0	-2.33	
0	-2.00	
0	-3.00	

f int.

0	3.00	
0	2.00	
0	2.33	
0	2.00	
1	1.00	*
3	1.33	**
1	1.00	*
1	0.00	*
6	0.33	*****
6	0.00	*****
3	-0.33	**
2	-0.00	**
2	-1.00	*
0	-1.33	
1	-1.00	*
0	-2.00	
1	-2.33	*
0	-2.00	
0	-3.00	

c) METODO FORWARD, SEPTIEMBRE DE 1955

d) METODO BACKWARD, SEPTIEMBRE DE 1955

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES

En el periodo de estiaje de 1984 los variables que registraron una mayor variación fueron la arena y las lias, en la mayoría de los niveles superficiales las concentraciones fueron altas con disminuciones con la profundidad. En el de lluvias de 1985 fueron: amonio, ortofosfatos, Eh, grava y arcilla con los estratos intermedios de mayor contenido.

En el primer muestreo (abril de 1984) la humedad, carbohidratos, Manganeso, Potasio, amonio, y demanda química de oxígeno, delimitaron dos secciones (Tupo Cañonero y Fuente Matadero) bien definidas, corroboradas por el análisis de variante en el menos un 95%. En 1985 se registró la variación espacial para la humedad, grava, arena, arcillas, materia orgánica, amonio y demanda química de oxígeno. Esta diferencia no solo puede ser estacional sino interanual.

Los diagramas de nudos incluyeron a las variables en dos grupos, que representan dos procesos distintos. En abril de 1984 (época de sequías) los parámetros agrupados (Fe, Mg, Mn, DDO, CHO, NH_4^+ , arena arcilla y humedad) están asociados con el proceso de la temporada de sequías en donde la materia orgánica se encuentra en un estado distinto incluso de mayor concentración: en comparación con septiembre de 1985 (temporada de lluvias) donde se incluyen variables relacionadas directamente con la materia orgánica (NH_4^+ , DDO, arcillas, arena y humedad).

Para la época de sequías (abril de 1984) el modelo que describe con mayor significancia, error de estándar de estimación mas bajo y menor número de variables a la materia orgánica, fue

el desarrollado con el método Forward (versión SPSS9), que obtuvo un coeficiente de correlación alto ($r=0.8569$), una proporción explicada del 73.42% y un error estándar de 0.8438, siendo este:

$$MO = 12.4609 Y1 + 0.0042 Y1 - 1.0705 Y2 + 0.4833 Y11$$

El modelo óptimo para la MO en la época de lluvias (septiembre de 1985) fue el calculado con el método Backward (versión SPSS9), con una significancia de 0.9636, una variación explicada de 92.85% y un error estándar de estimación de 0.6881, correspondiendo a :

$$MO = -1.0129 - 0.0074 Y1 + 0.2335 Y2 + 0.0219 Y3 + 0.0020 Y6;$$

En ambos casos el análisis de residuales no mostro ningún patrón y su distribución fue normal, lo cual indica que los modelos se ajustan bien a los conjuntos de datos y se cumplen las condiciones necesarias para una regresión lineal.

LITERATURA CITADA

- Allen, S.E., 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Sci. Pub. Oxford, 565 p.
- Arredondo, F.J.L., A. Hernandez, R.M. Ochoa y P.J. Ponce, 1982. Aplicaciones de técnicas de análisis multivariado en el estudio de embalses temporales. Comunicaciones técnicas. LINASS, UNAM, serie naranja, 300, 60 p.
- Arredondo, F.J.L., V.G. MacIntosh, U.A. Linas, 1984. Analisis de componentes principales de cúmulos de datos limnológicos, en el Lago de Michoacán. Puebla, Biotica 9(1):23-39
- Arredondo, J.L., 1987. Policultivo experimental de ciprinidos asiáticos en México Puebla, Biotica 9(1):23-39
- Arredondo, J.L., 1987. Policultivo experimental de ciprinidos asiáticos en México (tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, 93 p.)
- Ayala-Castañares, A., M. Gutierrez y V.M. Malpica, 1970. Informe final de los estudios de Geología Marina, en las regiones de Yavaros, Son. Huizache-Caimanero, Sin. y Agriobampo, Sin., durante la primera etapa en los planes piloto de Escuinapa y Yavaros. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México y Secretaría de Recursos Hidráulicos 1-191
- Berenson, M.L., Levine, D.M., & Goldstein, M. 1983. Intermediate statistical methods and applications. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 203-243
- Berner, R.A., 1980. Early Diagenesis, a theoretical approach. Princeton University Press, New Jersey, 241 p.
- Burton, J.S. y P.S. Liss, 1976. Estuarine Chemistry. Academic Press, New York, 229 p.

- Calberg. S.R., 1972. New Baltic Manual. IUES. Coop. Res. Report, Series A. 29.
- Curtis, G.J. 1984. Introducción al análisis de residuos en biología. *Biótica*, 9 (3), 271-278
- Chambers, J.M., Cleveland, W.S., Kleiner, B. & Tukey, P.A., 1983. Graphical methods for data analysis. Belmont, C.A Wads-Worth International Group, 243-257
- Chatterjee, S., & Price, B., 1977. Regression analysis by example. New York N.Y. John Wiley and Sons, 1-50
- Dean, N.E.Jr., 1974. Determinación de carbonato and organic matter in calcareous sediments rocks by loss on ignition: comparison whit others methods. *J. Petrology* 44(1):242-248
- De la Lanza, G., 1981. Importancia de la materia orgánica en los sedimentos de la Laguna Buzache-Campanero, Sim., México. (tesis Doctoral). (Oceanogr. Biol. Pesquera) CCH, UNAM, México:93 p.
- Ellman, E.L., 1971. The Biuret reactions: Changes in the ultraviolet absorption spectra and its applications of peptide bonds. *Anal. Biochem.*, 3:40-48
- Gonzalez, J.L., 1985. Simulación matemática de la productividad primaria en tres lagunas costeras del Edo. de Guerrero, México, tesis, Univ. Nal. Autón. México, 75 p.
- Hadlai, H.C. y N.H. Nie, 1981. SPSS update 7-9: new procedures and facilities for releases 7-9 Ed. Mc Graw-Hill New York. 402 p.
- Ipsen, J. y P. Feigl, 1970. Bancroft's introduction to Biostatistics, Harper-Row, New York, 200 p.

- Levin, J., 1977. Fundamentos de Estadística en la investigación social. Haria, México. 229 p.
- Nie, N.H., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner y D.H. Bent, 1975. *SPSS: Statistical Package for the Social Sciences*, 2nd. ed. Ed. Mc Graw-Hill, New York. 675 p.
- Nie, N.H., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner y D.H. Bent, 1975. *SPSS: Statistical Package for the Social Sciences*, 2nd. ed. Ed. Mc Graw-Hill, New York. 675 p.
- Ponce, F.F. y F.J.L. Arredondo, 1986. Aporte al conocimiento limnológico de un embalse temporal tropical, por medio de la aplicación de modelos multivariados. en. *Ingl. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nel Autón. México*, 13(2):47-66 1986
- Smith, R.A., 1980. The theoretical basis for estimating phytoplankton production and specific growth rate from microphyt light and temperature data. *Ecol. Modelling* 10:243-264
- Soto, R.L., 1969. Mecanismo hidrológico del sistema de lagunas litorales Huizache-Catmanero y su influencia sobre la producción camaronera. *tesis, Univ. Autón. de Baja California, México*, 80 p.
- Steele, J.H. 1976. Plant production on the fladen ground. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 55:1
- Weisberg, S. 1980. *Applied linear regression*. New York N.Y. John Wiley and Sons, 1-27

Apéndice A programa para los datos de abril de 1984; versión SPSS

```

100 NUMBRFED      YES
200 RHH NAME      <
300 FILE NAME     <
400 COMMENT       <
500 VARIABLE LIST X1 TO X16
600 VAR LABELS    X1, ESTACION/
700               X2, NH4/
800               X3, HUMEDAD/
900               X4, MANGANESO/
1000              X5, FOSFATO/
1100              X6, CHO/
1200              X7, GRAVA/
1300              X8, ARENA/
1400              X9, ARCILLAS/
1500              X10, LIMO/
1600              X11, MATERIA ORGANICA/
1700              X12, POU/
1800              X13, ACIDO FULVICO/
1900              X14, FIBRO/
2000              X15, MANGANESO/
2100              X16, POTASIO/
2200 INPUT MEDIUM DISK
2300 INPUT FORMAT FREQ(F2,0,1X,F6,1,1X,F5,2,1X,F4,2,1X,F5,1,1X,F5,3,
2400              1X,F5,2,1X,F5,2,1X,F5,2,1X,F5,2,1X,F5,2,
2500              F5,2,1X,F5,2,1X,F4,1)
2600 PRINT FORMAT  X1 TO X16(2)
2700 LIST CASES    CASES=31/VARIABLES=X1 TO X16/
2800 CONDESCRIPTIVE X1 TO X16
2900 STATISTICS    ALL
3000 OPTIONS       ALL
3100 REGRESSION    VARIABLES=X2 TO X16/
3200               REGRESSION=X11 WITH X2(2),X3(2),X4(2),X5(2),
3300               X6(2),X7(2),X8(2),X9(2),X10(2),X11(2),
3400               X12(2),X13(2),X14(2),X15(2),X16(2)
3500               RESID=0
3600 STATISTICS    S,6,7
3700 OPTIONS       7
3800 FINISH

```


Apéndice B programa para los datos de septiembre de 1985, método Forward, versión SPSS9

```

100 NUMERICAL          YES
200 RUN NAME          /
300 FILE NAME        /
400 COMMENT          /
500 VARIABLE LIST    X1 TO X12
600 VAR. LABELS     X1, ESTACION/
700                 X2, NH4/
800                 X3, P04/
900                 X4, HUMEDAD/
1000                X5, EH/
1100                X6, MATERIA ORGANICA/
1200                X7, D00/
1300                X8, P04/
1400                X9, AREN/
1500                X10, GRASA/
1600                X11, ARCILLA/
1700                X12, LIMOS/
1800 INPUT MEDIUM   DTSE
1900 INPUT FORMAT   F02(0.1X),F5.1,1X,F5.1,1X,F4.1,1X,F4.0,1X,F5.2,
2000                1X,F4.2,1X,F4.0,1X,F4.1,1X,F4.1,1X,F4.1,1X,F4.1)
2100 MISSING VALUES X2(999.9)/X3(999.9)/X4(99.9)/X5(9999)/X6(99.99)/
2200                X7(9.99)/X8(9999)/X9(99.9)/X10(99.9)/X11(99.9)/
2300                X12(99.9)
2400 PRINT FORMAT   X1 TO X12(2) /
2500 LIST CASES     CASES=30/VARIABLES=X1 TO X12/
2600 CON DESCRIPTIVE X1 TO X12
2700 STATISTICS      ALL
2800 READ INPUT DATA
2900 TASK NAME       REGRESSION
3000 NEW REGRESSION DESCRIPTIVES/
3100                STATISTICS=DEFAULTS,CI,LABEL,CONF,NTX,8COV/
3200                VARIABLES=X2 TO X12/
3300                DEPENDET=X6/
3400                FORWARD/
3500                RESIDUALS=DEFAULTS,SMALL/
3600                CASEWISE=ALL,DEPENDET,PRED,RESID,DRESID/
3700                SCATTERPLOT(*PRED,X6),(*PRED,*RESID)/
3800 FINISH

```