



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IZTACALA**

**U. N. A. M.**

**DETERMINACION DE LOS NIVELES DE PLOMO EN  
*Montastrea annularis*  
UN ANALISIS RETROSPECTIVO.**



**TRABAJO DE TESIS PRESENTADO POR  
RUBEN ANGEL RAMIREZ PALACIOS  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGIA**

**1 9 9 3**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>2</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>13</b>
<b>DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO</b>	<b>16</b>
<b>METODOLOGIA</b>	<b>18</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>25</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>30</b>
<b>ESQUEMA</b>	<b>32</b>
<b>FIGURAS</b>	<b>33</b>
<b>TABLAS</b>	<b>39</b>
<b>MAPAS</b>	<b>49</b>
<b>GRAFICA</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>52</b>

## DEDICATORIA

ESTE TRABAJO MARCA LA CULMINACION DE UNA ETAPA MUY IMPORTANTE EN MI VIDA. LA QUE NO HUBIERA SIDO POSIBLE DE REALIZAR SIN EL APOYO DE TODA MI FAMILIA Y EN ESPECIAL SIN EL RESPALDO DE MIS PADRES, QUIENES CON SU AMOR, CARINO Y EJEMPLO, ME BRINDAN DIA CON DIA LO MEJOR DE ESTA VIDA. ELLOS HAN SIDO, SON Y SEGUIRAN SIENDO LA BASE DE MI EXISTENCIA. EN CUANTO A MIS ABUELOS, TIOS Y PRIMOS AL DARME CONSEJOS Y COMPARTIR CONMIGO SUS EXPERIENCIAS ME HAN PROPORCIONADO CONOCIMIENTOS INVALUABLES.

A TODOS USTEDES LES DEDICO ESTA TESIS PERO ESPECIALMENTE A LA MEMORIA DE MIS ABUELOS Y DE MI TIO EL ARQ. JORGE PALACIOS GARCIA.

GRACIAS POR TODO SU AMOR Y CARINO.

## AGRADECIMIENTOS

MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A TODOS USTEDES POR HABERME BRINDADO SU AMISTAD Y APOYO.

A TODOS LOS PROFESORES Y COMPANEROS DE LA CARRERA DE BIOLOGIA EN GENERAL, M en C. GUILLERMO JAVIER HORTA PUGA, M en C. MANUEL ELIAS GUTIERREZ, BIOL. JOSE LUIS MUNOZ LOPEZ, BIOL. ANGEL DURAN DIAZ, BIOL. JOSE ANTONIO MARTINEZ PEREZ, BIOL. ATAHUALPA DE SUCRE MEDRANO , BIOL. MARIA DE LOS ANGELES SANABRIA, PROF. ROBERTO RICO MONTIEL, SR. CARLOS HERRERA GARCIA, BIOL. JOEL REYES CASTRO, BIOL. RICARDO SAENZ MORALES, BIOL. JUAN BRAVO RUIZ, HUGO CASTRO CORTES, ALFONSO FLORES MERCHANT, MARGARITA MARTINEZ, MA. TERESA GALINDO OCHOA, SANDRA VELAZQUEZ AYALA, BIOL. JAVIER MONTES MONTIEL, SERGIO GUERRRERO PINEDA, PEDRO PADILLA RODRIGUEZ, BIOL. NORMA FERRIZ DOMINGUEZ, BIOL. ALBERTO MORALES MORENO, JOSE LUIS TELLO MUSSI, RENE PEREZ RAMIREZ, LUPITA BARBA SANTOS, NORA MALDONADO ARELLANO, LETICIA Y EMILIANO AGUILAR BRAVO, SR. ROBERTO CABRERA, DRA. BLANCA SILVIA GAYTAN, CONTRA ALMTE. DR. ALBERTO VAZQUEZ DE LA CERDA, BIOL. JUAN PABLO CARRICART GANIVET, BIOL. AURORA BELTRAN, BIOL. MIGUEL ANGEL ROMAN VIVES, DON BETO, SR. CORNELIO ROSAS CHAVEZ, SR. PABLO CARRILLO CORROS, CAP. 1ro. JUAN FRANCISCO GORTAREZ MARTINEZ, CAP. 2do. JOSE LUIS GRANADOS MALDONADO, TTE. AUGUSTO ALBERTO AGÜERO ANGULO, SRA. ALEJANDRA PALACIOS GARCIA, LILI, SR. MIKE PIZZA, SR. PHIL GRAY, ING. FRANCISCO A. LEYVA CONTRERAS, LIC. MARIA ISABEL GORTAREZ SEGURA Y A TODOS MIS COMPANEROS DE TRABAJO.

## RESUMEN

Los niveles de plomo que se presentan en las bandas del coral hermatípico *Montastrea annularis*, del arrecife el Verde, Veracruz, México. Registraron valores elevados en ambos taludes (E y O), teniendo como promedio total una concentración de 62.49  $\mu\text{g/g}$ , para los años comprendidos de 1975 a 1991. Los valores reportados en este estudio son ampliamente superiores a los que se reportan para otras regiones, esto quizá se deba a que el arrecife se localiza en una zona altamente influenciada por las actividades humanas.

## INTRODUCCION

Los arrecifes de coral, son estructuras que presentan una consistencia lo bastante sólida, como para resistir los embates del oleaje, de esta manera, constituyen recintos seguros para una gran diversidad de comunidades biológicas. En estos arrecifes, destacan principalmente los corales escleractinios, debido a que presentan un esqueleto calcáreo, el cual al ser depositado, contribuye a la formación de la estructura arrecifal. Su desarrollo se da en condiciones ecológicas muy estrictas: aguas someras con pocos sólidos en suspensión, temperatura media anual del agua superior a los 18 °C, salinidades de 34 a 37 ppm., elevadas tasas de irradiación solar y pocas variaciones en las condiciones fisicoquímicas del agua (Wells, 1956; Yonge, 1963; Sttodart, 1969; Goreau et al., 1979). Debido a esto, su desarrollo queda limitado a las regiones tropicales, ubicándose generalmente estos ecosistemas, entre los 20° latitud N y S con respecto al ecuador. El papel que juegan los corales en las relaciones ener-

géticas del arrecife es vital, de tal forma, que si se les elimina selectivamente, la mayoría de las especies restantes migran o mueren, alterando gravemente la estructura de la comunidad arrecifal (Johannes, 1972; Goreau et al., 1979).

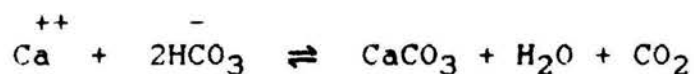
Los corales madreporicos o escleractinios pertenecen al Filo Cnidaria. Subclase Zoantharia. Clase Anthozoa. Orden Scleractinios (Wells, 1956), y se encuentran divididos en dos grandes grupos ecológicos: los corales hermatípicos o formadores de arrecifes, que se caracterizan por presentar zooxantelas simbióticas (*Symbiodinium sp.*) y los corales ahermatípicos que por carecer de las algas simbióticas, no son formadores de arrecifes (Wells, 1956; Goreau, 1959; Stoddart, 1969). Estos organismos se presentan bajo la forma de pólipo, formado por tres capas de tejido (epidermis, mesoglea y gastrodermis). Siendo su forma básicamente, la de un saco contráctil coronado por un anillo de tentáculos que rodean a la boca. Presentan una corta faringe, que desciende hasta la cavidad gástrica (dividida por mesenterios), donde se localizan los filamentos mesentéricos, provistos de numerosas células urticantes, así como, de células glandulares que producen enzimas digestivas. Además, los filamentos mesentéricos son capaces de evaginarse, a través de la boca o de la pared del cuerpo. Los tentáculos poseen cnidocitos provistos de una toxina capaz de aturdir a sus presas (diminutos crustáceos y animales vermiformes del plancton). Pueden ser coloniales o solitarios. Muestran una reproducción tanto sexual como asexual y dentro de su ciclo de vida presentan una larva plánula. (Goreau et al., 1979).

Los corales escleractinios tienen la capacidad de formar un exoesqueleto de  $\text{CaCO}_3$ , en forma de cristales de aragonita (resistentes al pH ácido) con arreglo radial. El nombre que recibe todo el esqueleto ya sea colonial o individual es el de corallum ó coralo, se caracteriza por estar lleno de copas esqueléticas o coralitos (orificios circulares u ovales), que conforman el esqueleto individual de los pólipos y cada una de estas aberturas recibe el nombre de cáliz. El esqueleto está constituido por cuatro elementos que son: la placa basal, los escleroseptos, la epiteca y los diseptos. La placa basal (es lo primero que deposita una larva y le sirve para fijarse al sustrato) se encuentra en la base del coralito rodeada por una pared externa circular llamada teca (limitada por el cáliz). De esta, hacia el centro del coralito radian unas placas con arreglo hexámero a manera de paredes verticales que lo dividen, el nombre que reciben es el de escleroseptos y pueden llegar a unirse en el centro, formando una estructura que a su vez, recibe el nombre de columella. Cuando esto sucede se dice que los septos son completos, pero puede darse el caso de que esto no suceda, entonces se les denominará incompletos. En cuanto a los diseptos, estos crecen en forma de laminas en arreglo horizontal desde la teca hacia el centro del coralito, quedando acomodadas entre los septos, formando un piso falso en el esqueleto. El conjunto de diseptos cuando llegan a formar una placa se les denomina endoteca, la que dependiendo del organismo puede llegar a ser completa o incompleta, su formación es continua y se puede llegar a decir que es una nueva placa basal, cuya función, es la de



darle consistencia a las estructuras del coralito. Si los pólipos de una colonia no se hallan muy próximos, el tejido exotecal llamado cenosarco produce  $\text{CaCO}_3$  y rellena los espacios entre los pólipos con una red calcárea, a la que se le llama cenostelo. Con el paso del tiempo se deposita  $\text{CaCO}_3$  en la placa basal y en el cenostelo, y de este modo la colonia va aumentando su tamaño (ESQUEMA 1).

Para que se pueda llevar a cabo el proceso de formación en el esqueleto, es necesario que se realice la conversión del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), y que esto a su vez, se convierta en iones bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) y carbonato ( $\text{CO}_3$ ). La enzima responsable de la adición de agua al dióxido de carbono para formar ácido carbónico es la anhidrasa carbónica, que se encuentra en concentraciones elevadas en los corales. La formación subsiguiente de los iones bicarbonato y carbonato es rápida, y no requiere ser catalizada por ninguna enzima. Además, las zooxantelas (*Symbiodinium sp.*) pueden estimular la calcificación indirectamente, al aumentar la cantidad de energía libre disponible para el transporte activo de iones de calcio hasta el lugar de la calcificación. Estas algas actúan de manera sinérgica con la anhidrasa carbónica para aumentar la formación de carbonato de calcio, sacando el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) de acuerdo a la siguiente reacción:



Las zooxantelas (*Symbiodinium sp.*) necesitan luz para realizar la fotosíntesis, durante este proceso asimilan el carbón y lo fijan como materia orgánica. Algunos de los compuestos que pasan de las algas al coral, incluye algunos nutrientes simples tales como el glicerol, la glucosa y algunos aminoácidos. Estos compuestos, son utilizados por los pólipos coralinos en las rutas metabólicas productoras de energía, o bien, como bloques básicos para la elaboración de proteínas, grasas y carbohidratos. Se ha observado que los productos que los corales desechan son: dióxido de carbono, fosfatos, nitratos, sulfatos y amonio. Y además, se ha encontrado que las zooxantelas al realizar su proceso fotosintético, utilizan los productos de desecho coralino para la producción de materia orgánica. Esto tan solo representa, una de las tres fuentes principales en la nutrición de los corales (Goreau et al., 1979).

Durante el proceso de crecimiento esquelético, los corales forman bandas alternadas, las cuales, reflejan una variación cíclica en la densidad del  $\text{CaCO}_3$  depositado (FIGURAS 1 - 6). Es importante señalar, que la suma de un par de bandas (una de baja y otra de alta densidad) corresponden a un año coral (Knutson et al., 1972; Buddemeier et al., 1974; Buddemeier, 1974; Dodge y Thompson, 1974; Weber y White, 1974; Weber et al., 1975; Dodge y Vaisnys, 1975; Buddemeier y Kinzie, 1976; Dodge y Gilbert, 1984). El paso de una banda de alta densidad hacia una de baja densidad, siempre es en forma brusca, nunca gradual. Por lo que se facilita la delimitación entre una y otra (Buddemeier et al.

1974), permitiendo que se pueda obtener para cada año coral, el valor de su extensión lineal. Este registro es útil para reconstruir ambientes, debido a que los corales presentan en ocasiones una respuesta en su tasa de crecimiento hacia ciertas situaciones estresantes (variaciones climáticas y actividades humanas), las cuales pueden quedar registradas en los patrones de densidad esquelética. Los factores que se considera que tienen un mayor efecto sobre ellos son: disponibilidad de luz, partículas en suspensión, temperatura del agua, salinidad (relacionada con las lluvias y las descargas de los ríos), tormentas (los nortes), acción del oleaje y corrientes marinas. (Knutson et al., 1972; Buddemeier et al., 1974; Macintyre y Smith, 1974; Buddemeier, 1974; Weber y White, 1974; Weber et al., 1975; Hudson et al., 1976; Buddemeier y Kinzie, 1976; Dodge y Vaisnys, 1980; Hudson, 1981; Dodge y Lang, 1983; Glynn y Wellington, 1983).

Generalmente las bandas de alta densidad son angostas, alrededor de  $1/5$  a un  $1/3$ , del total del crecimiento anual. Esto sugiere, que su formación se da durante períodos breves de tiempo (2 a 3 meses), mientras que las bandas de baja densidad se producen la mayor parte del año (Highsmith, 1979). Hudson et al. (1976) reportan que *Montastrea annularis* forma sus bandas de alta densidad del mes de Julio al mes de Septiembre, esto se da en los arrecifes de Florida. Horta-Puga (1992) señala que para la zona de Veracruz, se ha encontrado que el año coral va del mes de Septiembre al siguiente mes de Septiembre. Estas características han sido detectadas por medio de la aplicación de técnicas radiográficas (Knutson et al., 1972; Buddemeier et al., 1974;

Buddemeier, 1974; Weber et al., 1975; Weber y White, 1975; Buddemeier y Kinzie, 1976; Dodge y Vaisnys, 1980; Dodge y Gilbert, 1984).

En la actualidad los ambientes marinos tropicales están sufriendo un incremento en el grado de contaminación por metales pesados y otras sustancias, a partir de diversas fuentes como son las actividades mineras, industriales y portuarias, así como por los desechos municipales (Howard y Brown, 1984). A pesar de esto, para el hombre ha pasado relativamente inobservada la extensa degradación sufrida por dichas comunidades. En este sentido los ambientes costeros son uno de los que mayor problema presentan, por su cercanía a los continentes (Levy, 1992) en donde se asienta un gran porcentaje de la población humana, y que trae como consecuencia un uso, en los más de los casos, irrestricto de los recursos (Salazar-Vallejo, 1991). Es corriente la contaminación de las comunidades coralinas por las aguas negras (Kaneohe Bay y Mamala Bay en Hawaii; en el Golfo de Aqaba, Mar Rojo) y los desechos industriales (Ko Phuket, Tailandia; Tarut Bay, Arabia Saudita; Golfo de Eliat, Mar Rojo) (Johannes, 1972; Howard y Brown, 1984; Pastorok y Biliard, 1985). También la sedimentación y estancamiento de las aguas ocasionadas por los dragados han creado graves problemas en algunos arrecifes (Castle Harbour en Bermudas; Cockle Bay en Australia; Tumon Bay en Guam; Sura Harbour en Fiji; Kaneohe Bay en Hawaii; Lindberg Bay y Water Bay en las Islas Vírgenes), debido a la resuspensión de sedimentos, los cuales, impiden el paso de la luz provocando una baja en la tasa del crecimiento coralino, e incluso pueden llegar

a causarles la muerte; ya que al retirar las partículas que caen sobre su colonia, el organismo gasta energía que podría utilizar para su crecimiento (Dodge et al., 1974; Dodge y Vaisnys, 1977; Dodge, 1982; Pastorok y Biliard, 1985). Además, es importante tomar en cuenta los diferentes contaminantes que están atrapados en los sedimentos y que al resuspenderse, caen sobre las colonias coralinas afectándolas nuevamente (Johannes, 1972).

Otro factor de gran influencia, es la gran actividad de extracción, procesamiento y distribución de hidrocarburos, los cuales con frecuencia se derraman (ya sea accidental o deliberadamente) formando manchas que flotan en el océano, las cuales, son arrastradas y distribuidas por las corrientes (Linden, Larson, Al - Alawi, 1988; Levy, 1992). Dentro de estas actividades están: las operaciones petroleras que se llevan a cabo en tierra (que también resultan ser, enriquecedoras ambientales de metales pesados) y las operaciones de las plataformas petroleras (implicadas directamente en la introducción de Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Manganeso, Zinc y Plomo, en los sedimentos del fondo marino). Por otra parte, se ha encontrado que los efluentes de las plantas desalinizadoras y las descargas térmicas (Neudecker, 1981) son una fuente de metales en forma iónica (Howard y Brown, 1984).

El plomo está entre los contaminantes más comunes que el hombre ha introducido al ambiente marino. Debido a que frecuentemente es liberado a la atmósfera en forma de mezcla, producida en su mayor parte, por las emisiones de los automotores. Probable-

mente todas las superficies oceánicas reciban mayor cantidad de plomo, como resultado de la precipitación y depositación de todas las substancias transportadas a nivel global, en relación a tiempos pasados (Dodge y Gilbert, 1984). En las regiones costeras, el plomo puede estar también presente en las aguas de los desechos municipales, ya que estas, muchas veces son acompañadas por los desperdicios industriales (Howard y Brown, 1984, 1987).

Los metales pesados y otras substancias tóxicas se acumulan en el tejido y en el esqueleto de los corales escleractinios (Howard y Brown, 1984, 1987; Harland y Brown, 1989), provocando cambios en su metabolismo, disminuyendo su tasa de crecimiento y reproducción (Dodge y Lange, 1983; Pastorok y Bilyard, 1985), su conducta alimenticia o causando su muerte (Bak, 1987; Brown, 1987). El monitoreo de los niveles de los contaminantes sobre estas especies formadoras de arrecifes, nos pueden servir como parámetros para evaluar el impacto de las actividades humanas sobre estas comunidades a manera de un indicador cronológico de la contaminación, lo cual, puede estar unido al registro histórico (Dodge y Lange, 1983).

Para la zona de Veracruz, además de todo lo anteriormente señalado, hay que agregar el gran interés turístico, pesca, movimiento portuario (PEMEX, 1987) y por otra parte, el crecimiento de la población e industria; todo esto tiene como consecuencia la emisión de una gran variedad de contaminantes que en algunos casos se vierten directamente al mar (desechos municipales) o llegan por medio de efluentes como lo son los ríos Jamapa, la Antigua y Papaloapan, cuyo caudal influencia directamente a

los arrecifes (alterando la salinidad y los niveles de luz debido a los materiales que son arrastrados y resuspendidos) de esta zona del Golfo de México, acarreando desechos de la industria azucarera, papelera (hidrocarburos clorinados y productos que contienen tetraetilo de plomo), textil, tabacalera, agropecuaria (fertilizantes y plaguicidas), metalúrgica, de productos químicos y de bebidas alcohólicas.

Es importante señalar que en el año de 1989 se inauguró una planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Veracruz, pero aún así, es posible observar como el drenaje llega directamente a la playa en algunos puntos de la ciudad (obs. per.).

Así, el objetivo del presente estudio es el de evaluar los niveles de Plomo en las bandas de crecimiento del esqueleto del coral arrecifal *Montastrea annularis* (Ellis y Solander, 1786), en dos zonas del arrecife el Verde (talud de barlovento y talud de sotavento) localizado frente al puerto de Veracruz, como una forma de conocer el cambio a través del tiempo en los niveles de acumulación esquelética y contribuir al conocimiento del impacto causado por el hombre en los ecosistemas arrecifales.

## ANTECEDENTES

Los estudios hasta ahora realizados sobre la concentración de metales pesados y sus efectos sobre los corales escleractinios son pocos (Howard y Brown, 1984, 1985, 1986, 1987). Anteriormente se han realizado diversos estudios para evaluar la concentración de diferentes metales en el esqueleto de algunas especies de coral, con el objeto de que estos reflejen las condiciones químicas de las diferentes masas de agua y así, poder establecer, patrones regionales oceanográficos (Howard y Brown, 1984).

Dodge y Gilbert (1984) en St. Croix U.S. Virgin Islands realizaron un estudio para determinar las concentraciones de plomo en el esqueleto del coral escleractinio *Montastrea annularis* en una zona contaminada (Round Reef) y en una zona control (Buck Island) realizaron un análisis retrospectivo de 1954 a 1980, y encontraron para la zona contaminada un valor en la concentración de plomo de  $0.395 \mu\text{g/g}$  de peso seco y  $0.87 \mu\text{g/g}$  de peso seco para la zona control, observando un aumento en años recientes. Denton y Burdon-Jones (1986) en la Gran Barrera Arrecifal Australiana determinaron las concentraciones de cinco metales (Zn, Cu, Cd, Ni y Pb) en el tejido de: *Acropora formosa*, *Fungia fungites*, *Fungia concinna*, donde el plomo presentó niveles inferiores a los  $0.30 \mu\text{g/g}$  de peso seco. Howard y Brown (1987) determinaron en tejido y esqueleto, las concentraciones de 24 diferentes metales en *Pocillopora damicornis*, comparando una zona influenciada por una fundidora de estaño con una zona control, encontrando que diez metales presentaban concentraciones signifi-



ativamente elevadas en la zona contaminada (Fe 4000  $\mu\text{g/g}$ ). Harland y Brown (1989) en la zona del trabajo anterior, elaboraron un estudio sobre la tolerancia al hierro de *Porites lutea*, encontrando que el metal provoca en los corales una expulsión de zooxantelas simbiotes y un aumento significativo en la concentración del hierro en el tejido coralino, además de encontrar que los corales expuestos a este metal desarrollaron cierta tolerancia. Glynn et al. (1989) trabajaron en dos arrecifes de Florida, uno próximo a una zona urbana (Bache Shoal) y en otro más alejado (Alina's Reef), determinaron la concentración de algunos pesticidas (lindano, heptacloro, clordano y DDT) y metales pesados (As, Cd, Cu, Fe, Hg y Pb) en el esqueleto de las especies de corales escleractinios *Colpophyllia amaranthus*, *Colpophyllia natans*, *Diploria clivosa*, *Diploria strigosa*, *Montastrea annularis*, *Porites astreoides* y *Siderastrea siderea* y en las especies de los octocorales *Briareum asbestinum*, *Gorgonia flabellum*, *Pseudopterogorgia acerosa*. Encontrando para *Montastrea annularis* valores en la concentración de plomo menores a 1  $\mu\text{g/g}$  de peso seco en esqueleto, para ambas localidades. Horta-Puga (1992) determinó para la zona de Veracruz la concentración de diez metales en el tejido de las especies *Diploria clivosa*, *Diploria strigosa*, *Montastrea annularis* y *Siderastrea radians*, en el arrecife el Verde, encontrando que el Al y el Fe presentaron las concentraciones más altas, seguidos por el Pb. El valor promedio de la concentración de plomo en el tejido de *Montastrea annularis* fue de 64.63  $\mu\text{g/g}$ .

Es de suma importancia realizar estudios para conocer el grado de contaminación en que se encuentran los arrecifes locali-

zados frente a estas costas, ya que las corrientes de la zona se encargan de distribuir diversos contaminantes, que incluso son generados en otras localidades del Golfo de México, y que por ejemplo, pueden ser transportados desde el Mar Caribe vía el estrecho de Yucatán, hasta alcanzar la región del Golfo. Es necesario realizar estudios de monitoreo, para observar el grado de contaminación que guardan los arrecifes, en especial los localizados frente a la costa de Veracruz, debido a que la ciudad vierte sus desechos municipales prácticamente en forma directa hacia el mar, de igual modo, los efluentes se encargan de llevar consigo los desechos industriales y agrícolas, contribuyendo todo esto, a elevar los niveles en la concentración de plomo. Por lo anterior es prioritario establecer programas de monitoreo permanentes para evaluar los niveles de los metales pesados en el agua de mar y realizar estudios de toxicidad en los organismos arrecifales, de esta manera, podremos conocer hasta que punto están afectados estos ecosistemas. Además, es necesario detectar las fuentes de contaminación, para llevar a cabo acciones efectivas que lleven a solucionar el problema.

De aquí la importancia de este trabajo, ya que es el primer reporte que se tiene sobre la concentración de plomo, en el esqueleto del coral escleractinio *Montastrea annularis* (una de las principales especies formadoras de arrecifes), para una zona influenciada por las actividades humanas y así, contribuir al conocimiento del impacto sufrido por estos ecosistemas arrecifales en el área del Golfo de México.

## DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

En México se han desarrollado una serie de Arrecifes de Coral frente al puerto de Veracruz (Heilprin, 1890; Emery, 1963; Kuhlmann, 1975) los cuales, constituyen el sistema arrecifal más desarrollado en el Golfo de México (Ferre- D'Amare, 1985), quedando divididos en dos secciones: La de los arrecifes aledaños al puerto y los que se ubican frente al poblado de Antón Lizardo

Este sistema se desarrolla sobre la plataforma continental hasta una profundidad máxima entre los 35 y 40 m. En total el sistema se compone de 17 estructuras bien desarrolladas y 4 bordeantes a la línea de costa de éstas, 11 se encuentran en Antón Lizardo, donde se forman las de mayores dimensiones (Pérez-Soto, Padilla-Souza y García-Sáez, 1990) (MAPA 1).

El Arrecife el Verde, está situado en el Golfo de México, frente al Puerto de Veracruz a una distancia de 4.8 Km, forma parte de una serie de arrecifes, cayos e islas (MAPA 2). Su ubicación geográfica es de 19°12'08" Latitud Norte y 90°04'07" Longitud Oeste (Horta-Puga, 1982). Presenta clima Aw"2(w)(i'), es decir, tropical subhúmedo con lluvias predominantes en verano. La temperatura media anual es superior a los 18 °C (Koppen modificado por García, 1977), teniendo como máxima 33 °C y como mínima 16 °C, la salinidad media anual es de 34.5 ppm., con una máxima de 39.3 ppm., y una mínima de 18.2 ppm., (Secretaría de Marina, 1978). El periodo de lluvias (dominando vientos del este) es de Mayo a Agosto, presentandose la precipitación máxima durante los

meses de Junio y Julio. La época de Nortes se presenta de Septiembre a Abril, los vientos desplazan las aguas en sentido noroeste-sureste provocando un descenso en la temperatura del agua (Arenas, 1966; Rannefeld, 1972). La insolación media anual es de 2171.1 horas con una precipitación media anual de 1738.3 mm (SARH, 1982).

La isla es un cayo de color blanco situado en el extremo sur del arrecife (plataforma arrecifal de 1100 m de largo por 750 m de ancho aproximadamente). Esta es de forma alargada orientada de Noroeste a Sureste teniendo una longitud aproximadamente de 225 m y una anchura de 125 m. Es una formación coralina cuya plataforma tiene profundidad de 1.0 a 1.6 m aproximadamente. El sustrato de la plataforma está formado por coral y arena de origen coralino, con restos de moluscos principalmente. Dentro de ella existe una zonación marcada en el cual, de la línea de playa hacia afuera encontramos cuatro zonas definidas: la primera y más cercana formada por arena, la segunda ocupada por pastos marinos (*Thalassia testudinum*), la tercera por arena y la cuarta por coral que se extiende hasta el talud arrecifal. En esta última zona, se presentan profundidades de hasta 27 m para el talud de barlovento (E) y de 21 m para el talud de sotavento (O). En la fauna arrecifal destacan: Esponjas, Poliquetos, Anémonas, Gasterópodos, Pelecípodos, Cefalópodos, Equinoideos, Ofiuroideos, Holotúridos, Hemicordados, Crustáceos, Peces y por supuesto los Corales (Horta, 1982). Yedid (1982) reporta la diversidad coralina para las diferentes zonas del arrecife, observando una mayor diversidad en el talud de sotavento, con respecto al talud de barloven-

to. Señalando que esto es debido a que el talud de sotavento presenta cierta "protección" (contra los embates del oleaje y los efectos de las corrientes) proporcionada por el puerto y por los arrecifes la Blanquilla, Pájaros y Sacrificios.

## METODOLOGIA

### Trabajo de Campo:

El muestreo abarcó dos zonas: El talud de barlovento (E) y el talud de sotavento (O). En cada zona se colectaron seis ejemplares del coral escleractinio *Montastrea annularis* de forma columnar, ya que se ha encontrado como una de las mejores para realizar trabajos esclerocronológicos debido a la claridad con la que se observan las bandas de densidad (Dodge y Vaisnys, 1975; Hudson et al., 1976; Hudson, 1981; Dodge y Gilbert, 1984), a una profundidad de 10 m. debido a que el coral hermatípico *Montastrea annularis* presenta una tasa de crecimiento bastante favorable a esta profundidad (Dustan, 1975; Becker y Weber, 1975; Dodge y Lang, 1983; Hudson, 1981; Lipstein, 1989). Las colectas se realizaron de forma manual (con cincel y martillo), con la ayuda del equipo de buceo autónomo (SCUBA). Los organismos colectados fueron colocados en bolsas de polietileno gruesas (previamente lavadas y enjuagadas con agua desionizada) cerrándose con ligas. En seguida, los organismos fueron colocados dentro de otra bolsa, donde se insertó su etiqueta (con datos de localidad, fecha, profundidad y su clave), repitiéndose para cada organismo el proceso antes señalado. De esta manera, los organismos fueron

transportados dentro de una cubeta de plástico provista de tapa hermética

#### Trabajo de laboratorio:

Una vez en el laboratorio, los corales se lavaron con agua desionizada para retirar el tejido, colocándose en la estufa donde se secaron por un período de 24 horas a una temperatura de 80 °C. Una vez concluido el proceso de secado de las muestras, los corales fueron llevados al taller de Laminación y Molienda del Instituto de Geología de la U.N.A.M., donde el Sr. Roberto Cabrera realizó los cortes de las muestras utilizando una sierra de pedal, provista de un disco dentado con filo diamantado (GRIEGER # C-201), lubricado por agua. Se obtuvo de cada muestra una sección de aproximadamente  $4 \pm 1$  mm de grosor, siendo el corte paralelo al sentido de crecimiento de la colonia pasando por su centro geométrico (Knutson, et al., 1972; Buddemeier et al., 1974; Dodge y Vaisnys, 1975; Dodge y Gilbert, 1984).

De cada una de estas secciones se obtuvo una radiografía utilizando película Kodak OM-1 (20 X 25 cm) y el Mastógrafo Genographe CGR con tubo de molibdeno de ánodo fijo refrigerado con agua (1973) aparato facilitado por la Dra. Blanca Silvia Gaitán (se hicieron las pruebas pertinentes para que las radiografías tuvieran una buena definición y contraste), las condiciones de exposición fueron 30 kVp, 25 mA por  $1 \pm 0.3$  seg., con una distancia foco-placa de 36 cm. Las radiografías obtenidas fueron positivadas en papel fotográfico blanco y negro F2 Kodakbrome (20 X 25 cm) por el método de contacto, también se realizaron varias

pruebas, sobre todo en los tiempos de exposición. Esto con la finalidad, de obtener las fotografías con la mayor definición posible, para facilitar el análisis en las bandas de crecimiento (la técnica para obtener las fotografías, fue elaborada por el Sr. Carlos Herrera, fotógrafo naturalista).

Las fotografías fueron protegidas con hojas de acetato, colocándoles una cinta adhesiva transparente (Scotch 3M) a lo largo del eje de crecimiento, con la finalidad de marcar las bandas de densidad, y así, obtener el registro de las medidas de los incrementos anuales con la ayuda de un vernier. La suma de las dimensiones de alta y baja densidad fueron tratadas como un ciclo anual de crecimiento (Knutson et al., 1972; Weber y White, 1974; Buddemeier et al., 1974; Buddemeier, 1974; Dodge y Vaisnys, 1975; Buddemeier y Kinzie, 1976; Dodge y Gilbert, 1984). Una vez obtenidas las medidas sobre las fotografías, se procedió a colocar sobre el eje de crecimiento de las muestras, un trozo de cinta adhesiva transparente (Scotch 3M) para marcar sobre esta la longitud de cada banda anual y así, poder llevar a cabo el corte de cada submuestra, primero de manera longitudinal (al grueso de la cinta) utilizando el equipo dental (motor FOREDOM de baja velocidad, serie 21-B de 1.0 Amp., y 14 000 rpm.) provisto de un disco de carburo. Una vez separada esta sección longitudinal, se procedió a marcar ambos costados, siguiendo la orilla de cada una de las bandas anuales, así como las líneas sobre su superficie. Posteriormente, se procedió a separar cada una de estas secciones, con la ayuda de una fisura de 0.7 mm., a manera de taladro, siguiendo las líneas de las bandas anuales. Cada sección fue

colocada en un frasco de polietileno con tapa de rosca previamente lavados, etiquetados y cerrados debidamente.

Para conocer el peso de las submuestras, estas se secaron en la estufa a una temperatura de 80 °C por un período de 24 horas, al término de este período se colocaron en un desecador de cristal (para evitar que captaran humedad) mientras eran pesadas en la balanza analítica ( $\pm 0.0001$  g) SARTORIUS, de inmediato fueron regresadas cada una a su frasco para proseguir con el proceso de la digestión. Para esto, dentro de la campana del laboratorio se montaron dos soportes universales con dos pinzas cada uno, para poder sostener a su vez, cuatro tubos refrigerantes por encima de dos parrillas (STIRRER PC-351), sobre las cuales, se colocaron cuatro matraces de bola con fondo plano, de 25 ml. En cada uno de estos se colocó HCL (Reactivos Baker) y  $\text{HNO}_3$  (Reactivos Baker) en una proporción de 1:1 (20 ml) y se agregó a cada matraz una submuestra para digerirla a reflujo (observándose de inmediato la reacción del  $\text{CaCO}_3$  con el agua regia), se elevó su temperatura hasta que alcanzaron su punto de ebullición, dejándose así, por un periodo de 15 min. Las submuestras digeridas se filtraron a través de un papel WHATMANN #42 y el filtrado de aproximadamente 20 ml fue colocado en un vaso de precipitado de 25 ml y se dejó evaporando sobre las parrillas, hasta obtener un volumen final de 10 ml, posteriormente fue aforado a 25 ml.

Para realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica (PYE UNICAM SP-192) fue necesario preparar un blanco y los estándares de Pb de 1, 2.5, y 5 ppm. La preparación de los



blancos consistió en el mismo procedimiento realizado durante las digestiones de las muestras, utilizando en este caso solamente los ácidos, siguiendo el mismo procedimiento. Con esto se obtiene la concentración de plomo que puedan llegar a presentar estos reactivos, para posteriormente restárselo a las lecturas. En la preparación de los estándares de Pb se utilizó  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , pesando 1.5980 g en la balanza analítica y diluyendo en un matraz aforado a 1000 ml (solución stock a 1000 ppm) (Price, 1975). Las condiciones de trabajo con el espectrofotómetro de absorción atómica fueron las siguientes: presión del acetileno 5  $\text{cm}^3$  x min., presión del aire 5 l x min., longitud de onda para la lectura del plomo 217 nm., utilizando una lámpara de cátodo hueco (LCH) PHILLIPS, paso de la banda del monocromador de 0.8 nm., absorbancia absoluta 0.7 mA, y la distancia del quemador fué de 9 mm., provisto de un cabezal de una sola ranura de 10 cm. Se calibró el espectro con los estándares y el blanco. Las lecturas de las muestras fueron realizadas por duplicado y en bloques de cinco.

Es importante señalar que todo el material utilizado, tanto de cristalería, como de polietileno requerido para la determinación del plomo, fue enjuagado con agua desionizada y se dejó lavando en una solución de  $\text{HNO}_3$  al 5% por un período de 24 horas y posteriormente se volvió a enjuagar con agua desionizada.

## Trabajo de Gabinete

Cabe mencionar que el tratamiento de los datos fue realizado en bloques de cinco, tal y como fueron obtenidas las lecturas de absorbancia. Ahora bien, para definir la relación entre la concentración y la absorbancia es necesario conocer el comportamiento de los datos, para lo cual, se les aplicó un análisis de correlación (concentración medida vs. concentración real), obteniendo en todos un valor de  $r$  superior a 0.99 (TABLA 3). Esto comprueba que se puede alcanzar una calibración exacta con tres estándares más el blanco, e ilustran la exactitud de las concentraciones calculadas. Los datos de cada correlación se muestran en las columnas señaladas como  $a$  (término constante de la regresión lineal),  $b$  (es la pendiente) y  $r$  (coeficiente de la correlación lineal). Para conocer la concentración de plomo en cada una de las submuestras apliqué la fórmula  $X = (y - a) / b$  ( $Y = bx + a$ ), substituyendo en la fórmula los valores de cada una de las columnas (para obtener el valor de  $y$ , se le resta al valor de la lectura de absorbancia medida, el valor del blanco) y así, se obtiene el valor de la concentración de plomo columna ppm., ahora bien, para obtener el valor de la concentración de plomo para cada año en  $\mu\text{g/g}$  de peso seco, es necesario relacionar cada uno de los valores, con su peso y el volumen en el que se encontraba disuelta la submuestra. Entonces, cada valor de la columna con el título ppm, se multiplica respectivamente con su volumen (columna ml) y es dividido por el valor del peso de la submuestra correspondiente a su año (columna g). Cada uno de estos valores se observan en la TABLA 3, arreglados por su talud

correspondiente.

El tratamiento estadístico de los datos, aplicado con la finalidad de conocer si existen diferencias significativas entre los conjuntos de datos (tanto en la extensión lineal, como en la concentración de plomo) entre ambos taludes, fue realizado utilizando la prueba estadística no-paramétrica de Mann-Whitney (TABLAS 7 Y 8), prueba muy sencilla de aplicar, cuando el test sólo abarca dos muestras y cuyos tamaños no necesitan ser los mismos (Sokal y Rohlf, 1979).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Es importante señalar que de las 12 muestras colectadas en total, solamente en 3 de cada talud fue posible detectar y separar las bandas de crecimiento esqueléticas correspondientes a cada año, encontrándose en promedio 10 años por cada ejemplar, con un mínimo de 5 y un máximo de 16, es decir se lograron obtener valores en el incremento lineal anual, así como, los valores de acumulación en la concentración de plomo retrospectivamente de 1991 hasta 1975.

En las radiografías se observa que las bandas de alta densidad son angostas, generalmente de  $1/5$  a  $1/3$  de la longitud total del crecimiento anual. Formándose durante un período breve de tiempo, tal vez, de dos a tres meses. De acuerdo con las condiciones climatológicas que presenta el puerto de Veracruz, la depositación de estas bandas corresponde a las temperaturas uniformes del verano, desarrollándose del mes de Junio al mes de Agosto. Los organismos colectados durante los meses de Marzo de 1991 y Mayo de 1990, presentan en la parte superior una banda de baja densidad, como última banda depositada. Por lo tanto, queda confirmado que el año coral para la región de Veracruz, principia en el mes de Septiembre y termina en el siguiente mes de Septiembre.

Los datos de extensión lineal retrospectiva registrados en las submuestras fueron los siguientes, el valor máximo fue de 1.15 cm/año, correspondiendo a la muestra número 3 del talud

Oeste para 1985 y como valor mínimo se obtuvo 0.16 cm/año, para la misma muestra, en 1990. Encontrándose para el talud Oeste un crecimiento promedio de 0.80 cm/año, para el talud Este su crecimiento promedio fue de 0.65 cm/año y como promedio total del arrecife se obtuvo un valor de 0.75 cm/año (TABLA 1). Se compararon los datos de los taludes aplicando el estadístico de Mann-Whitney, obteniendo un valor de ( $Z = 3.6662$ ), por lo que estadísticamente existe una diferencia entre los datos de ambos taludes, presentándose en este caso un mayor crecimiento para las muestras colectadas en el talud Oeste. Horta-Puga (1993) reporta para la misma zona de estudio un crecimiento total en el arrecife de 0.86 cm/año, señalando también la extensión lineal para cada talud, por ejemplo, en el Oeste reporta un crecimiento de 0.84 cm/año y para el Este 0.91 cm/año (este dato lo obtuvo utilizando un solo ejemplar). Debido a las condiciones que presenta cada talud es de suponer que el crecimiento coralino sea mayor en el talud Este que en el talud Oeste, ya que en este último, la turbiedad del agua es mayor, provocada por la presencia de diversas partículas en suspensión en la columna de agua, tales como sedimentos, materia orgánica, alumino-silicatos, etc., esto provoca que exista una menor captación de luz. Horta-Puga y Carricart-Ganivet (1990) señalan que *Stylaster roseus* evita aguas con elevada turbiedad y tal vez, otras condiciones hidrográficas altamente variables. Debido a esto, su desarrollo queda limitado al talud Este, donde el agua es más clara. Por otra parte, es necesario señalar que también existen factores en el talud Este que afectan el crecimiento de los corales (aunque sea en menor escala), provocados por los cambios repentinos en la turbulencia

y la temperatura del agua. Todavía no se ha comprobado que existan diferencias significativas en el crecimiento coralino que estén relacionadas con la zonación arrecifal.

En cuanto a los niveles de plomo detectados en las bandas, estos oscilaron entre 45.33  $\mu\text{g/g}$  (para 1988 en el ejemplar 2 del talud Este) y 107.85  $\mu\text{g/g}$  (para el ejemplar 3 del talud Oeste del año de 1990). Los niveles de concentración promedio de plomo por talud son 62.49  $\mu\text{g/g}$  para el talud Oeste y 61.81  $\mu\text{g/g}$  para el talud Este. Con un promedio total en el esqueleto de 62.49  $\mu\text{g/g}$  (TABLA 4). Se compararon los datos entre ambos taludes, utilizando la prueba de Mann-Whitney, no encontrándose diferencias significativas entre los datos ( $Z = -0.0306$ ). De esta manera, para el talud Oeste tenemos que a partir de 1975 empieza a descender la concentración de plomo hasta el año de 1977, de aquí hasta 1979 se presenta un incremento y a partir de este se observan oscilaciones continuas, hasta llegar al año de 1986 donde se aprecia una tendencia de incremento, llegando a su punto más alto en 1990 y por último disminuyendo en 1991. Para el talud Este, no se tienen valores para los años anteriores a 1980, ya que en ningún ejemplar se logró diferenciar las bandas de crecimiento correspondientes a esos años. Del año de 1980 a 1986 los valores del talud Este, son más altos en comparación a los datos del talud Oeste y se invierte esta situación del año 1988 hasta 1991 (GRAFICA 1). Este comportamiento que se observa es aleatorio, por lo que se puede concluir, que las diferencias en la concentración de plomo entre ambos taludes se deben al azar.

Comparando los valores obtenidos con otros reportados en la literatura (TABLA 6) se encuentra que en general los niveles en la concentración de plomo en el esqueleto en las muestras son prácticamente iguales a los reportados en el tejido para la misma especie y en la misma zona de estudio. Horta-Puga (1992) reporta niveles de concentración de plomo en el tejido de  $64.63 \mu\text{g/g}$  (con un valor mínimo de  $24.26 \mu\text{g/g}$  y un máximo de  $106.44 \mu\text{g/g}$  respectivamente). Dodge y Gilbert (1984) en St. Croix, U.S. Virgin Islands, evaluaron la concentración de plomo de manera retrospectiva de 1954 a 1980 en las bandas de crecimiento de *Montastrea annularis*, comparando ejemplares de una zona contaminada con los de una zona control (no contaminada), encontraron valores significativamente diferentes  $0.395 \mu\text{g/g}$  para la zona contaminada y  $0.87 \mu\text{g/g}$  para la zona control, además de observar que existe un incremento en la concentración de plomo, en el lapso del tiempo estudiado, el cual es atribuido al incremento global en la emisión de los contaminantes. Glynn et al. (1989) reportan niveles de plomo en la misma especie coralina, del orden  $< 1 \mu\text{g/g}$  para los arrecifes de Florida. Como podemos observar los niveles en la concentración de plomo reportados en el presente estudio, son ampliamente superiores a los que se reportan para St. Croix, y para Florida esto quizá se deba a que el arrecife está localizado en una zona altamente influenciada por las actividades humanas.

A pesar de los niveles en la concentración de plomo alcanzados en el arrecife el Verde, el coral escleractinio *Montastrea annularis*, presenta una tasa en su extensión lineal comparable a la de otras regiones (TABLA 5). Horta-Puga (1993) reporta para

este arrecife 0.86 cm/año y el presente estudio reporta 0.75 cm/año. Hudson (1981) para Key Largo, Florida reporta 0.62 cm/año; Hubbard y Scaturro (1985) para St. Croix, U. S. Virgin Islands reportan 0.82 cm/año; Huston (1985) para Discovery Bay, Jamaica reporta 0.86 cm/año y Tomascik y Sander (1985) para Barbados reportan 0.82 cm/año. De acuerdo con los datos de extensión lineal que presentan los corales, para este arrecife, podemos decir que aparentemente las concentraciones de plomo todavía no han llegado a ser tóxicas, ya que se observa en los organismos un crecimiento vigoroso y saludable (Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1990). Respecto a esto, Harland y Brown (1989) señalan que los corales que viven en un ambiente influenciado por metales pesados, desarrollan una cierta tolerancia hacia estos, ya que se ha encontrado que los corales de arrecifes ubicados en zonas contaminadas presentan en su tejido y esqueleto niveles elevados en la concentración de metales pesados, en comparación con los corales de arrecifes que se desarrollan en ambientes no influenciados por metales pesados. Tal vez, esta puede ser la explicación de lo que este pasando con los corales del arrecife el Verde, así como con el resto de los corales de los arrecifes ubicados frente al puerto de Veracruz.



## CONCLUSIONES

Los corales del arrecife el Verde, Veracruz, México presentan un crecimiento comparable al de otras regiones.

Los niveles encontrados en la concentración de plomo en los corales no han causado un detrimento en la tasa de crecimiento coralina.

Los corales al parecer han desarrollado una cierta resistencia a las concentraciones de plomo reportadas en este trabajo.

El nivel alcanzado en la concentración de plomo no es tóxico para los corales del arrecife.

Los valores de la concentración de plomo obtenidos en esqueleto de *Montastrea annularis* al ser comparados con otros estudios semejantes, demostraron que este arrecife presenta un grado elevado de contaminación.

No existe una diferencia significativa en la concentración de plomo entre ambos taludes.

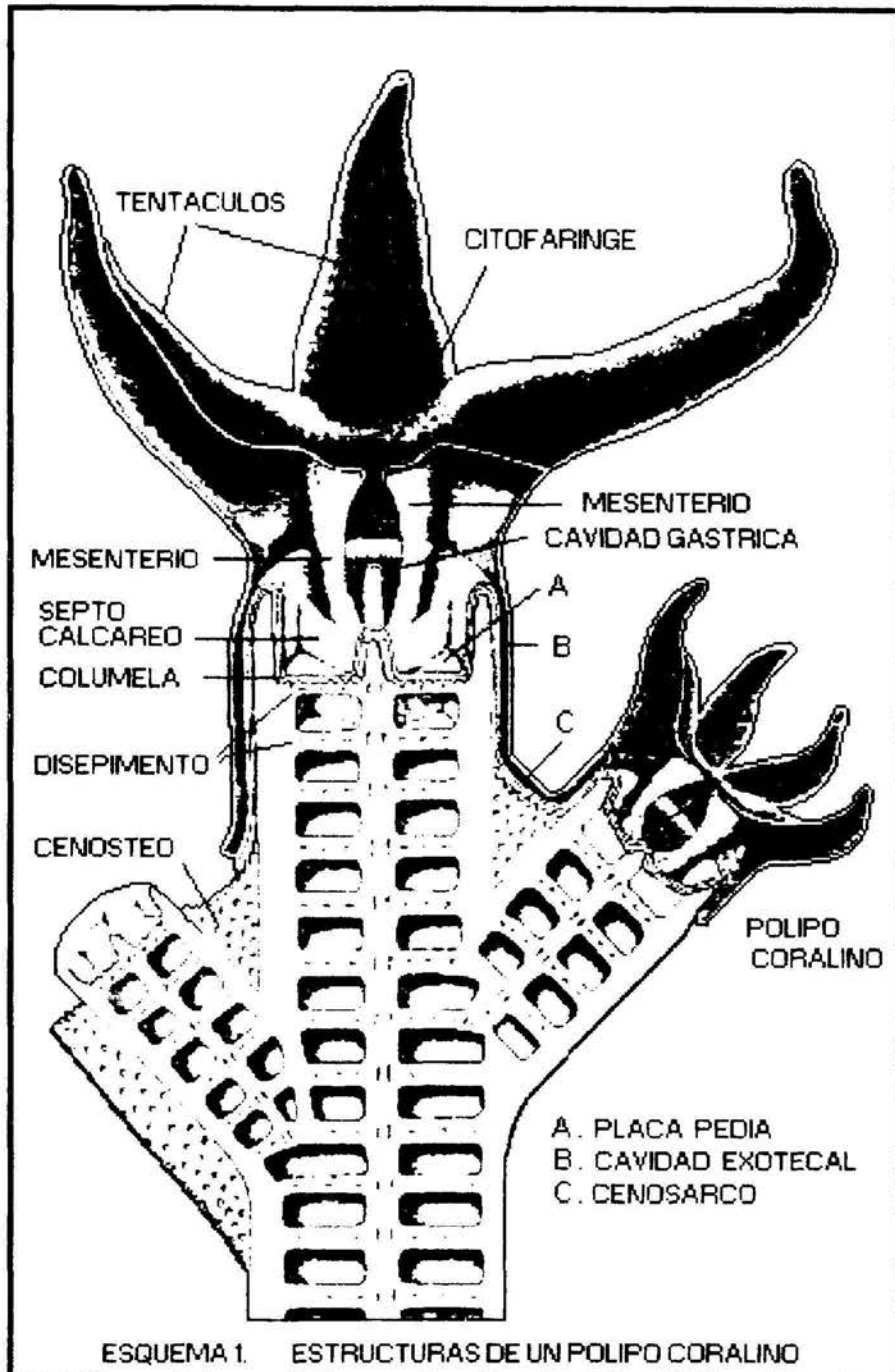
Es necesario reglamentar y controlar, la cantidad y la calidad de los desechos que se vierten a los océanos, ríos y atmósfera.

Por lo anterior resulta prioritario el evaluar los niveles de Plomo en el agua de mar y hacer estudios de toxicidad en los organismos habitantes de los arrecifes, para saber hasta que punto está siendo afectado el ecosistema arrecifal.

Es de vital importancia detectar las fuentes de contaminación, para llevar a cabo acciones efectivas que lleven a solucionar el problema.

## **ESQUEMA**

## **FIGURAS**



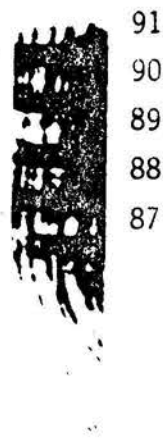


FIG. 1 CORTE Y SECCION LONGITUDINAL

ESTE 1

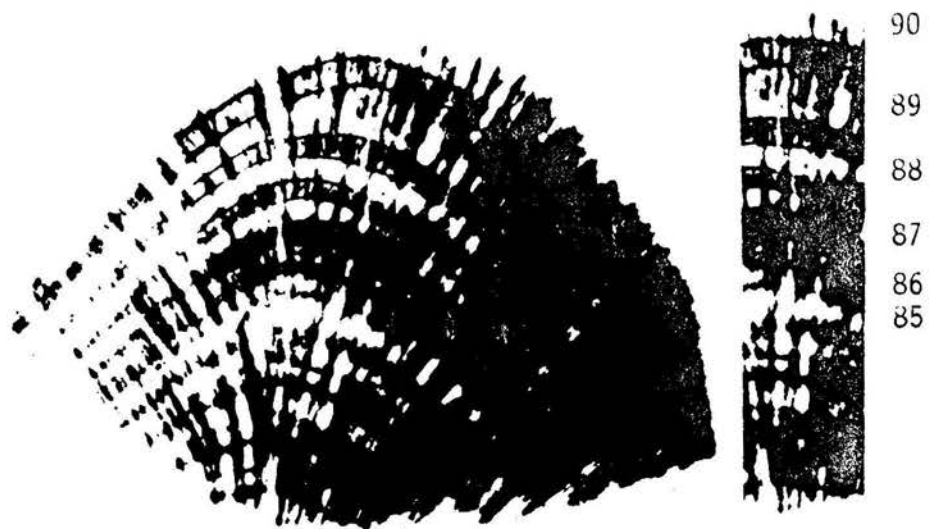


FIG. 2 CORTE Y SECCION LONGITUDINAL

ESTE 2.



FIG. 3 CORTE Y SECCION LONGITUDINAL ESTE 3.



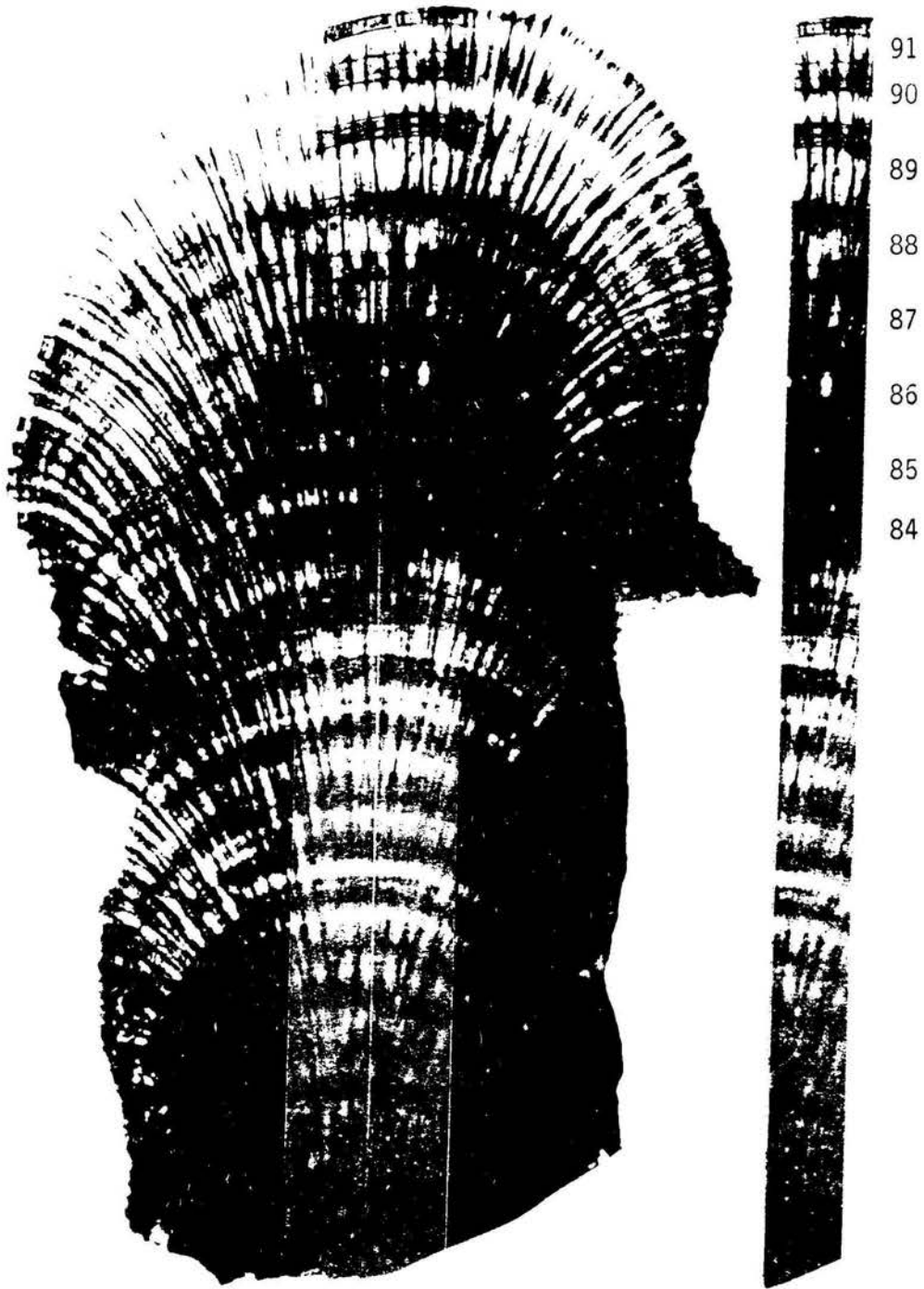


FIG. 4 CORTE Y SECCION LONGITUDINAL

OESTE 1.

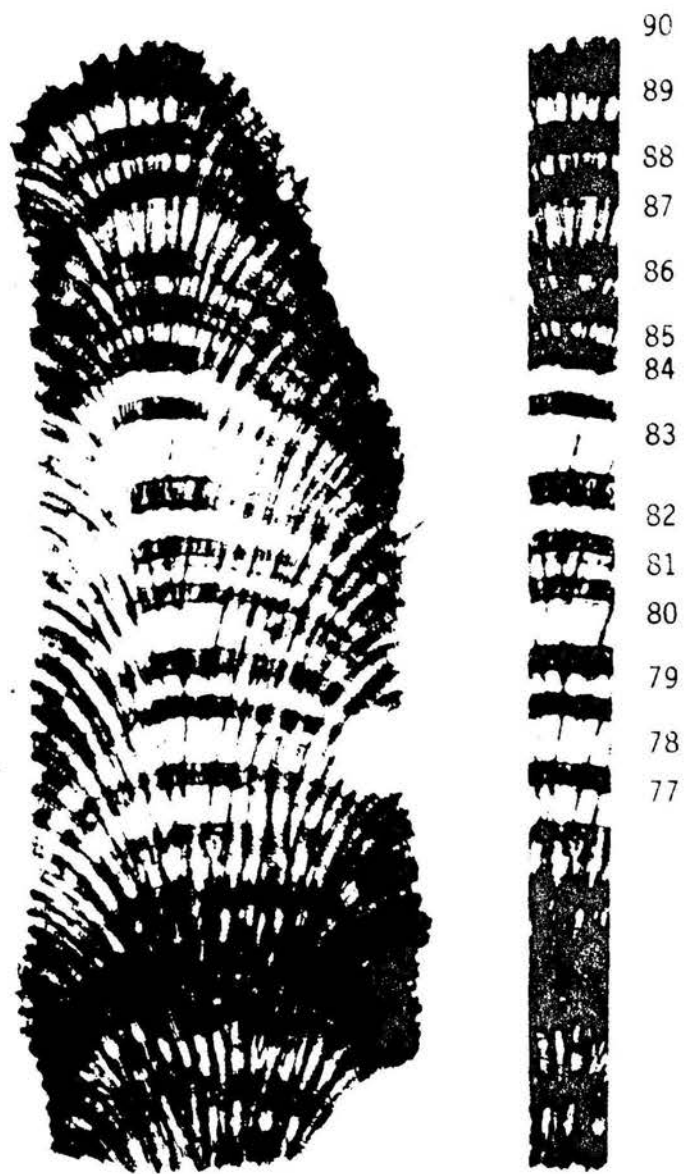


FIG 5. CORTE Y SECCION LONGITUDINAL OESTE 2.

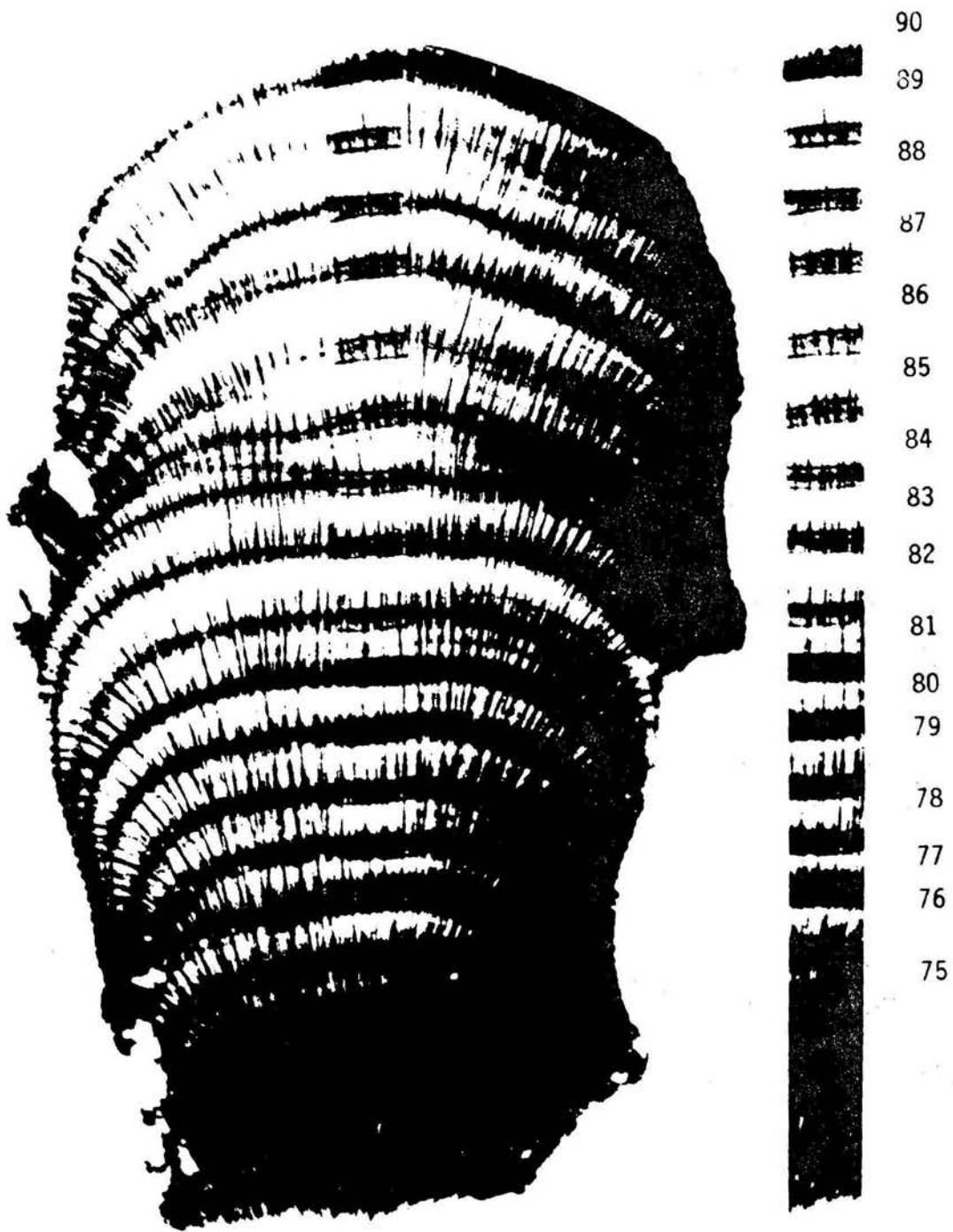


FIG. 6 CORTE Y SECCION LONGITUDINAL

OESTE 3.

## **TABLAS**

TABLA 1. EXTENSION LINEAL (cm / año) RETROSPECTIVA EN EL ESQUELETO DE *Montastrea annularis*

ISLA VERDE, VERACRUZ.

TALUD	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	PROMEDIO
OESTE 1	0.60	0.86	1.14	0.77	1.09	0.91	0.71	0.68										
OESTE 2		0.51	0.92	0.64	1.08	0.57	0.66	0.69	1.10	0.79	0.57	0.77	0.66	0.86	0.75			
OESTE 3		0.16	0.97	0.81	0.94	1.11	1.15	0.98	0.92	0.98	0.82	0.87	0.87	0.74	0.82	0.81	0.70	
PROMEDIO	0.60	0.51	1.01	0.74	1.04	0.86	0.84	0.78	1.01	0.89	0.70	0.82	0.77	0.80	0.79	0.81	0.70	0.80 cm/año
DEV STD.		0.29	0.09	0.07	0.07	0.22	0.22	0.14	0.09	0.09	0.12	0.05	0.11	0.06	0.03			
ESTE 1	0.64	0.61	0.61	0.63	0.59													
ESTE 2		0.55	1.06	0.93	0.77	0.52	0.55											
ESTE 3		0.50	0.68	0.50	0.51	0.72	0.52	0.55	0.77	0.85	0.69	0.52						
PROMEDIO	0.64	0.55	0.78	0.69	0.62	0.62	0.54	0.55	0.77	0.85	0.69	0.52						0.65 cm/año
DEV STD.		0.04	0.20	0.18	0.11	0.10	0.02											
CREC TOT	0.62	0.53	0.90	0.72	0.83	0.74	0.69	0.67	0.89	0.87	0.70	0.67	0.77	0.80	0.79	0.81	0.70	0.75 cm/año

TABLA 2. DATOS DEL PESO (g) DE LAS SUBMUESTRAS EN EL ESQUELETO DE *Montastrea annularis*

ISLA VERDE, VERACRUZ.

TALUD	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
OESTE 1	0.45	0.59	0.87	0.70	1.06	1.10	0.85	0.86									
OESTE 2		0.79	1.73	1.18	1.72	1.06	1.22	0.91	1.56	1.21	0.93	1.32	1.05	1.39	1.18		
OESTE 3		0.05	0.97	0.90	1.06	1.16	1.25	1.22	1.23	1.19	1.15	1.35	1.23	0.92	1.09	1.20	1.09
ESTE 1	0.50	1.02	1.12	1.27	0.94												
ESTE 2		0.79	1.03	2.21	1.47	1.31	1.42										
ESTE 3		0.63	1.07	0.78	0.74	0.94	0.79	0.85	1.13	1.22	1.11	0.83					

TABLA 3. DATOS DE LAS LECTURAS DE ABSORBANCIA, ANALISIS DE CORRELACION Y CONCENTRACION DE PLOMO.

CLAVE	AÑO	LECTURA	BLANCO	a	b	r	ppm	g	ml	µg/g
A 01	91	0.0250	0	-0.0010	0.0187	0.9954	1.3904	0.4513	25	77.02
A 02	90	0.0325	0	-0.0010	0.0187	0.9954	1.7914	0.5869	25	76.31
A 03	89	0.0450	0	-0.0010	0.0187	0.9954	2.4599	0.8663	25	70.99
A 04	88	0.0370	0	-0.0010	0.0187	0.9954	2.0321	0.7046	25	72.10
A 05	87	0.0525	0	-0.0010	0.0187	0.9954	2.8610	1.0635	25	67.25
A 06	86	0.0610	0.0045	0.0062	0.0195	0.9978	2.5795	1.0968	25	58.80
A 07	85	0.0515	0.0045	0.0062	0.0195	0.9978	2.0923	0.8503	25	61.52
A 08	84	0.0500	0.0045	0.0062	0.0195	0.9978	2.0154	0.8578	25	58.74
B 01	91	0.0345	0.0045	0.0062	0.0195	0.9978	1.2205	0.4958	25	61.54
B 02	90	0.0550	0.0045	0.0062	0.0195	0.9978	2.2718	1.0186	25	55.76
B 03	89	0.0565	0.0020	0.0039	0.0217	0.9991	2.3318	1.1161	25	52.23
B 04	88	0.0575	0.0020	0.0039	0.0217	0.9991	2.3779	1.2663	25	46.95
B 05	87	0.0510	0.0020	0.0039	0.0217	0.9991	2.0783	0.9408	25	55.23
C 01	90	0.0500	0.0020	0.0039	0.0217	0.9991	2.0323	0.7884	25	64.44
C 02	89	0.0770	0.0020	0.0039	0.0217	0.9991	3.2765	1.7316	25	47.30
C 03	88	0.0580	0	-0.0002	0.0210	0.9999	2.7714	1.1761	25	58.91
C 04	87	0.0705	0	-0.0002	0.0210	0.9999	3.3667	1.7154	25	49.07
C 05	86	0.0490	0	-0.0002	0.0210	0.9999	2.3429	1.0608	25	55.22
C 06	85	0.0550	0	-0.0002	0.0210	0.9999	2.6286	1.2172	25	53.99
C 07	84	0.0460	0	-0.0002	0.0210	0.9999	2.2000	0.9125	25	60.27
C 08	83	0.0715	0.0025	0.0055	0.0194	0.9977	3.2732	1.5620	25	52.39
C 09	82	0.0585	0.0025	0.0055	0.0194	0.9977	2.6031	1.2072	25	53.91
C 10	81	0.0510	0.0025	0.0055	0.0194	0.9977	2.2165	0.9320	25	59.46
C 11	80	0.0640	0.0025	0.0055	0.0194	0.9977	2.8866	1.3182	25	54.75
C 12	79	0.0665	0.0025	0.0055	0.0194	0.9977	3.0155	1.0534	25	71.57
C 13	78	0.0555	0.0010	0.0016	0.0208	0.9999	2.5433	1.3918	25	45.68
C 14	77	0.0520	0.0010	0.0016	0.0208	0.9999	2.3750	1.1753	25	50.52
D 01	90	0.0455	0.0010	0.0016	0.0208	0.9999	2.0625	0.7872	25	65.50
D 02	89	0.0515	0.0010	0.0016	0.0208	0.9999	2.3510	1.0340	25	56.84
D 03	88	0.0860	0.0010	0.0016	0.0208	0.9999	4.0096	2.2115	25	45.33
D 04	87	0.0670	0	0.0018	0.0208	0.9993	3.1346	1.4675	25	53.40
D 05	86	0.0615	0	0.0018	0.0208	0.9993	2.8702	1.3100	25	54.77
D 06	85	0.0660	0	0.0018	0.0208	0.9993	3.0865	1.4181	25	54.41
E 01	90	0.0385	0	0.0018	0.0208	0.9993	1.7644	0.6320	25	69.79
E 02	89	0.0550	0	0.0018	0.0208	0.9993	2.5577	1.0720	25	59.65
E 03	88	0.0470	0	0.0027	0.0195	0.9985	2.2718	0.7807	25	72.75
E 04	87	0.0450	0	0.0027	0.0195	0.9985	2.1692	0.7400	25	73.28
E 05	86	0.0535	0	0.0027	0.0195	0.9985	2.6051	0.9427	25	69.09
E 06	85	0.0485	0	0.0027	0.0195	0.9985	2.3487	0.7936	25	73.99
E 07	84	0.0500	0	0.0027	0.0195	0.9985	2.4256	0.8500	25	71.34
E 08	83	0.0620	0.0025	0.0036	0.0204	0.9985	2.7402	1.1300	25	60.62
E 09	82	0.0645	0.0025	0.0036	0.0204	0.9985	2.8627	1.2244	25	58.45
E 10	81	0.0615	0.0025	0.0036	0.0204	0.9985	2.7157	1.1076	25	61.30
E 11	80	0.0515	0.0025	0.0036	0.0204	0.9985	2.2255	0.8327	25	66.82

TABLA 3. CONTINUACION.

CLAVE	AÑO	LECTURA	BLANCO	a	b	r	ppm	g	ml	µg/g
F 01	90	0.0105	0.0025	0.0036	0.0204	0.9985	0.2157	0.0500	25	107.85
F 02	89	0.0550	0.0015	0.0008	0.0211	0.9985	2.4976	0.9734	25	64.15
F 03	88	0.0500	0.0015	0.0008	0.0211	0.9985	2.2607	0.8991	25	62.86
F 04	87	0.0565	0.0015	0.0008	0.0211	0.9985	2.5687	1.0609	25	60.53
F 05	86	0.0595	0.0015	0.0008	0.0211	0.9985	2.7109	1.1616	25	58.34
F 06	85	0.0615	0.0015	0.0008	0.0211	0.9985	2.8057	1.2466	25	56.27
F 07	84	0.0565	0	0.0005	0.0208	0.9977	2.6923	1.2246	25	54.96
F 08	83	0.0590	0	0.0005	0.0208	0.9977	2.8125	1.2253	25	57.38
F 09	82	0.0580	0	0.0005	0.0208	0.9977	2.7644	1.1920	25	57.98
F 10	81	0.0560	0	0.0005	0.0208	0.9977	2.6683	1.1500	25	58.01
F 11	80	0.0635	0	0.0005	0.0208	0.9977	3.0288	1.3462	25	56.25
F 12	79	0.0590	0	0.0002	0.0219	0.9999	2.6849	1.2313	25	54.51
F 13	78	0.0295	0	0.0002	0.0219	0.9999	1.3379	0.9200	50	72.71
F 14	77	0.0315	0	0.0002	0.0219	0.9999	1.4297	1.0880	50	65.68
F 15	76	0.0345	0	0.0002	0.0219	0.9999	1.5662	1.2041	50	65.04
F 16	75	0.0360	0	0.0002	0.0219	0.9999	1.6347	1.0903	50	74.97

A = OESTE 1 B = ESTE 1 C = OESTE 2 D = ESTE 2 E = ESTE 3 F = OESTE 3

a = término constante de la regresión lineal. b = pendiente. r = coeficiente de correlación.

ppm = datos de concentración de Pb. g = peso de las submuestras. ml = volumen al que se

llevó la submuestra. µg/g = concentración final de Pb, en peso seco.

TABLA 4. NIVELES RETROSPECTIVOS DE PLOMO ( $\mu\text{g} / \text{g}$  de peso seco) EN EL ESQUELETO DE *Montastrea annularis*

ISLA VERDE, VERACRUZ.

TALUD	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	PROMEDIO
OESTE 1	77.02	76.31	70.99	72.10	67.25	58.80	61.52	58.74										
OESTE 2		64.44	47.30	58.91	49.07	55.22	53.99	60.27	52.39	53.91	59.46	54.75	71.57	45.68	50.52			
OESTE 3		107.85	64.15	62.86	60.53	58.34	56.27	54.96	57.38	57.98	58.01	56.25	54.51	72.71	65.68	65.04	74.97	
PROMEDIO	77.02	82.87	60.81	64.62	58.95	57.45	57.26	57.99	54.89	55.95	58.74	55.50	63.04	59.20	58.10	65.04	74.97	62.49 $\mu\text{g}/\text{g}$
DEV STD.		18.32	9.96	5.53	7.51	1.59	3.15	2.23	2.49	2.04	0.73	0.75	8.53	13.51	7.58			
ESTE 1	61.54	55.76	52.23	46.95	55.23													
ESTE 2		65.50	56.84	45.32	53.40	55.74	54.41											
ESTE 3		69.79	59.65	72.75	73.28	69.09	73.99	71.34	60.62	58.45	61.30	66.82						
PROMEDIO	61.54	63.68	56.24	55.01	60.64	61.93	62.20	71.34	60.62	58.45	61.30	66.82						61.81 $\mu\text{g}/\text{g}$
DEV STD.		5.87	3.06	12.56	8.97	7.16	9.79											
Pb TOT.	62.28	73.28	58.53	59.82	58.80	59.69	60.73	64.67	57.76	57.20	60.02	61.16	63.04	59.20	58.10	65.04	74.97	62.49 $\mu\text{g}/\text{g}$



TABLA 5. DATOS DE EXTENSION LINEAL ANUAL EN *Montastrea annularis*  
PARA VARIAS LOCALIDADES

AUTOR	LOCALIDAD	N	PROF. metros	EXTENSION cm/año	Min cm/año	Máx cm/año
Baker y Weber, 1975	St. Croix Islas Vírgenes	12	9	1.04		
Hudson, 1981	Key Largo USA	10	7-11	0.63		
Hubbard y Scaturro, 1985	St. Croix Islas Vírgenes	12	9	0.82		
Huston, 1985	Discovery Bay Jamaica	5	10	0.86	0.59	1.13
Tomascik y Sanders, 1985	Barbados	10	5-7	0.82	0.58	1.23
Lipstein, 1989	Veracruz México	30	10	0.87	0.82	0.91
Horta-Puga, 1993	Veracruz México	9	10	0.85	0.40	1.35
Presente estudio	Veracruz México	6	10	0.75	0.16	1.15

N = Número de organismos colectados

TABLA 6. DATOS DE LOS NIVELES DE PLOMO EN *Montastrea annularis*  
 PARA VARIAS LOCALIDADES

AUTOR	LOCALIDAD	CONCENTRACION
Dodge y Gilbert, 1984	St. Croix	
	Islas Virgenes	
	ZONA CONTAMINADA	0.395 µg/g
	ZONA NO CONTAMINADA	0.087 µg/g
Glynn et al., 1989	Florida	< 1.0 µg/g
Horta-Puga, 1992	Veracruz	64.63 µg/g
Presente estudio	Veracruz	62.49 µg/g

Tabla 7. PRUEBA DE MANN-WILCOXON PARA LOS DATOS DE EXTENSIÓN LINEAL

La Prueba se utiliza con muestras aleatorias extraídas independientemente, cuyos tamaños no necesitan ser los mismos. Datos en la extensión lineal del coral *Montastrea annularis*.

N1	RX	N2	RY	
0.50	2.5	0.16	1.0	N1 = 22    N2 = 38
0.50	2.5	0.51	4.5	
0.51	4.5	0.57	13.5	$\sum^N RX + \sum^N RY = N(N+1)$
0.52	7.0	0.57	13.5	-----
0.52	7.0	0.60	15.0	2
0.52	7.0	0.64	19.5	
0.55	10.0	0.66	21.5	
0.55	10.0	0.66	21.5	$432 + 1398 = (60 \times (61)) / 2$
0.55	10.0	0.68	23.5	
0.59	14.0	0.69	23.5	$1830 = 3660 / 2$
0.61	16.5	0.70	27.0	
0.61	16.5	0.71	28.0	$1830 = 1830$
0.63	18.0	0.74	30.0	
0.64	19.5	0.75	31.0	
0.68	23.5	0.77	32.5	
0.69	25.5	0.77	32.5	
0.72	29.0	0.79	36.0	
0.77	32.5	0.81	37.5	
0.77	32.5	0.81	37.5	
0.85	41.0	0.82	39.5	
0.93	49.0	0.82	39.5	
1.06	54.0	0.86	42.5	
		0.86	42.5	
$\sum^N RX =$	432	0.87	44.5	
		0.87	44.5	
		0.91	46.0	
		0.92	47.5	
		0.92	47.5	
		0.94	50.0	
		0.97	51.0	
		0.98	52.5	
		0.98	52.5	
		1.08	55.0	
		1.09	56.0	
		1.10	57.0	
		1.11	58.0	
		1.14	59.0	
		1.15	60.0	
		$\sum^N RY =$	1398	

Se obtiene la U como sigue:

$$U1 = \frac{N1 \cdot N2 + N1(N1+1) \cdot \sum R X}{2} \qquad U2 = \frac{N1 \cdot N2 + N2(N2+1) \cdot \sum R Y}{2}$$

$$U1 = \frac{22 \times 38 + (22 \times (23) / 2) \cdot 432}{2} \qquad U2 = \frac{22 \times 38 + (38 \times (39) / 2) \cdot 1398}{2}$$

$$U1 = \frac{836 + (506 / 2) \cdot 432}{2} \qquad U2 = \frac{836 + (1482 / 2) \cdot 1398}{2}$$

$$U1 = 657 \qquad U2 = 179$$

Comprobación del valor de U2 :

$$U2 = N1 \cdot N2 - U1$$

$$U2 = 836 - 179$$

$$U2 = 657$$

La razón Z se determina mediante la siguiente fórmula.

$$Z = \frac{(U1 - (N1 \cdot N2 / 2))}{\sqrt{\{ (N1 \cdot N2 \cdot (N1 + N2 + 1) / 12) \}}}$$

donde el numerador es U1 menos el segundo término, que es la media de U y el denominador es la desviación standar de U.

$$Z = \frac{(657 - (836 / 2))}{\sqrt{\{ (836 \times (22 + 38 + 1) / 12) \}}}$$

$$Z = 239 / 65.18946745$$

$$Z = 3.666236424$$

El valor de Z en tablas para 3.66 con un nivel de confianza de 0.95 % es 0.4750 por lo que H0 se rechaza, observándose una diferencia entre los datos de ambas zonas

Datos de extension lineal ( Z = 3.6295 ) obtenidos con el STATGRAPHICS.

TABLA 8. PRUEBA DE MANN-WHITNEY PARA LOS DATOS DE LA CONCENTRACION DE PLOMO

Datos en la concentración de plomo *Montastrea annularis*

N1	RX	N2	RY
45.33	1	45.68	2
46.95	3	47.30	4
52.25	7	49.07	5
53.40	9	50.52	6
54.41	12	52.39	8
55.23	17	53.91	10
55.74	18	53.99	11
55.76	19	54.51	13
56.84	22	54.75	14
58.45	27	54.96	15
59.65	32	55.22	16
60.62	35	56.25	20
61.30	36	56.27	21
61.54	38	57.38	23
65.50	43	57.98	24
66.82	45	58.01	25
69.09	47	58.34	26
68.79	48	58.74	28
71.34	50	58.80	29
72.75	53	58.91	30
73.28	55	59.46	31
73.99	56	60.27	33
		60.53	34
$\Sigma^{\circ} RX = 673$		61.52	37
		62.86	39
		64.15	40
		64.44	41
		65.04	42
		65.68	44
		67.25	46
		70.99	49
		71.57	51
		72.10	52
		72.70	54
		74.99	57
		76.31	58
		77.02	59
		107.85	60
		$\Sigma^{\circ} RY = 1157$	

$$N1 = 22 \quad N2 = 38$$

$$\Sigma^{\circ} RX + \Sigma^{\circ} RY = N(N+1)$$

$$\frac{\quad}{2}$$

$$673 + 1157 = (60 \times (61)) / 2$$

$$1830 = 1830$$

Se obtiene la U como sigue:

$$U1 = \frac{N1 N2 + N1 ( N1 + 1 ) - \sum^A RX}{2} \quad U2 = \frac{N1 N2 + N2 ( N2 + 1 ) - \sum^A RY}{2}$$

$$U1 = ( 22 \times 38 ) + ( 22 \times (23) / 2 ) - 673 \quad U2 = ( 22 \times 38 ) + ( 38 \times (39) / 2 ) - 1157$$

$$U1 = 836 + 253 - 673$$

$$U2 = 836 + 741 - 1157$$

$$U1 = 416$$

$$U2 = 420$$

Comprobación del valor de U2:

$$U2 = N1 N2 - U1$$

$$U2 = 836 - 416$$

$$U2 = 420$$

La razón Z se obtiene de:

$$Z = \frac{ \{ U1 - ( N1 N2 / 2 ) \} }{ \sqrt{ \{ N1 N2 ( N1 + N2 + 1 ) / 12 \} } }$$

$$Z = \frac{ \{ 416 - ( 836 / 2 ) \} }{ \sqrt{ \{ 836 \times ( 38 + 22 + 1 ) / 12 \} } }$$

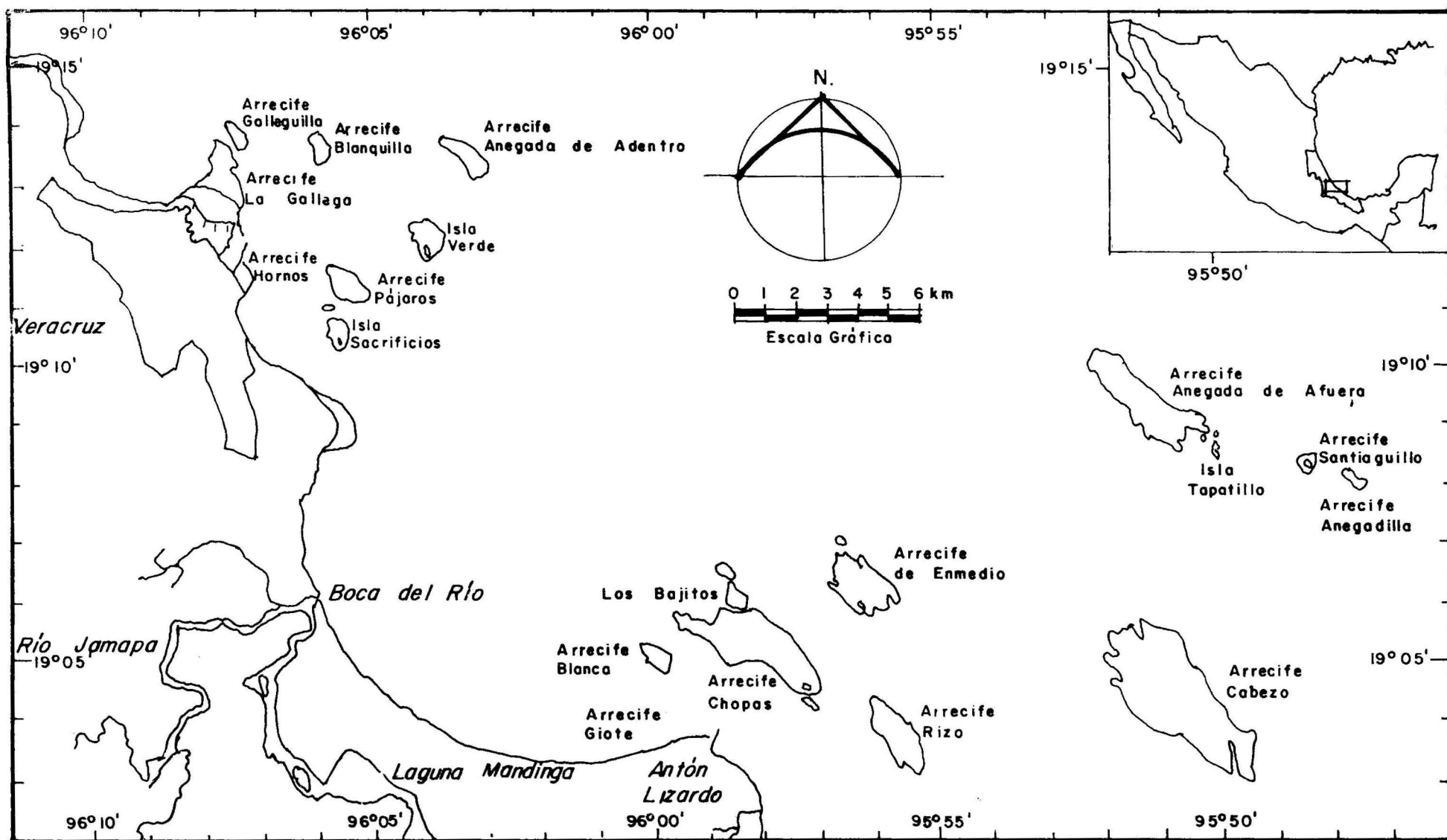
$$Z = - 2 / 65.18946745$$

$$Z = - 0.03067980271$$

El valor de Z calculada para  $\alpha = 0.03$  es de 0.4750 por lo que  $H_0$  se acepta debido a que el valor obtenido cae en la región de aceptación, por lo que no se encuentran diferencias significativas en la concentración de plomo entre los taludes.

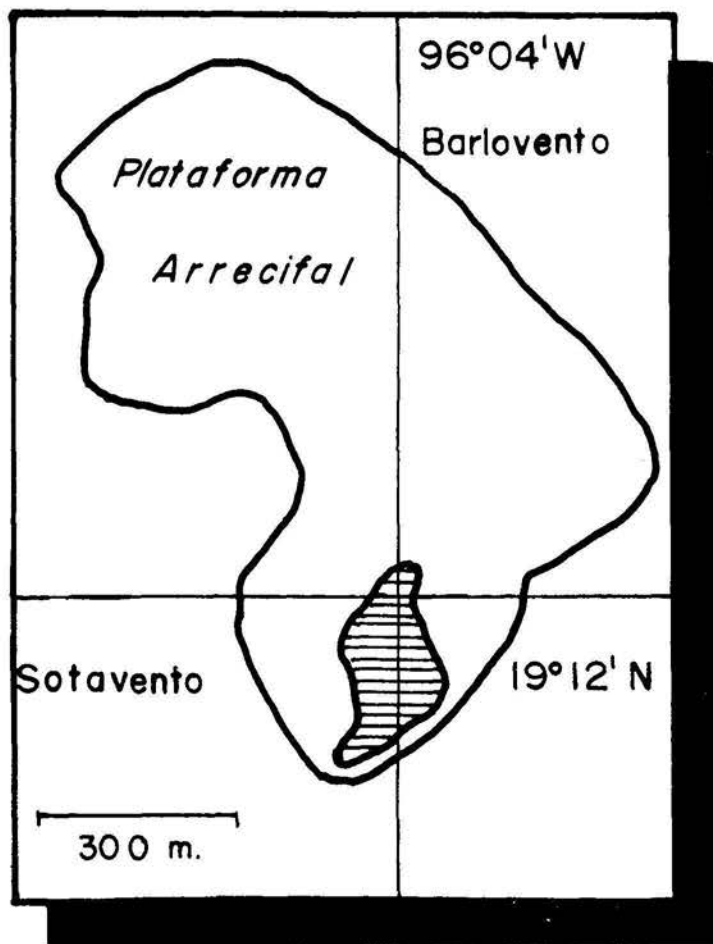
El valor en el nivel de plomo, obtenidos con el STATGRAPHICS fué de (  $Z = - 0.0383498$  ).

## **MAPAS**



MAPA 1. SISTEMA ARRECIFAL FRENTE A LA COSTA ESTE DE VERACRUZ

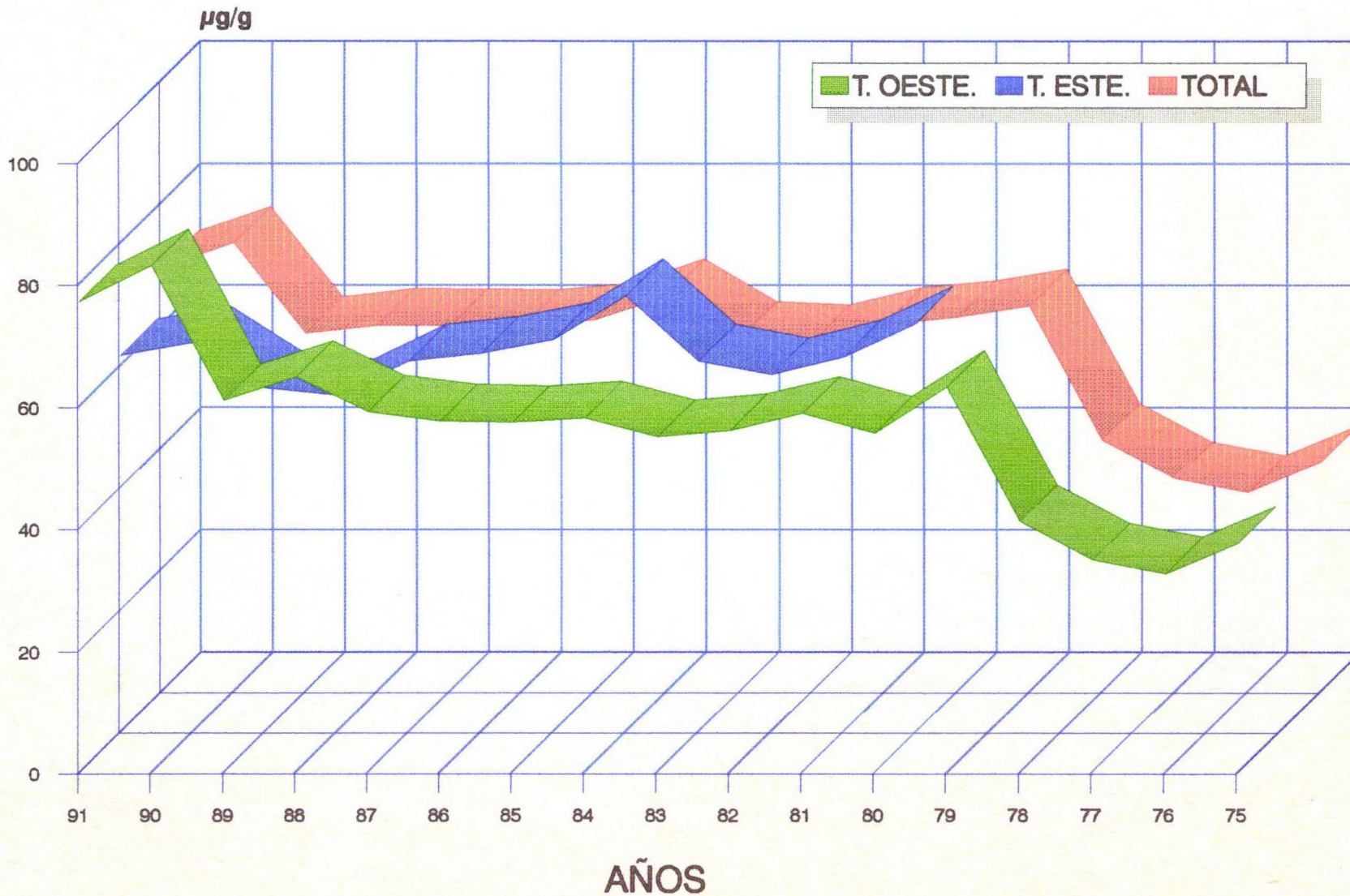




## MAPA 2 ISLA VERDE

Zona de Colecta a 10 m. de Profundidad

## **GRAFICA**



GRAFICA 1. NIVELES RETROSPECTIVOS DE PLOMO EN *Montastrea annularis*

## **BIBLIOGRAFIA**

Arenas, F. V. 1966. Hidrografía y plancton en el Arrecife la Blanquilla, Veracruz, Ver. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Bak, R. P. M. 1987. Effects of chronic oil pollution on Caribbean Coral Reef. Mar. Poll. Bull. 18 (10): 534-539.

Baker, P. A. y J. W. Weber. 1975. Coral Growth Rate: Variation with depth. Earth Planet. Sci. Lett. 27: 57-61.

Bravo, R. J. y Camacho, R. J. 1989. Contribución al conocimiento sobre la estructura de la comunidad de corales Scleractinos en el arrecife "La Blanquilla", Veracruz, México. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM, México.

Brown, B. E. y L. S. Howard. 1985. Assessing the effects of stress on reef corals. Adv. Mar. Biol. 22: 1 - 63.

Brown, B. E. 1987. Worldwide death of corals-natural cyclical events or man-made pollution?. Mar. Poll. Bull. 18(10): 9 - 13.

Buddemeier, R. W. 1974. Environmental controls over annual and lunar monthly cycles in hermatypic coral calcification. Proc. 2nd. Int. Coral Reef. Symp. 2: 259 - 267.

Buddemeier, R. W., J. E. Maragos y D. W. Knutson. 1974. Radiographic studies of reef coral exoskeletons: rates and patterns of coral growth. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 14: 179 - 200.

Buddemeier, R. W. y R. A. Kinzie III. 1976. Coral growth. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 14: 183 - 225.

Denton, G. R. W. y C. Burdon-Jones. 1986. Trace metals in corals from the Great Barrier Reef. Mar. Poll. Bull. 17(5): 209 - 213.

Dodge, R. E., R. E. Aller y J. Thompson. 1974. Coral growth related to resuspension of bottom sediments. Nature, Lond., 247: 574 - 577.

Dodge, R. E. y J. Thompson. 1974. The natural radiochemical and growth records in contemporary hermatypic corals from the Atlantic and Caribbean. Earth Planet, Sci. Lett., 23: 313 - 322.

Dodge, R.E y J.R. Vaisnys. 1975. Hermatypic coral growth banding as environmental recorder. Nature. 258 (5537): 706 - 708.

Dodge, R. E. y J. R. Vaisnys. 1980. Skeletal growth chronologies of recent and fossil corals. Chp. 14. In: Skeletal growth: biological records of environmental change. pp 493 - 517. D.C Rhoads and R. A. Lutz (Eds). New York. Plenum Press.

Dodge, R. E. 1982. Effects of drilling mud on the reef building coral *Montastrea annularis* Mar. Biol. 71:141 - 147.

Dodge, R.E. y J.C. Lang. 1983. Environmental correlates of hermatypic coral (*Montastrea annularis*) growth on the East Flower Garden Banks, Northwest Gulf of Mexico. *Limnol. Oceanogr.* 28: 228 - 240.

Dodge, R. E. y T. R. Gilbert. 1984. Chronology of Lead pollution contined in banded corals skeletons. *Mar. Biol.* 82: 9 - 13.

Dustan, P. 1975. Growth and form in the reef-building coral *Montastrea annularis*. *Mar. Biol.* 33: 101 - 107.

Emery, K. O. 1963. Estudios regionales - arrecifes coralinos en Veracruz México, *Geofísica Internacional*. 3(1): 11 - 17.

Ferre-D'Amare, A. R. 1985. Reefs on the Mexican Atlantic: A review. *Pro. 5th. Int. Coral. Reef. Cong. Tahiti.* (6): 349 - 354.

García, E. 1977. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. México: Instituto de Geografía, UNAM.

Glynn, P. W. y G. M. Wellington. 1983. Coral Growth. In: *Corals and coral reefs of the Galapagos Islands.* pp 93 - 118. Berkeley: Univ. of Calif. Press.

Glynn, P. W., Corcoran E. F., Szmant, A. M. y S. V. Coffey-Shabica. 1989. Condition of Coral Reef Cnidarians from the Northern Florida Reef Tract: Pesticides, Heavy Metals, and Histopathological Examination. *Mar. Poll. Bull.* 20(11): 568-576.

Goreau, T. F. 1959. The Physiology of Skeleton Formation in Corals I. A method for mesuring the rate of calcium deposition by corals under different conditions. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole*, 116: 59-75.

Goreau, T. F., N. I. Goreau y T. J. Goreau. 1979. Corales y Arrecifes de Coral. *Investigación y Ciencia* (37): 48 - 60.

Harland, A. D. y B. E. Brown. 1989. Metal tolerance in the scleractinian coral *Porites lutea*. *Mar. Poll. Bull.* 20(7): 353 - 357.

Heilprin, P. A. 1890. The Corals and Coral Reefs of the western water of the Gulf of Mexico. *Proceedings of Academic of Natural Sciences of Philadelphia*, pp: 303-316.

Highsmith, R. C. 1979. Coral growth rates and environmental control of density banding of *Experimental Marine Biology and Ecology*. (37): 105 - 125.

Horta Puga, G. J. 1982. Descripción de algunas especies de Poliquetos Bentónicos de Isla Verde, Ver. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM. México.

Horta-Puga, G. J. y J. P. Carricart-Ganivet. 1990. *Stylaster roseus* (Pallas, 1766): first record of stylasterid (Cnidaria: Hydrozoa) in the Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. 47(2): 575 - 576.

Horta-Puga, G. J. 1993. Tasa de crecimiento de *Montastrea annularis* en el sistema arrecifal de Veracruz, México. Laboratorio y Museo de Zoología E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M. Primera Reunión de Investigadores sobre Fauna Veracruzana (resúmenes). Xalapa, Veracruz. pp:44-45.

Horta-Puga, G. J. 1992. Concentración de diversos metales pesados en corales escleractinios en Veracruz, Veracruz. Laboratorio y Museo de Zoología E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M. XI Congreso Nacional de Zoología (programa / resúmenes). Mérida, Yucatán. pp: 28-31.

Howard, L. S. y B. E. Brown. 1984. Heavy Metals and Reef Corals. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 22: 195-210.

Howard, L. S. y B. E. Brown. 1986. Metals in tissue and skeletons of *Fungia fungites* from Phuket, Thailand. Mar. Poll. Bull. 17(12): 569-570.

Howard, L. S. y B. E. Brown. 1987. Metals in *Pocillopora damicornis* exposed to tin smelter effluent. Mar. Poll. Bull. 18(8): 451-454.

Hubbard, D. K. y Scaturro, D. 1985. Growth rate of seven species of Scleractinian corals from Caney Bay and Salt River, St. Croix, U. S. Virgin Islands. Bulletin of Marine Science 36: 325-338.

Hudson, J. H., Shinn, E. A., Halley, R. B. y B. Lidz. 1976. Sclerochronology - A tool for interpreting past environments. Geology 4: 361-364.

Hudson, J. H. 1981. Response of *Montastrea annularis* to environmental change in the Florida Keys. Proc. 4th. Int. Coral Reef Symp. 2: 233-240.

Huston, N. 1985. Variation in Coral Growth Rates with Deep at Discovery Bay, Jamaica. Coral Reefs 4: 19-25.

Johannes, R. E. 1972. Coral Reefs and Pollution. In: Marine Pollution and sea life. Fishing News (Books). 364-375.

Johannes, R. E. 1975. Pollution and degradation of Coral Reef communities. In : Tropical Marine Pollution. Ed. by J. Ferguson Wood and R.E. Johannes. Amsterdam : Elsevier. pp: 13-51

Knutson, D. W., Buddemeier, R. W. y S. V. Smith. 1972. Corals Chronometers Seasonal Growths Bands in Reef Corals. Sci. 177: 270-272.

Kühlmann, D. H. H. 1975. Caracterización de los arrecifes de coral de Veracruz, México. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.* 60(4): 495-521.

Levy, E. M. 1992. Persistent Marine Debris: Petroleum residues and plastics in the World's Oceans. In: *The Science of Global Change. The Impact of Human Activities on the Environment*. Ed. by Dunnette, D. A. and R. J. O'Brien. Portland State University. ACS Symposium Series 483. Amer. Chem. Soc. Washington, DC. Chapter 11: 223-239.

Linden, O., Larsson, U. y Z. S. Al-Alawi. 1988. Effects of Chronic Oil Pollution in a shallow sub-tropical marine environment. *Oil & Chemical Pollution*. 5: 65-79.

Lipstein Dawson, A. P. 1989. Análisis Retrospectivo del Crecimiento de *Montastrea annularis* (Ellis & Soalnder, 1786) del arrecife de Enmedio, Veracruz. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM, México.

Loya, L. 1975. Possible effects of water pollution on the community structure of Red Sea corals. *Mar. Biol.* 29: 177-185.

Mcintyre, I. G. y Smith, S. V. 1974. X-radiographic studies of skeletal development in coral colonies. *Proc. 2nd. Int. Coral Reef. Sym. Brisbane.* (2): 277 - 287.

Neudecker, S. 1981. Growth and Survival of Scleractinian Corals exposed to thermal effluents at Guam. *Proc. 4th. Int. Sympos. Coral Reef, Manila.* 2: 233-240.

Pastorok, R. A. y G. B. Bilyard. 1985. Effects of Sewage pollution on Coral Reef communities. *Mar. Ecol. Prog. ser.* 21: 175-189.

PEMEX, Secretaría de Marina. 1987. Evaluación de los Corales Scleractinios del Sistema Arrecifal frente al Puerto de Veracruz. GPTA-E 01-1078.

Pérez Soto, M. L., Padilla Souza, C., García Sáez, C. 1990. Los Arrecifes Coralinos del puerto de Veracruz. I. Geomorfología, Zonación y Fases sedimentarias. U.A.B.C. II CONGRESO DE CIENCIAS DEL MAR ( programa/ resúmenes ) La Habana, Cuba.

Price, N. J. 1975. Atomic Absorption Spectrophotometry with the PYE UNICAM SP 1900 and SP 190 Series Instruments. Published by PYE UNICAM LTD.

Rannefeld, J. W. 1972. The stony corals of Enmedio Reef off Veracruz Mexico. Master's Thesis, Texas A&M University, College Station.

Salazar-Valejo, S. 1991. Contaminación Marina. CIQRO. GOB. EDO. de Q. ROO, MEXICO. 193 págs.



Secretaría de Marina. 1974. Atlas Oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe. Sección 1: Mareas y Corrientes. (OSM.# 1000). México, D.F. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo.

Secretaría de Marina. 1978. Temperatura y Salinidad de los Puertos de México en el Golfo de México y mar Caribe, México. Dirección General de Oceanografía.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1982. Normales Climatológicas: Periodo 1941-1970. México : Ed. del Servicio Meteorológico Nacional.

Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1979. BIOMETRIA Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. España: H. Blume Ediciones. Primera edición española. pp: 405-443.

Statistical Graphics Corporation. 1987. Statgraphics. The System for Statistics 3.0 . STSC.

Stoddart, D. R. 1969. Ecology and Morphology of Recent Coral Reef. Biol.Rev. 44: 433-498.

Tomascik, D. y Sanders, S. 1985. Effects of Eutrophic on Reef building corals: I. Growth Rates of the Reef-Building coral *Montastrea annularis*. Marine Biology. 87: 143-155.

Weber, J. N., Shinn, E. A y P. H. Weber. 1975. Correlation of density banding in reef coral skeletons with environmental parameters: the basis for interpretations of chronological records preserved in the coralla of corals. Paleobiology. 1: 137-149.

Weber, J. N. y E. W. White. 1974. Caribbean Reef Corals *Montastrea annularis* y *Montastrea cavernosa* Long-Term Growth Data as Determined by Skeletal X-Radiography. Geol. Sed. 171-179.

Wells, J. W. 1956. The Scleractinian, In : C.R. Moore (Ed). Treatise on invertebrates paleontology: Part F Coelenterata (pp: 328-44). Lawrence, Kansas : Geological Society of America and University of Kansas Press.

Yedid, A. 1982. Algunos aspectos ecológicos sobre la abundancia y distribución de los corales en Isla Verde, Ver. México. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM, México.

Yonge, C. M. 1963. The Biology of Coral Reefs, Adv. Mar. Biol. 1: 209-260.