



Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología



---

*Universidad Nacional Autónoma de México.*

“ESTUDIO DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y METALES  
TRAZA EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO  
VERACRUZ, MÉXICO.”

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR  
(OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA y PESQUERA)**

**PRESENTA:**

**J. ADRIÁN DIÁZ RAMOS**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. FELIPE VÁZQUEZ GUTIÉRREZ**

**COMITÉ TUTORIAL: M en C DOM INGO ALARCÓN ORTIZ.**

**M en C SANTIAGO CAPELLA VISCAINO.**

**M en C. JORGE ROMERO JARERO.**

**M en C. JONATAN FRANCO LÓPEZ.**

**MÉXICO D. F.**

**ABRIL 2008.**



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.

## DEDICATORIAS.

A Jesús Cristo Mi Dios: Eres mi roca y mi fortaleza tu sangre preciosa siempre me protege, el segundo de mi vida de la eternidad voy a dedicarlo primero a ti y alabar tus enseñanzas. Tu espada de doble filo siempre será mi estandarte.

A mi madre Luz Elena: Que puedo decirte, fuiste la mejor madre del mundo se que ya estas descansando, disfrutando del agua viva del señor y de sus verde praderas, donde no existe las enfermedades, el hambre o el dolor, ya estas sana. Tu sacrificio no fue vano, me hiciste un hombre de provecho que no descuidara sus deberes, te amo tu me enseñaste a no derrumbarme en las situaciones más adversas, quiero agradecerte el amor que me diste. Tu hijo quien te ama.

A mi padre Héctor: Solo puedo decirte gracias por haberme dado la vida, porque sin ella no podría haber disfrutado de todos los conocimientos que la Universidad de la vida nos brinda.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Deseo dar un especial agradecimiento al Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez por haber apoyado y dirigido este trabajo de tesis y por sus valiosas correcciones.

Al M en C Héctor Mauricio Alexander Valdés por la ayuda para la realización de esta tesis. Que fue parte importante para su inicio y culminación, gracias por sus valiosas enseñanzas y correcciones.

A los miembros del jurado por haber dedicado un inapreciable tiempo para la revisión de este trabajo de tesis.

Al Departamento de Ecología de la Carrera de BIOLOGÍA en la FES IZTACALA, en especial al amigo Jonatan Franco-López por sus valiosas correcciones.

Al proyecto UNAM 132: Estudio Físicoquímico de Ríos, Lagos, Lagunas y mares de la República Mexicana.

Al Instituto Mexicano del Petróleo, por el apoyo económico de su Beca de Maestría.

A la Dra. Carmen González Macías, y la Dra. Cristina González Lozano del Laboratorio de Análisis Ambiental del Instituto Mexicano del Petróleo.

A mi Hermano en Cristo Adolfo Garrido Estrada, un agradecimiento especial por su incondicional amistad y cariño.

Al Biol. Alejandro Landeros por su amistad.

Al Biol. Antonio Frausto y a la Q. Angélica Peña.

A mi amiga y Hermana en Cristo Janet Patricia. Soto Mendoza, por su incondicional cariño y amistad.

A mi amigo Arquímedes Blanco Patrón por su amistad.

Al I. Q: Alberto Venegas, a la Q. Leticia García Leyte , Jesús Valenzuela por su amistad

A Armando Jiménez Rodríguez y a Luz Patria Ortega Tenorio, por aguantar mis regaños.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Físicoquímica Marina: Juanito, Gustavo, Isabel, Livia, Edgar, Toñita, Balbis, Azucena, Víctor, Roberto, Arcelia, Ariel (sirenito), Rafael, Daniel, Lili, Alejandro, José Luis, Gaby, Daniel, Richard.

**JURADO ASIGNADO.**

**PRESIDENTE** M. en C. DOMINGO ALARCÓN ORTIZ.

**SECRETARIO** DR. FELIPE VÁZQUEZ GUTIÉRREZ.

**VOCAL** M. en C. SANTIAGO CAPELLA VISCAINO.

**SUPLENTE** M en C. JORGE ROMERO JARERO.

**SUPLENTE** M. en C. JONATAN FRANCO LÓPEZ.

**ASESOR:**

DR. FELIPE VÁZQUEZ GUTIÉRREZ

**SUSTENTANTE:**

J. ADRIÁN DÍAZ RAMOS

**INDICE.**

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| RESUMEN. _____                | I  |
| INTRODUCCIÓN. _____           | II |
| ANTECEDENTES. _____           | 1  |
| OBJETIVOS. _____              | 3  |
| Objetivo General. _____       | 3  |
| Objetivos Particulares. _____ | 3  |
| ÁREA DE ESTUDIO. _____        | 4  |
| METODOLOGÍA. _____            | 5  |
| Trabajo de Campo. _____       | 5  |
| Trabajo de Laboratorio. _____ | 8  |
| RESULTADOS. _____             | 28 |
| DISCUSIÓN. _____              | 33 |
| Integración de Datos. _____   | 78 |
| CONCLUSIONES. _____           | 88 |
| BIBLIOGRAFÍA. _____           | 89 |

## RESUMEN

Se colectaron muestras de agua en 15 estaciones en 4 épocas en la Laguna de Alvarado, localizada en la porción SE del estado de Veracruz, durante el periodo comprendido de noviembre de 1992 a septiembre de de 1993. Se analizaron los metales disueltos Cd, Cu, Cr, Pb y Fe, además de los elementos mayores  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , AT, así como su Salinidad, Conductividad, pH y Temperatura. Se determino los valores promedios de máximos, mínimos, media y desviación estándar a cada temporada de muestreo. Los resultados junto a sus figuras muestran que la concentración de los aniones y cationes mayores conjuntamente con la salinidad están en función de las épocas del año. Además la concertación de los metales disueltos depende de la época del año. Los valores del Cu y Pb son más altos en la época de secas que en la época de lluvias. El análisis de regresión múltiple, mostró que los valores de  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , Cu, Cd y Pb en concentración están relacionados directamente con la salinidad y la Conductividad con los  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ . Los resultados de los metales disueltos Cu, Cd, Pb, Cr, y Fe en la Laguna de Alvarado Veracruz son comparados con resultados obtenidos en las lagunas de Pueblo Viejo. Veracruz, Tampamachoco, Ver., Mandinga Ver., Del Carmen Tab., Mecoacán Tab., Términos, Camp., San Andres, Tam., Atasta, Camp. Se encontró que el plomo tiene un valor promedio de los más bajos; la concentración media del cadmio y cromo represento valores muy similares al de las otras lagunas. La concentración media del cobre se encuentra dentro de los valores reportados para las otras lagunas; El hierro fue el valor promedio más alto.

## INTRODUCCIÓN

México cuenta con un alta diversidad y riqueza en recursos en sus extensos litorales, 6608km de litoral en el Océano Pacífico y 2611km de litoral para el Océano Atlántico, la plataforma continental cuenta con 500,000km<sup>2</sup> y 1,600,000Has de superficie estuarina, a nivel más artesanal que industrial las actividades de mayor importancia económica para el país son la pesca y la acuacultura (SAGARPA 2000)

En México, los estuarios, esteros y lagunas costeras suelen considerarse como sistemas estuarinos (Sevilla, 1977). Un estuario es la desembocadura de un río o un brazo de mar donde se mezclan el agua dulce con la agua de mar, en proporción variable de acuerdo a la magnitud de la influencia continental y la amplitud de las mareas, este termino se utiliza más adecuadamente cuando el río no desemboca directamente al mar, como sucede en el caso del río Coatzacoalcos, sino que lo hace a través de una laguna costera. Los estuarios son formaciones perpendiculares a la costa y las lagunas costeras se desarrollan paralelamente a las costas (Bahena, 1999.)

Estos ecosistemas son el resultado de la acción equilibrada de factores hidrológicos, climáticos y biológicos que implican una alta complejidad ecológica, que es aprovechada por gran cantidad de especies de importancia biológica y comercial, son utilizados como lugares de refugio, alimentación y/o crecimiento, que habitan temporalmente o permanentemente (Tovar, 2000).

Planificar el desarrollo industrial y urbanístico en la zona costera, de modo que sea más equilibrado, y menos destructivo, implica efectuar estudios de los niveles actuales de contaminación en el medio ambiente, diseñar estrategias de vigilancia ambiental, realizar valoraciones socioeconómicas, análisis de costo beneficio, entre otros (Contreras, 1995)

Las industrias petroquímicas, siderúrgica, químicas, del papel, de plásticos, fertilizantes, cementos, minera y los desechos municipales, emiten grandes cantidades de contaminantes a las zonas costeras, entre ellos los metales pesados como el aluminio, arsénico, cromo, cadmio, hierro, plomo, mercurio, vanadio, zinc y otros (Albert, 1997). Durante el transporte de los contaminantes (ej.: metales pesados) hacia el mar, estos sufren cambios físicos, químicos y biológicos. Cuando estos llegan a la zona estuarina, se enfrentan a cambios en base a las características del agua, esto puede ocasionar su absorción y adsorción, precipitación, floculación coloidal, fijación biológica, sedimentación, liberación bioquímica a la columna de agua y otros procesos. La acción conjunta de algunos de estos procesos, constituye una salida de algunos metales, en forma temporal o permanente de los cuerpos de agua estuarios, así solamente una pequeña parte alcanza la zona marina superficial y profunda. (Vázquez, 2000), reportó para las aguas costeras de Tabasco y Campeche concentraciones de partes por billón de algunos metales traza, no obstante al encontrarse actividad petrolera muy importante para el país

Debido a que las zonas estuarinas y lagunares pueden presentar una acumulación de metales traza y de otros compuestos orgánicos y microbiológicos, y como las tasas de renovación o ciclaje de materiales es muy rápida, así como, los metales atrapados en estos ecosistemas están continuamente disponibles para los organismos que los bioacumulan o sufren efectos tóxicos, es importante realizar estudios de los niveles de concentración de metales pesados y de evaluar las características fisicoquímicas de estos sistemas con el fin de tener una línea ambiental básica que permita dar seguimiento a la concentración de los diversos metales traza en estos cuerpos estuarinos (Botello, 2005.)

Las interacciones iónicas (Me-A) que se efectúan en estos sistemas han sido poco estudiadas a pesar de su gran importancia para tener un mejor entendimiento de las diversas rutas que seguirán los metales en los sistemas estuarinos. Sí, un metal se encuentra fuertemente interactuando con un anión a compuestos orgánicos, esto implica dos efectos: (i) que algunos organismos estuarinos no lo puedan asimilar debido a que no tendrán un fácil intercambio a

través de la pared celular de éstos organismos; (ii) o que sea más fácilmente asimilado, debido a la interacción iónica formada (complejo) (Vázquez, 1983).

## ANTECEDENTES:

México tiene una gran diversidad de lagunas costeras y estuarios en sus extensos litorales ya que tiene zonas semiáridas tropicales, subtropicales, por lo que presenta una amplia gama de características ecológicas. Identifica un total de 32 lagunas distribuidas a lo largo del litoral del Golfo de México entre las cuales destacan por su importancia, la laguna Madre en Tamaulipas, Términos en Campeche, la laguna de Tamiahua y la laguna de Alvarado en Veracruz (Hernández, 1994)

Para la zona de Veracruz los trabajos de investigación han sido muy numerosos, encontrando por citar algunos: el del Río Papaloapan sobre su sedimentología (Rosales-Hoz 1986), Para el estuario Coatzacoalcos y laguna Ostión Paez-Osuna, el al (1986) determina metales pesados, para el Río Coatzacoalcos estudios sobre metales pesados en sedimentos (Rosales-Hoz, *et al.* 1998), Estudios sobre metales en sedimentos resientes y organismos realiza Gonzáles-Fierro (1994), estudios sobre los sistemas arrecifales los realiza Horta-Puga (1997), evaluación sobre metales pesados en dos sistemas bentonicos arrecifales de Veracruz los realiza Tovar (2000), estudios sobre metales pesados en pasto marino (*Thalassia testudium*) los realiza en el Sistema Arrecifal Veracruzano (Noriega, 2001), Se determinaron metales pesados en los arrecifes de coral de Veracruz por Acosta (2002), estudios de metales pesados en sedimentos por descargas antropogenicas en el estuario de Río Coatzacolcos (Rosales, 2003 a).

El sistema lagunar de Alvarado Veracruz ha sido objeto de diversos trabajos, tanto de fauna y flora así como de su geología y condiciones fisicoquímicas. Entre los cuales se pueden citar; Resendez-Medina (1970) realiza estudios sobre la ictiofauna de la laguna de Alvarado. Phleger (1974) realiza estudios sobre sedimentos. Guadarrama (1974) estudia el zooplancton. Los trabajos de Contreras (1985); sobre el contorno del Manglar y pequeños tramos de pastos halófilos. El trabajo de Altamirano y Martínez (1985) realizan estudios de ictioplancton. Rosales. (1986 a) realiza estudios en la laguna de Alvarado de sedimentología. Álvarez-Rivera, *et al* (1986) determinan metales pesados en sedimentos del Río Blanco que

desemboca al Río Papaloapan. Espinosa M. A. (1989) contribuye con estudios de ecología de una familia de peces (familia *Sciaenidae*). Tovilla (1989) contribuye a la biología de los moluscos del sistema laguna de Alvarado Veracruz. Guzmán-Pérez (1991) estudió a la ictiofauna acompañante en las zonas de pesca comercial. Raz-Guzmán (1991) realiza un catalogo de los cangrejos *Brachyura* y *Anomura* de esta laguna. Reguero (1991) realiza estudios de los moluscos de la laguna de Alvarado Veracruz, Reguero y García Cuvas (1991), realizan estudios de los moluscos de la laguna Camaronera que es parte del sistema lagunar de Alvarado Veracruz. Solano (1991) da una introducción sobre aspectos ecológicos de la comunidad Ictica, Vera. (1992) estudia la biología de unos peces (*C. urophthalmus*, *C. Salvini*, y *P. Splendida*), García. (1992) analiza la biología de un pez de importancia económica (*Mugil curema*). Palma (1992) realiza estudios para contribuir al conocimiento de la biología del pez *Mugil, curema*. Latisneri (1993) realiza estudios ictiológicos a la familia *Cichidae*. García . (1995) estudia la presencia de la tonina en la laguna de Alvarado Veracruz. Benavides (1996) determina algunos parámetros ecológicos de la macro fauna; Escamilla (1996) realiza estudios ecológicos a crustáceos del género *Callinectes*. Rodríguez (1996) realiza estudios sobre la biología de moluscos Braquiuros y Anomuros

La complejidad de la combinación de los procesos geológicos, depositaciones fluviales y corrientes, hacen del Golfo de México una zona estuarina más importante de la tierra (Rosales 2003a). México posee 24 grandes sistemas lagunares-estuarinos, Tamaulipas cuenta con el 41 % de esta superficie estuarino-lagunar (231,200 ha); Tabasco, con el 3 % (24,800 ha); Campeche, con el 37 % (196,000 ha), y Veracruz con el 19 % (116,000 ha) (Contreras y Zbalegui, 1988). El estado de Veracruz se caracteriza por tener cuerpos lagunares protegidos principalmente por una barrera, entre los que se destaca la Laguna de Alvarado Veracruz en donde se desconocen los parámetros Físicoquímicos básicos de la columna de agua de esta laguna así como los metales pesados presentes, de ahí la importancia de hacer un estudio más afondo de su fisicoquímica espacio temporal

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Los metales traza se presentan en forma natural y alguno de estos son elementos esenciales para diversos organismos marinos y terrestres. La actividad humana genera variaciones en su concentración de algunos metales traza. Estos metales se transportan por ríos y alcanzan la zona costera. Por lo cual es importante analizar y establecer sus cambios en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz..

### **Objetivos Particulares:**

Establecer los Niveles de Concentración de los Metales Disueltos: Plomo, Cromo, Cadmio, Hierro y Cobre del agua en el Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz

Determinar los parámetros básicos de la calidad del agua. como: La Conductividad, Salinidad, Temperatura, pH y Alcalinidad Total.

Estimar los Aniones más abundantes: Cloruros (Cl<sup>-</sup>); Fluoruros (F<sup>-</sup>); Bromuros (Br<sup>-</sup>); la Alcalinidad Total; Los Sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Determinar los Cationes más abundantes del sistema lagunar: Sodio (Na<sup>+</sup>); Potasio (K<sup>+</sup>); Calcio (Ca<sup>2+</sup>) y Magnesio (Mg<sup>2+</sup>).

## ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna de Alvarado, se localiza en la porción SE del estado de Veracruz, entre los 18° 52' 15" y los 18° 43' 00" de latitud Norte y los 95° 57' 32" a los 95° 42' 20" de longitud Oeste (Raz, 1991). El sistema tiene una forma alargada y es casi paralelo a la línea de costa, su longitud aproximada es de 26km desde el punto Oeste de la Isla Vives hasta el extremo NW de la Laguna Camaronera, y una anchura que no excede los 5km. La Laguna de Alvarado puede considerarse como un sistema fluvio-lagunar, que comprende un cuerpo de agua central que se comunica mediante la boca de tragadero hacia el sur con la Laguna de Tlaxicoyan en la que desembocan los ríos Blanco y Camarón: hacia NW, pasando por la pequeña Laguna del Buen País y mediante un canal estrecho se une a la Laguna Camaronera. Las conexiones al mar ocurren por dos bocas situadas en sus extremos NO (Boca Camaronera) y EN (Boca de Alvarado) (Rosales, 1986).

El clima es de tipo AW2, o sea calido con lluvias en verano. La temporada de sequía es de 3 a 6 meses comprendiendo de enero a mayo, los vientos dominantes provienen del NW y N en la temporada de septiembre a enero, en junio se inicia la temporada de lluvias debido a que los vientos frescos boreales son sustituidos por vientos cálidos y húmedos del Este. La temperatura promedio anual esta entre 25.6°C con poca oscilación, enero es el mes más frio con 21.9°C y abril el mes más cálido con 30.9°C, La precipitación media anual es de 2121mm (García 1970).

La vegetación litoral esta dominada por manglares donde sobre salen el mangle rojo *Rhizophora mangle*. el mangle blanco *Avicennia nitida* y el mangle negro *Conocarpus erectus*. La vegetación sumergida del sistema lagunar y sus afluentes presenta fanerógamas como *Spartina sp.*, siendo en el litoral la predominante *Rupia maritima* (Benavides, 1996).

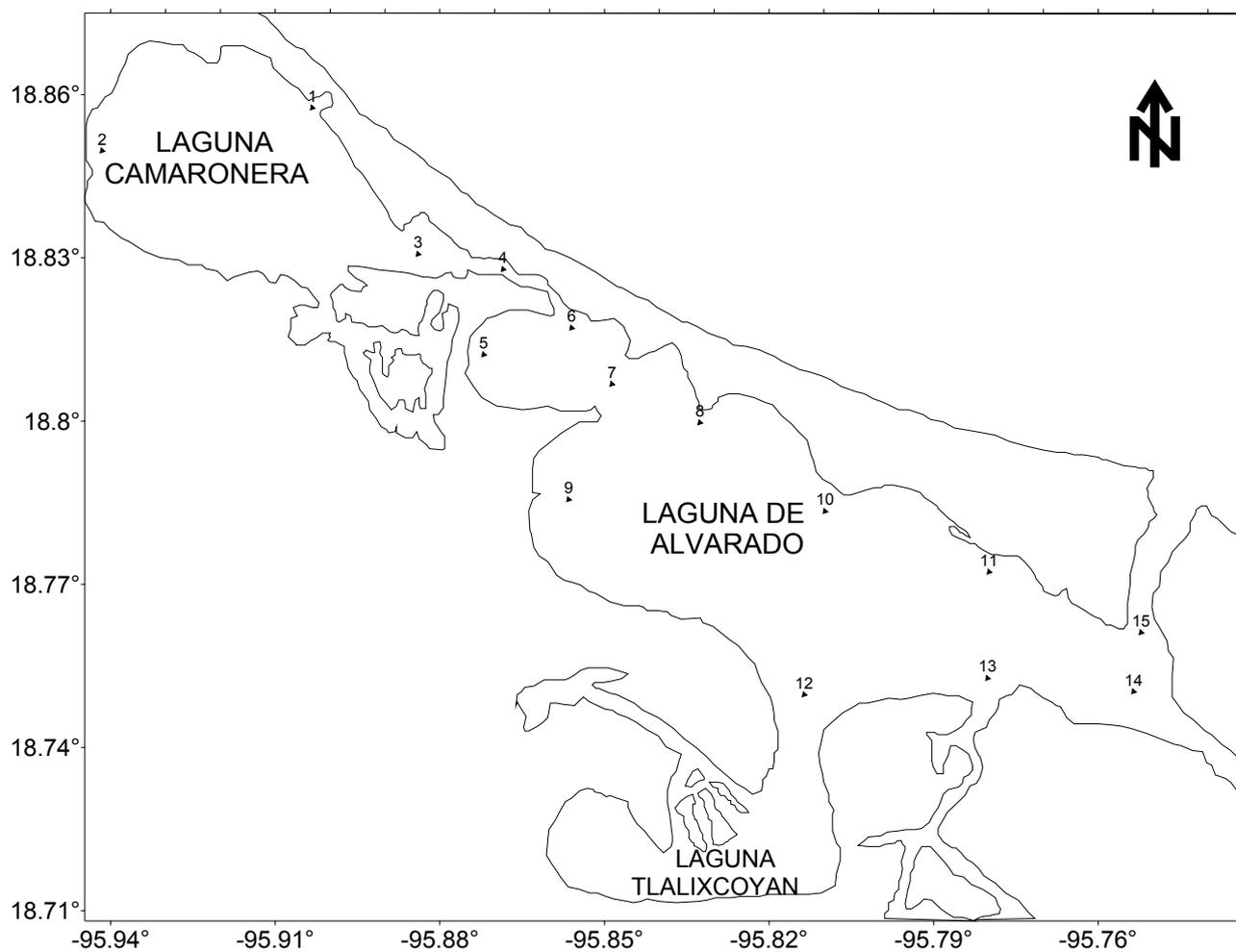


Fig. 1 Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México

## METODOLOGÍA

### TRABAJO DE CAMPO

En el área de estudio del Sistema Lagunar de Alvarado, Ver., se seleccionaron 15 puntos de muestreo, distribuidas de noroeste a noreste, su posición se encuentra en la Tabla 1. Se realizaron 4 muestreos. El traslado de estación a estación se efectuó con ayuda de una lancha de fibra de vidrio de 21 pies de eslora y 7 pies de manga, con motor fuera de borda de 40HP.

TABLA 1. (Localización de los puntos de muestreo).

| ESTACIÓN | LATITUD    | LONGITUD   |
|----------|------------|------------|
| 1        | 18°51'36.6 | 95°54'27.7 |
| 2        | 18°51'06.2 | 95°56'56.4 |
| 3        | 18°50'16.7 | 95°53'25.4 |
| 4        | 18°49'49.1 | 95°52'33.7 |
| 5        | 18°48'47.3 | 95°52'33.8 |
| 6        | 18°49'13.8 | 95°51'42.7 |
| 7        | 18°48'27.7 | 95°51'15.5 |
| 8        | 18°48'12.4 | 95°50'12.5 |
| 9        | 18°47'12.6 | 95°51'48.3 |
| 10       | 18°47'13.7 | 95°48'41.3 |
| 11       | 18°46'24.5 | 95°46'57.7 |
| 12       | 18°44'57.4 | 95°48'58.1 |
| 13       | 18°45'10.8 | 95°46'51.1 |
| 14       | 18°45'16.7 | 95°45'15.4 |
| 15       | 18°45'58.1 | 95°45'12.4 |

## **COLECTA DE MUESTRAS**

Colecta de agua para el análisis de los metales traza, se colectaron muestras de agua, con la ayuda de una botella Van-Dor y se colectó en recipientes de plástico de 1 L de capacidad, previamente preparados. Los recipientes fueron lavados con un detergente neutro libre de fosfatos (extran), enjuagados abundantemente con agua corriente y tres enjuagues con agua reactivo (ASTM II), después se dio una limpieza para lavar los metales que contuvieran los frascos de plástico, con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) destilado al 10 % por 24 horas y enjuagando con agua reactivo. Las muestras para los parámetros básicos, se colectaron en frascos de plástico de 3.5 L. Estos se lavaron con un detergente neutro libre de fosfatos (extran), enjuagados abundantemente con agua corriente y tres enjuagues con agua reactivo (ASTM II): después se dio una limpieza para lavar las posibles sales pegadas al plástico con ácido clorhídrico (HCl.) al 10 % por 2 horas y tres enjuagues con agua reactivo.

Las muestras de metales en agua, se preservaron con 1 ó 2 mL de ácido nítrico suprapuro. Además en otros 2 recipiente de plástico con capacidad de 3.5 L ( 1 galón ), se tomó un volumen aproximado de 3.5 L en cada frasco, utilizándose esta agua para análisis en el laboratorio de los parámetros Fisicoquímicos.

### **. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS IN SITU:**

Se procedió a determinar in situ la temperatura, pH, en cada estación. Y en los muestreos se procedió a posicionar cada estación, con la ayuda de un GPS, marca Trinvler Navegeitor.

#### **Determinación de la Temperatura.**

En cada punto de muestreo se midió la temperatura de la zona de muestreo introduciendo el sensor a la profundidad de toma de muestra y con termómetro de salinometro decampo se tomo la lectura en grados centígrados *in situ*. . La calibración del sensor de Temperatura en el Salinometro kalssico se llevo a cabo midiendo la temperatura del subestandar de agua de mar con un termómetro ASTM certificado de inmersión parcial de -20 a 260 °C. y/o

introduciendo el sensor del salinómetro clásico y con el tornillo de calibración girar hasta que el galvanómetro esté centrado en la lectura que está en pantalla.

### **Determinación de pH.**

La determinación del pH *in situ* se llevó a cabo con un potenciómetro de campo Corning Modelo 130, el cual se calibró en el laboratorio usando soluciones trazables a NIST de pH 4.00, 7.00 y 10.00. En campo se verificó su calibración usando soluciones buffer 4, 7 y 10 de pH trazables a NIST marca Baker. Se colocó el electrodo de pH en un vaso de precipitado de Nalgene de 100 mL con 50 mL de agua de cada punto de muestreo y se determinó el pH.

A las muestras ya en el laboratorio se procesaron de la siguiente manera: primeramente se filtraron usando un filtro Milipore de 0.45 μm de tamaño de poro de acetato de celulosa. Se refrigeraron a una temperatura de 4°C

## **TRABAJO DE LABORATORIO:**

### **Determinación de la Salinidad.**

Para determinar la Salinidad se calibró el salinómetro marca Guildline modelo autosal 9040 B, con un estándar certificado de agua mar, de conductividad y salinidad (agua de Copenhague). Se obtuvieron los valores de conductividad para después calcular la salinidad respectiva, donde dichos valores se corrigen a 25 °C y se determina la salinidad propuesta por la UNESCO 1984.

Salinidad =  $a_0 + a_1 R_t^{1/2} + a_2 R_t + a_3 R_t^{3/2} + a_4 R_t^2 + a_5 R_t^{5/2} + \Delta S$ .

$$\Delta S = \frac{(t - 15)}{1 + k(t - 15)} \times (b_0 + b_1 R_t^{1/2} + b_2 R_t + b_3 R_t^{3/2} + b_4 R_t^2 + b_5 R_t^{5/2}).$$

Para establecer el control de calidad de este parámetro se colectaron muestras por duplicado. A las muestras de cada punto se les determinó los valores de conductividad en el salinómetro marca Guildline modelo autosal 9040 B, para después calcular la salinidad

respectiva, donde dichos valores se corrigen a 25 °C y se determina la salinidad propuesta por la UNESCO (1984).

#### **Determinación de la Conductividad.**

Para determinar la conductividad se utilizó un Conductímetro marca Corning modelo Checkmate II. Se calibró usando un estándar de 0.1 molar de conductividad certificado. De este estándar se tomó 50 mL para sumergir el electrodo dentro de esta solución certificada dando el valor de 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ . Para cada muestra, se tomó 50 mL introduciendo el electrodo dentro del agua y se registró su valor.

#### **Determinación de los iones: Cloruro (Cl<sup>-</sup>), Bromuro (Br<sup>-</sup>) y Fluoruros (F<sup>-</sup>).**

Se determinó la concentración de cloruros, Bromuros y Fluoruros, con un Potenciómetro Marca Corning modelo 130. Se usó un electrodo de referencia modelo 90-02 llenado con solución Orión interna 90-00-01 y un electrodo de estado sólido para cloruros, un segundo electrodo de estado sólido para Bromuros y un tercer electrodo de estado sólido para Fluoruros marca Orión.

#### **Soluciones usadas para la determinación de Cloruros.**

Solución cloruro de sodio. Se preparó una solución de 1 Molar de Cl<sup>-</sup>

$$\text{NaCl pm} = 58.44 \text{ g}$$

$$= 58.44 \text{ g NaCl} / \text{L} = 1 \text{ M de Cl}^- = 100 \text{ Molar}$$

Se pesaron 14.61 g de NaCl (secado a 150 °C durante 24 horas) y se disolvieron en 150 mL de agua reactivo, dentro de un matraz volumétrico de 250 mL aforrándose después con esta agua, esta solución tiene una concentración de 1 molar de cloruros.

A continuación se hizo una curva con la solución del ion cloruro, de  $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  M.

### **Soluciones usadas para la determinación de Bromuros.**

Solución bromuro de potasio. Se preparo una solución de 0.1 Molar de Br<sup>-</sup>.

NaBr pm = 102.8938 g/mol

10.2894 g NaBr/ L = 0.1 molar de Bromuros

Se pesaron 2.5723 g de NaBr (secado a 105 °C durante 24 horas) y se disolvió en 200 mL de agua reactivo, dentro de un matraz volumétrico de 250 mL aforrándose después con esta agua, esta solución tiene una concentración de 0.1 molar de bromuros.

A continuación se hizo una curva con la solución del ion bromuro de 10<sup>-1</sup>, 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup>, 10<sup>-4</sup>, 10<sup>-5</sup>, 10<sup>-6</sup> y 10<sup>-7</sup> M.

### **Soluciones usadas para la determinación de Fluoruros.**

Solución Fluoruro de sodio. Se preparo una solución de 100 mg/L de F<sup>-</sup>.

NaF pm = 41.99 gmol

2.2102g NaF/ L = 1000 mg/L de Fluoruros

Se pesaron 2.2102g de NaF (secado a 105 °C durante 24 horas) y se disolvieron en 800 mL de agua reactivo, dentro de un matraz volumétrico de 1000 mL, aforrándose después con agua reactivo, esta solución tiene una concentración de 1000 mg/L de fluoruros.

Solución de Buffer TISAB.

En un vaso de precipitado de 500 mL que contengan 200 mL de agua tipo reactivo se le disolvieron 20 gramos de NaOH, se le agregaron 29 gramos de NaCl, más 0.15 gramos citrato de sodio, más 28.5 mL de ácido acético glacial, para después ajustarle el pH a 4.5 con una sol 1 molar de NaOH. Se llevo un matras aforado de 250 mL y se afora con agua reactivo.

A continuación se hizo una curva con la solución del ion Fluoruro de 100, 10, 1, 0.1, 0.05, 0.01 y 0.005 mg/L.

**Para la determinación la concentración de Cloruros y Bromuros**, se realizó lo siguiente:

De cada concentración se tomo un volumen de 50mL en vaso de precipitado de 100 mL, con una barra magnética con agitación, se introdujeron los electrodos, se activo el potenciómetro en modo de milivolts y se dejo agitando hasta que la lectura se estabilice (3 minutos aproximadamente), ya determinada la lectura de la curva se procedió a hacer lo mismo con cada muestra problema (cada punto y muestras de determina por triplicado su lectura). Al graficar las concentraciones de la curva versus milivolts se obtuvo una gráfica de tipo semilogarítmica, con esto se hizo necesario realizar una linearización de los resultados de la curva para poder medir la concentración de los cloruros de las muestras problema. Se hizo una regresión lineal con los datos de concentración en  $\log_{10}$  vs milivolts, ya teniendo la ecuación de la curva se intrapolaron los resultados de las muestras en esta ecuación. Al resultado obtenido se le saco el antilog para conocer su concentración.

**Para determinar la concentración de Fluoruros**, se realizó lo siguiente:

Se tomaron 10 mL de volumen de cada concentración en vaso de precipitado con 10mL de Buffer Tissab en agitación y se introdujeron los electrodos, se activo el potenciómetro en modo de milivolts y se dejo agitando hasta que la lectura se estabilizo (3 min), ya determinada la lectura de la curva se procedió a hacer lo mismo con cada muestra problema (cada punto y muestras se determino por triplicado su lectura). Se grafico los resultados y se observo que la curva que se obtuvo es de tipo semilogarítmica, con lo que se hizo necesario realizar una linearización de los resultados de la curva para poder medir la concentración de las muestras problema. Se hizo una regresión lineal con los datos donde la concentración en  $\log_{10}$  vs milivolts, Se intrapolarón los resultados de las muestras en milivolts en la ecuación dando por resultado concentración en  $\log_{10}$ . y al resultado obtenido se le saco el antilog para conocer su concentración.

### **Determinación de la Alcalinidad Total.**

Para la determinación de la alcalinidad deben de determinar los carbonatos y bicarbonatos y la suma de estos parámetros dan por resultado la alcalinidad total como Carbonato de Calcio.

Para tal efecto se usa un ácido valorado, que al ser agregarlo a las muestras y llegar a un pH de 7 determina los carbonatos ( $\text{CO}_3^{=}$ ), al seguir agregando la solución ácida se alcanza a un pH de 4.5 donde son valorados los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ).

#### **Carbonatos ( $\text{CO}_3^{=}$ ) y Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ).**

Solución carbonato de sodio. Se prepara una solución de 0.01 normal de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para valorar el ácido clorhídrico.

$$\text{NA}_2\text{CO}_3 \text{ pm} = 105.993, 1 \text{ eq} = \text{pm}/2 = 105.993/2 = 52.9965 \text{ g}$$

$$1 \text{ N} = 52.9965 \text{ g} / \text{L}$$

$$0.01 \text{ N} = 0.5299 \text{ g} / \text{L}$$

Se pesaron 0.5299 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (secado a  $120^\circ\text{C}$  durante 24 horas) y se disolvieron en 800 mL de agua reactivo libre de  $\text{CO}_2$  (se hiervio el agua por 30 minutos con agitación, se enfría tapada, otra forma el uso de agitación con la aplicación de vacío, con el fin de liberar el gas atrapado en el agua), dentro de un matraz volumétrico de un litro aforrándose después con esta agua.

Solución anaranjado de metilo. Se pesaron 50 miligramos de anaranjado de metilo y se disolvieron en 100 mL de agua reactivo.

Solución de fenoftaleina. Se pesaron 0.5 g de fenoftaleina y se disolvieron en 100 mL de alcohol etílico al 95 %.

Solución estándar 0.1 N de ácido clorhídrico.

Ácido clorhídrico al 36.5 % de pureza aproximadamente y 1.185 g/mL de densidad, 36.5 g/mol.

$$36.5 \text{ g.}/0.365 = 100 \text{ g} \quad V = M/\delta = 100 \text{ g}/1.185\text{g/mL} = 84.38 \text{ mL}$$

Se tomaron 8.5 mL de ácido clorhídrico al 36.5 % y se llevaron a un matraz aforado de 1000 mL que contiene 800 mL de agua tipo reactivo y se aforo a 1000 mL con esta agua, con lo que se tiene una solución 0.1 Normal.

Solución subestandar 0.01 normal de ácido clorhídrico. Se tomaron 100 mL de la solución estándar 0.1 normal de ácido clorhídrico y se llevaron a un matraz aforado de 1000 mL y se aforo con agua tipo reactivo. Esta solución es la que se valoro de la siguiente manera.

Valoración Colorimétrica.

Se transfirieron 25 mL de solución 0.01 N de carbonato de sodio en un vaso de precipitado de 100 mL, se le agregan 3 gotas de anaranjado de metilo y se le titulo con solución 0.01 N de ácido clorhídrico, pasando de anaranjado a rojo canela, y anotar el volumen gastado de ácido clorhídrico Gran (1952).

$$\text{Conc HCl} = \frac{\text{Alícuota de Na}_2\text{CO}_3 \text{ mL} \times \text{Concentración Na}_2\text{CO}_3 \text{ N}}{\text{Volumen del ácido clorhídrico gastado en mL}}$$

Valoración Potenciométrica.

Se transfirieron 50 mL de solución 0.01 N de carbonato de sodio en un vaso de precipitado de 250 mL, se le introduce los electrodos de un potenciómetro en modo milivolts, y se tomo la lectura con forme se le agrega 0.25 mL de ácido clorhídrico 0.01 N, estos valores van de -250 milivolts a +250 milivolts. Se dejo de tomar el valor cuando estos tiendan a asintotizarse. Estos datos se les determino la primera y segunda derivada, en la segunda derivada se obtiene el volumen equivalente de titulación con HCL 0.01 N.

$$\text{Conc HCl} = \frac{\text{Alícuota de Na}_2\text{CO}_3 \text{ mL} \times \text{Concentración Na}_2\text{CO}_3 \text{ N}}{\text{Vol del HCl gastado en mL (valor de la segunda derivada)}}$$

Determinación de la Alcalinidad Total para cada muestra..

Se transfirieron 50 mL de muestra en un vaso de precipitado de 100 mL y se le introdujo los electrodos de un potenciómetro en modo milivolts, y se tomo la lectura con forme se le agregaba ácido clorhídrico 0.01 N valorado. Estos datos se les determina la primera y segunda derivada, se gráficarón estos resultados versus volumen agregado y en los puntos de inflexión de la gráfica se determinan los carbonatos y bicarbonatos.

Determinación de los Carbonatos ( $\text{CO}_3^{=}$ ).

La determinación se llevo acabo de la siguiente manera, Los mililitros calculados de la gráfica se usan en la siguiente ecuación:

donde los carbonatos se determinan como.

$$\text{CaCO}_3, \text{ en mg/L} = ((V1 \times N) / V) \times 50 \times 1000$$

En donde:

V1 = Volumen gastado de la solución ácida en la titulación voltarométrica.

N = Normalidad de la solución ácida.

V = Volumen de la muestra..

Determinación de los Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ).

La determinación se llevo acabo de la siguiente manera, Los mililitros calculados de la gráfica se usan en la siguiente ecuación:

donde los bicarbonatos se determinan como.

$$\text{CaCO}_3, \text{ en mg/L} = ((V1 \times N) / V) \times 50 \times 1000$$

En donde:

V1 = Volumen gastado de la solución ácida en la titulación voltarométrica.

N = Normalidad de la solución ácida.

V = Volumen de la muestra.

### **Determinación de la Dureza Total:**

Para la determinación de Calcio, se determino primero la Dureza Total y después la Dureza por Calcio y la resta de estos parámetros dan por resultado la Dureza de Magnesio como Carbonato de Calcio..

Soluciones usadas para la determinación de Dureza por Total como mg CaCO<sub>3</sub> /L.

Solución 0.1 N de EDTA sal disódica (Na<sub>2</sub>C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>.2H<sub>2</sub>O).

$$\begin{aligned} \text{Normalidad} &= \frac{\text{pm/No eq}}{18.6126 \text{ g/L}} = \frac{372.252 \text{ g/ 2 eq}}{186.126 \text{ g}} = 1 \text{ eq} \\ &18.6126 \text{ g/L} = \text{Sol } 0.1 \text{ N.} \end{aligned}$$

Se pesan 18.6126 g de EDTA sal disódica y se agregan en 800 mL de agua reactivo contenidos en un matraz aforado de 1000 mL y se disuelve y afora con agua reactivo con lo que se tiene una solución 0.1Normal.

Solución Buffer para dureza de pH = 10.

Se pesan 36.0 gramos de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) y se disuelven en 100 mL de agua reactivo, se agrega a continuación 300 mL de hidróxido de amonio ( NH<sub>4</sub>OH) y se aforra a 500 mL con lo que se obtiene un Buffer de pH de 10.

Indicador de Eriocromo Negro T.

Se pesa 0.1 gramo de indicador Eriocromo Negro T y en 100 gramos de cloruro de sodio se mezclan y muelen muy finamente en un mortero.

Solución 1:1 de ácido clorhídrico.

Se toman 10 mL de ácido clorhídrico concentrado ( 36 %), y se agregan a 10 mL de agua reactivo contenidos en un matraz erlenmeyer de 50 mL.

Solución estándar de Carbonato de Calcio 0.1 Normal ( $\text{CaCO}_3$ ).

$$\text{Normalidad} = \frac{\text{pm/No eq}}{102.08 \text{ g / 2 eq}} \quad 51.04 \text{ g} = 1 \text{ eq}$$

$$5.104 \text{ g/L} = \text{Sol } 0.1 \text{ N.}$$

Se pesan 0.5104 g de Carbonato de Calcio (seco previamente a  $105^\circ\text{C}$  durante 24 horas) y se agregan a un matraz aforado de 100 mL que contiene 70 mL de agua reactivo y se le adiciona gota a gota solución de ácido clorhídrico 1.1, hasta disolver el carbonato de calcio, se necesitan de 2 a 10 gotas para tal efecto. Se afora ya disuelto el carbonato con agua reactivo, con lo que se tiene una solución estándar 0.1 normal.

Valoración de la solución de EDTA sal disódica.

Se enciende un espectrofotómetro UV-VISIBLE y se lleva a una longitud de onda de 622 nm, se usa una celda de cuarzo de 1 cm de paso de luz. En un vaso de precipitado de 50 mL se agrega 1 mL de solución 0.1 N de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), pesándose este vaso en una balanza analítica con resolución de 0.1 miligramos. Se llena una microbureta de 2 mL con solución de EDTA sal disódica, a continuación se agregan 20 mL de agua reactivo más 5 mL de buffer pH 10 y una pizca de indicador de eriocromo negro T al vaso de precipitado que contiene el carbonato de calcio con agitación magnética. Se inicia la titulación agregando 0.05 a 0.1 mL de solución EDTA y leyendo en el espectrofotómetro la absorbancia, dejando de agregar titulante cuando se observa asintotia en las lecturas. Se gráfica volumen de titulante (EDTA), versus absorbancia, en esta gráfica se obtiene el volumen equivalente de titulación usándose en la siguiente ecuación.

$$\text{Conc EDTA en Normalidad} = \frac{\text{mL (CaCO}_3\text{)} \times \text{N (CaCO}_3\text{)}}{\text{mL del titulante EDTA}}$$

#### Determinación de la Dureza Total de las muestras problema

Se transfirieron 25mL de muestra a un vaso de precipitado de 50mL, se agregó 5 mL de buffer pH 10, una pizca de Eriocromo negro T. Se tituló con la solución valorada del EDTA 0.1N, se fue agregando de 0.05mL de EDTA con una micro bureta y se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro de luz visible a 622nm con una celda de 10 mm de paso de luz. Se agregó la solución hasta que la absorbancia tendió a ser constante. Se trazó una gráfica y se donde se cortaron líneas paralelas se obtuvo el volumen de equivalencia gastado para cada muestra problema.

$$\text{Dureza Total como CaCO}_3, \text{ en mg/L} = (V1 \times N \times 50 \times 1000)/V$$

En donde:

V1 = Volumen de equivalencia de solución valorada de EDTA.

N = Normalidad de la solución valorada de EDTA.

V = Volumen de la muestra.

#### **Determinación de Dureza de Calcio.**

Soluciones usadas para la determinación de Dureza por Calcio como mg CaCO<sub>3</sub>/L

Solución 0.1 N de EGTA (C<sub>14</sub>H<sub>24</sub>N<sub>2</sub>O<sub>10</sub>).

$$\text{Normalidad} = \frac{\text{pm}}{\text{No eq}} = \frac{380.356 \text{ g}}{2 \text{ eq}} \quad \frac{190.178 \text{ g}}{1 \text{ eq}}$$

$$19.0178 \text{ g/L} = \text{Sol } 0.1 \text{ N.}$$

Se pesaron 18.6126 g de EGTA y se agregaron a 800 mL de agua reactivo que contenían 20 mL de Hidróxido de sodio 1 Normal dentro de un matraz aforado de 1000 mL, se disolvió y aforo con agua reactivo con lo que se obtuvo una solución 0.1 Normal.

Solución de pH = 12, solución de Hidróxido de Sodio 2.0 normal.

Se pesaron 80.0 gramos de Hidróxido de Sodio (NaOH) y se disolvieron en 800 mL de agua reactivo dentro de un matraz aforado de 1000 mL, se enfrió y aforo.

Indicador de Murexida.

Se peso 0.1 gramo de indicador Murexida y en 100 gramos de cloruro de sodio prepesado se mezclaron y molieron muy finamente en un mortero.

Ácido ascórbico grado reactivo.

Solución 1:1 de ácido clorhídrico.

Se tomaron 25 mL de ácido clorhídrico concentrado (36 %), y se agregaron a 20 mL de agua reactivo contenidos en un matraz erlenmeyer de 50 mL, ya frío se acomplete a 50 mL con agua reactivo.

Solución estándar de Carbonato de Calcio 0.1 Normal (CaCO<sub>3</sub>).

$$\text{Normalidad} = \frac{\text{pm}}{\text{No eq}} \quad 102.08 \text{ g} / 2 \text{ eq} \quad 51.04 \text{ g} = 1 \text{ eq}$$

$$5.104 \text{ g/L} = \text{Sol } 0.1 \text{ N.}$$

Se pesaron 5.1040 g de Carbonato de Calcio (seco previamente a 105 °C durante 24 horas) y se agrego a un matraz aforado de 1000 mL que contiene 700 mL de agua reactivo y se le adiciona gota a gota solución de ácido clorhídrico 1.1, hasta disolver el carbonato de calcio, se necesitan de 2 a 10 gotas para tal efecto. Se aforo ya disuelto el carbonato con agua reactivo, con lo que se obtuvo una solución estándar 0.1 normal.

Valoración de la solución de EGTA sal disódica.

Se encendió un espectrofotómetro UV-VISIBLE marca Perkin Elmer Modelo Lambda 3, y se llevo a una longitud de onda de 508 nm, se usa una celda de cuarzo de 1 cm de paso de luz. En un vaso de precipitado de 50 mL se agrego 1 mL de solución 0.1 N de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), pesándose este vaso en una balanza analítica con resolución de 0.1 miligramos. Se lleno una microbureta de 2 mL con solución de EGTA, a continuación se agregaron 20 mL de agua reactivo más 5 mL de solución de pH = 12 de hidróxido de sodio 2.0 N, más una pizca de indicador de Murexida mas una pizca de ácido ascórbico (se usa el ácido ascórbico para mantener estable el color de la murexida durante la colorimetría) al vaso de precipitado que contiene el carbonato de calcio con agitación magnética. Se inicio la titulación, agregando 0.05 a 0.1 mL de solución EGTA y leyendo en el espectrofotómetro la absorbancia, dejando de agregar titulante cuando se observo asíntotia de las lecturas. Se grafico volumen de titulante (EGTA), versus absorbancia, en esta gráfica se obtuvo el volumen equivalente de titulación usánda en la sig ecuación:.

$$\text{Conc EGTA en Normalidad} = \frac{\text{mL (CaCO}_3\text{)} \times \text{N (CaCO}_3\text{)}}{\text{mL del titulante (EGTA)}}$$

Lectura de la muestra problema.

Se Transfirieron 10mL de muestra a un vaso de precipitado de 50mL, se agrego 5mL NaOH 2N de pH 12 y 10mL de agua deshionizada, y una pizca de Murexida y una pizca de ácido ascórbico. Se titulo con solución valorada del EGTA 0.1N, se fue agregando de 0.05 mL de EGTA con una micro bureta y se leyo la absorbancia en un espectrofotómetro de luz visible a 508 nm con una celda de 1cm. se agrego la solución hasta que la absorbancia tiendio a mantenerse constante, se gráfico y donde se cortan líneas paralelas se encontró el volumen de equivalencia.

$$\text{Dureza de Calcio como CaCO}_3, \text{ en mL/L} = (\text{V}_1 \times \text{N} \times 50 \times 1000) / \text{V}$$

En donde:

V1 = Volumen de equivalencia de solución valorada de EGTA.

N = Normalidad de la solución valorada de EGTA.

V = Volumen de la muestra.

### **Determinación de Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).**

Para la determinación los sulfatos se uso un método Turbidimétrico el cual se basa en formar una turbidez al adicionar una sal de cloruro de bario y en presencia de sulfatos se forma sulfato de bario que es una sal no soluble y la cual forma turbidez a un pH de entre 6 y 8 la cual es medida a 420 nm.

Soluciones usadas para la determinación de Sulfatos como mg  $\text{SO}_4^{2-}$ /L.

Solución sulfato de sodio. Se prepara una solución de 100 mg/L de  $\text{SO}_4^{2-}$ .

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  pm = 142.04 g/mol.

= 142.04g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tienen 96.06 g  $\text{SO}_4^{2-}$

X= 1.00 g  $\text{SO}_4^{2-}$

X = 1.4786 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Se pesaron 1.4786 de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (secado a 105 °C durante 24 horas) y se disolvió en 750 mL de agua reactivo, dentro de un matraz volumétrico de 1000 mL aforrándose después con esta agua, esta solución tiene una concentración de 1000 mg/  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Reactivo de cloruro de Bario grado reactivo.

Solución tampón A: Se disolvió 30 g de cloruro de magnesio ( $Mg \cdot Cl_2 \cdot 6H_2O$ ); 5 gramos de acetato de sodio ( $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ ); 1.0 gramo de nitrato de potasio ( $KNO_3$ ); y 20 mL de ácido acético glacial ( $CH_3COOH$ ), en 500 mL de agua reactivo y se aforo a 1000 mL.

Solución tampón B, (solución requerida para concentraciones menores a 10 mg/L de  $SO_4^{=}$ ): Se disolvió 30 g de cloruro de magnesio ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ); 5 gramos de acetato de sodio ( $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ ); 1.0 gramo de nitrato de potasio ( $KNO_3$ ); 0.111 gramos de sulfato de sodio ( $Na_2SO_4$ ) y 20 mL de ácido acético glacial ( $CH_3COOH$ ), en 500 mL de agua reactivo y se aforo a 1000 mL.

Para la determinación de sulfatos se hizo una curva de solución patrón de sulfatos (1,00mL = 1000 $\mu$ g  $SO_4^{=}$ ) que va de 0, 5, 10, 15, 30 y 40 mg  $SO_4^{=}$  /L. Se tomaron 50 mL de agua reactivo (blanco de curva) y 50 mL de cada punto de la curva como de cada muestra problema en vasos de precipitado de 100 mL, a los cuales se colocaron sobre una parrilla de agitación, agregándoseles 10 mL de solución tampón mas una cucharadita de cloruro de bario y se mezclaron durante 60 segundos, y en celda de cuarzo de 1 cm de paso de luz del espectrofotómetro se les midió a los 5 minutos la turbidez del sulfato de bario a una longitud de onda de 420nm. Se hizo una gráfica de turbidez versus concentración y de este modo por intrapolación se determino la concentración de la muestra.

Corrección para el color y turbidez de las muestras; a las muestras que presentaron color y turbidez se les realizo un blanco a los que no se les añade cloruro de bario..

Si se utiliza la solución A, se determina la concentración directamente, tras sustraer la absorbancia de la muestra antes de añadir el cloruro de bario. Si se uso la solución B, réstese la concentración de  $SO_4^{=}$  del blanco a partir de la concentración aparente de  $SO_4^{=}$ , tal como se determino antes; debido a que la curva no es una línea recta, esto no es equivalente a sustraer la absorbancia del blanco de la absorbancia de la muestra.

## **METALES TRAZA DISUELTOS.**

### **Determinación de Metales Pesados por Espectrofotometría de Absorción Atómica.**

Para la determinación de los metales hierro, cobre, plomo, cromo, y cadmio disueltos en agua, se procedió a filtrar en Millepore de 0.45 $\mu$ m, 100mL de muestra de cada recipiente que se fijo en campo con ácido nítrico, etiquetándose y refrigerando a 4°C, para su posterior análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica.

#### **Soluciones usadas para la determinación de Hierro.**

Solución certificada High Purity de 1000 mg/L de Hierro (Fe).

Se prepararon soluciones para la curva de calibración de 0.5, 1, 2, 3 y 5 mg/L a partir de una solución Patrón inicial de hierro de 1000 mg/L, agua Tipo I ASTM y ácido nítrico suprapuro al 0.2 %.

#### **Soluciones usadas para la determinación de Cobre.**

Solución certificada High Purity de 1000 mg/L de Cobre (Cu).

Se prepararon soluciones para la curva de calibración de 5, 10, 20, 50 y 100  $\mu$ g/L a partir de una solución Patrón inicial de cobre de 1000 mg/L, agua Tipo I ASTM y ácido nítrico suprapuro al 0.2 %.

#### **Soluciones usadas para la determinación de Cadmio.**

Solución certificada High Purity de 1000 mg/L de Cadmio (Cd).

Se prepararon soluciones para la curva de calibración de 5, 10, 20 y 50  $\mu$ g/L a partir de una solución Patrón inicial de cadmio de 1000 mg/L, agua Tipo I ASTM y ácido nítrico suprapuro al 0.2 %.

### **Soluciones usadas para la determinación de Cromo.**

Solución certificada High Purity de 1000 mg/L de Cromo (Cr).

Se prepararon soluciones para la curva de calibración de 5, 10, 15 y 20 µg/L a partir de una solución Patrón inicial de cadmio de 1000 mg/L, agua Tipo I ASTM y ácido nítrico suprapuro al 0.2 %.

### **Soluciones usadas para la determinación de Plomo.**

Solución certificada High Purity de 1000 mg/L de plomo (Pb).

Se prepararon soluciones para la curva de calibración de , 10, 20, 50 y 100 µg/L a partir de una solución Patrón inicial de plomo de 1000 mg/L, agua Tipo I ASTM y ácido nítrico suprapuro al 0.2 %.

Para hacer las soluciones de curva se uso la siguiente ecuación

Ecuación  $C_1V_1 = C_2V_2$

Donde:

$C_1$ = concentración inicial ( mg/L)

$V_1$ = volumen inicial (mL)

$C_2$ = concentración final (mg/L)

$V_2$ = volumen final (mL)

Se preparo una solución de 100 mg/L a partir de una de 1000 mg/L en un matraz volumétrico de 100 mL.

$$V_1 = 100 \text{ mL} \times 100 \text{ mg/L} = 10 \text{ mL}$$

$$100 \text{ mg/L}$$

Se tomo 10 mL de la solución de 1000 mg/L de Fe y se deposito dentro del matraz volumétrico de 100 mL que contenía 40 mL de agua reactivo, se le adiciono 0.2 mL de ácido nítrico suprapuro, se termino de aforar con agua tipo 1 ASTM, con lo que se tiene una solución de 100 mg/L de hierro.

Con este procedimiento se hicieron todas las soluciones para las curvas de hierro, cobre, cadmio, cromo y plomo para determinar los metales disueltos en el agua de la Laguna de Alvarado Veracruz.

### **Determinación de Hierro por Espectrofotometría de Absorción Atómica por la Técnica de Flama.**

Para el metal hierro se uso la metodología de espectrofotometría de absorción atómica por flama, usando un espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer modelo 2380.

Para optimizar el espectrofotómetro se uso una solución de 5 mg/L de cobre, dando 0.250 unidades de absorbancia a 324.8 nm. A continuación se procedió a optimizar el equipo con una solución de 5 mg/L de Fe, dando 0.150 unidades de absorbancia a 248.3 nm. Ya optimizado el equipo se procedió a leer la absorbancia de los 5 punto de la curva para Hierro, así como la absorbancia de las muestra de agua de la Laguna de Alvarado. y con los datos de absorbancia de la curva versus su concertación se calculo la ecuación de curva parta Hierro como mg/kg.

### **Determinación de Cobre, Cadmio, Cromo y Plomo por Espectrofotometría de Absorción Atómica por la Técnica de Horno de Grafito**

Para la determinación de los metales cobre, cadmio, cromo y plomo, se uso la metodología de espectrofotometría de absorción atómica por Horno de Grafito usando un espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer modelo 2380 y un Hormo de Grafito marca Perkin Elmer modelo HG 400.

Para optimizar el espectrofotómetro se usó tubos de grafito pirórecubiertos con una presión de 100 psi de nitrógeno dentro del sistema del horno de grafito, se procedió a quemar los tubos de grafito a 2500 °C con el fin de eliminar todas las impurezas que contuvieran, después se procedió programar el horno con los siguientes parámetros.

Programa para Cobre.

| PASO | TEMPERATURA<br>C° | RAMPA<br>s. | HOLD<br>s | CONDICIONES           |
|------|-------------------|-------------|-----------|-----------------------|
| 1    | 120               | 10          | 1         |                       |
| 2    | 500               | 10          | 5         |                       |
| 3    | 1900              | 1           | 5         |                       |
| 4    | 2200              | 1           | 6         | REC-RED-STOP-<br>FLOW |
| 5    | 2500              | 1           | 3         |                       |

Programa para Cadmio.

| PASO | TEMPERATURA<br>C° | RAMPA<br>s | HOLD<br>s | CONDICIONES           |
|------|-------------------|------------|-----------|-----------------------|
| 1    | 120               | 20         | 10        |                       |
| 2    | 250               | 20         | 20        |                       |
| 3    | 1500              | 0          | 10        | REC-RED-STOP-<br>FLOW |
| 4    | 2500              | 1          | 3         |                       |

Programa para Cromo Total.

| PASO | TEMPERATURA<br>C° | RAMPA<br>s | HOLD<br>s | CONDICIONES           |
|------|-------------------|------------|-----------|-----------------------|
| 1    | 100               | 20         | 10        |                       |
| 2    | 150               | 20         | 20        |                       |
| 3    | 1350              | 20         | 20        |                       |
| 4    | 2700              | 0          | 5         | REC-RED-STOP-<br>FLOW |
| 5    | 2700              | 0          | 5         |                       |

Programa para Plomo.

| PASO | TEMPERATURA<br>C° | RAMPA<br>s | HOLD<br>s | CONDICIONES           |
|------|-------------------|------------|-----------|-----------------------|
| 1    | 120               | 1          | 1         |                       |
| 2    | 500               | 20         | 6         |                       |
| 3    | 2200              | 1          | 5         |                       |
| 4    | 2200              | 1          | 5         | REC-RED-<br>STOP-FLOW |
| 5    | 2500              | 1          | 3         |                       |

A continuación se intrapolo los datos de la absorbancia de las muestras problema en esta ecuación para conocer su concertación.

$$Y = mx + b$$

donde:

y = absorbancia dependiente de la concentración

m = la pendiente

b = ordenada al origen

x = concentración en mg metal problema /L de donde depende la absorbancia

**Determinación de los cationes Sodio (Na), y Potasio (K).**

Para la determinación de los cationes sodio y potasio, se uso un Flamómetro Corning modelo 400.

Soluciones usadas para la determinación de Sodio.

Solución certificada High Purity de 1000 mg/L de Sodio (Na).

Se preparo una solución de 100 mg/L de sodio, tomando 10 mL de la solución de 1000 mg/L con agua reactivo y 0.2 mL ácido nítrico suprapuro. Se prepararon las siguientes concentraciones 5, 10, 20, 50, 80 y 100 mg/L.,

Soluciones usadas para la determinación de Potasio.

Solución certificada High Purity de 1000 mg/L de Potasio (K).

Se preparo una solución de 100 mg/L de potasio, tomando 10 mL de la solución de 1000 mg/L con agua reactivo y 0.2 mL ácido nítrico suprapuro.. Se prepararon las siguientes concentraciones 5, 10, 20, 50, 80 y 100 mg/L.

Determinación de Sodio y Potasio por Flamometría.

Para la lectura en el flamómetro de cada concentración, de cada metal como Na y K, se procedió a encender el el flamómetro se ajusto la flama con el punto mas grande de la curva. Ya optimizado se determino la lectura para cada punto de curva, así como las muestras problema.

Para conocer la ecuación en concentración del cation sodio, después se procedió a determinar la lectura de cada muestra e intra polar esta en la ecuación y así conocer su concentración al multiplicar esta concertación por la dilución

Con los datos de los estándares de cada metal (Na y K) , se procedió a calcular la curva:

$$Y = mx + b$$

donde:

y = absorbancia dependiente de la concentración

m = la pendiente

b = ordenada al origen

x = concentración en mg/L de Na o K de donde depende la lectura del flamómetro.

Para conocer los valores de las muestras, los datos obtenidos del Flamómetro se intrapolarón en la ecuación antes calculada.

## RESULTADOS.

Los resultados se presentan de la tabla 2 a la 5. En la Tabla 6 se muestra la estadística básica.

Tabla 2. Resultados del primer muestreo realizado a la Laguna de Alvarado Veracruz denominado S1 (Noviembre 7 de 1992).

|                     | ESTACIÓN | 1      | 2      | 3     | 4      | 5     | 6      | 7     | 8     | 9     | 10     | 11    | 12    | 13    | 14    |
|---------------------|----------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| T °C                | °C       | 24.15  | 24.7   | 24.34 | 25.12  | 25.35 | 24.7   | 25.24 | 24.7  | 25.02 | 24.6   | 25.72 | 25.06 | 24.06 | 23.7  |
| pH                  |          | 7.65   | 7.75   | 7.6   | 7.25   | 7.25  | 7.25   | 7.35  | 7.5   | 7.35  | 7.35   | 7.4   | 6.85  | 6.95  | 7.1   |
| Conductividad       | mS/cm    | 7.62   | 6.8    | 6.4   | 5.9    | 4.38  | 5.9    | 4.4   | 5.32  | 4.9   | 5.62   | 5.02  | 2.26  | 1.26  | 1.4   |
| A T                 | m M      | 0.705  | 0.72   | 0.731 | 0.746  | 0.799 | 0.71   | 0.895 | 0.897 | 0.897 | 0.894  | 85.9  | 0.966 | 0.753 | 0.738 |
| Mg <sup>+2</sup> .  | mg/kg    | 550    | 489.8  | 436.4 | 389.4  | 267.1 | 389.6  | 246.3 | 345.2 | 321.4 | 365.3  | 316.6 | 86    | 22.2  | 32.4  |
| Ca <sup>+2</sup> .  | mg/kg    | 119    | 102    | 110   | 102.9  | 91.4  | 105.6  | 95.4  | 126.4 | 115.6 | 135.2  | 118.8 | 69.8  | 58.1  | 59.6  |
| Br-.                | mg/kg    | 12.7   | 11.6   | 10.6  | 9.5    | 6.3   | 9.1    | 7     | 7.9   | 7.1   | 8.3    | 6.8   | 1.7   | 0.8   | 0.4   |
| CL-.                | mg/kg    | 2586.3 | 2331.9 | 2138  | 1912.2 | 1229  | 1916.4 | 1439  | 1702  | 1535  | 1807.2 | 1473  | 360.8 | 13.4  | 53    |
| F-.                 | mg/kg    | 0.257  | 0.226  | 0.213 | 0.2    | 0.174 | 0.19   | 0.183 | 0.167 | 0.167 | 0.163  | 0.157 | 0.113 | 0.077 | 0.05  |
| SO4 <sup>-2</sup> . | mg/kg    | 243.9  | 229.1  | 199   | 179.7  | 128.9 | 171.4  | 129.5 | 167.4 | 165.2 | 181.1  | 150.7 | 67    | 8.4   | 11.7  |
| Salinidad           | UPS      | 4.3    | 4      | 3.9   | 3.6    | 2.36  | 4.16   | 2.62  | 3.18  | 2.76  | 3.4    | 2.84  | 1.12  | 0.68  | 0.78  |
| Na.                 | mg/kg    | 1159.4 | 1040.5 | 961.1 | 881.8  | 604.2 | 822.3  | 643.8 | 842.1 | 703.3 | 881.8  | 743   | 126   | 17.4  | 33.2  |
| K.                  | mg/kg    | 48.4   | 41.7   | 37.8  | 34     | 23.4  | 34     | 28.2  | 30.1  | 27.2  | 30.1   | 27.2  | 8.9   | 1.6   | 2.8   |
| Fe.                 | mg/kg    | 0.15   | 0.07   | 0.05  | 0.21   | 0.2   | 0.2    | 0.26  | 0.16  | 0.13  | 0.21   | 0.39  | 0.85  | 0.73  | 0.95  |
| Cd.                 | µg/kg    | 2.799  | 2.316  | 2.374 | 1.896  | 1.857 | 2.027  | 1.906 | 2.26  | 2.304 | 1.866  | 2.29  | 2.063 | 2.67  | 2.74  |
| Cu.                 | µg/kg    | 7.3    | 10.46  | 5.294 | 3.366  | 2.826 | 1.9    | 5.14  | 3.98  | 2.13  | 6.529  | 3.752 | 0.975 | 0.744 | 0.98  |
| Cr.                 | µg/kg    | 5.318  | 5.619  | 5.562 | 5.705  | 5.996 | 5.968  | 5.884 | 5.688 | 6.113 | 5.74   | 5.879 | 5.99  | 5.979 | 6.42  |
| Pb.                 | µg/kg    | 26.93  | 20.537 | 15.46 | 13.763 | 5.483 | 11.693 | 4.919 | 8.306 | 6.425 | 9.247  | 6.048 | 0.968 | 0.968 | 0.97  |

Tabla 3. Resultados del segundo muestreo realizado a la Laguna de Alvarado Veracruz denominado S2 (Diciembre 20 de 1992).

|                     | ESTACIÓN | 1      | 2      | 3     | 4      | 5     | 6      | 7     | 8      | 9     | 10     | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|---------------------|----------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T °C                | °C       | 20.92  | 21.6   | 21.5  | 21.8   | 22.52 | 21.7   | 21.82 | 22.54  | 22    | 21.84  | 23.22 | 23.48 | 22.4  | 23    | 23.6  |
| pH                  |          | 7.95   | 7.95   | 8.1   | 7.65   | 7.75  | 7.9    | 7.55  | 7.35   | 7.45  | 7.55   | 7.5   | 7.45  | 7.45  | 7.2   | 7.55  |
| Conductividad       | mS/cm    | 10.28  | 9.9    | 9.6   | 8.82   | 8.34  | 8.8    | 9.2   | 9.5    | 6.86  | 7.84   | 8.62  | 2.08  | 2.8   | 1.7   | 2.08  |
| A T                 | m M      | 0.854  | 0.809  | 0.907 | 0.98   | 1.043 | 0.944  | 1.064 | 1.10   | 1.089 | 1.06   | 0.85  | 1.503 | 0.97  | 0.763 | 0.766 |
| Mg <sup>+2</sup> .  | mg/kg    | 870.5  | 824.4  | 778.8 | 709.9  | 644.6 | 705.7  | 739.7 | 767.1  | 524.1 | 622.1  | 643.4 | 89.9  | 151.8 | 60.5  | 86.1  |
| Ca <sup>+2</sup> .  | mg/kg    | 187.6  | 185.3  | 181.1 | 185    | 186.6 | 184.2  | 202.7 | 214.2  | 177.6 | 189.8  | 177.3 | 138   | 97.2  | 68.6  | 74.3  |
| Br-.                | mg/kg    | 23.1   | 21.8   | 20.4  | 18.7   | 16.8  | 18.4   | 18.9  | 19.5   | 13.8  | 16     | 17    | 2     | 4.1   | 1.3   | 2.1   |
| CL-.                | mg/kg    | 4588.1 | 4336.6 | 4016  | 3675.7 | 3365  | 3667.8 | 3928  | 2735.4 | 3225  | 3543.4 | 289.3 | 677.1 | 171.7 | 319   | 74.3  |
| F-.                 | mg/kg    | 0.302  | 0.323  | 0.296 | 0.277  | 0.25  | 0.273  | 0.262 | 0.259  | 0.286 | 0.245  | 0.211 | 0.17  | 0.141 | 0.1   | 0.115 |
| SO4 <sup>-2</sup> . | mg/kg    | 412.3  | 404.8  | 374   | 342.3  | 310.6 | 344.4  | 359.2 | 369.6  | 362.9 | 292.3  | 325.3 | 34.9  | 57.9  | 22.7  | 38.3  |
| Salinidad           | UPS      | 6.62   | 6.1    | 6     | 5.34   | 5.32  | 5.44   | 5.2   | 5.6    | 4.6   | 4.82   | 5.2   | 1.2   | 1.62  | 1.2   | 1.14  |
| Na.                 | mg/kg    | 1853.6 | 1833.7 | 1715  | 1595.7 | 1457  | 1536.2 | 1596  | 1675.1 | 1179  | 1318.1 | 1437  | 128.9 | 148.7 | 49.7  | 148.7 |
| K.                  | mg/kg    | 72.5   | 67.7   | 61.9  | 59     | 51.3  | 57.1   | 59    | 61.9   | 44.6  | 52.3   | 52.3  | 9     | 8.2   | 4.3   | 7.2   |
| Fe.                 | mg/kg    | 0.17   | 0.27   | 0.26  | 0.3    | 0.49  | 0.32   | 0.32  | 0.28   | 0.26  | 0.36   | 0.51  | 0.41  | 1.04  | 0.62  | 0.45  |
| Cd.                 | µg/kg    | 2.519  | 1.992  | 2.22  | 2.084  | 2.23  | 2.424  | 1.995 | 2.506  | 2.596 | 2.26   | 2.349 | 2.97  | 2.382 | 2.64  | 2.378 |
| Cu.                 | µg/kg    | 21.57  | 15.909 | 11.16 | 13.702 | 10    | 14.628 | 11.23 | 14.628 | 7.917 | 10.926 | 13.93 | 9.75  | 1.746 | 0.19  | 0.512 |
| Cr.                 | µg/kg    | 5.91   | 6.24   | 6.01  | 5.96   | 6.01  | 5.97   | 5.91  | 6.058  | 5.851 | 6.05   | 5.92  | 5.807 | 6.48  | 5.92  | 5.846 |
| Pb.                 | µg/kg    | 63.253 | 55.349 | 5.545 | 37.285 | 27.31 | 35.779 | 36.91 | 30.134 | 19.79 | 21.102 | 32.77 | 0.968 | 1.344 | 0.78  | 0.592 |

Tabla 4. Resultados del tercer muestreo realizado a la Laguna de Alvarado Veracruz denominado S3 (mayo 3 de 1993).

|                                 | ESTACIÓN | 1      | 2      | 3     | 4      | 5     | 6      | 7     | 8      | 9     | 10     | 11    | 12     | 13    | 14    | 15     |
|---------------------------------|----------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| T °C                            | °C       | 31.5   | 30.36  | 31.88 | 31.48  | 32.04 | 33.08  | 31.32 | 32.02  | 32.7  | 31.9   | 31.12 | 32.56  | 29.98 | 28.5  | 29     |
| pH                              |          | 8.5    | 8.5    | 8.6   | 8.25   | 8.35  | 8.35   | 8.35  | 8.35   | 8.35  | 8.6    | 8.4   | 8.4    | 8.25  | 8     | 7.95   |
| Conductividad                   | mS/cm    | 30.42  | 23.6   | 23.14 | 19.94  | 22.42 | 20.86  | 18    | 16.74  | 17.6  | 15.5   | 10.6  | 7.48   | 9.54  | 3.9   | 2.22   |
| A T                             | m M      | 1.06   | 1.10   | 1.08  | 0.995  | 1.051 | 1.011  | 0.991 | 1.01   | 1.126 | 0.972  | 0.952 | 1.425  | 0.95  | 0.804 | 0.80   |
| Mg <sup>+2</sup> .              | mg/kg    | 2096.5 | 2002.3 | 1846  | 1637.7 | 1796  | 1514.1 | 1453  | 1328.9 | 1356  | 1193.4 | 708.6 | 549.4  | 610.2 | 310   | 357.5  |
| Ca <sup>+2</sup> .              | mg/kg    | 406.4  | 392.9  | 381.9 | 339.5  | 370   | 324.2  | 297.3 | 268.6  | 299.8 | 271.7  | 196.3 | 207.6  | 181.8 | 126   | 129.3  |
| Br <sup>-</sup> .               | mg/kg    | 49.6   | 45.7   | 44.5  | 38.6   | 42.4  | 36.6   | 34.2  | 31.4   | 32.2  | 29.3   | 18.2  | 14.8   | 16.4  | 8.5   | 9.5    |
| CL <sup>-</sup> .               | mg/kg    | 10368  | 9645.9 | 9481  | 8097.5 | 8950  | 7938.4 | 7220  | 6588.8 | 6960  | 6194.7 | 3595  | 2905.7 | 3305  | 1549  | 1825.9 |
| F <sup>-</sup> .                | mg/kg    | 0.495  | 0.477  | 0.467 | 0.415  | 0.434 | 0.411  | 0.391 | 0.373  | 0.386 | 0.362  | 0.263 | 0.313  | 0.231 | 0.16  | 0.166  |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> . | mg/kg    | 1019.9 | 973.9  | 940.9 | 768.7  | 879.4 | 768.7  | 694.4 | 642.9  | 681.4 | 589.5  | 346   | 278.2  | 293.2 | 163   | 168.2  |
| Salinidad                       | UPS.     | 17.22  | 10.14  | 12.42 | 11.1   | 12.16 | 11.3   | 9.68  | 8.9    | 9.3   | 8.26   | 5.66  | 3.78   | 5.08  | 1.94  | 2.12   |
| Na.                             | mg/kg    | 7262.4 | 4948.1 | 4712  | 3387.7 | 4513  | 3625.4 | 3150  | 2476.5 | 2912  | 2516.1 | 1714  | 1614.6 | 1555  | 961   | 1218.4 |
| K.                              | mg/kg    | 162.3  | 162.3  | 162.3 | 137.4  | 160.1 | 143    | 133.4 | 94.9   | 104.5 | 94.9   | 57.1  | 52.3   | 49.5  | 28.2  | 30.6   |
| Fe.                             | mg/kg    | 0.06   | 0.12   | 0.24  | 0.15   | 0.43  | 0.38   | 0.15  | 0.22   | 0.23  | 0.08   | 0.09  | 0.13   | 0.18  | 0.22  | 0.2    |
| Cd.                             | µg/kg    | 2.377  | 2.22   | 2.301 | 2.213  | 2.059 | 2.18   | 2.234 | 2.19   | 2.15  | 1.92   | 1.74  | 1.59   | 1.66  | 1.43  | 1.533  |
| Cu.                             | µg/kg    | 61.372 | 53.58  | 48.41 | 33.835 | 58.44 | 34.76  | 51.65 | 42.165 | 38    | 30.36  | 23.65 | 11.697 | 14.32 | 4.68  | 4.369  |
| Cr.                             | µg/kg    | 5.979  | 5.95   | 5.68  | 5.694  | 5.901 | 6.058  | 5.829 | 6.098  | 5.758 | 5.59   | 5.581 | 5.796  | 6.206 | 5.68  | 5.604  |
| Pb.                             | µg/kg    | 116.31 | 119.7  | 107.7 | 79.812 | 80.56 | 86.96  | 73.41 | 59.866 | 70.4  | 55.726 | 30.89 | 20.914 | 24.68 | 4.92  | 5.484  |

Tabla 5. Resultados del cuarto muestreo realizado a la Laguna de Alvarado Veracruz denominado S4 (Septiembre 9 de 1993).

|                                 | ESTACIÓN | 1      | 2      | 3     | 4      | 5     | 6      | 7     | 8      | 9     | 10     | 11    | 12     | 13    | 14    | 15    |
|---------------------------------|----------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| T °C                            | °C       | 28     | 30     | 31    | 30.2   | 31    | 31     | 32    | 30     | 32.4  | 28     | 31    | 29     | 29    | 26.5  | 28    |
| pH                              |          | 7.73   | 7.67   | 7.95  | 7.9    | 7.94  | 7.92   | 8.04  | 8.2    | 8.1   | 8.2    | 8.17  | 7.85   | 7.57  | 7.75  | 7.6   |
| Conductividad                   | mS/cm    | 21.6   | 10.3   | 10.6  | 9.4    | 8     | 9.3    | 7.8   | 6.8    | 5.8   | 2.5    | 2.2   | 0.5    | 0.7   | 0.3   | 0.3   |
| A T                             | m M      | 0.79   | 0.681  | 0.90  | 0.877  | 0.853 | 0.867  | 0.927 | 1.056  | 0.805 | 1.221  | 1.078 | 1.309  | 1.01  | 0.762 | 0.788 |
| Mg <sup>+2</sup> .              | mg/kg    | 955.68 | 786.31 | 618.2 | 658.85 | 508   | 691.43 | 516.3 | 347.38 | 369.6 | 122.66 | 103   | 62.025 | 75.82 | 31.1  | 34.15 |
| Ca <sup>+2</sup> .              | mg/kg    | 192.89 | 190.04 | 223.7 | 189.05 | 190   | 157.12 | 161.2 | 158    | 158.5 | 156.24 | 128.7 | 70.62  | 65.3  | 50.4  | 47.14 |
| Br <sup>-</sup> .               | mg/kg    | 36.5   | 31.9   | 27.7  | 27.8   | 23.8  | 28.7   | 22.7  | 16.5   | 17.7  | 7.7    | 6.4   | 2.4    | 2.4   | 0.3   | 0.3   |
| CL <sup>-</sup> .               | mg/kg    | 4153   | 3731.7 | 3383  | 3459.5 | 2895  | 3617.1 | 2856  | 1964.3 | 2091  | 812.9  | 630.5 | 40     | 190.2 | 16    | 13.1  |
| F <sup>-</sup> .                | mg/kg    | 0.217  | 0.18   | 0.185 | 0.178  | 0.174 | 0.179  | 0.164 | 0.143  | 0.146 | 0.108  | 0.093 | 0.075  | 0.062 | 0.04  | 0.039 |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> . | mg/kg    | 420    | 414.8  | 355.9 | 360.9  | 280.5 | 339.7  | 267.5 | 199.3  | 227.8 | 128.2  | 78.6  | 18.9   | 30.8  | 9     | 7.3   |
| Salinidad                       | UPS      | 12.3   | 5.3    | 6     | 4.9    | 4     | 4.5    | 3.8   | 3.5    | 2.6   | 1.1    | 1.2   | 0.2    | 0.2   | 0     | 0     |
| Na.                             | mg/kg    | 3690   | 3180   | 3080  | 3220   | 3020  | 2990   | 2720  | 1810   | 2000  | 800    | 1190  | 100    | 150   | 14.2  | 11    |
| K.                              | mg/kg    | 158    | 142    | 138   | 155    | 131   | 118    | 100   | 58     | 72    | 32     | 32    | 5.1    | 14.2  | 1.5   | 1     |
| Fe.                             | mg/kg    | 0.13   | 0.24   | 0.11  | 0.24   | 0.14  | 0.18   | 0.13  | 0.16   | 0.2   | 0.13   | 0.72  | 0.66   | 1.18  | 0.98  | 0.76  |
| Cd.                             | µg/kg    | 2.08   | 1.782  | 1.811 | 1.708  | 1.65  | 1.767  | 1.582 | 1.468  | 1.506 | 1.444  | 1.456 | 1.592  | 1.605 | 1.55  | 1.633 |
| Cu.                             | µg/kg    | 38     | 26.198 | 20.03 | 19.565 | 11.39 | 20.567 | 13.24 | 6.066  | 4.446 | 0.975  | 1.207 | 0.512  | 0.512 | 1.44  | 1.669 |
| Cr.                             | µg/kg    | 6.098  | 6.32   | 5.824 | 5.934  | 5.829 | 5.69   | 5.895 | 6.255  | 5.65  | 5.76   | 6.36  | 5.66   | 6.788 | 5.88  | 6.488 |
| Pb.                             | µg/kg    | 82.823 | 50.83  | 41.42 | 47.63  | 34.46 | 44.247 | 26    | 16.022 | 12.82 | 3.79   | 2.285 | 2.097  | 1.72  | 0.97  | 0.403 |

Tabla 6. Valores promedio de los parámetros Físicos y Químicos para las diferentes temporadas de muestreo en el Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz.

| Parámetros                           | S1   |       |       |      | S2   |      |       |      | S3   |      |       |      | S4   |      |       |      |
|--------------------------------------|------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
|                                      | Min  | Max   | Media | SD   | Min  | Max  | Media | SD   | Min  | Max  | Media | SD   | Min  | Max  | Media | SD   |
| pH                                   | 6.85 | 7.75  | 7.33  | 0.25 | 7.20 | 8.10 | 7.62  | 0.25 | 7.95 | 8.60 | 8.35  | 0.18 | 7.57 | 8.20 | 7.91  | 0.21 |
| A T(m M)                             | 0.71 | 0.97  | 0.81  | 0.09 | 0.76 | 1.50 | 0.98  | 0.18 | 0.80 | 1.43 | 1.02  | 0.15 | 0.68 | 1.31 | 0.93  | 0.18 |
| t (°C)                               | 23.7 | 25.7  | 24.7  | 0.6  | 20.9 | 23.6 | 22.3  | 0.8  | 28.5 | 33.1 | 31.3  | 1.3  | 26.5 | 32.4 | 29.8  | 1.7  |
| Salinidad(UPS.)                      | 0.7  | 4.3   | 2.8   | 1.2  | 1.1  | 6.6  | 4.4   | 2.0  | 1.9  | 17.2 | 8.6   | 4.2  | 0.0  | 12.3 | 3.3   | 3.2  |
| Conductividad                        | 1.26 | 7.62  | 4.80  | 1.94 | 1.70 | 10.3 | 7.09  | 3.19 | 2.22 | 30.4 | 16.1  | 7.95 | 0.30 | 21.6 | 6.41  | 5.74 |
| Na <sup>+</sup> (g/kg)               | 0.02 | 1.16  | 0.68  | 0.37 | 0.05 | 1.85 | 1.18  | 0.68 | 0.96 | 7.26 | 3.10  | 1.71 | 0.01 | 3.69 | 1.87  | 1.37 |
| K <sup>+</sup> (mg/kg)               | 1.60 | 48.4  | 26.8  | 13.8 | 4.30 | 72.5 | 44.6  | 24.3 | 28.2 | 162  | 105   | 50.7 | 1.00 | 158  | 77.2  | 60.2 |
| Mg <sup>2+</sup> (mg/kg)             | 22.2 | 550   | 304   | 161  | 60.5 | 871  | 548   | 294  | 310  | 2097 | 1251  | 603  | 31   | 956  | 392   | 309  |
| Ca <sup>2+</sup> (mg/kg)             | 58.1 | 135.2 | 101   | 23.9 | 68.6 | 214  | 163   | 46.3 | 126  | 406  | 280   | 93.4 | 47.1 | 224  | 143   | 57.3 |
| F <sup>-</sup> (mg/kg)               | 0.05 | 0.26  | 0.17  | 0.06 | 0.10 | 0.32 | 0.23  | 0.07 | 0.16 | 0.50 | 0.36  | 0.11 | 0.04 | 0.22 | 0.13  | 0.06 |
| Cl <sup>-</sup> (g/kg)               | 0.01 | 2.59  | 1.46  | 0.80 | 0.07 | 4.59 | 2.57  | 1.72 | 1.55 | 10.4 | 6.31  | 2.96 | 0.01 | 4.15 | 1.99  | 1.56 |
| Br <sup>-</sup> (mg/kg)              | 0.40 | 12.70 | 7.13  | 3.82 | 1.30 | 23.1 | 14.3  | 7.77 | 8.50 | 49.6 | 30.1  | 13.6 | 0.30 | 36.5 | 16.9  | 12.6 |
| SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/kg) | 8.40 | 244   | 145   | 71.8 | 22.7 | 412  | 270   | 148  | 163  | 1020 | 614   | 295  | 7.30 | 420  | 209   | 153  |
| Cd (µg/kg)                           | 1.86 | 2.80  | 2.24  | 0.32 | 1.99 | 2.97 | 2.37  | 0.26 | 1.43 | 2.38 | 1.99  | 0.31 | 1.44 | 2.08 | 1.64  | 0.17 |
| Cu (µg/kg)                           | 0.74 | 10.5  | 3.96  | 2.78 | 0.19 | 21.6 | 10.5  | 5.97 | 4.37 | 61.4 | 34.1  | 19.0 | 0.51 | 38.0 | 11.1  | 11.6 |
| Pb (µg/kg)                           | 0.97 | 26.9  | 9.41  | 7.66 | 0.59 | 63.3 | 24.6  | 20.0 | 4.92 | 120  | 62.5  | 38.2 | 0.40 | 82.8 | 24.5  | 24.9 |
| Cr (µg/kg)                           | 5.32 | 6.42  | 5.85  | 0.27 | 5.81 | 6.48 | 6.00  | 0.17 | 5.58 | 6.21 | 5.83  | 0.20 | 5.65 | 6.79 | 6.03  | 0.34 |
| Fe (mg/kg)                           | 0.05 | 0.95  | 0.33  | 0.30 | 0.17 | 1.04 | 0.40  | 0.21 | 0.06 | 0.43 | 0.19  | 0.10 | 0.11 | 1.18 | 0.40  | 0.36 |

## DISCUSIÓN.

Los resultados han sido divididos en cuatro eventos de muestreo con las claves siguiente:

**S1 ( Noviembre 7 de 1992 ) para el primer muestreo.**

**S2 ( Diciembre 20 de 1992 ), para el segundo muestreo.**

**S3 ( mayo 3 de 1993 ), para el tercer muestreo.**

**S4 ( Septiembre 9 de 1993 ), para el cuarto muestreo.**

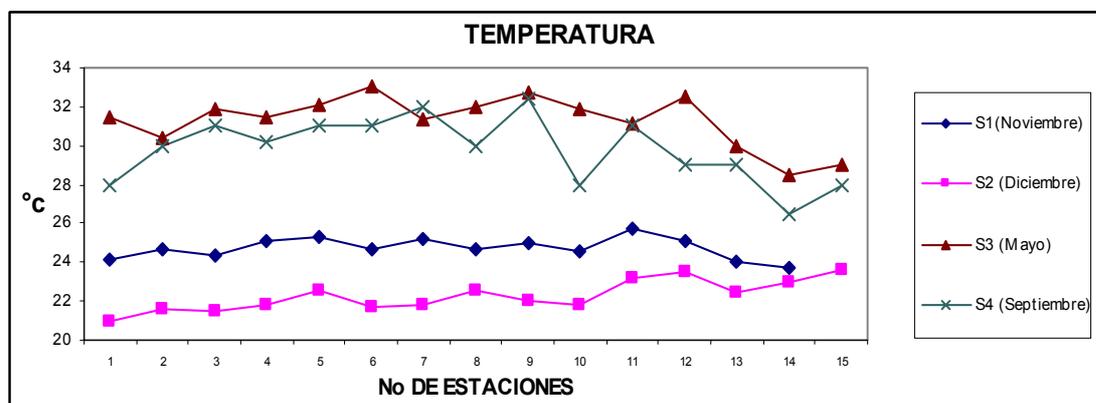


Figura. 2. Valores de de temperatura en el agua de la laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la Figura 2 de la Temperatura se observaron dos temporadas bien definidas, denotando que la temperatura más alta en los muestreos 3 y 4, pertenecen a la época de secas y secas, siendo menor en los muestreos 1 y 2 pertenecientes a la época de invierno. Se observó que en el primer muestreo realizado, que la temperatura mostró una media de 24.75 °C con un mínimo de 23.72 °C en la estación punta chica que esta cerca del poblado de Alvarado y un máximo de 25.72 °C en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado. Para el segundo muestreo encontramos una media de 22.26 °C, con un mínimo de temperatura de 20.92 °C en la estación 1, localizada en la entrada artificial de la Laguna Camaronera

y un máximo de temperatura de 23.6 °C en la estación 15 justo a la salida de la laguna de Alvarado hacia el mar. La temperatura es más baja del segundo muestreo con respecto al primer muestreo, esto debido a la época de nortes a que estamos en pleno invierno. Para el muestreo 3 se observó una media de 31.29 °C de temperatura con un mínimo de 28.5 °C en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 33.08 °C en al estación 6 localizada justo a la salida del canal de unión de la laguna Camaronera y del Buen País. Para el cuarto muestreo tenemos una media de temperatura de 29.81 °C con una mínima de 26.5°C para la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 32.4 °C en al estación 9 localizada en la parte norte de la Punta pepe en la Laguna de Alvarado.

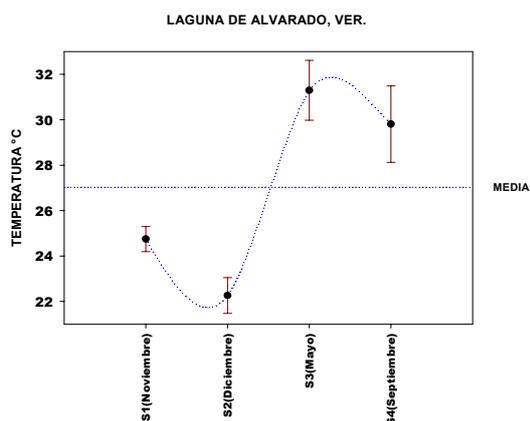


Figura. 2b Serie de tiempo de la Temperatura promedio

La estadística de la temperatura, muestra una disminución de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, en los cuatro muestreos no se observa gran diferencia (Fig. 2b).

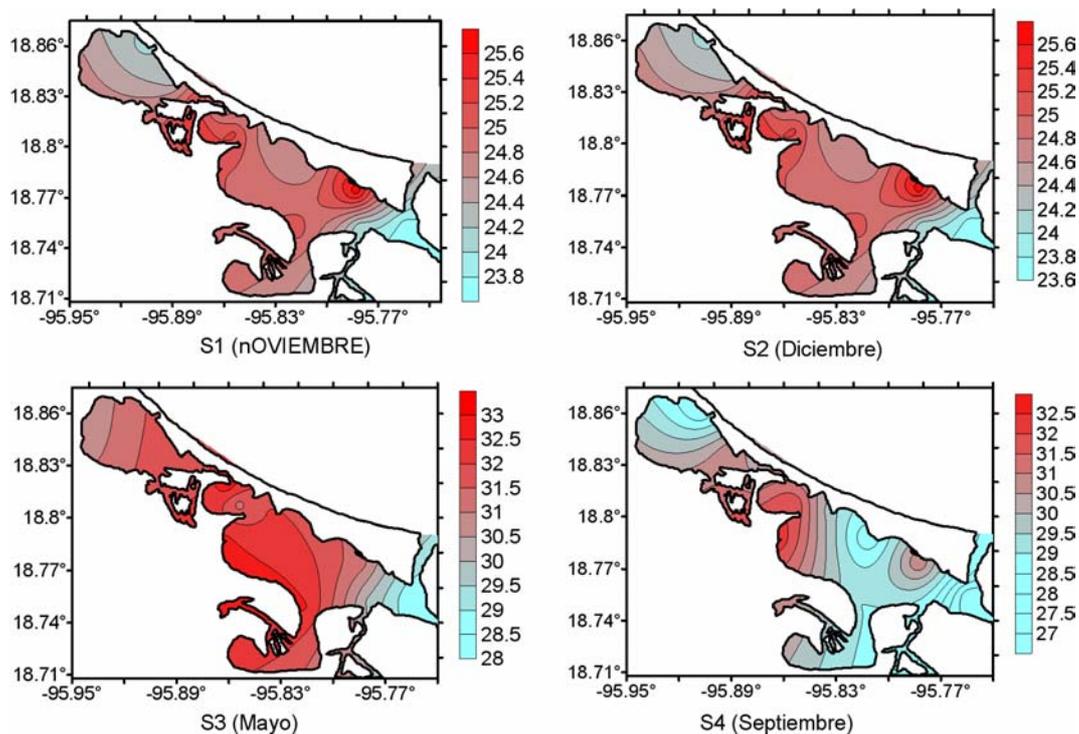


Figura. 2 c. Distribución horizontal de la temperatura (°C), durante los cuatro muestreos.

Los valores de temperatura presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas Fig 1. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de la temperatura ambiental (Fig 2). La distribución horizontal de la temperatura mostro valores altos en áreas protegidas o alejadas de la costa (S1, S2 y S3): durante septiembre la temperatura más alta se mantiene en la zona de conexión entre las lagunas (Fig. 2c). Como es de esperarse, la boca de la laguna mantiene los valores más bajos.

Durante mayo (S3), los valores altos de la temperatura se mantiene en la mayor parte de la laguna.

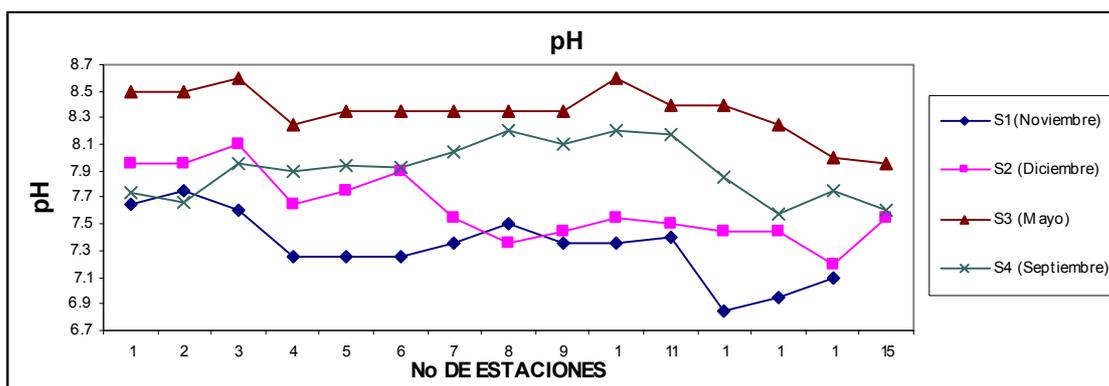


Figura 3. Valores de pH en el agua de la laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

El pH (Fig. 3), se observó que también presenta dos temporadas, siendo el pH más alto en la temporada que corresponde al tercer y cuarto muestreo, siendo menor el la segunda temporada que corresponde al primero y segundo muestreo. En el Primer muestreo realizado a principios de noviembre, el pH tuvo una media de 7.33 con un mínimo de 6.85 en la estación número 12 a la salida de la laguna de Tlalixcoyan y un máximo de 7.75 en la estación 2 región sur de la Laguna Camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 7.62, con un mínimo de pH de 7.2 en la estación 14, localizada en donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de pH de 8.2 en la estación 3 justo a la salida de la Laguna Camaronera hacia el canal de unión con la Laguna del buen País, el pH es más bajo en el muestreo 1 con respecto al muestreo 2 esto puede deberse a que se estamos en pleno invierno. Para el muestreo 3 se observó una media es de 8.35 de pH con un mínimo de 7.95 en la estación 15 localizada a la salida de Laguna de Alvarado hacia el mar y un máximo de 8.6 de pH en al estación 10 localizada en la punta Grande de la Laguna de Alvarado. En el muestreo 4 se encontro un pH medio de 7.91, como media, con un mínimo de 7.57 para la estación 13 localizada justo a la desembocadura del Río Acula y un máximo de 8.2 en la estación 8 “punta Pepe”.

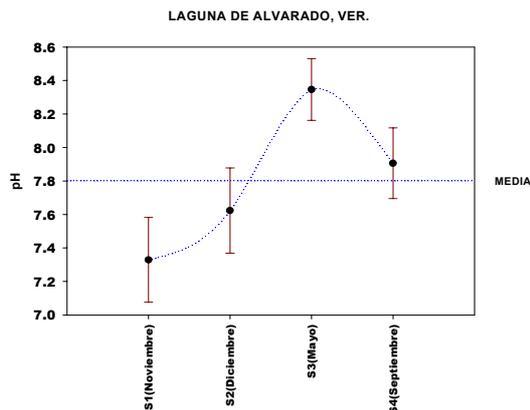


Figura. 3b. Serie de tiempo del pH promedio.

La estadística del pH, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, en los cuatro muestreos no se observa gran diferencia (Fig. 3b).

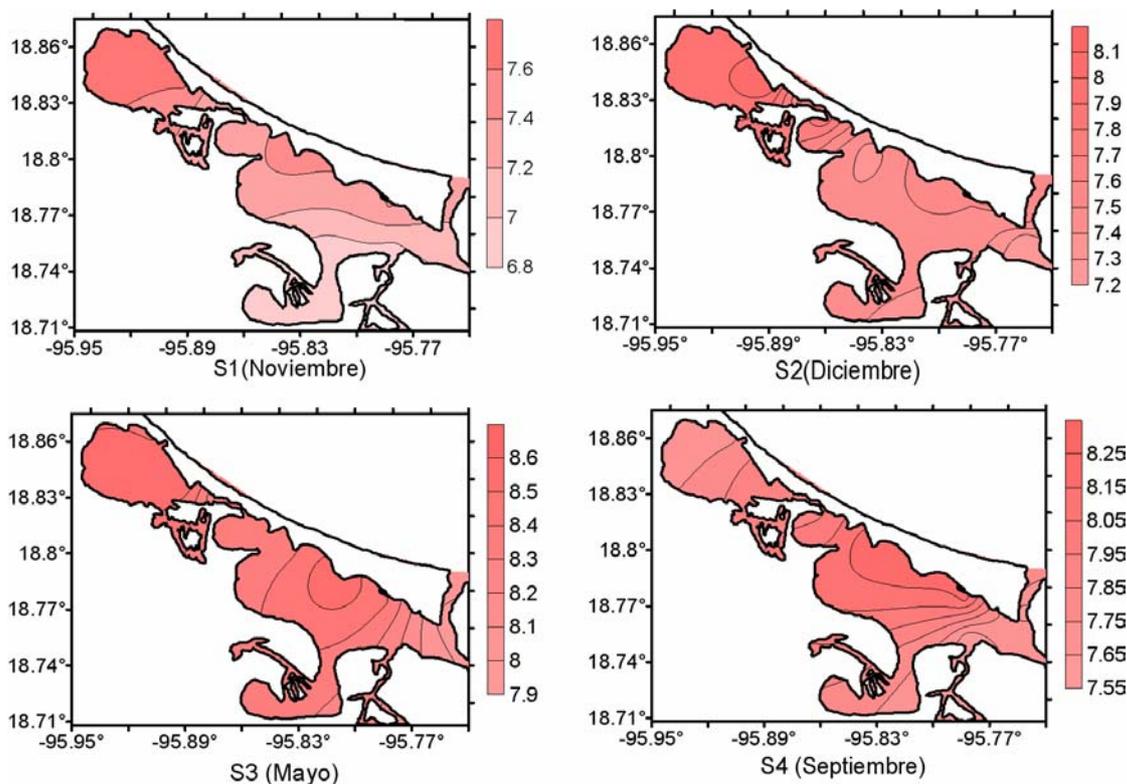


Figura. 3c. Distribución horizontal del pH, durante los cuatro muestreos.

Los máximos valores de pH se encuentran también durante la época de secas, debido

probablemente al incremento de iones bicarbonatos y por lo tanto al de la alcalinidad (Fig. 3c).

Los valores de pH son comparables a los de otras lagunas en el golfo de México (Vázquez *et al.*, 1993) y cercanos a los valores marinos (7.5 - 8.4; Butler 1982).

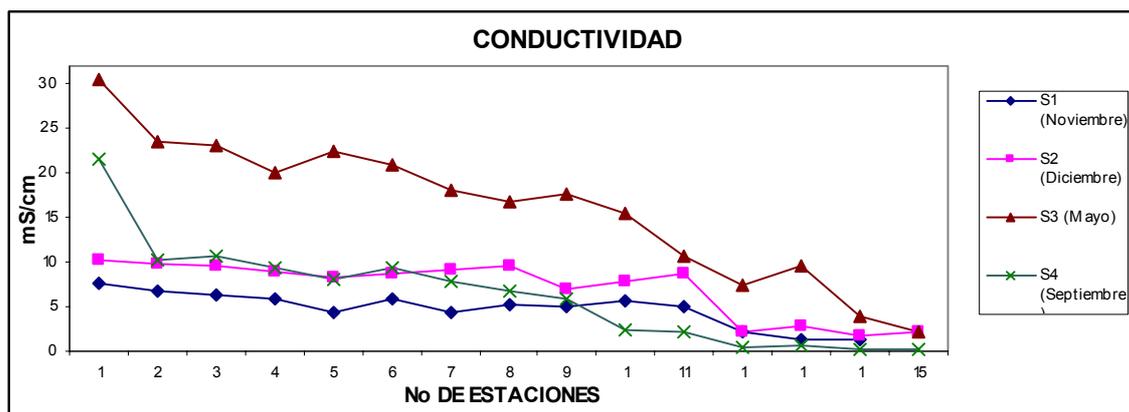


Figura 4. Valores de Conductividad en el agua de la laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

La conductividad (Fig 4), se observó que hay un incremento bien definido en el tercer muestreo, denotando que la conductividad es más alta en todos los puntos, y pertenecen a la época de primavera esto nos indica una clara presencia de sólidos disueltos mayor para esta época, que para las otras, como lo podemos visualizar mejor al ver la gráfica de salinidad, siendo menor en el primero y cuarto muestreos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, que la conductividad tuvo una media de 4.799 mS/cm con un mínimo de 1.260 mS/cm en la estación 13, localizada en la entrada al río Acula y la laguna de Alvarado, y un máximo de 7.620 mS/cm en la estación 15 que esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 7.095 mS/cm, con un mínimo de 1.700 mS/cm en la estación 15, justo a la salida de la laguna de Alvarado hacia el mar, y un máximo de conductividad de 10.280 mS/cm en la estación 1, localizada en la entrada artificial de la Laguna Camaronera. Para el

tercer muestreo se observó una media de 16.131 mS/cm de conductividad con un mínimo de 2.220 mS/cm en la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 30.420 mS/cm en al estación 1. Para el cuarto muestreo tenemos una media de conductividad de 6.407 mS/cm con una mínima de 0.300 mS/cm para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 21.600 mS/cm en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera en el sistema lagunar de Alvarado.

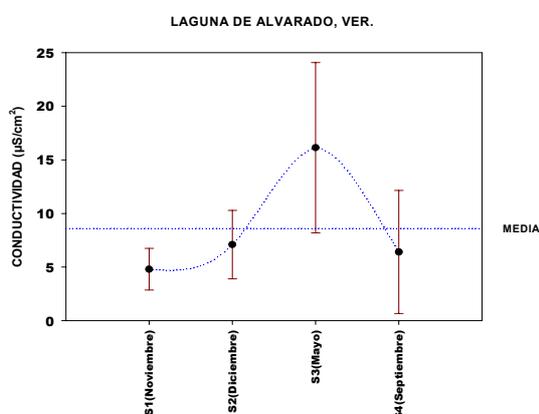


Figura. 4b. Serie de tiempo de la conductividad promedio.

La estadística de la conductividad, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta grandemente en la época de secas, que corresponde a los muestreos S3 y S4 (Fig. 4b).

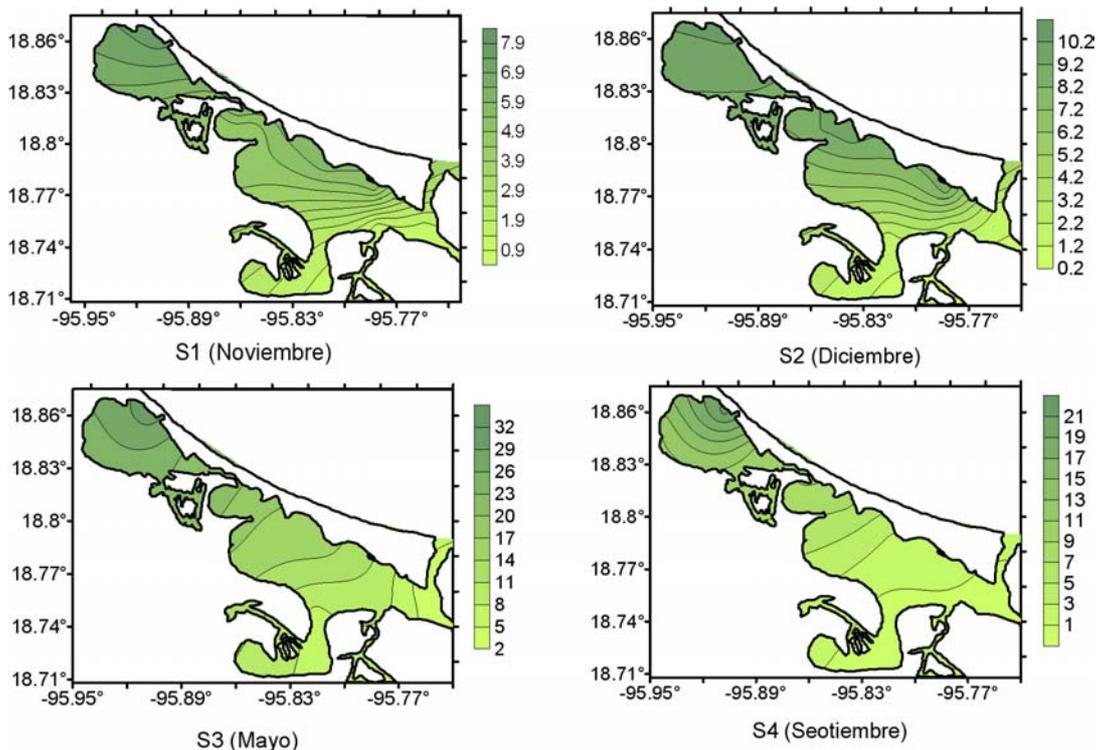


Figura. 4c. Distribución horizontal de la conductividad, durante los cuatro muestreos.

Los valores de conductividad se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas (Fig. 1). Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de la Salinidad. Se encontró una variación significativa de las concentraciones de conductividad entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de Conductividad la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 4c.).

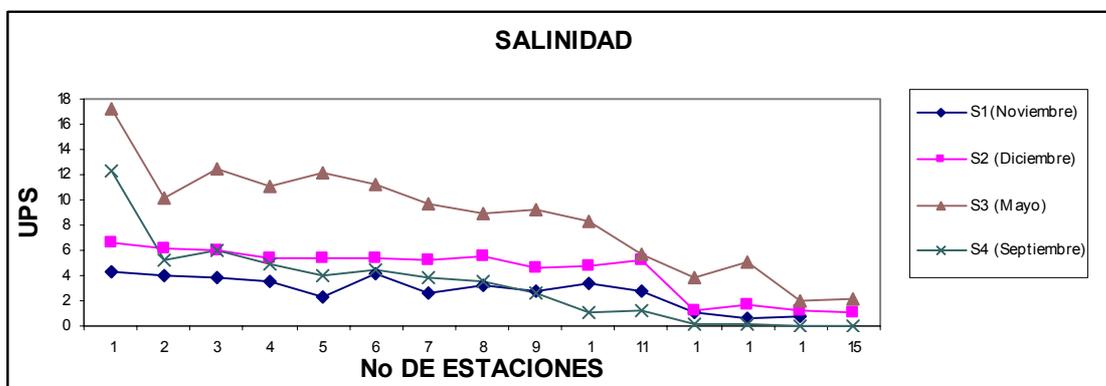


Figura. 5. Valores de la Salinidad en el agua de la laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

La salinidad (Fig 5), se observó que hay un incremento bien definido en el tercer muestreo, denotando que la salinidad es más alta en todos los puntos del tercer muestreo, y pertenece a la época de fines de primavera, siendo menor en los muestreos 1 y 4. Además se observó en el primer muestreo, realizado a principios de noviembre, la salinidad tuvo una media de 2.836 con un mínimo de 0.680 en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y Laguna de Alvarado y un máximo de 4.300 en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 4.360, con un mínimo de 1.140 en la estación 15, justo a la salida de la laguna de Alvarado hacia el mar, y un máximo de salinidad de 6.620 en la estación 1, localizada en la entrada artificial de la Laguna Camaronera. Para el tercer muestreo se observó una media de 8.604 de salinidad, con un mínimo de 1.940 en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 17.220 en al estación 1. Para el muestreo cuarto tenemos una media de salinidad de 6.407 con una mínima de 0.100 para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 12.300 en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera en el sistema lagunar de Alvarado.

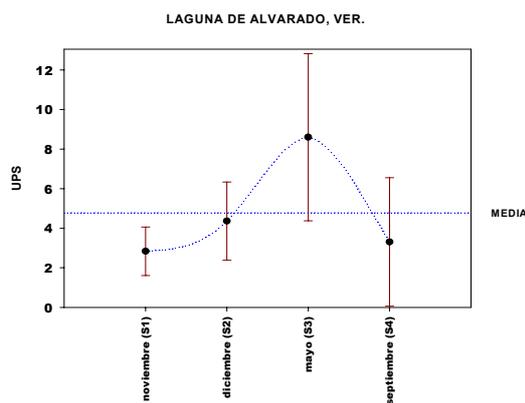


Figura. 5b. Serie de tiempo de la salinidad promedio.

La estadística de la salinidad, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una

disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta grandemente en la época de secas , que corresponde a los muestreos S3 y S4 (Fig. 4b).

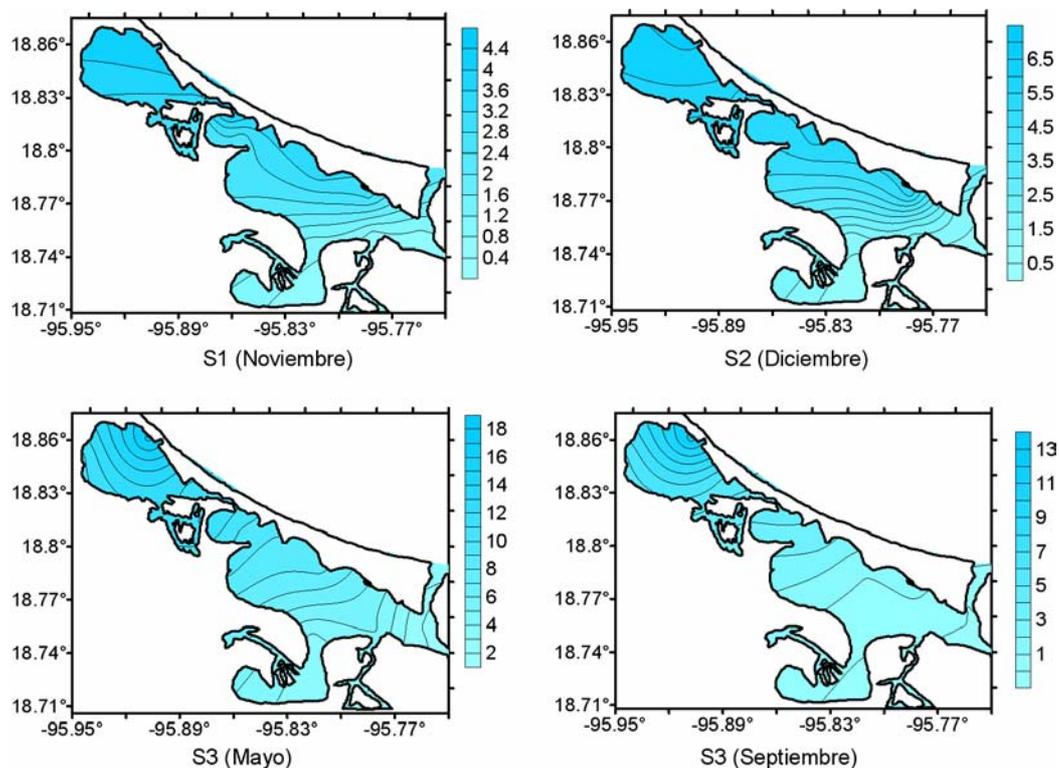


Figura. 5c. Distribución de la salinidad, durante los cuatro muestreos.

Los valores de salinidad presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas (Fig. 1). Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de la conductividad. Se encontró una variación significativa de las concentraciones de conductividad entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de salinidad la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 5c).

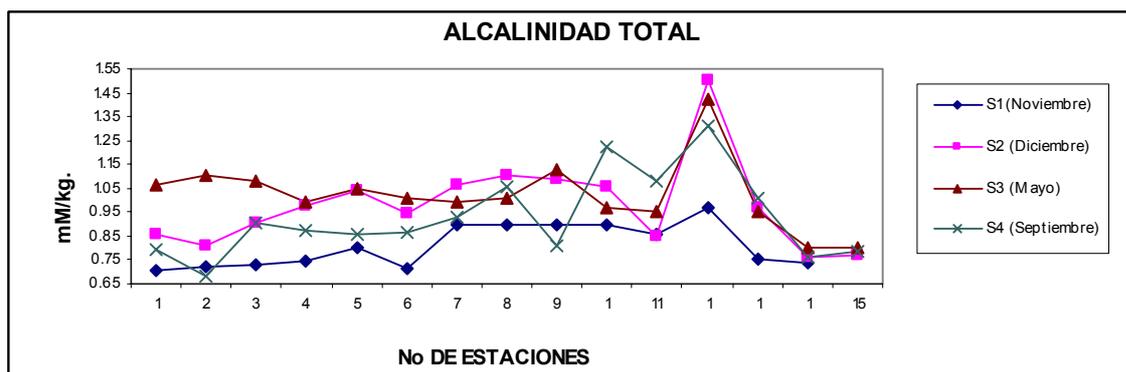


Figura. 6. Valores de la Alcalinidad Total en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la Figura 6 de alcalinidad total se observó que la distribución de la variación estacional de la alcalinidad no es muy grande, En el Primer muestreo realizado a principios de noviembre, la alcalinidad total tuvo una media de 0.81 mM con un mínimo de 0.705 mM en la estación número 1 localizada cerca del canal que comunica el mar con la laguna camaronera y un máximo de 0.97 mM en la estación 12 la salida de la laguna de Tlalixcoyan. Para el segundo muestreo encontramos una media de 0.98 mM, con un mínimo de 0.763 mM en la estación 14, localizada en donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 0.150 mM en la estación 12 justo a la salida de la Laguna Tlalixcoyan hacia la Laguna Alvarado. Para el tercer muestreo se observó una media es de 0.102 mM con un mínimo de 0.80 mM en la estación 15 localizada a la salida de Laguna de Alvarado hacia el mar y un máximo de 0.143 mM en al estación 12 entrada de la laguna Tlalixcoyan y la Laguna de Alvarado. En el cuarto muestreo encontramos 0.93 mM como media, con un mínimo de 0.68 m M para la estación 2 localizada justo arriba del la laguna Camaronera y un máximo de 0.131 mM en la estación 12 a la salida del la laguna de Tlalixcoyan hacia la laguna de Alvarado. Durante S1, S2 y S4 la mayor alcalinidad se encuentra en la Laguna de Alvarado y la menor en la Laguana de Tlalixcoyan. Durante S3 la alcalinidad total es homogénea (Fig. 6c).

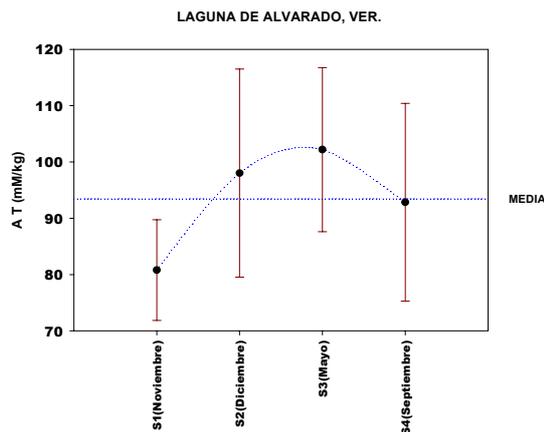


Figura. 6b. Serie de tiempo de la alcalinidad total promedio.

La estadística de la alcalinidad total, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta mas en los muestreos segundo(S2) y cuarto (S4), (Fig. 6b).

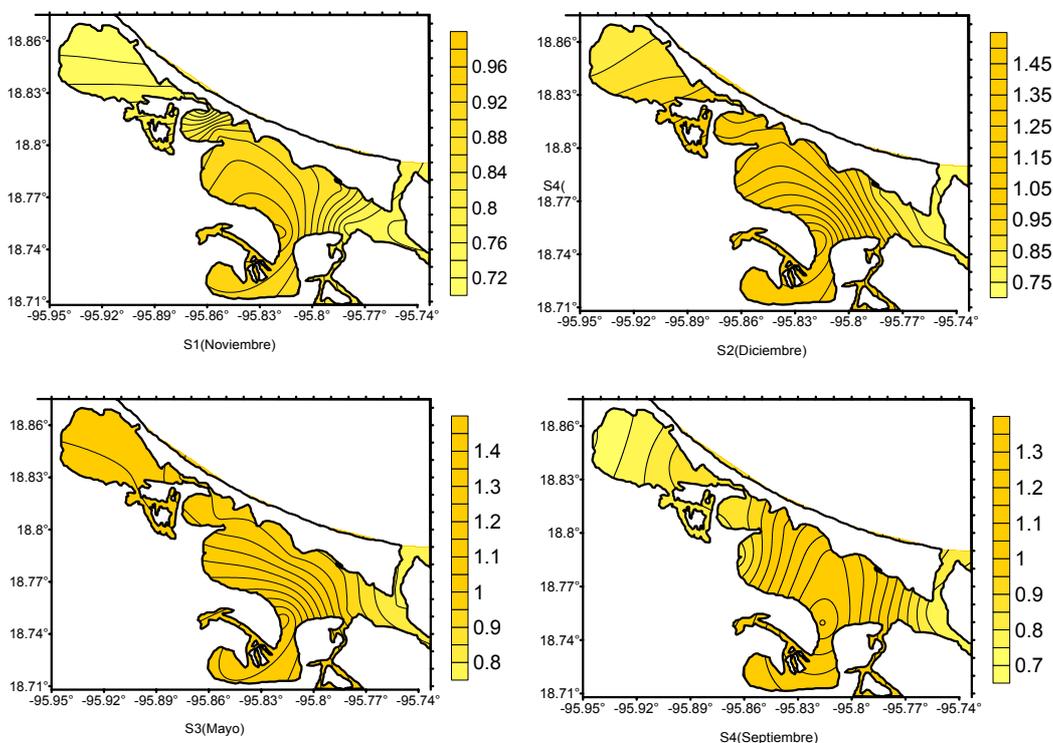


Figura. 6c. Distribución horizontal de la alcalinidad total, durante los muestreos.

La alcalinidad total más baja se registro en el primer muestreo con respecto a los otros muestreos, esto también esta en relación con el pH del agua, como se puede ver en la gráfica correspondiente (Fig. 6c).

Los valores de la alcalinidad son comparables a los de otras lagunas en el golfo de México (Vázquez et al., 1993) .

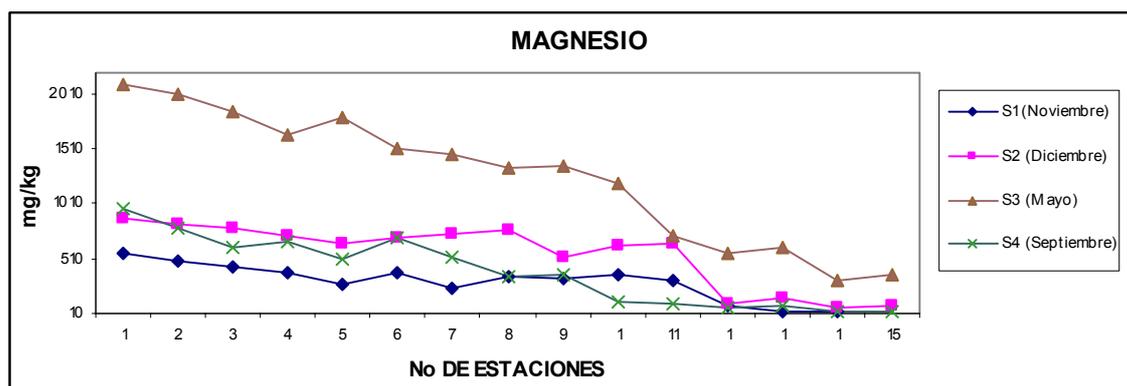


Figura. 7. Valores de concentración de Magnesio en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica de magnesio (Fig. 7), se observa que hay un incremento bien definido en el tercer muestreo, denotando que el magnesio es más alto en todos los puntos del muestreo tres, y pertenecen a la época de fines de secas, siendo menor en el muestreos 1 y 4. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el magnesio tuvo una media de 304.1 mg/kg con un mínimo de 22.2 mg/kg en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y Laguna de Alvarado y un máximo de 550.0 mg/kg en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 547.9 mg/kg, con un mínimo de 60.5 mg/kg en la estación 14, justo a la salida del río papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo de dureza de magnesio de 870.5 mg/kg en la estación 1, localizada en la entrada artificial de la Laguna Camaronera. Para el tercer muestreo se observó una media de 1250.6 mg/kg de magnesio, con un mínimo de 309.5 mg/kg en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 2096.5 mg/kg en

al estación 1. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 392.0 mg/kg con una mínima de 31.1 mg/kg para la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 955.7 mg/kg en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera en el sistema lagunar de Alvarado.

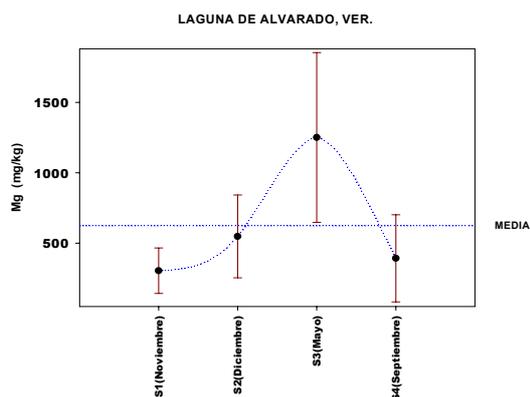


Figura. 7b. Serie de tiempo del magnesio promedio.

La estadística del magnesio, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta grandemente en la época de secas, que corresponde a los muestreos S3 (Fig. 7b).

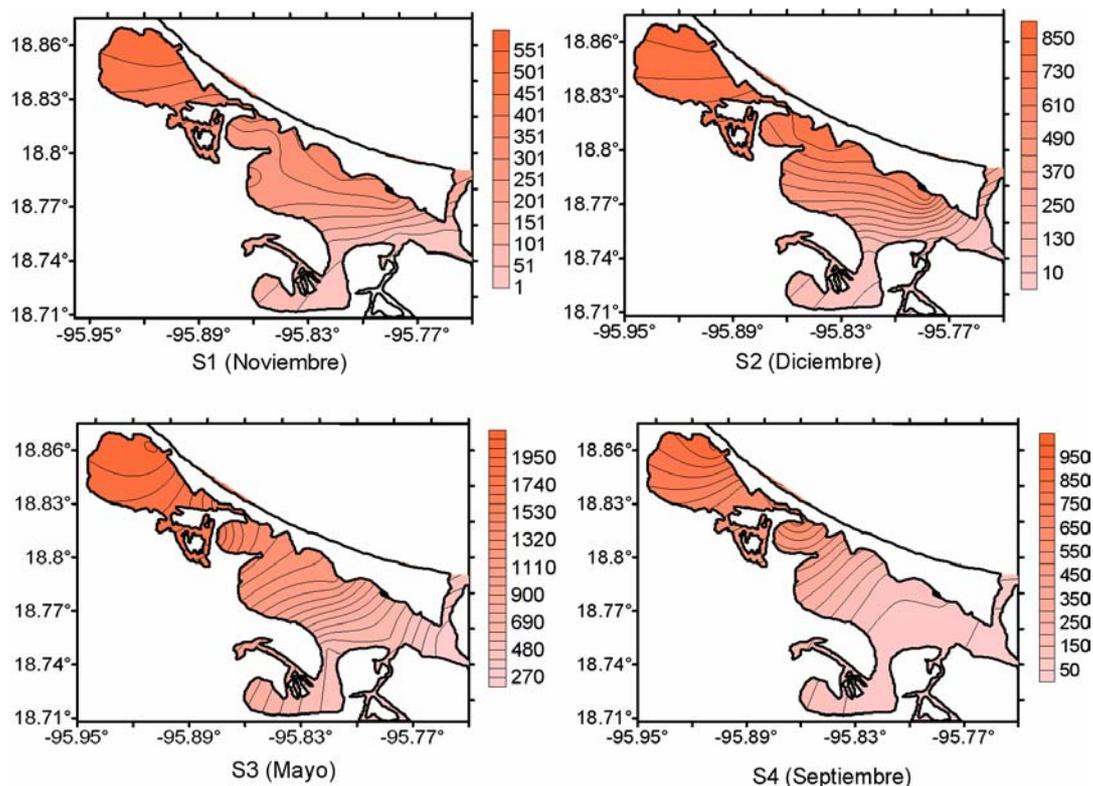


Figura. 7c. Distribución horizontal del magnesio, durante los cuatro muestreos.

Los valores de magnesio se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de la Conductividad. Se encontró una variación significativa de las concentraciones de magnesio, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de magnesio la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 7c). La mayor concentración de magnesio se encontro en la Laguna de Tlalixcoyan.

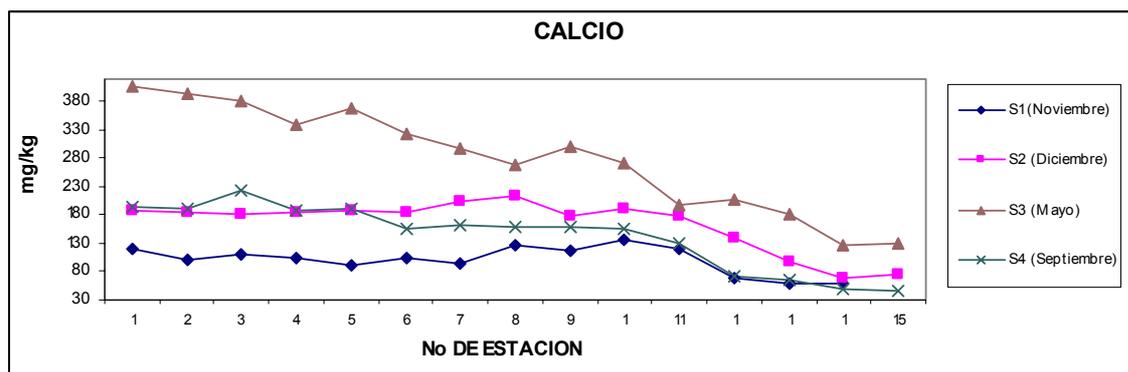


Figura. 8. Valores de concentración de Calcio en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica de calcio (Fig. 8), se observó que hay un incremento bien definido en el tercer muestreo, denotando que el calcio es mas alta en todos los puntos del tercer muestreo, y pertenecen a la época de secas, siendo menor en el primer y cuarto muestreos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el calcio tuvo una media de 100.7 mg/kg con un mínimo de 58.1 mg/kg en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y Laguna de Alvarado y un máximo de 135.2 mg/kg en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 163.3 mg/kg, con un mínimo de 68.6 mg/kg en la estación 14, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo de dureza de calcio de 214.2 mg/kg en la estación 8, localizada en la estación punta Pepe en la laguna de Alvarado. Para el tercer muestreo se observó una media de 279.5 mg/kg de dureza por calcio, con un mínimo de 125.5 mg/kg en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 406.4 mg/kg en al estación 1. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 142.6 mg/kg con una mínima de 47.1 mg/kg para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 223.7 mg/kg en al estación 3 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera a la lagunar de Alvarado.

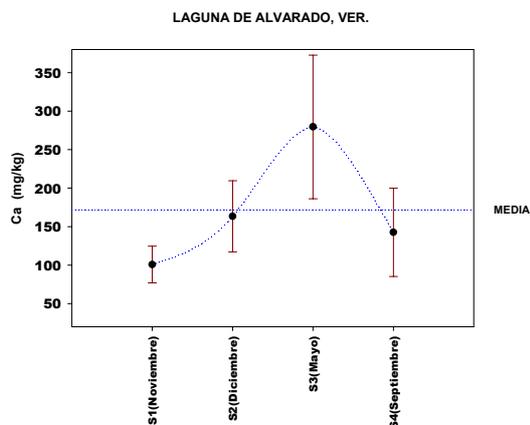


Figura. 8b. Serie de tiempo del calcio promedio

La estadística del calcio, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta grandemente en la época de secas, que corresponde a los muestreos S3 y S4 (Fig. 4b).

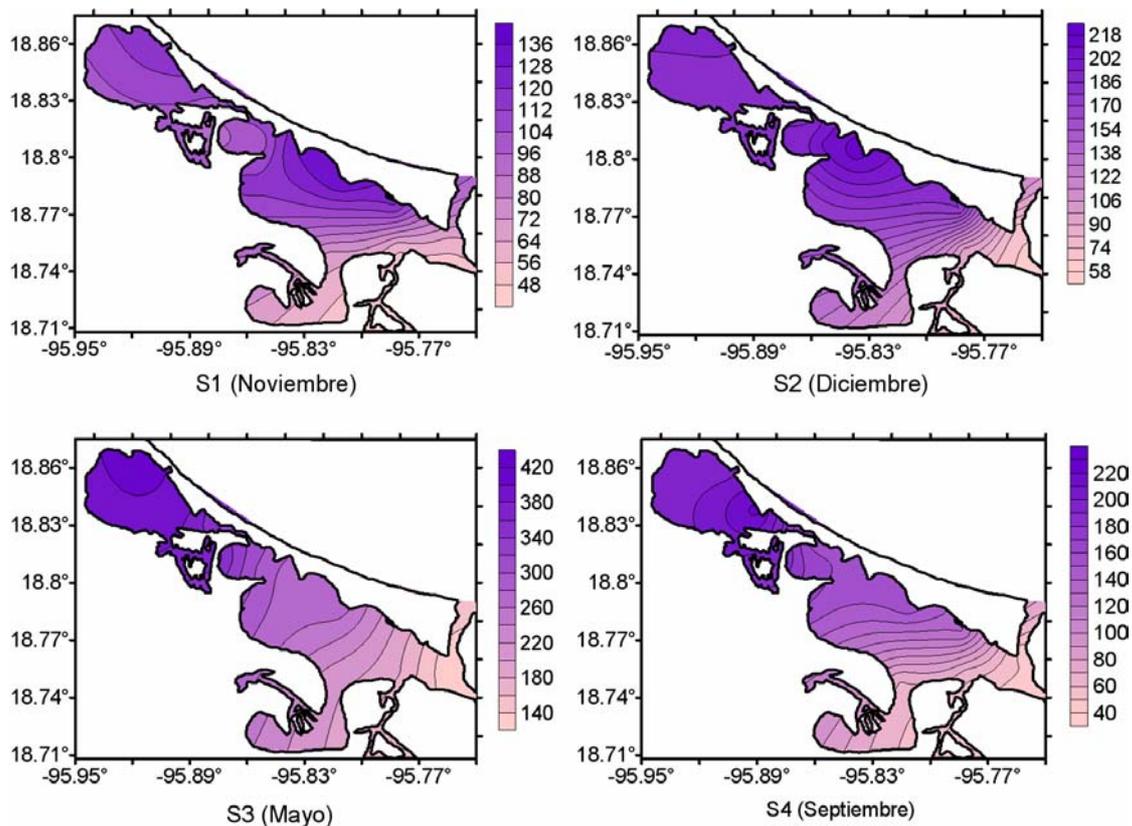


Figura. 8c. Distribución del calcio, durante los cuatro muestreos.

Los valores de calcio se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de magnesio. Se encontró una variación significativa de las concentraciones de calcio, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de calcio para la época de mayor concentración es para la época de mayo (S3), donde los mayores valores se observan en la Laguna de Tlaxicoyan.(Fig. 8c).

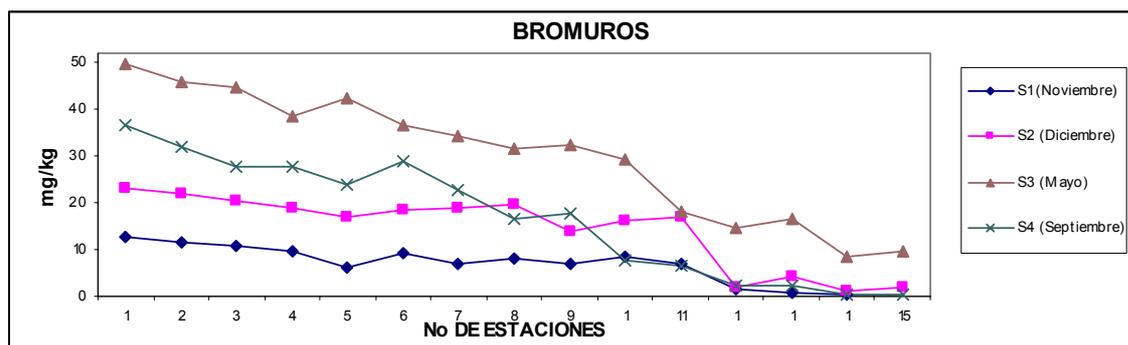


Figura. 9. Valores de concentración del Ión Bromuro en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica del ión bromuro (Fig 9), se observó que hay un incremento bien definido en el tercer muestreo, denotando que el bromuro es mas alta en todos los puntos del muestreo, y pertenecen a la época de secas, siendo menor en el primero y cuarto muestreos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el bromuro tuvo una media de 7.13 mg/L con un mínimo de 0.40 mg/kg en la estación 14, donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y Laguna de Alvarado y un máximo de 12.7 mg/kg en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 14.26 mg/kg, con un mínimo de 1.30 mg/kg en la estación 14, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo para el bromuro de 23.1 mg/kg en la estación 1, localizada en la estación junto al canal que une el mar con la laguna Camaronera. Para el tercer muestreo se observó una media de 30.13 mg/kg de bromuro, con un mínimo de 8.5 mg/kg en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 49.6 mg/kg en al estación 1. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 16.85 mg/kg con una mínima de 0.30 mg/kg para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 36.5 mg/kg en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera y el mar.

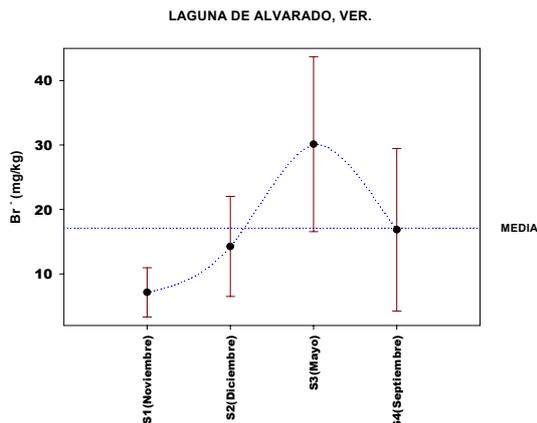


Figura. 9b. Serie de tiempo de los bromuros promedio.

La estadística de los bromuros, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta en la época de secas, que corresponde a los muestreos S3 y S4 (Fig. 9b).

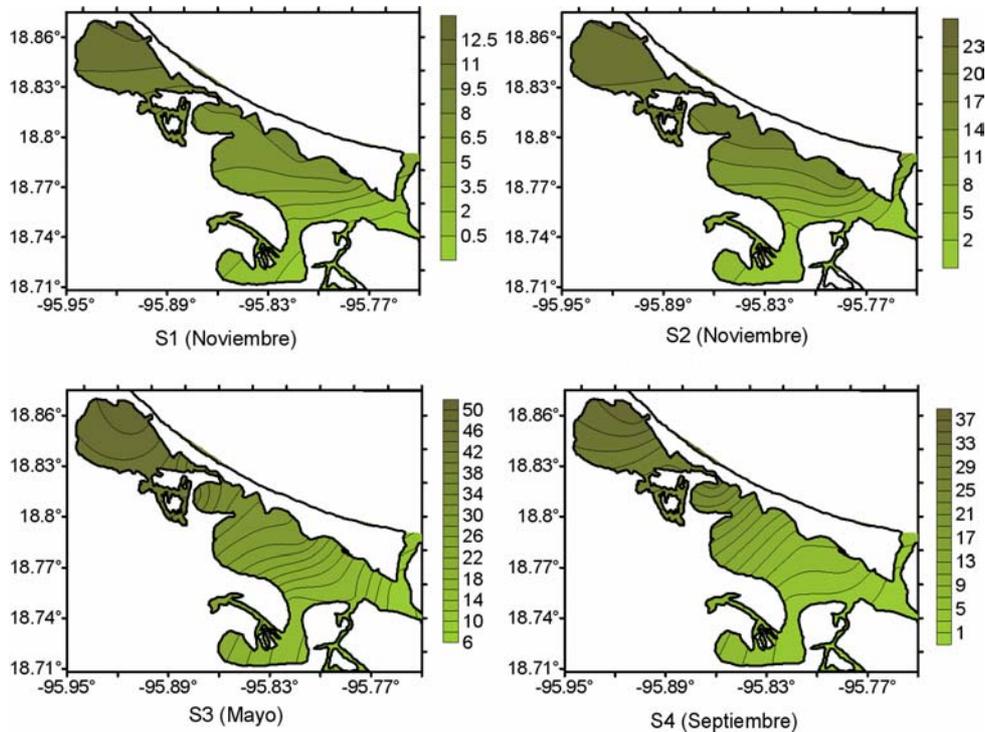


Figura. 9c. Distribución horizontal de los bromuros, durante los cuatro muestreos.

Los valores del bromuro se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los iones Fluoruro y Cloruros. Se encontró una variación significativa de las concentraciones de el bromuro, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de el bromuro la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 9c).

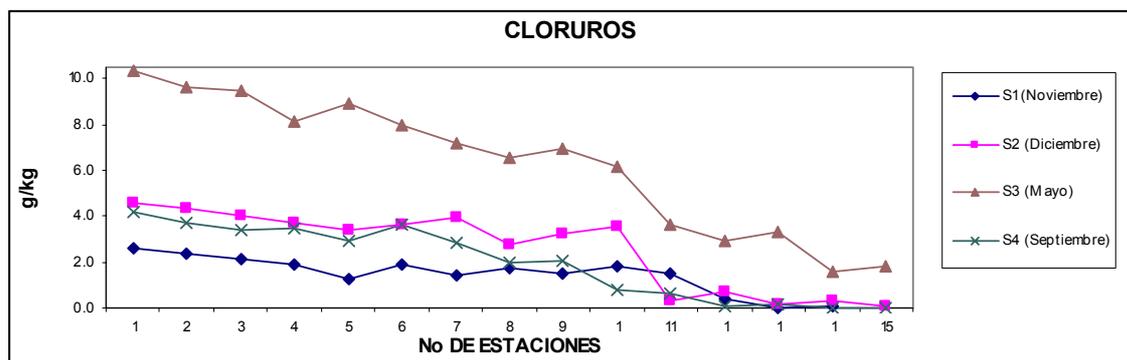


Figura. 10. Valores de concentración del Ión Cloruro en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica del ión cloruro (Fig. 10), se observó que hay un incremento bien definido en el tercer muestreo, denotando que el bromuro es mas alta en todos los puntos del muestreo, y pertenecen a la época de secas, siendo menor en el primer y cuarto muestreos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el cloruro tuvo una media de 1.464 g/kg con un mínimo de 0.013 g/kg en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y Laguna de Alvarado y un máximo de 2.586 g/kg en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 2.574 g/kg, con un mínimo de 0.074 g/kg en la estación 15, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado hacia el mar, y un máximo para el cloruro de 4.588 g/L en la estación 1, localizada junto al canal que une el mar con la laguna Camaronera. Para el tercer muestreo se observó una media de 6.308 g/kg de cloruro, con un mínimo de 1.549 g/kg en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 10.367 g/kg en al estación 1. Para el cuarto

muestreo tenemos una media de 1.990 g/kg con una mínima de 0.013 g/kg para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 4.153 g/kg en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera y el mar.

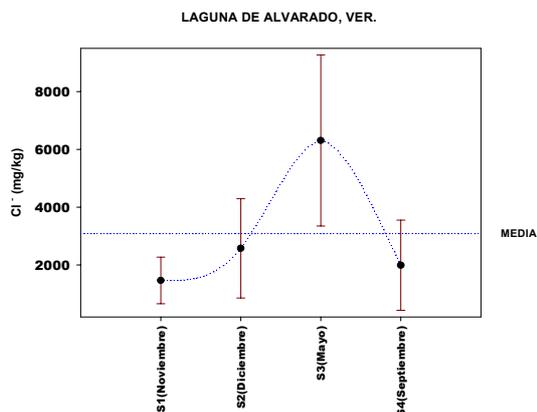


Figura. 10b. Serie de tiempo de los iones cloruros promedio.

La estadística de los cloruros, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta en la época de secas, que corresponde a los muestreos S3 y S4 (Fig. 10b).

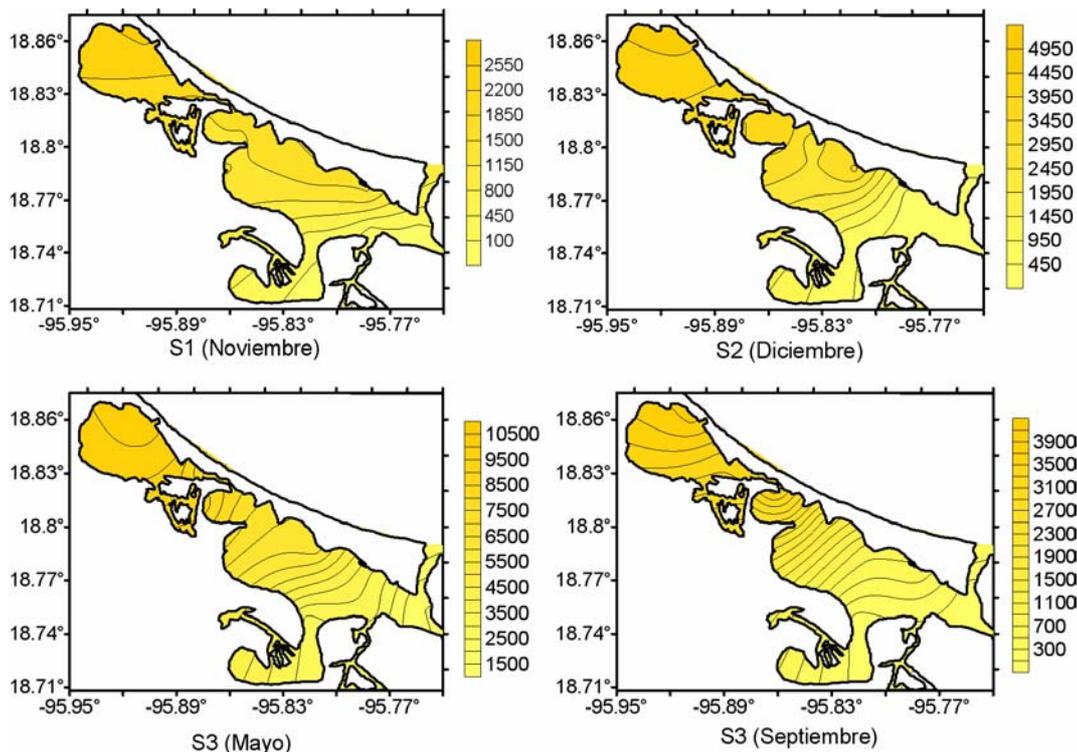


Figura. 10c. Distribución horizontal de los cloruros, durante los cuatro muestreos.

Los valores del cloruro se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los iones Bromuros y Fluoruros. Se encontró una variación significativa de las concentraciones del cloruro, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de el cloruro la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 10c).

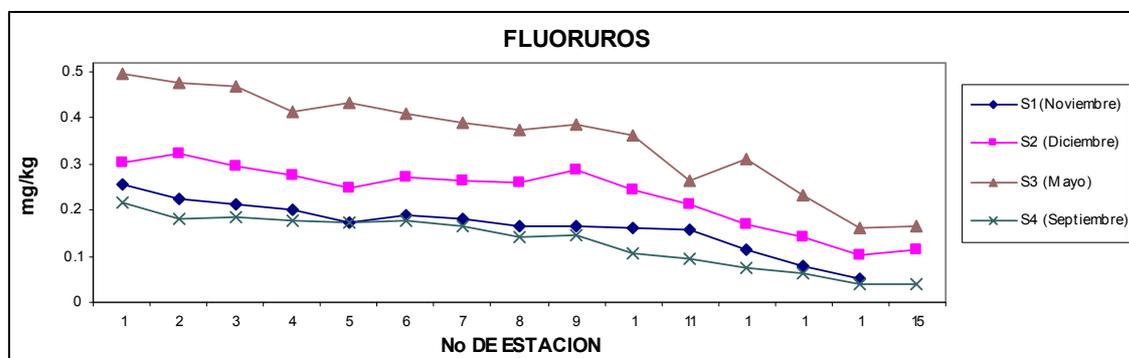


Figura. 11. Valores de concentración del Ión Fluoruro en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica del ión fluoruro (Fig. 11), se observó que hay un incremento bien definido en el tercer muestreo, denotando que el fluoruro es más alta en todos los puntos del muestreo, y pertenecen a la época de secas, siendo menor en el primer y cuarto muestreos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el fluoruro tuvo una media de 0.167 mg/kg con un mínimo de 0.50 mg/kg en la estación 14, donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y Laguna de Alvarado y un máximo de 0.257 mg/kg en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 0.234 mg/kg, con un mínimo de 0.103 mg/kg en la estación 14, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo para el bromuro de 0.323 mg/kg en la estación 2, localizada junto a estación 1 en la laguna Camaronera. Para el muestreo 3 se observó una media de 0.356 mg/kg de fluoruro, con un mínimo de 0.160 mg/kg en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 0.495 mg/kg en al estación 1. Para el cuarto muestreo cuarto tenemos una media de 0.132 mg/kg con una mínima de 0.039 mg/kg para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 0.217 mg/kg en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera con el mar.

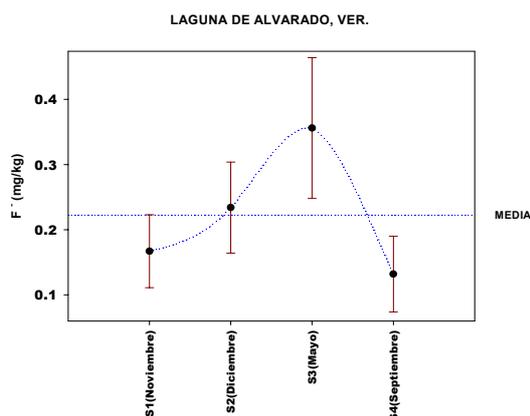


Figura. 11b. Serie de tiempo de los iones fluoruros promedio.

La estadística los fluoruros, muestra un aumento de los valores del segundo

muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta grandemente en el tercer muestreo S3 (Fig.11b).

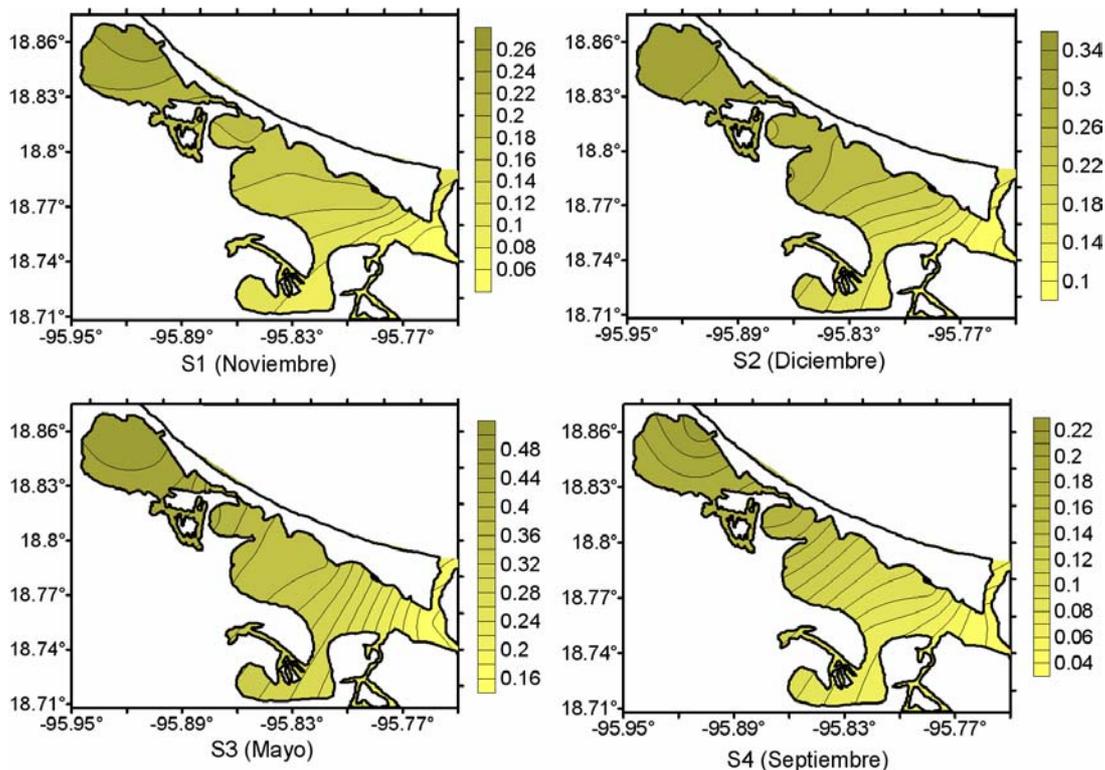


Figura. 11c. Distribución horizontal de los fluoruros, durante los cuatro muestreos.

Los valores del fluoruro se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los iones Bromuros y Cloruros. Se encontró una variación significativa de las concentraciones del fluoruro, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de el fluoruro la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 11c).

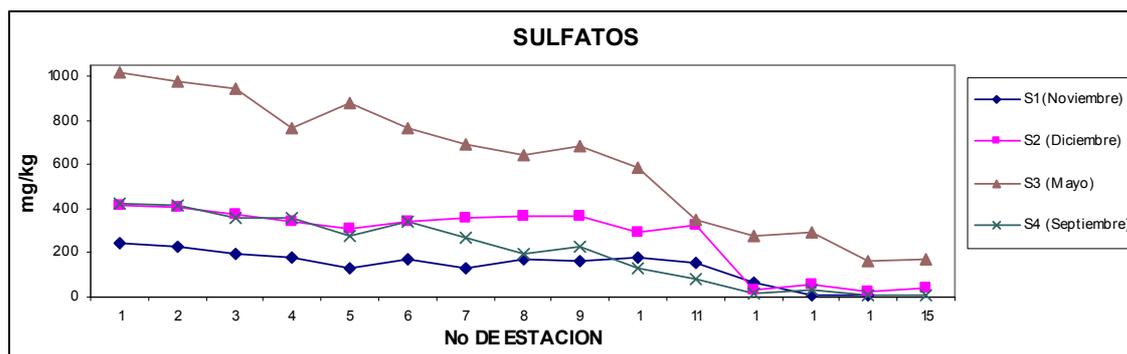


Figura. 12. Valores de concentración de los sulfatos en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica del ión sulfato (Fig. 12), se observó que hay un incremento bien definido en el tercer muestreo, denotando que el sulfato es más alta en todos los puntos del muestreo, y pertenecen a la época de secas, siendo menor en el primer y cuarto muestreos. Además se observó en el primer muestreo, realizado a principios de noviembre, el sulfato tuvo una media de 145.2 mg/kg con un mínimo de 8.4 mg/kg en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y Laguna de Alvarado y un máximo de 243.9 mg/kg en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 270.1 mg/kg, con un mínimo de 22.7 mg/kg en la estación 14, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo para el sulfato de 412.3 mg/kg en la estación 1, junto al canal que une la laguna Camaronera al mar. Para el tercer muestreo se observó una media de 613.9 mg/kg de sulfato, con un mínimo de 163.0 mg/kg en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 1019.9 mg/kg en al estación 1. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 209.3 mg/kg con una mínima de 7.3 mg/kg para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 0.217 mg/kg en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera con el mar.

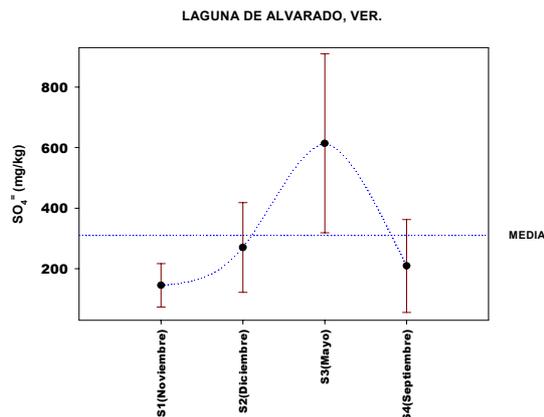


Figura. 12b. Serie de tiempo de los iones sulfatos promedio.

La estadística de los sulfatos, muestras un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta gradualmente en el segundo muestreo (S2), y aumentando grandemente tercer muestreo (S3), disminuyendo en el cuatro muestreo(S4) (Fig. 12b).

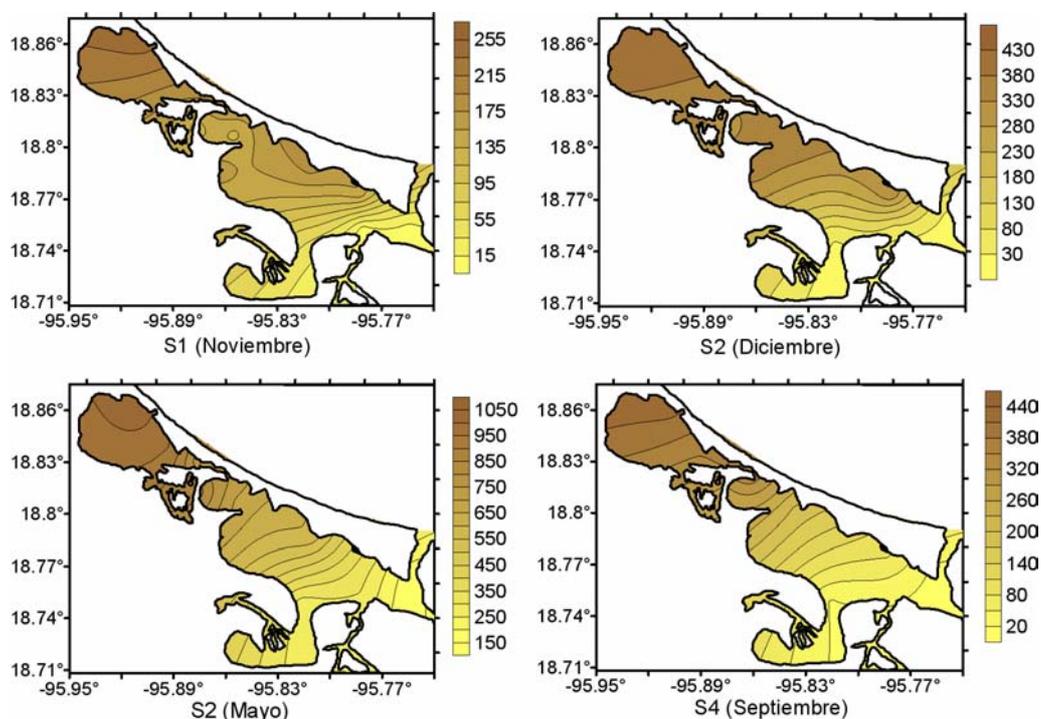


Figura. 12c. Distribución horizontal de los sulfatos, durante los cuatro muestreos.

Los valores del sulfato se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los iones Fluoruros, Bromuros y Cloruros. Se encontró una variación significativa de las concentraciones de el sulfato, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de el sulfato la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 12c).

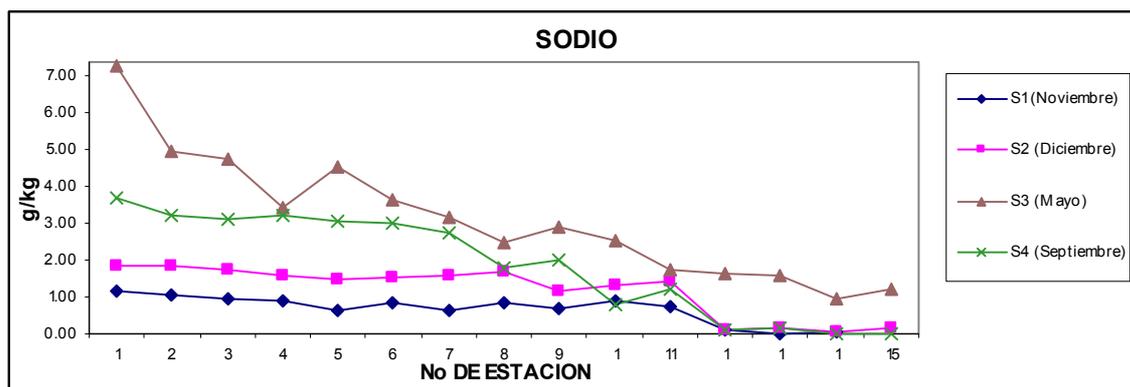


Figura. 13. Valores de concentración del Ión Sodio en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica del ión sodio (Fig. 13), se observó que hay un incremento bien definido en los muestreos tres y cuatro, denotando que el sodio es más alta en todos los puntos de los dos muestreos, y pertenecen a la época de secas y lluvia, siendo menor en los muestreos uno y dos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el sodio tuvo una media de 0.677 g/kg con un mínimo de 0.02 g/kg en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y Laguna de Alvarado y un máximo de 1.159 g/kg en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna Camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 1.178 g/kg, con un mínimo de 0.05 g/kg en la estación 14, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo para el sodio de 1.854 g/kg en la estación 1, junto al canal que une la laguna Camaronera al mar. Para el tercer muestreo se observó una media de 3.104 g/kg de sodio, con un mínimo de 0.961 g/kg en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de

Alvarado y un máximo de 7.262 g/kg en al estación 1. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 1.865 g/kg con una mínima de 0.011 g/kg para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 3.69 g/kg en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera con el mar.

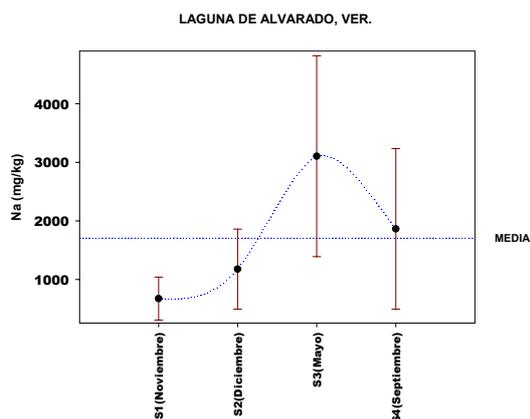


Figura. 13b. Serie de tiempo de los iones sodio promedio.

La estadística del sodio, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta gradualmente en el segundo muestreo (S2) y aumentando grandemente tercer muestreo (S3), disminuyendo en el cuatro muestreo(S4) (Fig. 13b).

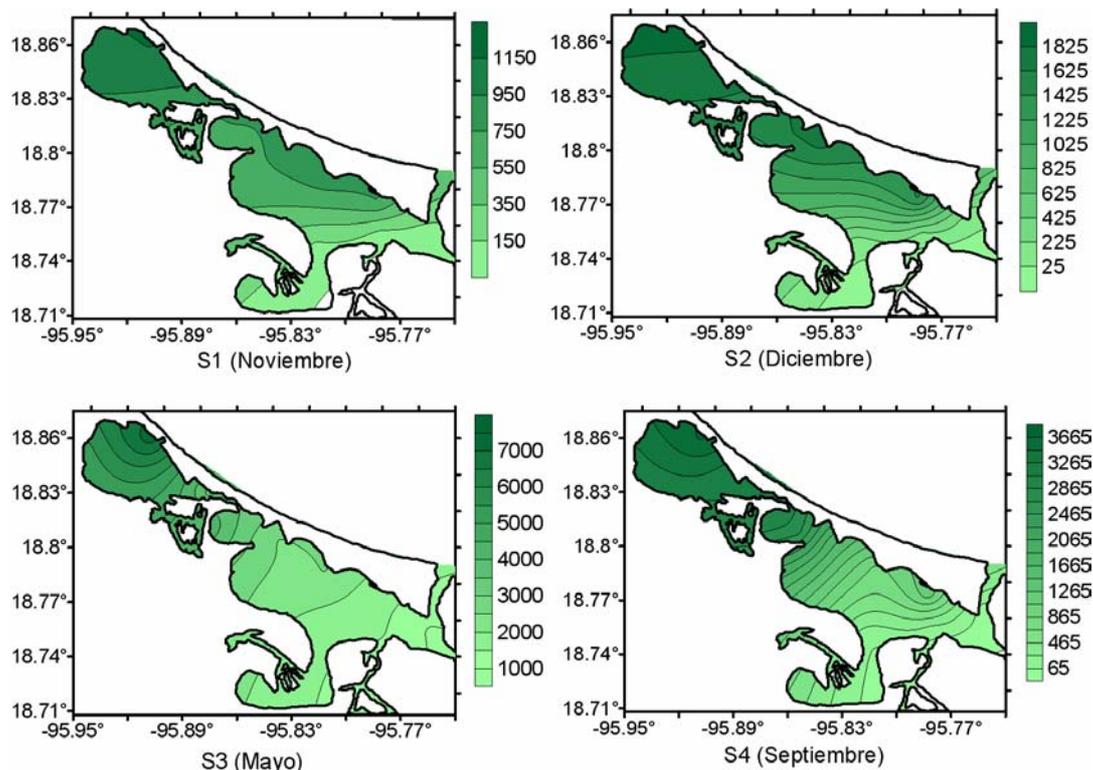


Figura. 13c. Distribución horizontal del Ión sodio, durante los cuatro muestreos.

Los valores del sodio se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los iones Potasio, Fluoruros, Bromuros, Cloruros y Salinidad. Se encontró una variación significativa de las concentraciones del sodio, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de el sodio la época de mayor concentración es para la época de mayo (13c).

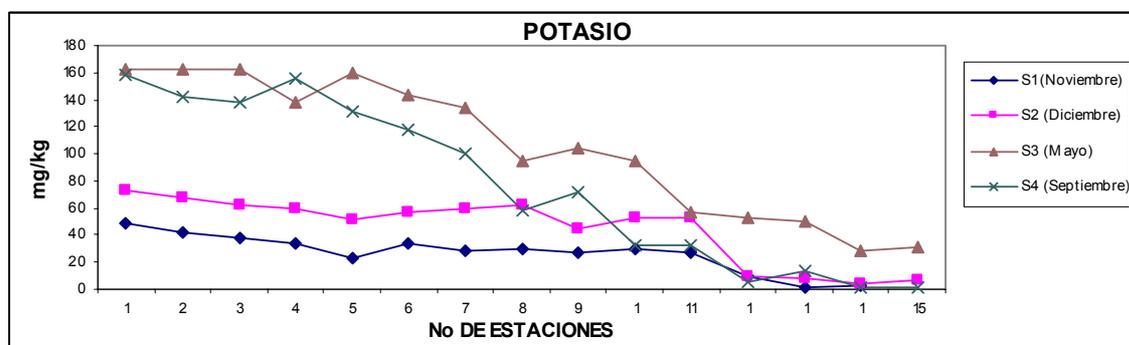


Figura. 14. Valores de concentración del Ión Potasio en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica del ión potasio (Fig. 14), se observó que hay un incremento bien definido en los muestreos tres y cuatro, denotando que el potasio es mas alta en todos los puntos de los dos muestreos, y pertenecen a la época de secas y lluvias, siendo menor en los muestreos uno y dos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el potasio tuvo una media de 26.8 mg/kg con un mínimo de 1.6 mg/kg en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y Laguna de Alvarado y un máximo de 48.4 mg/kg en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna Camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 44.6 mg/kg, con un mínimo de 4.3mg/kg en la estación 14, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo para el sodio de 72.5 mg/kg en la estación 1, junto al canal que une la laguna Camaronera al mar. Para el muestreo 3 se observó una media de 104.9 mg/kg de potasio, con un mínimo de 28.2 mg/kg en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 162.3 mg/kg en al estación 1. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 77.2 mg/kg con una mínima de 1.0 mg/kg para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 158.0 mg/kg en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera con el mar.

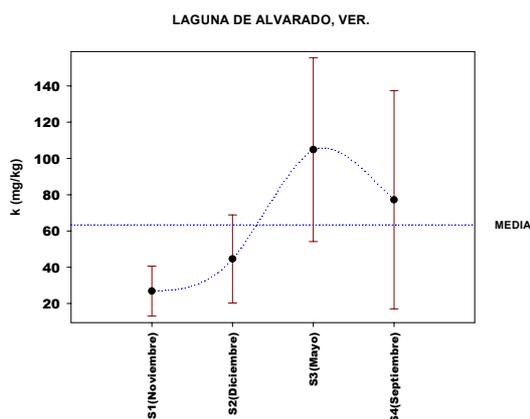


Figura. 14b. Serie de tiempo de los iones potasio promedio.

La estadística del potasio, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo

(S2), con respecto al primer muestreo (S1). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta gradualmente en el segundo muestreo y aumentando grandemente en el tercer muestreo (S3) y cuatro muestreo(S4) (Fig. 14b).

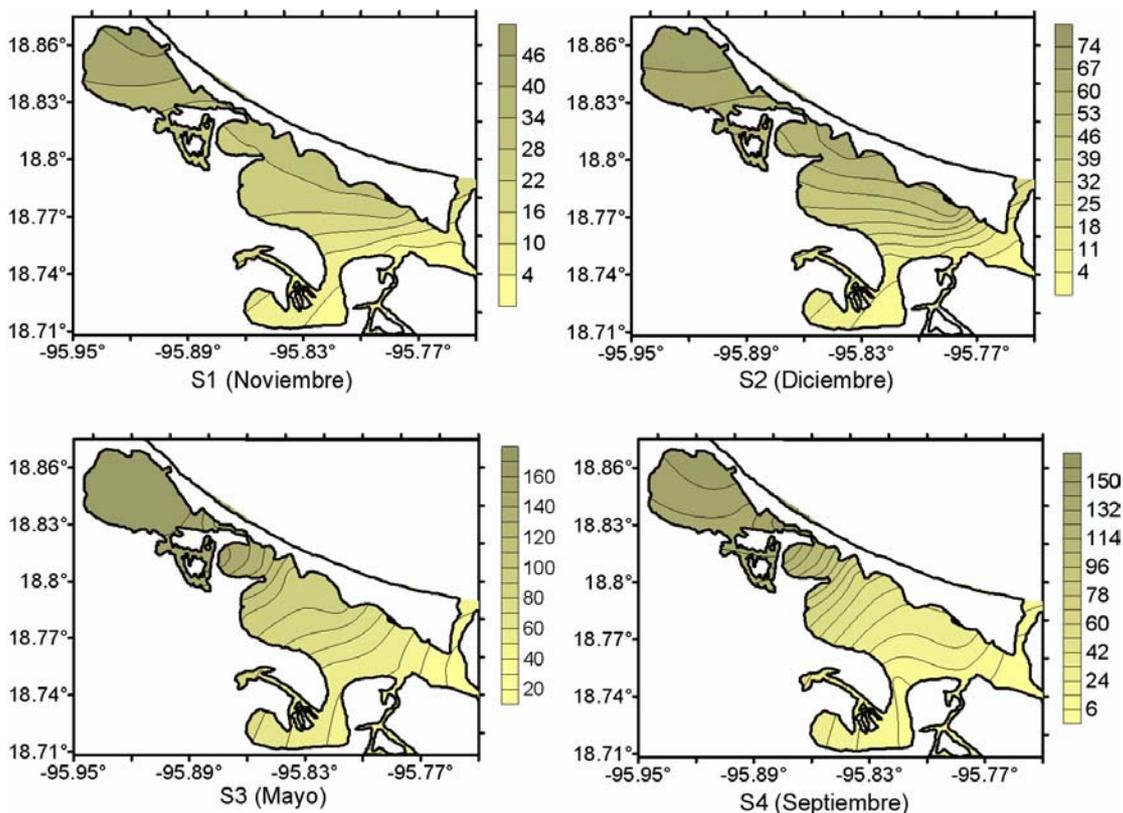


Figura. 14c. Distribución horizontal del Ión potasio, durante los cuatro muestreos.

Los valores del potasio se presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los iones Sodio, Fluoruros, Bromuros, Cloruros y Salinidad. Se encontró una variación significativa de las concentraciones del potasio, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica del potasio la época de mayor concentración es para la época de mayo (14c).

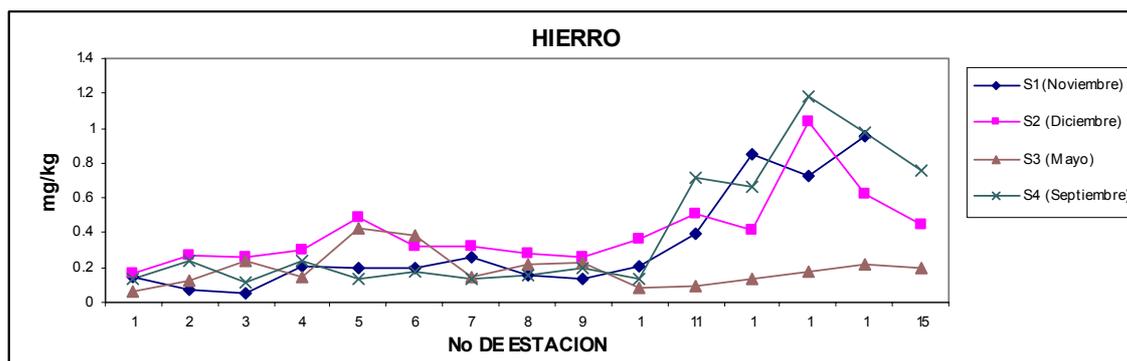


Figura. 15. Valores de concentración del Hierro Disuelto en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica del hierro disuelto (Fig. 15), se observó que hay un incremento bien definido en el segundo muestreo, denotando que el metal hierro es mas bajo en el tercer muestreo. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el metal hierro tuvo una media de 0.33 mg/kg con un mínimo de 0.05 mg/kg en la estación 3, donde se mezclan las aguas de la laguna Camaronera y la entrada al canal que une a la laguna del Buen País y un máximo de 0.95 mg/kg en la estación 14, que esta en la mezcla de las aguas de la laguna de Alvarado con el río Papaloapan. Para el segundo muestreo encontramos una media de 0.40 mg/kg, con un mínimo de 0.17 mg/kg en la estación 11, justo a la salida del canal de la laguna Camaronera hacia el mar, y un máximo para el sodio de 1.04 mg/kg en la estación 13, justo donde se juntan las aguas del río Acula y la laguna de Alvarado. Para el tercer muestreo se observó una media de 0.19 mg/kg de metal hierro, con un mínimo de 0.06 mg/kg en la estación 1 donde se localiza el canal que une la laguna Camaronera con el mar y un máximo de 0.43 mg/kg en al estación 5 localizada en la laguna del Buen País. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 0.40 mg/kg con una mínima de 0.11 mg/kg para la estación 3 a la entrada del canal que une la laguna Camaronera con la laguna del Bien País l Río y un máximo de 1.18 mg/kg en al estación 13 localizada en la salida del río Acula y la laguna de Alvarado.

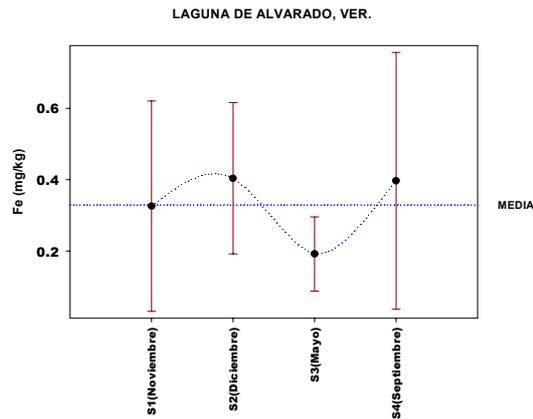


Figura. 15b Serie de tiempo del hierro disuelto promedio.

La estadística del hierro, muestras un aumento de los valores del segundo muestreo (S2), con respecto al primer muestreo (S1). Así como un aumento de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta en el primer muestreo (S1) y disminuyendo gradualmente en el segundo (S2) y tercer muestreo (S3), aumentando en el cuarto muestreo (S4) (Fig. 15b).

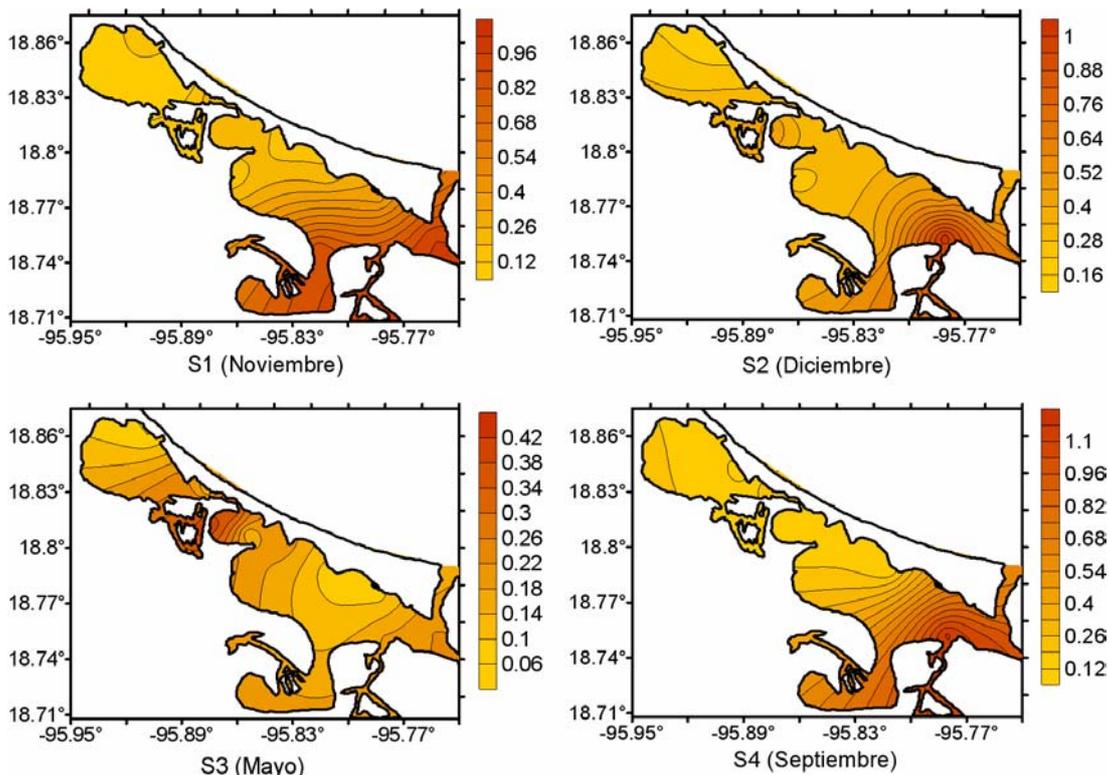


Figura. 15c. Distribución horizontal del hierro disuelto, durante los cuatro muestreos.

Los valores del metal hierro se presentaron su máximo durante el mes de diciembre, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los metales cadmio y cromo. No se encontró una variación significativa de las concentraciones del metal hierro, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica del metal hierro (15c).

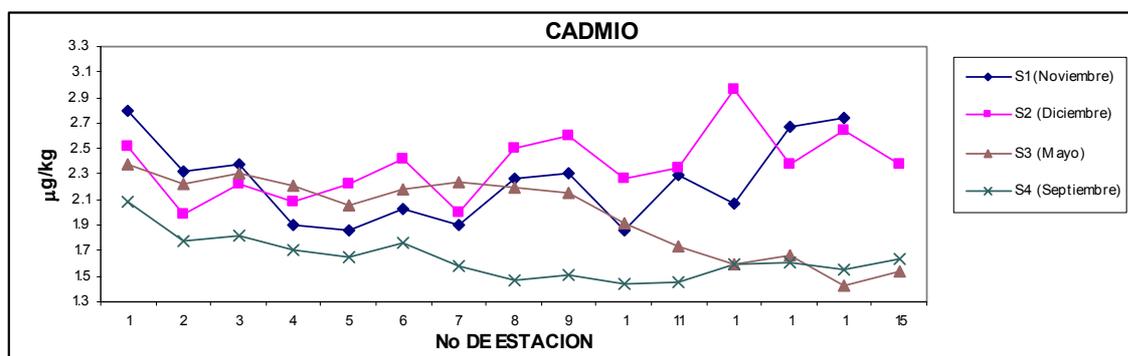


Figura. 16. Valores de concentración del Cadmio disuelto en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En la gráfica del metal cadmio disuelto (Fig. 16), se observó que hay un incremento

definido en el segundo muestreo, denotando que el metal cadmio es mas bajo en el cuarto muestreo. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el metal cadmio tuvo una media de 2.241  $\mu\text{g}/\text{kg}$  con un mínimo de 1.857  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 5, en la laguna del Buen País y un máximo de 2.799  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 1, que esta hacia la mezcla de la laguna de Alvarado y el río Papaloapan pero hacia donde va la salida al mar .Para el segundo muestreo encontramos una media de 2.369  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , con un mínimo de 1.992  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 2, localizada en la laguna Camaronera, y un máximo para el sodio de 2.970  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 12, justo donde se juntan las aguas de la salida de la laguna de Tlaxicoyan y la laguna de Alvarado . Para el tercer muestreo se observó una media de 1.986  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de metal cadmio, con un mínimo de 1.430  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 14 donde se juntan las aguas del río papaloapan y la laguna de Alvarado y un máximo de 2.377  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 1 localizada la laguna camaronera junto al canal de une este al mar a la laguna. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 1.642  $\mu\text{g}/\text{kg}$  con una mínima de 1.444  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para la estación 10 en la punta grande en la Laguna de Alvarado y un máximo de 2.080  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en al estación 1 localizada junto al canal que une al mar a la laguna Camaronera.

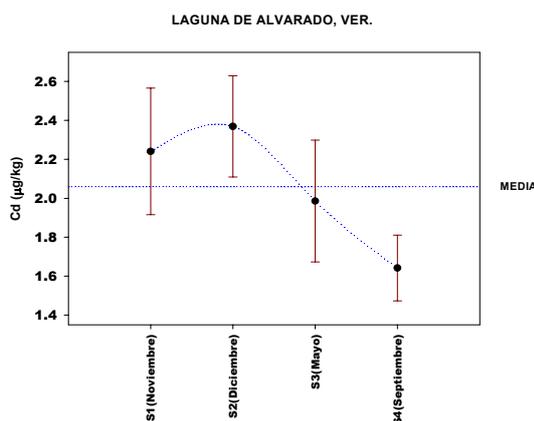


Figura. 16b. Serie de tiempo del cadmio disuelto promedio.

La estadística del cadmio, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S2), con respecto al primer muestreo (S1). Así como una disminución gradual del

segundo muestreo (S2) hasta el cuarto muestreo (S4) de sus valores, no así con respecto a su desviación estándar, en los cuatro muestreos no se observa gran diferencia (Fig. 16b).

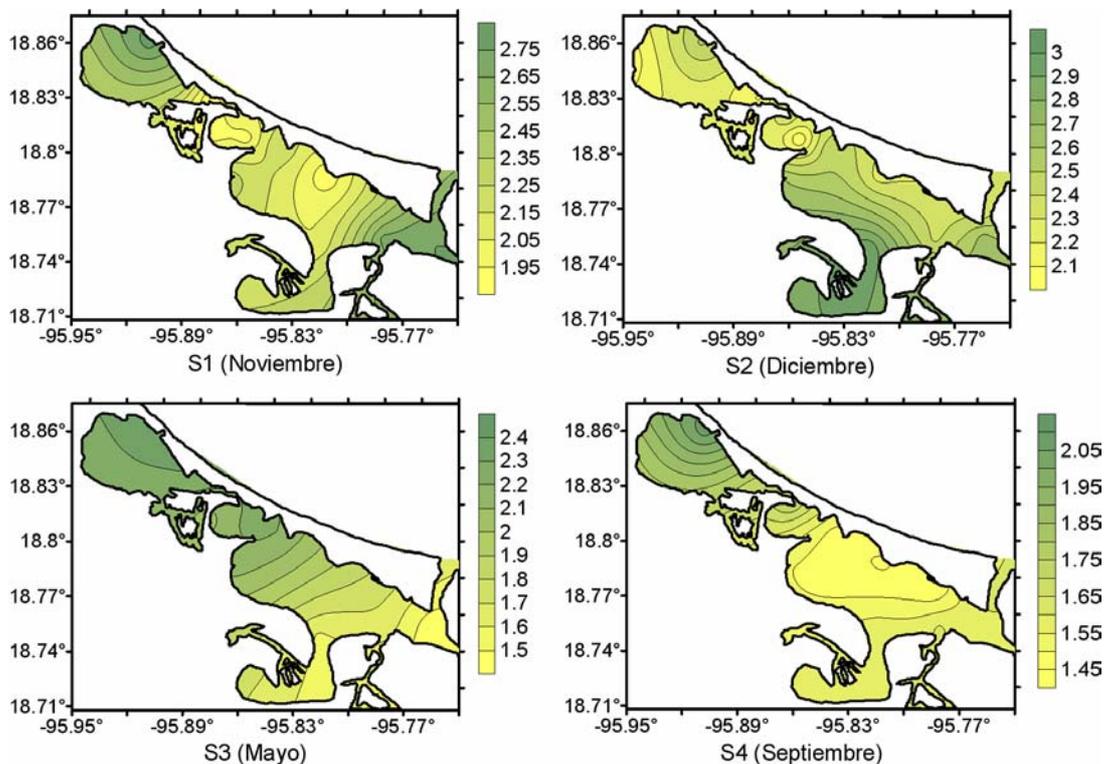


Figura. 16c. Distribución horizontal del cadmio disuelto, durante los cuatro muestreos.

Los valores del metal cadmio se presentaron su máximo durante el mes de diciembre, debido a las condiciones climatológicas de la época de secas. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los metales hierro y cromo. Se encontró una variación poco significativa de las concentraciones del metal cadmio, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica de el metal cadmio (Fig. 16c).

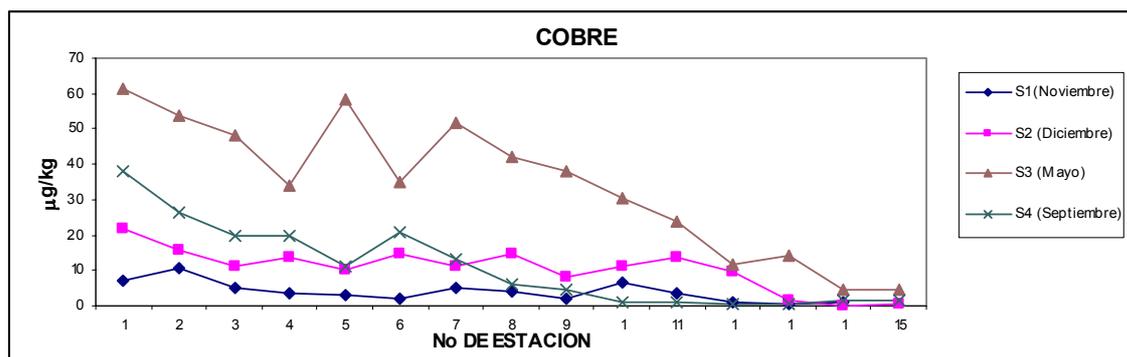


Figura. 17. Valores de concentración de Cobre Disuelto en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En esta gráfica del cobre disuelto (Fig. 17), se observó que hay un incremento bien definido en los muestreos tres y cuatro, denotando que el cobre es más alta en todos los puntos de los dos muestreos, y pertenecen a la época de fines de secas y lluvias, siendo menor en los muestreos uno y dos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el cobre tuvo una media 3.955 de  $\mu\text{g}/\text{kg}$  con un mínimo de 0.744  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y Laguna de Alvarado y un máximo de 10.46  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna Camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 10.52  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , con un mínimo de 0.188  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 14, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo para el cobre de 21.57  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 1, junto al canal que une la laguna Camaronera al mar. Para el tercer muestreo se observó una media de 11.05  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de cobre, con un mínimo de 4.369  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 61.372  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en al estación 1. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 11.054  $\mu\text{g}/\text{kg}$  con una mínima de 0.512  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para la estación 13 donde se mezclan las aguas del Río Acula y la Laguna de Alvarado y un máximo de 38  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en al estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera con el mar.

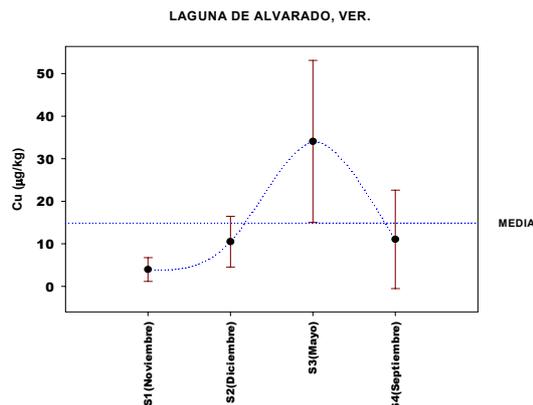


Figura. 17b. Serie de tiempo del cobre disuelto promedio.

La estadística del cobre, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta gradualmente en el segundo muestreo (S2) y disminuyendo en el cuarto muestreo (S4) (Fig. 17b).

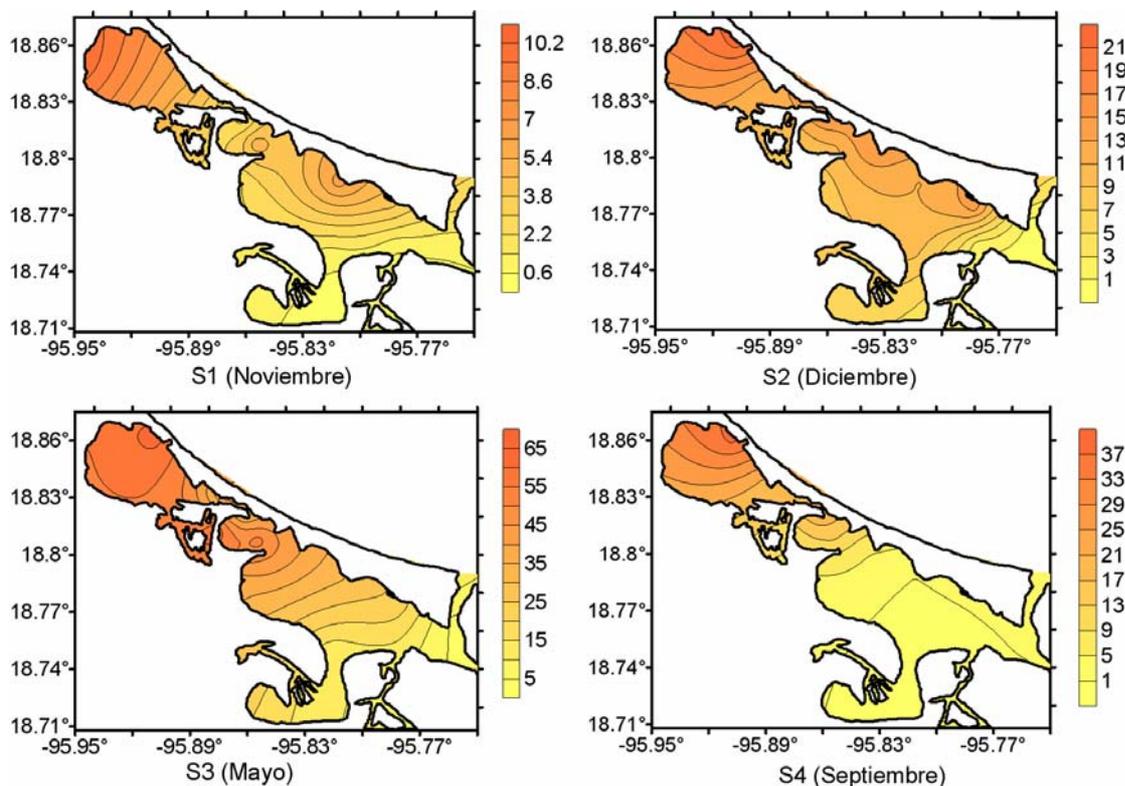


Figura. 17 c. Distribución del cobre (°C), durante los cuatro muestreos.

Los valores del cobre presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas que provocan cambios en la especiación química de los metales. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los iones Potasio, Sodio, Bromuros, Conductividad y Salinidad. Se encontró una variación significativa de las concentraciones del cobre, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica del cobre la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 17c).

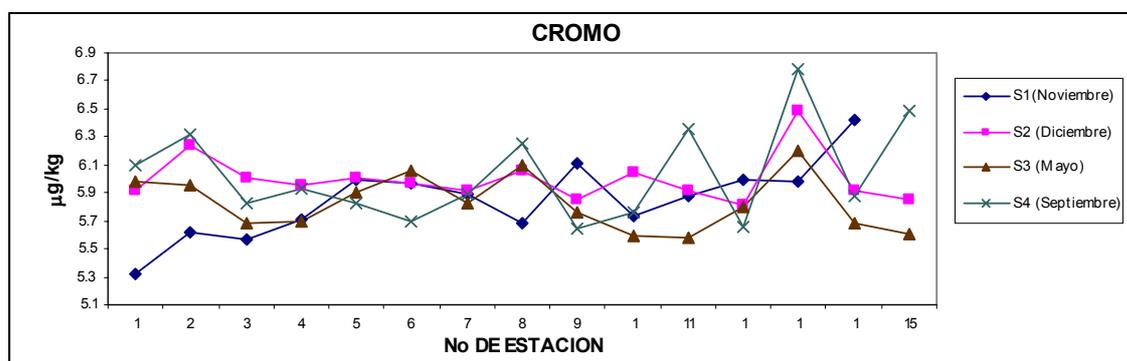


Figura. 18. Valores de concentración de la cromo disuelto en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En esta gráfica del cromo disuelto (Fig. 18), se observó que no hay cambio constante bien definido en los cuatro muestreos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el como tuvo una media 5.847 de  $\mu\text{g}/\text{kg}$  con un mínimo de 5.318  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 1, junto al canal que une la laguna Camaronera al mar y un máximo de 6.416  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 14, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado. Para el segundo muestreo encontramos una media de 5.996  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , con un mínimo de 5.807  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 12, en la laguna de Alvarado, y un máximo para el cromo de 6.48  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 13, donde se mezclan las aguas del Río Acula y la Laguna de Alvarado. Para el tercer muestreo se observó una media de 5.827  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de cromo, con un mínimo de 5.581  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 11 donde se mezclan las aguas del canal y la Laguna de Alvarado y un máximo de 6.206  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en al estación 13 donde se mezclan las aguas del Río Acula y la Laguna de Alvarado. Para el cuarto muestreo tenemos una media de 11.054  $\mu\text{g}/\text{kg}$

con una mínima de 0.512  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para la estación 13 donde se mezclan las aguas del Río Acula y la Laguna de Alvarado y un máximo de 38  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en al estación 1 localizada en la parte que esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera con el mar.

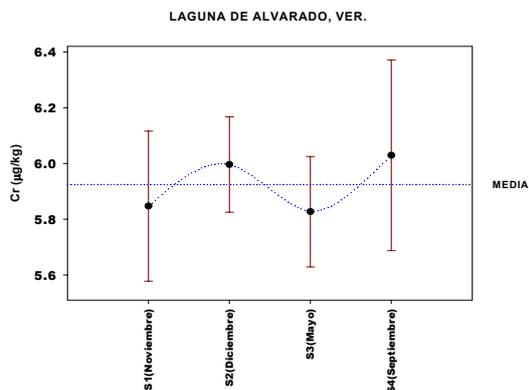


Figura. 18b. Serie de tiempo del cromo disuelto promedio.

La estadística del cromo, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S2), con respecto al primer muestreo (S1). Así como un aumento de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto a su desviación estándar, aumentando esta en el primer muestreo (S1) y disminuyendo gradualmente en el segundo (S2) y tercer muestreo (S3), aumentando en el cuarto muestreo (S4) (Fig. 18b).

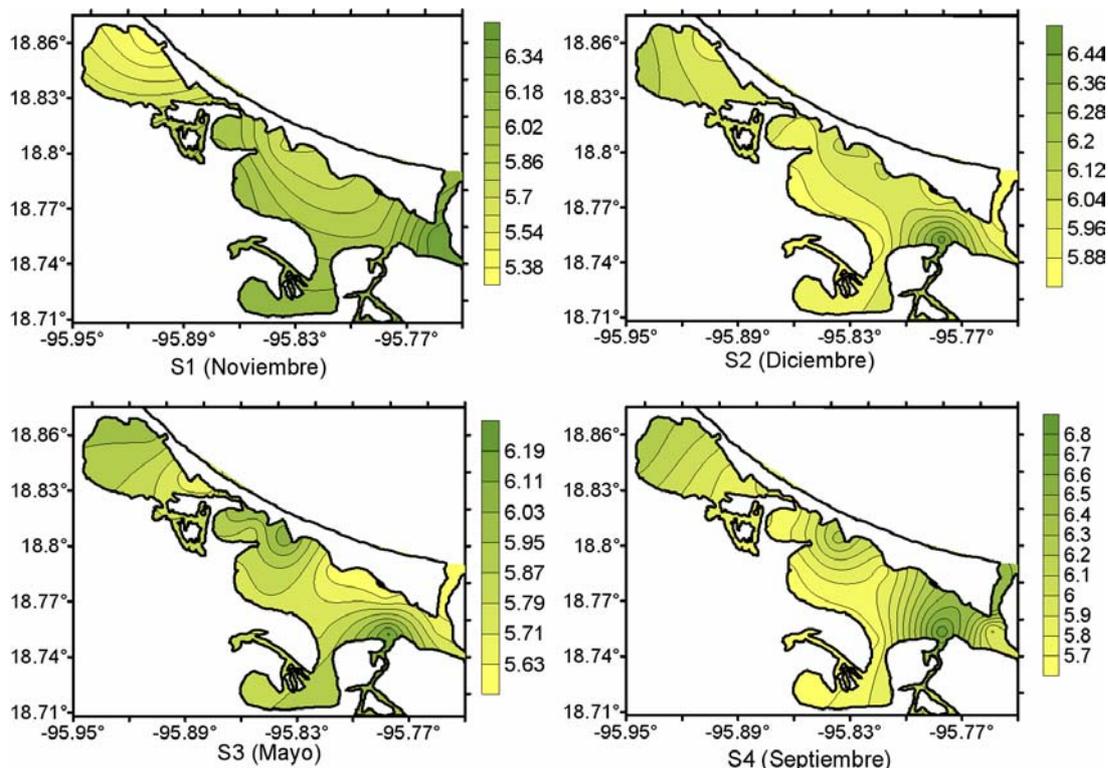


Figura. 18c. Distribución horizontal del cromo disuelto, durante los cuatro muestreos.

No se encontró una variación significativa de las concentraciones del cromo, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica del cromo (Fig. 18c).

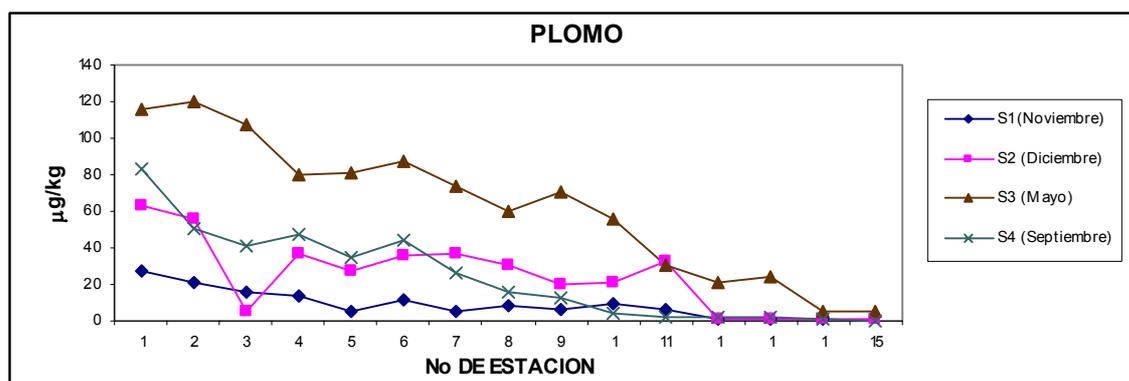


Figura. 19. Valores de concentración del Plomo disuelto en el agua de la Laguna de Alvarado Ver. México (1992-1993).

En esta gráfica del plomo disuelto (Fig. 19), se observó que hay un incremento bien definido en los muestreos tres y cuatro, denotando que el plomo es más alta en todos los puntos de los dos muestreos, y pertenecen a la época de fines de secas y lluvias,

siendo menor en los muestreos uno y dos. Además se observó en el primer muestreo realizado a principios de noviembre, el cobre tuvo una media de 9.408  $\mu\text{g}/\text{kg}$  con un mínimo de 0.968  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 14, donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y Laguna de Alvarado y un máximo de 26.93  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 1, que esta cercana al canal que une el mar a la laguna Camaronera. Para el segundo muestreo encontramos una media de 24.594  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , con un mínimo de 0.592  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 15, justo a la salida del río Papaloapan y la laguna de Alvarado, y un máximo para el cobre de 63.253  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 1, junto al canal que une la laguna Camaronera al mar. Para el tercer muestreo se observó una media de 62.486  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de cobre, con un mínimo de 4.919  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 14 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 119.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en al estación 2 localizada en la parte opuesta del canal de la laguna camaronera que se une con el mar. Para el muestreo cuarto tenemos una media de 24.501  $\mu\text{g}/\text{kg}$  con una mínima de 0.403  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para la estación 15 donde se mezclan las aguas del Río Papaloapan y la Laguna de Alvarado y un máximo de 82.823  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en la estación 1 localizada en la parte esta cercana al canal que une a la laguna Camaronera con el mar.

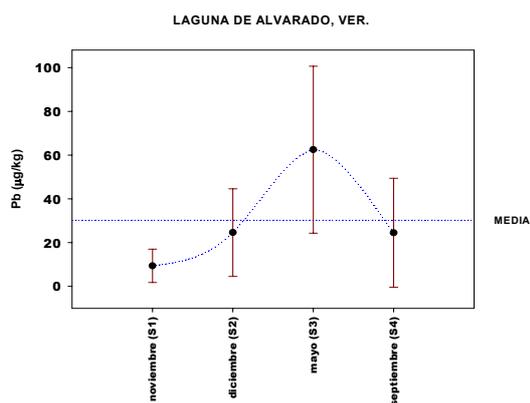


Figura. 19b. Serie de tiempo del plomo disuelto promedio.

La estadística del plomo, muestra un aumento de los valores del segundo muestreo (S1), con respecto al primer muestreo (S2). Así como una disminución de los valores del cuarto muestreo (S4), con respecto al Tercer muestreo (S3), no así con respecto

a su desviación estándar, aumentando esta gradualmente en el segundo muestreo (S2) y disminuyendo en el cuarto muestreo (S4) (Fig. 19b).

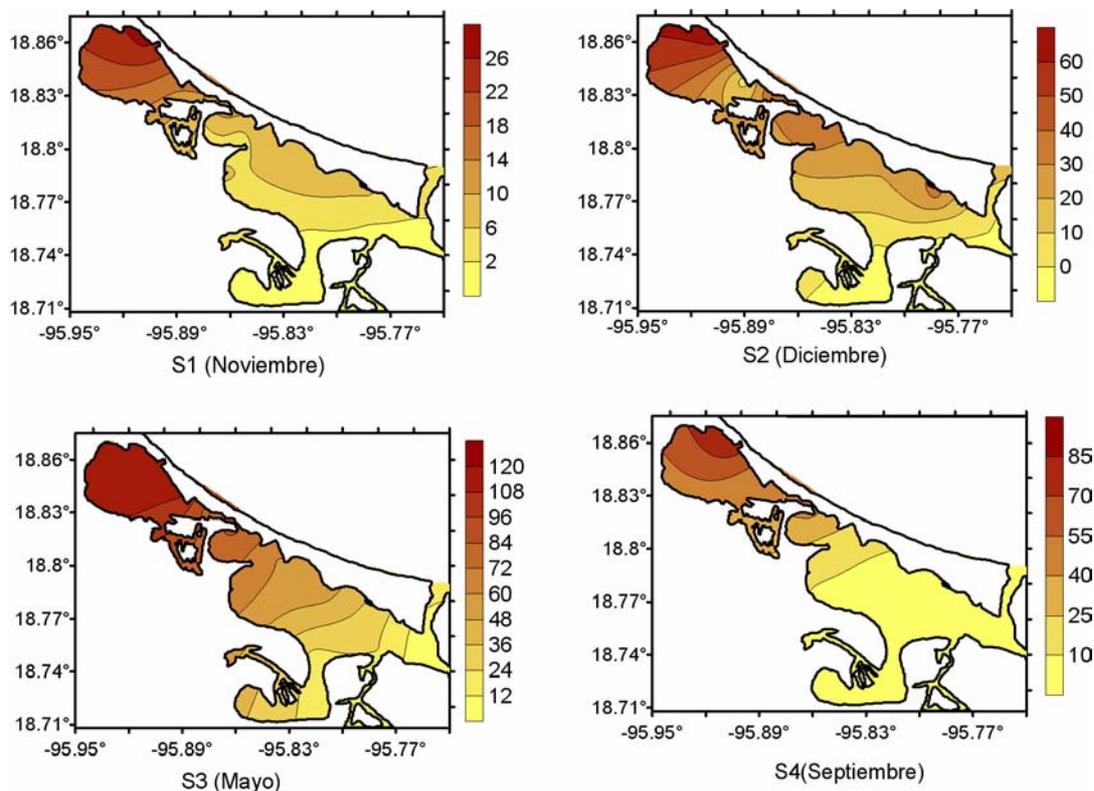


Figura. 19c. Distribución horizontal del plomo disuelto, durante los cuatro muestreos.

Los valores del plomo presentaron su máximo durante el mes de mayo, debido a las condiciones climatológicas que provocan cambios en la especiación química del metal. Estas variaciones se encuentran en concordancia con los valores de los iones Potasio, Sodio, Bromuros, Conductividad y Salinidad. Se encontró una variación significativa de las concentraciones del plomo, entre las épocas estudiadas como se puede observar en la gráfica del plomo la época de mayor concentración es para la época de mayo (Fig. 19c).

Tabla 7. Resultados de los coeficientes de correlación con  $p \leq 0.050$  para los valores del primer muestreo realizado a la Laguna de Alvarado Veracruz denominado S1 (noviembre 7 de 1992).

|                              | ° C           | pH            | A T    | Mg            | Ca            | Br.           | Cl.           | F.            | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | UPS           | Na <sub>+</sub> | K <sub>+</sub> | Fe            | Cd     | Cu           | Cr            | Pb           | Conductividad |  |  |
|------------------------------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------|--------------|---------------|--------------|---------------|--|--|
| ° C                          | 1             |               |        |               |               |               |               |               |                              |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| pH                           | 0.014         | 1             |        |               |               |               |               |               |                              |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| A T                          | 0.518         | -0.313        | 1      |               |               |               |               |               |                              |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| Mg                           | 0.154         | <b>0.874</b>  | -0.315 | 1             |               |               |               |               |                              |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| Ca                           | 0.320         | <b>0.713</b>  | 0.149  | <b>0.814</b>  | 1             |               |               |               |                              |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| Br.                          | 0.157         | <b>0.874</b>  | -0.330 | <b>0.993</b>  | <b>0.784</b>  | 1             |               |               |                              |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| Cl.                          | 0.186         | <b>0.871</b>  | -0.272 | <b>0.994</b>  | <b>0.826</b>  | <b>0.996</b>  | 1             |               |                              |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| F.                           | 0.261         | <b>0.804</b>  | -0.265 | <b>0.952</b>  | <b>0.703</b>  | <b>0.970</b>  | <b>0.960</b>  | 1             |                              |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | 0.234         | <b>0.859</b>  | -0.191 | <b>0.990</b>  | <b>0.843</b>  | <b>0.983</b>  | <b>0.990</b>  | <b>0.954</b>  | 1                            |               |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| UPS                          | 0.160         | <b>0.817</b>  | -0.325 | <b>0.978</b>  | <b>0.811</b>  | <b>0.979</b>  | <b>0.985</b>  | <b>0.927</b>  | <b>0.964</b>                 | 1             |                 |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| Na <sub>+</sub>              | 0.215         | <b>0.881</b>  | -0.236 | <b>0.989</b>  | <b>0.865</b>  | <b>0.988</b>  | <b>0.994</b>  | <b>0.942</b>  | <b>0.987</b>                 | <b>0.975</b>  | 1               |                |               |        |              |               |              |               |  |  |
| K <sub>+</sub>               | 0.193         | <b>0.872</b>  | -0.281 | <b>0.990</b>  | <b>0.796</b>  | <b>0.995</b>  | <b>0.996</b>  | <b>0.974</b>  | <b>0.986</b>                 | <b>0.975</b>  | <b>0.987</b>    | 1              |               |        |              |               |              |               |  |  |
| Fe                           | -0.302        | <b>-0.812</b> | 0.160  | <b>-0.894</b> | <b>-0.813</b> | <b>-0.911</b> | <b>-0.913</b> | <b>-0.888</b> | <b>-0.904</b>                | <b>-0.892</b> | <b>-0.922</b>   | <b>-0.898</b>  | 1             |        |              |               |              |               |  |  |
| Cd                           | <b>-0.710</b> | 0.115         | -0.441 | -0.123        | -0.286        | -0.157        | -0.183        | -0.213        | -0.200                       | -0.213        | -0.197          | -0.160         | 0.326         | 1      |              |               |              |               |  |  |
| Cu                           | 0.010         | <b>0.855</b>  | -0.217 | <b>0.762</b>  | 0.561         | <b>0.776</b>  | <b>0.765</b>  | <b>0.734</b>  | <b>0.770</b>                 | 0.695         | <b>0.765</b>    | <b>0.769</b>   | -0.647        | -0.018 | 1            |               |              |               |  |  |
| Cr                           | -0.006        | <b>-0.703</b> | 0.232  | <b>-0.798</b> | -0.605        | <b>-0.814</b> | <b>-0.794</b> | <b>-0.823</b> | <b>-0.791</b>                | <b>-0.748</b> | <b>-0.792</b>   | <b>-0.804</b>  | 0.660         | -0.023 | -0.744       | 1             |              |               |  |  |
| Pb                           | -0.159        | <b>0.806</b>  | -0.553 | <b>0.903</b>  | 0.547         | <b>0.901</b>  | <b>0.878</b>  | <b>0.873</b>  | <b>0.863</b>                 | <b>0.853</b>  | <b>0.851</b>    | <b>0.891</b>   | -0.685        | 0.179  | <b>0.773</b> | <b>-0.838</b> | 1            |               |  |  |
| Conductividad                | 0.195         | <b>0.861</b>  | -0.279 | <b>0.998</b>  | <b>0.829</b>  | <b>0.994</b>  | <b>0.998</b>  | <b>0.958</b>  | <b>0.992</b>                 | <b>0.984</b>  | <b>0.994</b>    | <b>0.994</b>   | <b>-0.902</b> | -0.175 | <b>0.751</b> | <b>-0.797</b> | <b>0.883</b> | 1             |  |  |

Tabla 8. Resultados de los coeficientes de correlación con  $p \leq 0.050$  para los valores del segundo muestreo realizado a la Laguna de Alvarado Veracruz denominado S2 (diciembre 20 de 1992).

|                              | ° C           | pH     | A T    | Mg           | Ca           | Br.          | Cl.          | F.           | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | UPS          | Na <sub>+</sub> | K <sub>+</sub> | Fe     | Cd     | Cu           | Cr    | Pb           | Conductividad |  |  |
|------------------------------|---------------|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|-----------------|----------------|--------|--------|--------------|-------|--------------|---------------|--|--|
| ° C                          | 1             |        |        |              |              |              |              |              |                              |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| pH                           | -0.672        | 1      |        |              |              |              |              |              |                              |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| A T                          | 0.180         | -0.247 | 1      |              |              |              |              |              |                              |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| Mg                           | -0.765        | 0.636  | -0.134 | 1            |              |              |              |              |                              |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| Ca                           | -0.610        | 0.439  | 0.258  | <b>0.912</b> | 1            |              |              |              |                              |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| Br.                          | <b>-0.772</b> | 0.648  | -0.148 | <b>0.999</b> | <b>0.904</b> | 1            |              |              |                              |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| Cl.                          | <b>-0.890</b> | 0.683  | -0.003 | <b>0.862</b> | <b>0.795</b> | <b>0.860</b> | 1            |              |                              |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| F.                           | <b>-0.813</b> | 0.681  | 0.041  | <b>0.930</b> | <b>0.895</b> | <b>0.933</b> | <b>0.925</b> | 1            |                              |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | <b>-0.752</b> | 0.584  | -0.110 | <b>0.980</b> | <b>0.914</b> | <b>0.980</b> | <b>0.856</b> | <b>0.952</b> | 1                            |              |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| UPS                          | <b>-0.761</b> | 0.644  | -0.148 | <b>0.994</b> | <b>0.903</b> | <b>0.996</b> | <b>0.855</b> | <b>0.934</b> | <b>0.985</b>                 | 1            |                 |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| Na <sub>+</sub>              | <b>-0.738</b> | 0.631  | -0.131 | <b>0.998</b> | <b>0.915</b> | <b>0.997</b> | <b>0.858</b> | <b>0.933</b> | <b>0.984</b>                 | <b>0.995</b> | 1               |                |        |        |              |       |              |               |  |  |
| K <sub>+</sub>               | <b>-0.761</b> | 0.630  | -0.117 | <b>0.998</b> | <b>0.917</b> | <b>0.997</b> | <b>0.869</b> | <b>0.938</b> | <b>0.982</b>                 | <b>0.993</b> | <b>0.997</b>    | 1              |        |        |              |       |              |               |  |  |
| Fe                           | 0.475         | -0.470 | -0.079 | -0.667       | -0.665       | -0.660       | -0.727       | -0.732       | -0.695                       | -0.662       | -0.690          | -0.704         | 1      |        |              |       |              |               |  |  |
| Cd                           | 0.469         | -0.447 | 0.451  | -0.573       | -0.389       | -0.575       | -0.501       | -0.457       | -0.523                       | -0.538       | -0.573          | -0.548         | 0.136  | 1      |              |       |              |               |  |  |
| Cu                           | -0.630        | 0.583  | 0.090  | <b>0.864</b> | <b>0.845</b> | <b>0.866</b> | <b>0.721</b> | <b>0.833</b> | <b>0.826</b>                 | <b>0.857</b> | <b>0.858</b>    | <b>0.879</b>   | -0.691 | -0.226 | 1            |       |              |               |  |  |
| Cr                           | -0.236        | 0.105  | -0.196 | 0.047        | -0.055       | 0.055        | -0.003       | 0.019        | -0.013                       | 0.027        | 0.007           | 0.003          | 0.564  | -0.363 | -0.094       | 1     |              |               |  |  |
| Pb                           | -0.653        | 0.490  | -0.211 | <b>0.819</b> | <b>0.700</b> | <b>0.824</b> | <b>0.704</b> | <b>0.756</b> | <b>0.795</b>                 | <b>0.808</b> | <b>0.812</b>    | <b>0.830</b>   | -0.566 | -0.441 | <b>0.862</b> | 0.021 | 1            |               |  |  |
| Conductividad                | <b>-0.738</b> | 0.621  | -0.131 | <b>0.998</b> | <b>0.917</b> | <b>0.998</b> | <b>0.840</b> | <b>0.921</b> | <b>0.980</b>                 | <b>0.994</b> | <b>0.998</b>    | <b>0.995</b>   | -0.651 | -0.577 | <b>0.857</b> | 0.041 | <b>0.808</b> | 1             |  |  |

Tabla 9. Resultados de los coeficientes de correlación con  $p \leq 0.050$  para los valores del tercer muestreo realizado a la Laguna de Alvarado Veracruz denominado S3 (mayo 3 de 1993).

|                              | ° C   | pH           | A T    | Mg           | Ca           | Br.          | Cl.          | F.           | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | UPS          | Na <sub>+</sub> | K <sub>+</sub> | Fe    | Cd           | Cu           | Cr    | Pb           | Conductividad |
|------------------------------|-------|--------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|-----------------|----------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|---------------|
| ° C                          | 1     |              |        |              |              |              |              |              |                              |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| pH                           | 0.661 | 1            |        |              |              |              |              |              |                              |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| A T                          | 0.673 | 0.563        | 1      |              |              |              |              |              |                              |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| Mg                           | 0.510 | 0.657        | 0.279  | 1            |              |              |              |              |                              |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| Ca                           | 0.570 | <b>0.703</b> | 0.387  | <b>0.990</b> | 1            |              |              |              |                              |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| Br.                          | 0.528 | 0.674        | 0.289  | <b>0.999</b> | <b>0.992</b> | 1            |              |              |                              |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| Cl.                          | 0.541 | 0.673        | 0.288  | <b>0.998</b> | <b>0.992</b> | <b>0.999</b> | 1            |              |                              |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| F.                           | 0.663 | <b>0.765</b> | 0.486  | <b>0.970</b> | <b>0.985</b> | <b>0.973</b> | <b>0.973</b> | 1            |                              |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | 0.527 | 0.672        | 0.291  | <b>0.998</b> | <b>0.992</b> | <b>0.999</b> | <b>0.999</b> | <b>0.972</b> | 1                            |              |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| UPS                          | 0.565 | 0.644        | 0.252  | <b>0.952</b> | <b>0.945</b> | <b>0.961</b> | <b>0.959</b> | <b>0.927</b> | <b>0.952</b>                 | 1            |                 |                |       |              |              |       |              |               |
| Na <sub>+</sub>              | 0.371 | 0.597        | 0.273  | <b>0.922</b> | <b>0.922</b> | <b>0.926</b> | <b>0.918</b> | <b>0.885</b> | <b>0.923</b>                 | <b>0.938</b> | 1               |                |       |              |              |       |              |               |
| K <sub>+</sub>               | 0.527 | 0.633        | 0.287  | <b>0.983</b> | <b>0.983</b> | <b>0.985</b> | <b>0.986</b> | <b>0.958</b> | <b>0.985</b>                 | <b>0.932</b> | <b>0.898</b>    | 1              |       |              |              |       |              |               |
| Fe                           | 0.228 | -0.233       | -0.079 | 0.118        | 0.123        | 0.121        | 0.139        | 0.069        | 0.141                        | 0.100        | 0.014           | 0.213          | 1     |              |              |       |              |               |
| Cd                           | 0.588 | 0.629        | 0.250  | <b>0.948</b> | <b>0.923</b> | <b>0.948</b> | <b>0.952</b> | <b>0.932</b> | <b>0.946</b>                 | <b>0.927</b> | <b>0.826</b>    | <b>0.924</b>   | 0.075 | 1            |              |       |              |               |
| Cu                           | 0.496 | 0.654        | 0.265  | <b>0.950</b> | <b>0.928</b> | <b>0.947</b> | <b>0.944</b> | <b>0.918</b> | <b>0.946</b>                 | <b>0.914</b> | <b>0.880</b>    | <b>0.930</b>   | 0.119 | <b>0.912</b> | 1            |       |              |               |
| Cr                           | 0.182 | 0.094        | 0.175  | 0.277        | 0.259        | 0.279        | 0.280        | 0.268        | 0.273                        | 0.306        | 0.281           | 0.257          | 0.274 | 0.294        | 0.304        | 1     |              |               |
| Pb                           | 0.488 | 0.685        | 0.301  | <b>0.985</b> | <b>0.980</b> | <b>0.984</b> | <b>0.985</b> | <b>0.962</b> | <b>0.988</b>                 | <b>0.929</b> | <b>0.923</b>    | <b>0.971</b>   | 0.069 | <b>0.938</b> | <b>0.915</b> | 0.281 | 1            |               |
| Conductividad                | 0.551 | 0.695        | 0.301  | <b>0.982</b> | <b>0.977</b> | <b>0.986</b> | <b>0.984</b> | <b>0.962</b> | <b>0.982</b>                 | <b>0.984</b> | <b>0.944</b>    | <b>0.960</b>   | 0.081 | <b>0.938</b> | <b>0.940</b> | 0.336 | <b>0.971</b> | 1             |

Tabla 10. Resultados de los coeficientes de correlación con  $p \leq 0.050$  para los valores del cuarto muestreo realizado a la Laguna de Alvarado Veracruz denominado S4 (septiembre 9 de 1993).

|                              | ° C    | pH     | A T    | Mg            | Ca            | Br.           | Cl.           | F.            | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | UPS          | Na <sub>+</sub> | K <sub>+</sub> | Fe     | Cd           | Cu           | Cr     | Pb           | Conductividad |
|------------------------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------------|----------------|--------|--------------|--------------|--------|--------------|---------------|
| ° C                          | 1      |        |        |               |               |               |               |               |                              |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| pH                           | 0.485  | 1      |        |               |               |               |               |               |                              |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| A T                          | -0.055 | 0.459  | 1      |               |               |               |               |               |                              |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| Mg                           | 0.363  | -0.045 | -0.511 | 1             |               |               |               |               |                              |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| Ca                           | 0.556  | 0.409  | -0.218 | <b>0.826</b>  | 1             |               |               |               |                              |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| Br.                          | 0.452  | 0.067  | -0.468 | <b>0.991</b>  | <b>0.888</b>  | 1             |               |               |                              |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| Cl.                          | 0.476  | 0.079  | -0.484 | <b>0.984</b>  | <b>0.886</b>  | <b>0.997</b>  | 1             |               |                              |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| F.                           | 0.529  | 0.235  | -0.322 | <b>0.949</b>  | <b>0.940</b>  | <b>0.979</b>  | <b>0.975</b>  | 1             |                              |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | 0.450  | 0.084  | -0.470 | <b>0.980</b>  | <b>0.908</b>  | <b>0.994</b>  | <b>0.993</b>  | <b>0.973</b>  | 1                            |              |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| UPS                          | 0.169  | -0.039 | -0.412 | <b>0.923</b>  | <b>0.757</b>  | <b>0.898</b>  | <b>0.875</b>  | <b>0.876</b>  | <b>0.872</b>                 | 1            |                 |                |        |              |              |        |              |               |
| Na <sub>+</sub>              | 0.537  | 0.157  | -0.451 | <b>0.961</b>  | <b>0.916</b>  | <b>0.986</b>  | <b>0.988</b>  | <b>0.981</b>  | <b>0.980</b>                 | <b>0.863</b> | 1               |                |        |              |              |        |              |               |
| K <sub>+</sub>               | 0.452  | 0.037  | -0.476 | <b>0.964</b>  | <b>0.895</b>  | <b>0.979</b>  | <b>0.981</b>  | <b>0.958</b>  | <b>0.980</b>                 | <b>0.861</b> | <b>0.984</b>    | 1              |        |              |              |        |              |               |
| Fe                           | -0.499 | -0.524 | 0.118  | <b>-0.724</b> | <b>-0.882</b> | <b>-0.789</b> | <b>-0.792</b> | <b>-0.858</b> | <b>-0.800</b>                | -0.653       | <b>-0.802</b>   | <b>-0.749</b>  | 1      |              |              |        |              |               |
| Cd                           | -0.092 | -0.525 | -0.501 | <b>0.782</b>  | 0.424         | 0.707         | 0.684         | 0.608         | 0.677                        | <b>0.834</b> | 0.632           | 0.697          | -0.294 | 1            |              |        |              |               |
| Cu                           | 0.143  | -0.215 | -0.526 | <b>0.962</b>  | <b>0.707</b>  | <b>0.922</b>  | <b>0.906</b>  | <b>0.851</b>  | <b>0.906</b>                 | <b>0.946</b> | <b>0.871</b>    | <b>0.894</b>   | -0.588 | <b>0.898</b> | 1            |        |              |               |
| Cr                           | -0.248 | -0.465 | -0.128 | -0.211        | -0.341        | -0.263        | -0.275        | -0.341        | -0.266                       | -0.137       | -0.278          | -0.254         | 0.550  | -0.002       | -0.110       | 1      |              |               |
| Pb                           | 0.178  | -0.161 | -0.495 | <b>0.972</b>  | <b>0.749</b>  | <b>0.941</b>  | <b>0.926</b>  | <b>0.888</b>  | <b>0.923</b>                 | <b>0.959</b> | <b>0.902</b>    | <b>0.926</b>   | -0.629 | <b>0.879</b> | <b>0.988</b> | -0.157 | 1            |               |
| Conductividad                | 0.215  | -0.020 | -0.434 | <b>0.945</b>  | <b>0.779</b>  | <b>0.925</b>  | <b>0.904</b>  | <b>0.903</b>  | <b>0.900</b>                 | <b>0.997</b> | <b>0.891</b>    | <b>0.885</b>   | -0.686 | <b>0.818</b> | <b>0.951</b> | -0.164 | <b>0.967</b> | 1             |

## **INTEGRACIÓN DE DATOS.**

El análisis de las correlaciones con una  $p \leq 0.050$  de las tablas 7, 8, 9 y 10 indica que existen varias relaciones significativas donde resaltan las encontradas en la Salinidad versus Sulfatos, Sodio, Potasio, plomo y cobre. La Conductividad con los Bromuros, cloruros, Fluoruros, Calcio, Magnesio, Plomo. Esto señala una variabilidad similar a la encontrada para el agua de mar ( $S= 35$ . UPS,  $pH = 8.1$ ; Millero, 2006).

### **SALINIDAD.**

Los valores de la salinidad con sus valores estadísticos básicos se presentan en la tabla 6. Este parámetro en el sistema lagunar de Alvarado decrece regularmente de las estaciones 1 a la 15 (Fig. 5) en todos los muestreos realizados. Los responsables del balance en la alguna de Alvarado, son la entrada de agua de mar por la boca y los ríos Papaloapan y Blanco.

Durante la época de secas la evaporación es mayor que la precipitación y los valores de salinidad se incrementan.

### **El pH.**

Los valores de pH son comparables a los de otras lagunas en el golfo de México (Vázquez et al.,1993 ) y cercanos a los valores marinos ( 7.5 - 8.4; Butler 1982) esto nos indica que el agua de la laguna de Alvarado su comportamiento en pH es similar a aguas marinas.

### **ALCALINIDAD TOTAL (mM).**

Los valores de la alcalinidad total promedio (Tabla 6.) fueron menores que los reportados para el agua de mar (  $S = 35$  UPS,  $pH = 8.1$ ,  $AT=2.40$  mM.;L Millero 2006. Esta diferencia se debe probablemente al flujo de agua de los ríos con baja salinidad y alcalinidad que llega al sistema lagunar de Alvarado. Los valores de la alcalinidad

coincidieron con los de salinidad y pH (tabla 6.).

La variación de todos los valores de alcalinidad no mostró una tendencia clara durante los muestreos.

#### METALES TRAZA DISUELTOS.

La concentración promedio de los metales traza (Cd, Cu, Pb Cr, y Fe), Para el sistema lagunar de Alvarado se presenta en la tabla 6. En general la concentración de los metales disueltos mostró una distribución similar a lo largo de Las estaciones en los cuatro periodos estudiados.

La concentración de cadmio fue más alta durante la época de invierno (S2) y baja durante la época de lluvias (S4) Esto se debe probablemente a que durante el invierno los nortes provocan una resuspensión de metales en el sistema lagunar, lo cual incrementa la concentración; durante la época de lluvias la concentración disminuye por el factor de dilución por que existe poco aporte de este metal proveniente de los ríos. Son necesarios estudios adicionales para comprobar estas suposiciones, y en los cuales de deberán incluir las concentraciones de metales absorbidos en los sedimentos.

La concentración de cobre y plomo fue alta durante la época de secas (S3), con valores bajos durante la época de lluvias (S1). Las altas concentraciones durante la época de secas se deben probablemente a la formación de los pares iónicos  $PbCO_3$  y  $CuCO_3$ , lo cual corresponde a los valores altos de alcalinidad (vease Tabla 2, 3, 4, y 5).

Estos valores sobre pasan el limite máximo permisible para plomo presentado por la CNA (Diario Oficial. 2003) que es de  $6 \mu g/L$ , estos valores pueden atribuirse a principalmente al uso de tetraetilo de plomo de las gasolinas y lubricantes, y a los residuos industriales que se vierten en las lagunas costeras.

Los resultados de Cr y Fe se encontraron más altos durante la época de lluvias (S1 y

S4) y menores para la época de secas (S3) (vease Tabla 6.).

El cromo, en sus formas (III) y (VI) entra al ambiente principalmente a partir de fuentes estacionarias y móviles, como es el caso de la combustión comercial e industrial de diversos combustibles. La concentración media de la laguna es de 5.88 µg/L de cromo la que sobre pasa el limite máximo permisible por la CNA (Diario Oficial. 2003) que es de 1 µg/L, estos valores pueden atribuirse a principalmente debida al aporte de la gasolina y aditivos de la misma que sueltan los motores fuera de borda de las lanchas o probablemente al aporte pluvial, el cual acarrea las descargas de la zona industrial de la zona, para verificar esto se deberán de realizar más estudios a la zona.

Los resultados de Cu se encontraron más altos durante la época de secas (S3) y menores para la época de lluvias (S1) (vease Tabla 6.).

La concentración media de la laguna es de 15.089 µg/L de cobre la que sobre pasa el limite máximo permisible legislado por la CNA (Diario Oficial. 2003) que es de 5 µg/L, estos valores pueden atribuirse a principalmente debida al aporte por el intemperismo natural el cual mueve 10 veces de lo estimado (Vázquez-Botello 2005) además del cobre que aportan la gasolina y aditivos en lo motores fuera de borda.

El Hierro en las áreas costeras del Golfo de México puede tener su origen en factores naturales como el intemperismo el cual al atacar la corteza libera el Hierro contenida en ella que después es arrastrado por los Ríos hasta las lagunas costeras y/o litorales marítimos o por factores antropogénicos, En el caso de la Laguna de Alvarado se observó que el hierro es de origen antropogénico al tener su mayor concentración cerca del puerto de Alvarado, donde hay varias embarcaciones metálicas hundidas que al tener un alto grado de oxidación aportan este metal, además se observó la concentración disminuye conforme se aleja de este punto siendo la menor concentración en la laguna camaronera siendo aquí posiblemente debido al

intemperismo natural y al aporte humano.

La concentración media de hierro en la laguna es de 345  $\mu\text{g/L}$  lo que sobre pasa el límite máximo permisible legislado por la CNA (Diario Oficial. 2003) que es de 50  $\mu\text{g/L}$ .

La distribución de la concentración de los metales en cada época se encontró que tiene relación con la salinidad (Figuras 5, 16, 17, 18 y 9; tablas 7, 8, 9 y 10)..

La concentración del cadmio disuelto mostró un incremento con la salinidad durante la época de secas (S3;  $r = 0.86$ ) y la de lluvias (S4;  $R = 0.93$ ). Mientras que el cobre y el plomo se incrementaron con la salinidad en todas las estaciones ( $R = 0.92$ ).

Los estudios en campo y laboratorio sugieren que el cadmio unido a la materia orgánica suspendida, se desorbe cuando las aguas de los ríos y del mar se mezclan ( Edmond, 1985; Shiller y boyle, 1991. Los cálculos de la especiación señalan que el proceso de desorción es debido a que la formación del complejo  $\text{Cd-CL}_2$  se presenta durante la mezcla estuarina (Turner. et al.,1981, Comaz y Van Dijk, 1988). Un proceso similar puede ocurrir en este sistema, esto como resultado de una concentración alta en cloruros (vease Tabla 6;).

Estos valores sobre pasan el límite máximo permisible para cadmio por la SEMARNAP (1989) que es de 0.9  $\mu\text{g/L}$ , estos valores pueden atribuirse a principalmente al lavado de los suelos agrícolas, los desechos de la minería, el uso industrial los desechos municipales que se vierten en las lagunas costeras.

Los compuestos de cadmio Iónico son altamente solubles en el agua por lo que su distribución en los sistemas acuáticos es muy amplia (Albert 1997), como se observó en la Laguna de Alvarado donde las concentraciones en las diferentes estaciones no tienen un gran intervalo de concentración.

Para la concentración de plomo disuelto se encontró una relación con la salinidad,

principalmente a salinidades mayores de 8. Las variaciones de este elemento en el sistema lagunar de Alvarado, están asociadas a la carga del material particulado y al corto tiempo de residencia de las partículas y al agua en este sistema lagunar, similar al estudio realizado por Elbaz-Poulichet, *et al.*, (1996) en el Río Rhone en Francia..

La concentración alta de cobre esta relacionada con los cambios de salinidad y alcalinidad total (vease Tabla de resultados; Fig 5 y, Fig 17). Al igual que el Cd, este elemento, presenta una fuerte asociación con los iones  $\text{CO}_3^-$  y  $\text{Cl}^-$ , para formar los pares iónicos  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{CuCl}^-$  y  $\text{Cu Cl}_2$  (Millero, 2006). Estos pares iónicos presentan una mayor a salinidades cercanas a las de agua de mar ( $S = 35$ .UPS).

También los cambios del cobre disuelto en el presente estudio puede estar relacionado a la mezcla del agua de los ríos y el agua de mar en el sistema lagunar de Alvarado. La mezcla resultante provoca una coagulación de los procesos coloidales que remueven el cobre de la solución.

La concentración del Fe y Cr no cambio significativamente con la salinidad durante las diversas épocas de muestreo (Fig. 3).

Esto sugiere que las medidas de hierro disuelto de este trabajo es coloidal o de complejo-orgánico de ambos.

Las partículas coloidales y los complejos orgánicos del Cu pueden estar presentes en el agua de mar y de los ríos; por tal motivo no se observo una variación significativa del Cu con la salinidad (Fig. 5 y Fig. 17.).

El Cr (III) tiene una fuerte afinidad por las partículas (Holdway, 1988).Las concentraciones de Cr fueron independientes de la salinidad y los resultados obtenidos en este trabajo indican que, tanto el Fe, como el Cr, están también asociados con los partículas.

Con el conjunto de datos obtenidos durante los cuatro muestreos realizados al

Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz, La distribución horizontal de los aniones y cationes muestran dos zonas bien definidas separadas por un canal, donde una tiene marcada influencia por el aporte de agua marina como le ocurre a la laguna Camaronera donde el canal hecho el la barra (punto No 1 de muestreo), aporta la unión del mar de las costas de Veracruz con el interior de la laguna Camaronera unida a la laguna de Alvarado por un canal estrecho. La laguna de Alvarado tiene gran influencia de aporte de agua dulce proveniente del Río Papaloapan, localizando esta unión en la estación número 14 a la laguna de Alvarado, donde además el río Papaloapan solo aporta parte de su cause a la laguna de Alvarado, ya que este desemboca a las costas del Golfo de México en Veracruz, ya que si vertiera todo su cause dentro de la Laguna de Alvarado esto se vería reflejado en los resultados obtenidos, porque la cantidad que arrastra el Río Papaloapan en un volumen muy grande y entonces todos los resultados serian de influencia de agua dulce.

### **Comparación de la concentración de los metales en diversas lagunas del Golfo de México:**

| Laguna             | µg/kg      | Fracción                | Referencia               |
|--------------------|------------|-------------------------|--------------------------|
| Pueblo Viejo, Ver. | 214.0      | Total                   | Robledo, 1987            |
| Tampamachoco Ver.  | 46.0       | Total                   | Rosas et al., 1983       |
| Mandinga, Ver..    | 125.0      | Total                   | Rosas et al., 1983       |
| Del Carmen, Tab.   | 40.0       | Total                   | Rosas et al., 1983       |
| Del Carmen, Tab.   | 43.0       | Total                   | Pérez-Zapata, 1981       |
| Machona, Tab.      | 99.7       | Total                   | Pérez-Zapata, 1981       |
| Mecoacán, Tab.     | 90.5       | Total                   | Pérez-Zapata, 1981       |
| Atasta, Camp.      | 38.0       | Total                   | Rosas et al., 1983       |
| Términos. Camp.    | 1.8<br>0.7 | Disuelta<br>Particulada | Páez-Osuna et al., 1987b |
| San Andrés Tam.    | 1.38       | Disuelta                | Vázquez et al., 1993     |
| Tabasco Tab.       | 47.9       | Disuelta                | Vázquez et al, 1996      |
| Alvarado, Ver..    | 30.6       | Disuelta                | Tesis                    |

Tabla 11. Comparación en concentración media de plomo (µg/kg) en agua superficial de lagunas del Golfo de México

| Laguna            | µg/kg | Fracción    | Referencia               |
|-------------------|-------|-------------|--------------------------|
| Madre, Tamp.      | 0.60  | Total       | Pulich, 1980             |
| Tampamachoco Ver. | 1.00  | Total       | Rosas et al., 1983       |
| Mandinga, Ver..   | 2.00  | Total       | Rosas et al., 1983       |
| Del Carmen, Tab.  | 13.00 | Total       | Rosas et al., 1983       |
| Atasta, Camp.     | 3.00  | Total       | Rosas et al., 1983       |
| Términos, Camp    | 0.15  | Disuelta    | Páez-Osuna et al., 1987a |
|                   | 0.20  | Particulada |                          |
| San Andrés Tam.   | 0.33  | Disuelta    | Vázquez et al, 1993      |
| Tabasco Tab.      | 0.33  | Disuelta    | Vázquez et al, 1996      |
| Alvarado, Ver..   | 2.06  | Disuelta    | Tesis                    |

Tabla 12. Comparación en concentración media de cadmio (µg/kg) en agua superficial de lagunas del Golfo de México

| Laguna             | µg/kg | Fracción | Referencia         |
|--------------------|-------|----------|--------------------|
| Pueblo Viejo, Ver. | 51.0  | Total    | Robledo, 1987      |
| Tampamachoco Ver.  | 1.0   | Total    | Rosas et al., 1983 |
| Mandinga, Ver.     | 4.0   | Total    | Rosas et al., 1983 |
| Del Carmen, Tab.   | 9.0   | Total    | Rosas et al., 1983 |
| Atasta Camp.       | 7.0   | Total    | Rosas et al., 1983 |
| Alvarado, Ver      | 5.93  | Disuelta | Tesis              |

Tabla 13. Comparación en concentración media de cromo (µg/kg) en agua superficial de lagunas del Golfo de México

| Laguna             | µg/kg | Fracción    | Referencia               |
|--------------------|-------|-------------|--------------------------|
| Madre, Tamp.       | 2.5   | Total       | Pulich, 1980             |
| Pueblo Viejo, Ver. | 49.0  | Total       | Robledo, 1987            |
| Términos Camp.     | 1.76  | Disuelta    | Páez-Osuna et al., 1987a |
|                    | 1.3   | Particulada |                          |
| San Andrés Tamp..  | 17.6  | Disuelta    | Vázquez et al.,1993      |
| Tabasco Tab.       | 15.7  | Disuelta    | Vázquez et al. 1996      |
| Alvarado, Ver      | 15.09 | Disuelta    | tesis                    |

Tabla 14. Comparación en concentración media de cobre (µg/kg) en agua superficial de lagunas del Golfo de México.

| Laguna            | µg/kg | Fracción | Referencia               |
|-------------------|-------|----------|--------------------------|
| Términos Camp.    | 0.062 | Disuelta | Páez-Osuna et al., 1987a |
| San Andrés Tamp.. | 0.023 | Disuelta | Vázquez et al.,1993      |
| Alvarado, Ver     | 0.268 | Disuelta | tesis                    |

Tabla 15. Comparación en concentración media de Hierro (µg/kg) en agua superficial de lagunas del Golfo de México.

La concentración promedio de los metales disueltos de la laguna de Alvarado, para las cuatro épocas fue comparada con la concentración promedio de otras lagunas del Golfo de México. (Tabla 11, 12, 13 y 14). También, se compararon los resultados de este trabajo con los límites establecidos por la CNA (Diario Oficial. 2003), para las aguas estuarinas que soportan el desarrollo de vida acuática silvestre (Tabla 16).

Tabla 16. Lineamientos de calidad del agua (Uso 4).

| Parámetros | Unidades en mg/L* | Unidades en µg/L <sup>ψ</sup> |
|------------|-------------------|-------------------------------|
| Aluminio   | 0.2               | 200                           |
| Bario      | 0.5               | 2000                          |
| Cadmio     | 0.0002            | 5                             |
| Cobre      | 0.01              | 1300                          |
| Cromo      | 0.01              | 100                           |
| Fierro     | 0.05              | 300                           |
| Níquel     | 0.002             | 100                           |
| Plata      | 0.002             | 100                           |
| Plomo      | 0.001             | 15                            |
| Zinc       | 0.02              | 5000                          |

\*Uso 4. Protección a la vida acuática. Aguas costeras y estuarios. Fuente. Diario Oficial de la Federación. ΨNOAA. Screening Quick Reference Tables.

La concentración del Cd en ésta laguna fue mayor respecto a las lagunas de Términos en Tabasco, San Andrés en Tamaulipas, que para el sistema lagunar de Tabasco (sistema lagunar Carmen - Pajonal - Machona), y el límite establecido por la CNA en el Diario Oficial de la Federación 1989. (Tabla 12).

La concentración de Cu es similar a la reportada para el sistema lagunar de Tabasco (Sistema Lagunar Carmen - Pajonal - Machona) y la laguna de San Andrés en

Tamaulipas, pero es mayor respecto a la concentración reportada para la laguna de Términos (Tabla 14).

La concentración del Pb disuelto fue mayor a la reportada en la laguna sistema lagunar de Tabasco (sistema lagunar Carmen - Pajonal - Machona) y el límite establecido por CNA. Sin embargo fue menor respecto al valor promedio reportado para la laguna de Términos (Tabla 11).

El hierro en general, no es considerado tóxico pero sus óxidos insolubles pueden afectar a los organismos marinos (Clark, 1997). El hierro disuelto en las laguna Alvarado fue mayor respecto al de las otras lagunas del Golfo de México (Tabla 15).

El cromo disuelto no tenemos fuente con que compararlo con otras lagunas, no así si lo comparamos con los límites máximos permisibles para la protección de la vida acuática, el cromo disuelto fue es un valor menor al respecto del valor del límite establecido por la CNA (Diario Oficial. 2003). (Tabla 16).

## CONCLUSIONES.

La salinidad en el sistema Lagunar de Alvarado Veracruz decrece conforme las estaciones se alejan de la entrada de agua de mar hacia la Laguna y esta se acerca a la boca del Río Papaloapan y depende su concentración de la época del año.

Los aniones Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en el sistema Lagunar de Alvarado Veracruz decrecen conforme las estaciones se alejan de la entrada de agua de mar hacia la Laguna y esta se acerca a la boca del Río Papaloapan y depende su concentración de la época del año.

Los cationes Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, y Mg<sup>2+</sup> en el sistema Lagunar de Alvarado Veracruz decrecen conforme las estaciones se alejan de la entrada de agua de mar hacia la Laguna y esta se acerca a la boca del Río Papaloapan y depende su concentración de la época del año.

Los metales disueltos dependen de las estaciones del año, como es el caso de el cobre, cadmio y el plomo están relacionados positivamente con la salinidad.

La concentración de Fe crece conforme las estaciones se alejan de la entrada de agua de mar hacia la Laguna y esta se acerca a la boca del Río Papaloapan.

La concentración de Cd disuelto no presenta cambios significativos con respecto a la salinidad.

Los diversos parámetros estudiados muestran una zonación natural de 3 zonas: Boca de la Laguna, Laguna de Alvarado y la Laguna de Camaronera.

Los valores para Cadmio y plomo disueltos presentes en el sistema lagunar de Alvarado están arriba del límite establecido por SEMARNAT. Estos incrementos pueden deberse a actividades antropogénicas. Como es el caso de esta laguna, que esta cerca al Puerto de Veracruz y recibe descargas fluviales.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

Acosta, G. G. 2002. Metales pesados en un sistema bentónico de dos arrecifes de coral de Veracruz, Ver. Tesis de licenciatura en Biología. FES-Iztacala. UNAM. 56p.

Albert, A L 1997. Introducción a la Toxicología Ambiental. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, División de Salud y Ambiente, Gobierno del Estado de México, Metepec, Estado de México.

Abu-Saba, K.E.; Flegal, A.R. 1995 Chromium in San Francisco Bay - Suspension of geochemical processes causes complex spatial distributions of redox species. *Mar. Chem.* 49: 188-199.

Altamirano, T. M. Y Martínez, G: M: 1985. Ictioplancton de la Laguna de Alvarado Veracruz, en el periodo de 1981. Tesis Profesional. ENEPI. UNAM. México.

Álvarez-Rivera. U., Rosales-Hoz L. Y Carranza-Edwards A. 1986. Heavy Metals in Blanco River Sediments, Veracruz México. *An Inst. de Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 13(2): 1-10.

Alloway, B. J. and D. C. Ayres. 1997. Chemical Principles of Environmental Pollution. Blackie Academic and Professional. London. 393p

APHA (American Public Health Association). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18 Edition. New York, NY: APHA; 1995.

Apte, S.C.; Gardner, M.J.; Ravenscroft, J.E. 1990. An investigation of copper complexation in the Seven Estuary using differential pulse cathodic voltammetry. *Mar. Chem.* 29: 63-75.

.Bahena Manjares J., 1999. Evaluación espacial y temporal de metales pesados en la parte baja del Río Coatzacoalcos. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. División de estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería. Campus Morelos. Universidad Nacional Autónoma de México.

Badillo, G. J. 1990. Cadmio-Plomo-Selenio, p.1 05-215. In: L. A. Albert (Ed). Curso Básico de Toxicología Ambiental. Limusa. México.

Benavides, M. J. 1996. Determinación de Algunos Parámetros Ecológicos de la Macro Fauna Asociada a *A. Ruppia marítima* en la Laguna de Alvarado Veracruz. Tesis Profesional. ENEPI. UNAM. México.

Bianchi T.S., J.R.Pennock, y R.R. Twilley. 1999. Bio geochemistry of Gulf of Mexico Estuaries. Wiley and Sons. 428 p.

Boughriet, A.; Ouddane, B.; Fischer, J.C.; Wartel, M.; Leman, G. 1992. Variability of dissolved Mn and Zn in the Seine Estuary and chemical speciation of these metals in

suspended matter. *WaterRes.* 26: 1359-1378.

Botello, A.V., J. Rendon von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernandez, 2005. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche. Univ. Nac. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.

Boyle, E.A.; Husted, S.S.; Jones, S.P. 1981. On the distribution of copper, nickel, and cadmium in the surface waters of the North Atlantic and North Pacific Ocean. *Geophys. Res.* 86: 8048-8066.

Bruland, K.W.; Franks, R.P. 1983. Mn, Ni, Cu, Zn, and Cd in the western North Atlantic. In: Wong, C.S.; Boyle, E.; Bruland, K.W.; Burton, J.D.; Goldberg, E.D., eds. Trace metals in sea water. Trace metals in sea water. New York, NY: Plenum; 1983.

Bruland, K.W.; Coale, K.H. 1985. Analysis of seawater for dissolved cadmium, copper, and lead: An intercomparison of voltammetric and atomic absorption methods. *Mar. Chem.* 17:285-300.

Butler, J.N. 1982. Carbon dioxide equilibria and their applications. Reading, MA: Addison-Wesley Pub Co..

Byrne, R.H.; Kester, D.R. 1976. Solubility of hydrous ferric oxide and iron speciation in seawater. *Mar. Chem.* 4: 255-274.

Cabrera-Ramírez M. and A. Carranza-Edwards. 2002. The Beach Environment in Mexico as a Potential Source of Placer Minerals. *Marine Georesources and Geotechnology*, 20:187-198.

Church, T.M. 1986. Biogeochemical factors influencing the residence time of micronutrients in a large tidal estuary, Delaware Bay. *Mar. Chem.* 18: 393-346.

Clark, R.B. 1986. Marine pollution. Oxford: Clarendon Press.

Campbell, P.G.C. 1995. Interactions between trace metals and aquatic organisms: A critique of the free-ion activity model, p.45-102. In: A. Tessier and D. R. Turner (Eds). *Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems*. John Wiley & Sons. Toronto, Canada.

CNA/SEMARNAP. 1998. Los Consejos de Cuenca en México. Definiciones y Alcances. Unidad de Programas Rurales y Participación Social. Coordinación de Consejos de Cuenca 42 p.

CONABIO. 1998. Regiones Prioritarias Marinas de México. CONABIO. 198 p.

Contreras, E.F., y O. Castañeda L. 1995. Los Ecosistemas Costeros del Estado de Veracruz. Gob. del Edo. de Veracruz./SEDAP. Plus Ultra Editores. 144 p.

Contreras, E. F. 1989. *Lagunas Costeras Mexicanas*. 1 er Ed. ed. Centro de Desarrollo de Pesca. México. D: F: 17 - 55 pp.

Comas, R.N.J. Van Dijk, C.P.J. 1988. Role of complexation processes in cadmium mobilization during estuarine mixing. *Nature* 336: 151-154.

Culkin, F.; Cox. R.A. 1966. Sodium, potassium, magnesium. calcium and strontium in seawater. *Deep-Sea Res.* 13: 789-804.

Crans, D.C., Amin, S.S. y A.D. Keramidas. 1998. Chemistry of relevance to vanadium in the environment, p. 73-96. fr Jerome O. Nriagu (Ed.) *Vanadium in the Environment, Part 1, Chemistry and Biochemistry*. John Wiley & Sons Inc. New York.

Diario Oficial de la Federación, 1989. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. CE-CCA-001/89.

Diario Oficial de la Federación, 1997. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Ley que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales.

Diario Oficial de la Federación, 2003. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales. Ley Federadle Derechos Normas Aplicables en Materia de Aguas Nacionales y sus Bienes Públicos Inherentes.

Edmond, JM. Chemical dynamics of the Changjiang Estuary. *Cont. Shelf. Res.* 4: 17-36; 1985.

Elbaz-Poulichet, F.; Garnier, J.-M.; Guan, D.M.; Martin, J.-M.; Thomas, A.J. 1996. The conservative behavior of trace metals (arsenic, cadmium, copper, nickel, and lead) in the surface plume of stratified estuaries: Example of the Rhone River (France). *Estuarine Coastal Shelf Sci.* 42: 289-310.

EPA. 1984. Health assessment document for chromium. Research Triangle Park, NC: Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency. NTISPB85-1 06474.

Escamilla-Montes. R. 1996. Consideraciones Taxonomicas y Ecológicas de las Megalopas del Genero Callinectes (Crustacea; Portunidae) en la Laguna de Alvarado Veracruz. Tesis Profesional. ENEP. Iztacala. UNAM.

Espinosa-Meneses. A. 1989. Contribución al Conocimiento de la Biología y Ecología de la Familia Sciaenidae en el Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz . Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM.

Flegal, A.R.; Smith, G.J.; Gili, G.A.; Sanudo-Wilhelmy, S.; Anderson, L.C.D. 1991. Dissolved trace metal cycles in the San Francisco Bay Estuary. *Mar. Chem.* 36: 329-363.

García, E. (1970). *Los Climas del Estado de Veracruz*. Según el Sistema de

Clasificación Climática de Copen Modificado. An. Inst. Biól. UNAM. México 41. Ser. Bot.(1): 3-42.

García. K. I. 1995. Análisis Comparativo de Parámetros Ecológicos de jaibas del Genero Callinectes (Decapoda. Pontunidae) en el complejo Lagunar de Alvarado, Veracruz. México. TESIS ENEPI UNAM.

García Loredó. R. 1995. Presencia de la Tonina, *Tursiops truncatus*. (Montegu 1821), en al Zona de Pesca de Camarón de Alvarado Veracruz. México. Tesis. Profesional. ENEP. Iztacala UNAM.

García. P. M. 1992. Contribución al Conocimiento de *Mugil curema*(Valenciennes). En el Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz. México. Tesis Licenciatura. ENEP. Iztacala. UNAM

Gianello, G., O, Masci y G. Carelli. 1998. Occupational exposure to chromium- An assessment of environmental pollution levels and biological monitoring of exposed workers. *md Health*, 36:74-77.

González-Fierro, A., A. y. Botello, S. Villanueva-Fragoso, y G. Ponce-Vélez. 1994. Presencia de metales en sedimentos recientes y organismos de la laguna de Sontecomapan, Ver. Mex. *Hidrobiología*, 4(1-2):35-43.

Guadarrama. R. 1974. Variación Estacional de la Biomasa Plantonica en la Laguna de Alvarado Veracruz. México. V Congreso Nacional de Oceanografía oct (22-25). Guaymas. Son. México.

Guzmán-Perez. J. 1991. Ictiofauna Acompañante en Zonas de Pesca Comercial del Camarón en Alvarado Veracruz Tesis Licenciatura. ENEP. Iztacala. UNAM.

Gran, G.. 1952. Determination of the equivalence point in potentiometric titrations. Part II *Analist*, 77, 661-667.

Grasshoff, K. M. 1964. On the determination of silica on sea waters. *Deep sea res*; 11: 597-604.

Grasshoff, K. M. Ehrhardt, and K. M. Kremling. 1983. *Methods of sea water analysis*. 2nd. edition, Verlag Chemie, Republic of Germany.

Hernández, A.E. 1994. Determinación de metales en agua, sedimento y biota de la laguna de Mandinga, Ver. México. Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. *Ciencias Biológicas y de la Salud*, 34 p.

Horta-Puga, G., G. Barba, y M. Tello. 1997. The Veracruz Reef System in the Gulf of México: An Enviromen tal Review. Simposio Ecosistemas Acuáticos de México. Cd. México 21 p.

Holdway, D.A. 1988. Chromium in the natural and human environments. In: Nriagu, J.O.; Nieboer, E., eds. *Advances in environmental science and technology* 20. New York, NY: Wiley-Interscience.

Jimenez, C. B. E. 1995. Bases para el manejo integral de la cantidad y calidad del agua en México. XX Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería. Veracruz, Ver., México. p. 14-19.

Kennish M. 1996. Pollution in estuaries and coastal marine waters. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 12: 27-49.

Kieber, R.J.; Heiz, G.R. 1992. Indirect photoreduction of chromium(VI). *Environ. Sci. Technol.* 26: 307-312.

Kraepiel, A.M.L.; Chiffoleau, J.-F.; Martin, J.-M.; Morel, F.M.M. 1997. Geochemistry of trace metals in the Gironde Estuary. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 61: 1421-1436.

Kremling, K. 1985. The distribution of cadmium, copper, nickel, manganese and aluminum in surface waters of the open Atlantic and European Shelf area. *Deep-Sea Res.* 32: 531-555.

Latisneri, V. B. y Morales, R. M. 1993. Contribución al Conocimiento de la Familia Cichidae en Zonas de *Ruppia* Marítima y un Análisis Particular de *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), en el Sistema Lagunar de Alvarado Ver. Tesis Licenciatura. ENEP. Iztacala. UNAM.

Lombardo P. S. 2003. Panorama Hidráulico de México. Colegio de Veracruz. Xalapa, Ver. 32 p.

Millero, F. J., 2006. *Chemical Oceanography*. 2nd Ed. CRS, Press Inc. USA 571p.

Millero, F.J. 1979. The thermodynamics of the carbonate system in seawater. *Geochim. Cosmochim. Acta* 43: 1651-1661.

Morris, A.W.; Riley, J.P. 1966. The bromide/chlorinity and sulfate/chlorinity ratio in seawater. *Deep-Sea Res.* 13: 699-705.

Morris, A.W. 1990. Kinetic and equilibrium approaches to estuarine chemistry. *Sci. Tot. Environ.* 97/98: 253-266.

Noriega, E. E. 2001. Metales pesados en *Thalassia testudinum* (pasto marino), en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de licenciatura en Biología. ENEP Iztacala. UNAM. 48 p.

Páez- Osuna F., A. y Botello, y S. F. Villanueva. 1986. Heavy metals in Coatzacoahuas estuary and Ostion lagoon, México. *Mar. Pollut. Bull.* 11:516-519.

Páez-Osuna, F., D.S. Valdez-Lozano, H.M. Alexander y H. Fernández. 1987a. Trace

metals in the fluvial system of Terminos Lagoon México. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6): 294-297.

Paez, O.F.; Valdez, L.D.; Alexander, V.H.; Fernandez, P.H. 1987. Trace metals in the fluvial system of Terminos Lagoon. *Mar. Pollut. Bull.* II: 294-297.

Páez-Osuna, F., S. Valdez-Lozano, H.M. Alexander, H. Fernández-Pérez y J.I. Osuna-López, 1987b. Níquel y plomo en las fracciones disueltas y particuladas del sistema fluvio-lagunar de la Laguna de Términos, México. *An. Instit. De Ciencias del Mar y Limnología*, 14: 79-86.

Páez-Osuna, F. 1988. Geoquímica de los metales pesados en los sedimentos del Mar de Cortés. Tesis doctoral, UACPyP del CCH, Univ. Nal. Auton. México, 391 p.

Páez-Osuna, F. 1996a. Fuentes de metales en la zona costera marina, p.297-308. In: A. V. Botello, J. L. Rojas, J. A. Benítez and D. Zarate (Eds). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. EPOMEX. Campeche. 666 p.

Páez-Osuna, F. 1996b. Efectos de los metales, p.349-361. In: A. V. Botello, J. L. Rojas, J. A. Benítez and D. Zarate (Eds). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. EPOMEX. Campeche. 666 p.

Páez-Osuna, F. y M.G. Frías-Espéricueta. 2001. Bioacumulación, distribución y efectos de los metales pesados en los peneidos, p. 245-269. In: F. Páez-Osuna (Ed.) *Camaronicultura y Medio Ambiente*. UNAM, El Colegio de Sinaloa, México, D.F.

Palma, G. M. L. 1992. Contribución al Conocimiento de la Biología de *Mugil curema* (Valenciennes) en el sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. México. TESIS ENEPI UNAM.

Parsons, R.T., M. Yoshiaki y C.M. Lalli. 1984. *A manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*, 1st edition, Pergamon Press, U.S.A.

Patterson, R.R.; Fendort S.; Fendort M. 1997. Reduction of hexavalent chromium by amorphous iron sulfide. *Environ. Sci. Technol.* 31:2039-2044.

Perkin-Elmer, C. 1982. *Analytic Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry*. Connecticut, USA., The Perkin-Elmer Company. 80p.

Phleger., F.B. y R. R. Lanford. 1974. Sedimentos Y Foraminíferos de la Laguna de Alvarado Veracruz. V Congreso de Oceanografía. Oct. 22-25. Guaymas. Son. México.

Raz-Guzmán, A., A. J. Sánchez y L. A. Soto. 1991. *Catálogo Ilustrado de Cangrejos de los Infraordenes Brachyura y Anomura de la Laguna de Alvarado Veracruz*. An. Inst. Biol. UNAM.

Reguero, M. Y Garcia-Cubas. A. 1991. *Moluscos de la Laguna de Alvarado*,

Veracruz, México: Sistema y Ecología. An Inst. Cienc. del Mar y Linol. Univ. Nal. Autón México.16(2): 279-306.

Reguero, M. Y Garcia-Cubas. A. 1991. Moluscos de la Laguna Camaronera, Veracruz, México: Sistema y Ecología. An Inst. Cienc. del Mar y Linol. Univ. Nal. Autón México.18(1): 1-23.

Resendez-Medina. A. 1970. Estudio de los Peces de la Laguna de Alvarado Veracruz. Méx. Rev. Soc. Mex.Hist. Nat. 34: 183-281.

Riley, J.P., y A. Chester. 1971. Introduction to Marine Chemistry. Academic Press. London, England. 465 p.

Rodríguez Núñez. J. 1996. Ocurrencia de Megalopas de Braquiuros y Anomuros en ciclos de 24 Horas en la Boca de la Laguna Camaronera de Alvarado Veracruz. Tesis Profesional ENEP. Iztacala. UNAM.

Rosales-Hoz. L., Carranza-Edwards. A. y Álvarez R. U. 1986 Sedimentological and Chemical Studies in Sediments from Papaloapan River México. An Inst. Cienc. del Mar y Linol. Univ. Nal. Autón México.13(3): 263-272.

Rosales-Hoz. L., Carranza-Edwards. A. y Álvarez R. U. 1986 Sedimentological and Chemical Studies in Sediments from Alvarado Lagoon System, México .An Inst. Cienc. del Mar y Linol. Univ. Nal. Autón México.13(3): 19-28.

Rosales Hoz L., yA. Carranza Edwards. 1998. Heavy metals in sediments from Coatzacoalcos river, Mexico. Bull. Env. Contam. And Toxicology, 60: 553-561.

Rosales Hoz, L., A.B. Cundy, y J.L. Bahena Manjares. 2003a. Heavy metals in sediment cores from a tropical estuary affected by anthropogenic discharges: Coatzacoalcos Estuary, Mexico. Estuarine Coastal and Shelf Science, 56: 1-10.

Rosales Hoz L., A. Carranza Edwards, P. Carvajal Romero, C. Mendez Jaime, y M.E. Ruiz Santoyo. 2003. Physico-chemical seasonal variability of a tropical estuary: major and minor elements in water and air. Environmental Geology, 44: 790-798.

SAGARPA. 2000. Anuario Estadístico de Pesca. Dirección General de Política y Fomento Pesquero y Dirección de Comunicación Social, 271 p. En imprenta.

Sanudo-Wilhelmv. S A.; Flegal. 1996. A.R. Trace metal concentrations in the surf zone and in coastal waters off Baja California, Mexico. Environ. Sci. Technol. 30: 1575-1580; 1996.

SEMARNAP 1997. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas, México: SEMARNAP.

Sanchez, J., y T. Hernández. 1992. Masas de agua en la costa de la ciudad de Veracruz,

Ver. durante el periodo mayo 1991-abril 1992. In: IX Cong. Nal. Oceanogr. Nov. 1992. Veracruz, Ver. Resumen p. 27. Departamento de física y meteorología marina. Instituto de Investigación Oceanográfica del Golfo y Mar Caribe. D. G. O. N. Secretaría de Marina.

SEDUE. 1986. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas. Colección Los Básicos. México. 40p.

Shiller, A.M.; Boyle, E.A. 1991. Trace elements in the Mississippi River delta outflow: Behavior at high discharge. *Geochim. Cosmochim. Acta* 40: 3241-3251.

Sholkoviz, E.R. 1976. Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and seawater. *Geochim. Cosmochim. Acta* 40: 83 1-845.

Smith, R.M.; Martell, A, E.1989. Critical stability constants. Vol. 6. New York, NY: Plenum Press.

Solano. V. H. A. 1991. Aspectos Ecológicos de la Comunidad Ictica Asociada a las Riberas de Manglar en el Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz.. Tesis Profesional ENEP Iztacala UNAM.

Strikland, J. D. H. y A. Parsons. 1977. A practical handbook of seawater analysis., 2nd. edition. The Alger Press Ltd, Ottawa.

Tovar, J. E. 2000. Evaluación de metales pesados en dos sistemas bentónicos arrecifales de Veracruz, Ver. Tesis de licenciatura en Biología. ENEP-Iztacala. UNAM.

Tovilla. H. C. y De La Lanza. E. G:1989. Contribución a la biología de Neritina Virginea (Mollusca), en las comunidades de Pasto Marino de Ruppia marítima, L (Ruppiceae) en el Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz, An. Inst. Biol.. UNAM. Ser. Zool. 6(2): (143-158).

Trujillo, A., E.L. Lagunez y A. Bocanegra, 1995a. Dinámica de metales pesados en suelos y ríos en Comalcalco, Tabasco. Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Pag. 42.

Turner, D.R.; Whitfield, M.; Dickson, A. G. 1981. The equilibrium speciation of dissolved components in freshwater and seawater at 25°C and 1 atm pressure. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45: 855-881; 1981.

UNESCO. 1984. La Escala de la Salinidad Practica de 1978 y la Ecuación Internacional de Estado del Agua de Mar de 1980. Documentos Técnicos de la UNESCO sobre ciencias del Mar, 36:13-22.

Vázquez, C. 1983. Corrientes marinas en el puerto de Veracruz en febrero de 1980. Dirección General de Oceanografía. Sec Mar. México.

Vázquez-Botello A. y Paéz F. 1986. El problema crucial: la contaminación. Centro de

Ecodesarrollo, México. 180pp.

Vázquez, G. F. 1983. La Físicoquímica de la Laguna de Mandinga, el Río Jamapa y su Zona de Mezcla, Ver. México". Tesis Doctorado. UACPyP-CCH-UNAM.

Vázquez, G. F., H. Sánchez G. y S. Virender K. 1993. Trace metals in the oyster *Crassostrea virginica* of the Terminos lagoon, Campeche. Mar. Pollut. Bull. 26: 398-399.

Vázquez, G. F., M. Gutiérrez E., J. E. Aguayo C., H. Fernández P., A. Díaz R., H. Alexander V., C. Alfaro, R., A. Frausto C., J. Fuentes J., P. Gómez L., A. Mercado P. y G. Salvador L. 1994. El sistema lagunar el Carmen-Pajomal-La Machona del estado de Tabasco: su hidrodinámica, la estabilidad de sus bocas y de su línea de costa. UNAM. 132p.

Vazquez, G.F.; Sharma, V.K.; Alexander, V.H.; Frausto, C. A. 1995. Metals in some lagoons of Mexico. Environ. Health Persp. Suppl. 1:33-34.

Vázquez, G. F., V. Olan V., J. Fuentes V., J. Marmolejo R. y S. Virender K. 1996. The alkalinity and pH before the Opal Hurricane in the south of Gulf of Mexico. South Texas Environmental Conference at Corpus Christi, Texas. March pp. 28-29.

Vazquez, G.F.; Elias, D.M.; Aguayo, J.E.C.; Alejandro, B.; Sharma, V.K. 1996. Trace metal species in aquatic samples of the Tabasco Lagoons, Mexico. Environ. Int. 22: 377-382.

Vázquez G., F.; Rangel B., R.; Mendoza Q, A.; Fernández E, J.; Aguayo, E.; Palacio, A.; Viredner K, S. 2000. Souther Gulf of México. Edit. Sheppard, C. Seas at the Millennium: An Environment Evaluation. Vol. I Regional Chapters: Europe, The Americas and West Africa Elsevier Science. pp.467-482.

Vera. M. R. R. 1992. Aspectos Biológicos de *Cichlosoma urophthalmus*, *C. helleri*, *C. salvini* y *Petenia splendida*. (PISCES: CIOCHIDAE ) en el sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. México. TESIS. ENEPI. UNAM.

Viarengo, A.M.. 1985. Biochemical effects of trace metals. Marine Pollution Bulletin, 16: 153-158.

Villanueva, F.S., y AV. Botello. 1992. Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano: Una revisión. Rev. Int. Contam. Ambient., 8(1), 47-61.

Villanueva, F. S., y A. V. Botello. 1992. Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano: una revisión. Rev Int Cont Amb., 8 (1): 47-61.

Villanueva Fragoso S., y F. Páez Osuna. 1996. Niveles de metales en el Golfo de México: agua, sedimentos y organismos, p. 309-347, in: A.V. Botello, J.L. Rojas Galaviz, J.A. Benitez y D. Zarate Lomeli (Eds), Golfo de México, Contaminación e

impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias, EPOMEX Serie Científica Vol. 5 Universidad Autónoma de Campeche. 666 p.

Windom, H. 1991. Trace metal-nutrient relationships in estuaries. *Mar. Chem.* 32: 177-194.

Yañez-Arancibia, A. 1975a. Observaciones sobre el estudio de los peces en las lagunas costeras. Nota científica. *An. Centro cienc del Mar y Limnol. UNAM.* 2(1): 52-57.

Yañez-Arancibia, A. y R. S. Nugent. 1977. El papel ecológico de los peces en estuarios y lagunas costeras. *An. Centro de Ciencias del Mar y Limnol. UNAM.* 4(1): 107-114.

Yañez-Arancibia, A. 1982. Usos, recursos y ecología de la zona costera. *Ciencia y Desarrollo.* (marzo/abril). No 43: 58-63, año VIII, México.

Yañez-Arancibia, A. y P. Sanchez-Gil. 1988a. Caracterización ambiental de la Sonda de Campeche frente a la Laguna de Términos, Cap. 3: 41-50. In: Yañez-Arancibia A. y J.W. Day, Jr. (Eds) *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos.* Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México DF.

Zwolsman, J.J.G.; Van Eck, B.T.M.; Weijden, C.H.V.D. 1997. Geochemistry of dissolved trace metals (cadmium, copper, zinc) in the Scheldt Estuary, southwestern Netherlands: Impact of seasonal variability. *Geochim. Cosmochim. Acta* 61: 1635-1652.