

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

“Calidad del agua en los años 2002-2003 en la zona costera, comprendida entre el Puerto de Veracruz y la Punta de Antón Lizardo”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA AMBIENTAL

PRESENTA:

ING. ISABEL ARACELI AMARO ESPEJO

DIRECTOR:

Dr. Alberto Mariano Vázquez De La Cerda

Boca del Río, Ver.

2005



UNIVERSIDAD VERACRUZANA INSTITUTO DE INGENIERIA

H. Veracruz, Ver., a 25 de julio del 2005
DI358/05

Al Candidato al Grado:
Ing. Isabel Araceli Amaro Espejo
Presente

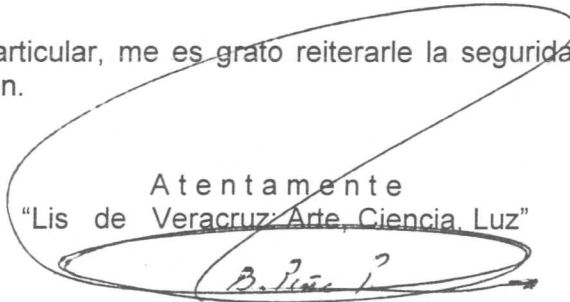
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Dr. Alberto M. Vázquez de la Cerda para que lo desarrolle como tesis, para obtener el Grado de Maestra en Ingeniería Ambiental

TEMA :
"CALIDAD DEL AGUA EN LOS AÑOS 2002-2003 EN LA ZONA COSTERA,
COMPRENDIDA ENTRE EL PUERTO DE VERACRUZ Y LA PUNTA DE ANTÓN
LIZARDO"

- I.- Introducción
 - II.- Justificación
 - III.- Antecedentes
 - IV.- Área de estudio
 - V.- Marco teórico conceptual
 - VI.- Hipótesis
 - VII.- Objetivos
 - VIII.- Metodología
 - IX.- Resultados y discusiones
 - X.- Discusión
 - XI.- Estrategias de mitigación
 - XII.- Conclusiones
 - XIII.- Recomendaciones
- Anexos

Sin otro particular, me es grato reiterarle la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente
"Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz"


Dr. Bonifacio C. A. Peña Pardo
Director

BPP/apm*

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al

Instituto Oceanográfico del Golfo y Mar Caribe
de la Secretaría de Marina Armada de México,
por la confianza brindada al poner a mi disposición
los datos de la Carta Nacional.

Un agradecimiento especial al

Capitán de Fragata C.G. Miguel Pascual Guadarrama,
A los oficiales y tripulación de la Armada de México,
y personal técnico civil,
Por todas las facilidades otorgadas para la realización
del presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Al comité de revisión

Dra. Elena Rustrián Portilla
M.C. Gloria Inés González López
M.C. José Bernardo Hernández Bernal

Por todos sus comentarios y sugerencias

A mi asesor y director de Tesis

Dr. Alberto Mariano Vázquez De La Cerda
Por su gran apoyo, sus acertados comentarios
Y la dedicación que aportó en la elaboración de este trabajo
...Gracias

DEDICATORIA

Dedicado a mis dos pequeños
Alex Pavlova y Saúl Daniel
que son mi razón de vivir,
por Ustedes me supero
día a día...



*A mi amigo y esposo **Saúl***
Por su amor y paciencia
Gracias por estar ahí siempre...

*A mi mamá **Isabel,***
Por todo su apoyo incondicional

A mis hermanos y sobrinos
Por su cariño

INDICE

	<i>Página</i>
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
I. INTRODUCCION	1
II. JUSTIFICACION	3
III. ANTECEDENTES	4
IV. AREA DE ESTUDIO	6
4.1. Localización	6
4.2. Climas del Estado	6
4.3. Hidrografía	6
4.4. Circulación costera	7
4.5. Temperatura	7
4.6. Mareas	7
4.7. Oleaje	8
4.8. Transporte Litoral	8
V. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	9
5.1. La Calidad de agua	9
5.2. Importancia de los parámetros sobre la evaluación de la Calidad De Agua.	9
5.2.1. Temperatura	9
5.2.2. Potencial de Hidrógeno	10
5.2.3. Oxígeno disuelto	10
5.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno	12
5.2.5. Coliformes fecales	13
5.2.6. Amonio	13
5.2.7. Nitratos	14
5.2.8. Nitritos	15
5.2.9. Ortofosfatos	15
5.2.10. Salinidad	15
5.2.11. Sólidos Suspendidos Totales	16
5.3. Criterios específicos de Calidad del Agua	17

5.4. Sistema de manejo de la contaminación	22
VI HIPOTESIS	23
6.1 Hipótesis General	23
VII. OBJETIVOS	23
7.1. Objetivo General	23
7.2. Objetivos Especificos	23
VIII. METODOLOGIA	24
8.1 Estaciones de Muestreo	24
8.2 Muestreo	26
8.3 Análisis de agua	26
8.4 Análisis estadístico	27
IX. RESULTADOS Y DISCUSIONES	29
9.1 Temperatura	29
9.2 Potencial de Hidrógeno	32
9.3 Oxígeno disuelto	35
9.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	38
9.5 Coliformes fecales	41
9.6 Amonio (NH ₄)	44
9.7 Nitratos (NO ₃)	47
9.8 Nitritos (NO ₂)	50
9.9 Ortofosfatos (PO ₄)	53
9.10 Salinidad	56
9.11 Sólidos Suspendedos Totales	59
X. DISCUSIÓN	62
XI. ESTRATEGIAS DE MITIGACION	64
11.1 Estrategias para la mitigación para la contaminación de las zonas costeras	64
XII. CONCLUSIONES	66
XIII. RECOMENDACIONES	67
XIV. BIBLIOGRAFIA	68
ANEXOS	73

INDICE DE FIGURAS

No.		Página
1.	Distribución espacial de las estaciones de muestreo de Veracruz, Boca Del Río y Antón Lizardo, Ver.	26
2.	Comportamiento de la temperatura por época climática y estaciones de muestreo	30
3.	Comportamiento espacial de la temperatura por estación climática y zona de muestreo.	31
4.	Comportamiento del pH por época climática y estaciones de muestreo	33
5.	Comportamiento espacial del pH por estación climática y zona de muestreo.	34
6.	Comportamiento del O.D. por época climática y estaciones de muestreo	36
7.	Comportamiento espacial del O.D. por estación climática y zona de muestreo.	37
8.	Comportamiento de la DBO ₅ por época climática y estaciones de muestreo	39
9.	Comportamiento espacial de la DBO ₅ por estación climática y zona de muestreo.	40
10.	Comportamiento de los Coliformes fecales época climática y por estaciones de muestreo	42
11.	Comportamiento espacial de los Coliformes por estación climática y zona de muestreo.	43
12.	Comportamiento del Amonio por época climática y estaciones de muestreo	45
13.	Comportamiento espacial del Amonio por estación climática y zona de muestreo.	46
14.	Comportamiento de Nitritos por época climática y estaciones de muestreo	48
15.	Comportamiento espacial de los Nitritos por estación climática y zona de muestreo.	49
16.	Comportamiento de Nitratos por época climática y estaciones de muestreo	51
17.	Comportamiento espacial de los Nitratos por estación climática y zona de muestreo.	52
18.	Comportamiento de los Ortofosfatos por época climática y estaciones de muestreo.	54
19.	Comportamiento espacial de los Ortofosfatos por estación climática y zona de muestreo.	55
20.	Comportamiento de la Salinidad por época climática y estaciones de muestreo.	57
21.	Comportamiento espacial de la Salinidad por estación climática y zona de muestreo.	58
22.	Comportamiento de los SST por época climática y estaciones de muestreo.	60
23.	Comportamiento espacial de los SST por estación climática y zona de muestreo.	61

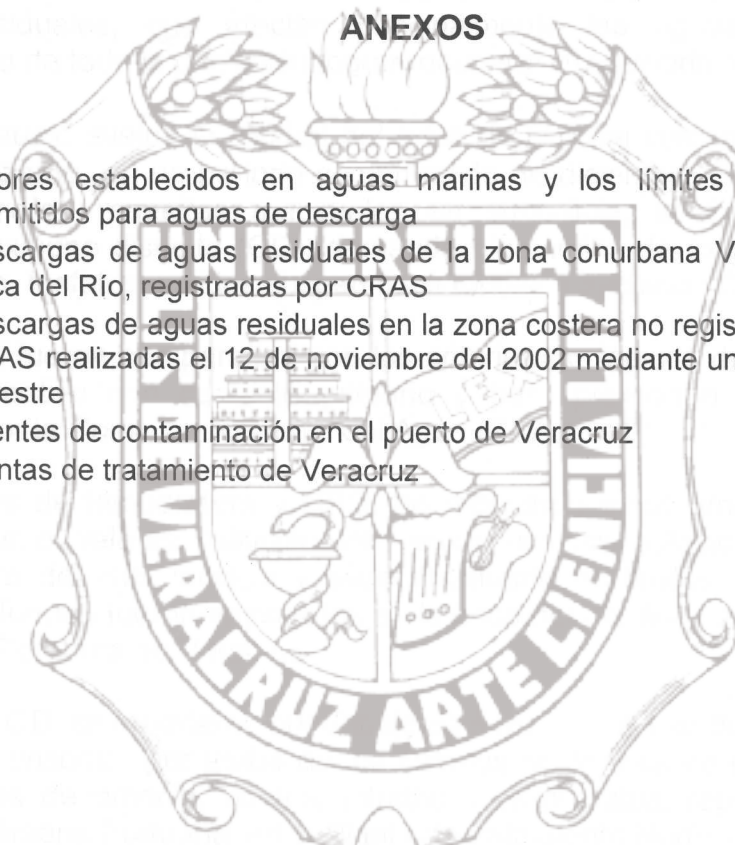
INDICE DE CUADROS

No.		Página
1.	Solubilidad del oxígeno disuelto en relación con la temperatura y salinidad del agua de mar	11
2.	Valores típicos de Demanda Bioquímica de Oxígeno para aguas de diferente calidad	12
3.	Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo al tipo de uso	17
4.	Clasificación de las aguas costeras en función de sus usos y características de calidad	21
5.	Coordenadas de las 18 estaciones de muestreo, especificando la referencia sobre la zona costera Veracruz- Boca del Río.	24
6.	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos utilizados para la evaluación de la calidad de la zona costera.	28
7.	Comportamiento estadístico de la temperatura por estación climática.	29
8.	Valores registrados de temperatura de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	30
9.	Comportamiento estadístico del pH por estación climática.	32
10.	Valores registrados del pH de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	33
11.	Comportamiento estadístico del O.D. por estación climática.	35
12.	Valores registrados del O.D. de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	36
13.	Comportamiento estadístico de la DBO por estación climática.	38
14.	Valores registrados de la DBO de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	39
15.	Comportamiento estadístico de los Coliformes por estación climática.	41
16.	Valores registrados de los Coliformes de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	42
17.	Comportamiento estadístico del Amonio por estación climática.	44
18.	Valores registrados del Amonio de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	45
19.	Comportamiento estadístico de los Nitritos por estación climática.	47
20.	Valores registrados de los Nitritos de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	48
21.	Comportamiento estadístico de los Nitratos por estación climática.	50
22.	Valores registrados de los Nitratos de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	51
23.	Comportamiento estadístico de los Ortofosfatos por estación climática.	53
24.	Valores registrados de los Ortofosfatos de Diciembre del 2002 al octubre del 2003	54
25.	Comportamiento estadístico de la Salinidad por estación climática.	56
26.	Valores registrados de la Salinidad de Diciembre del 2002 a octubre del 2003	57
27.	Comportamiento estadístico de los SST por estación climática.	59
28.	Valores registrados de los SST de Diciembre del 2002 a octubre del 2003	60
29.	Interpretación puntual de las zonas de muestreo de la época Invernal,	63

	que exceden los límites de los Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo al tipo de uso según la CNA	
30.	Interpretación puntual de las zonas de muestreo de la época de Estiaje, que exceden los límites de los Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo al tipo de uso según la CNA	64
31.	Interpretación puntual de las zonas de muestreo de la época de Lluvias, que exceden los límites de los Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo al tipo de uso según la CNA	65

ANEXOS

No.		Página
A-1.	Valores establecidos en aguas marinas y los límites máximos permitidos para aguas de descarga	73
A-2.	Descargas de aguas residuales de la zona conurbana Veracruz – Boca del Río, registradas por CRAS	74
A-3.	Descargas de aguas residuales en la zona costera no registrada por CRAS realizadas el 12 de noviembre del 2002 mediante un recorrido terrestre	75
A-4.	Fuentes de contaminación en el puerto de Veracruz	76
A-5.	Plantas de tratamiento de Veracruz	78



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA ZONA COSTERA VERACRUZ- BOCA DEL RÍO-ANTON LIZARDO, VER.

Ing. Isabel Araceli Amaro Espejo¹
Dr. Alberto Mariano Vázquez de la Cerda²

RESUMEN

Ante un mayor uso del agua para actividades industriales, portuarias, municipales y turísticas, así como el aumento de la población, existe una gran generación de descargas residuales, que afectan principalmente las aguas costeras; es una responsabilidad de toda la población lograr recuperar el equilibrio de la naturaleza.

El presente estudio evaluó la calidad del agua de la zona costera Veracruz, Boca del Río y Antón LizarDO, en un periodo comprendido de diciembre del 2002 a octubre del 2003. Se tomaron muestras mensuales en superficie, analizando pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, sólidos suspendidos totales y bacterias Coliformes fecales.

Los resultados fueron comparados con los criterios ecológicos de la calidad del agua para uso recreativo con contacto primario y para protección de la vida acuática establecidos por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1989).

Las variaciones de temperatura y DBO, no rebasaron estos límites, sin embargo, la salinidad, registró valores relativamente bajos, en las estaciones ubicadas en la desembocadura del Río Jamapa y específicamente en lluvias. Igualmente los altos valores de coliformes fueron registrados en la boca del río, en la zona hotelera y dentro de la dársena Portuaria de Veracruz.

Los niveles de OD, se reportaron por debajo de $5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$. La Temperatura Superficial del Mar (TSM) se encontró por arriba de los criterios ecológicos de calidad de agua. Las concentraciones de amonio, nitritos, nitratos y ortofosfatos, reportaron valores altos dentro de la Dársena Portuaria, en la Planta de tratamiento Norte, en la desembocadura del Río Jamapa y en la zona hotelera en Boca del Río.

Los parámetros indicaron la gran influencia de agentes contaminantes provenientes de descargas pluviales, domésticas e industriales que llegan a la costa. Asimismo, se observó la contribución de las masas de agua del Río Jamapa y se apreciaron significativas modificaciones fisicoquímicas y biológicas. Donde los procesos dinámicos del oleaje, la fluctuación de las mareas y corrientes, crean la suficiente energía, ocasionando inestabilidad en las primeras capas superficiales del mar.

El presente trabajo fue elaborado en el Instituto oceanográfico del Golfo y mar Caribe, Secretaría de Marina.

¹Instituto de Ingeniaría, Universidad Veracruzana

²Secretaria de Marina Armada de México

QUALITY EVALUATION OF WATER OF THE COASTAL ZONE VERACRUZ- BOCA DEL RIO-ANTON LIZARDO, VER.

Ing. Isabel Araceli Amaro Espejo¹
Dr. Alberto Mariano Vázquez de la Cerda²

SUMMARY

Water resources utilization for Industry and port activities, as Municipal and touring activities, and the population increment, a great generation of residual unloading exists, that affect coastal waters mainly; it is a responsibility of the people whose live in the area, manage and restore the equilibrium with the nature.

The present study evaluated the quality of the water of the coastal zone Veracruz, Boca del Río and Anton Lizardo, between December 2002 to October 2003 period. Monthly samples were taken from surface, analyzing pH, salinity, temperature, dissolved oxygen, biochemical demand of oxygen, suspended nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, solids total and faecal Coliformes bacteria.

The results were compared with the ecological criteria of the quality of the water for recreational use with primary contact and protection of the aquatic life established by the *Comisión Nacional del Agua* (CNA, Spanish abbreviations), (1989).

Variations of temperature and BDO, did not exceed these limits, nevertheless, the salinity, registered relatively low values, in the stations located offshore of the Jamapa River mouth, and specifically in rainy season. In addition, the high values of coliformes were registered in the mouth of the river, the area of hotel zone, and inside of the Veracruz Harbour.

The O.D. levels, were reported below 5 ml•L-1. The Sea Surface Temperature (SST) were above the ecological criteria of quality of water. The ammonium concentrations, nitrites, nitrates and orthophosphates, reported high values inside the Harbour area, in the Treatment Plant, North of Veracruz city, of the Jamapa River mouth, and hotel zone in Boca del Río.

Parameters indicated great influence of originating polluting agents of pluvial, domestic and industrial unloading that arrive at the coast. Also, the contribution of the water masses, of the Jamapa River, was observed which significant physicochemical and biological modifications were appraised. Dynamic processes of the surge, the fluctuation of the tides and currents, create enough energy, causing instability in the first layers of the sea.

Work field and processing data were elaborated in the Oceanographic Institute of the Gulf and the Caribbean Sea, Mexican Navy.

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana

²Secretaría de Marina Armada de México

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los graves problemas del hombre contemporáneo es la contaminación de las aguas marinas y continentales, tanto las superficiales como las subterráneas; es por eso necesario luchar contra los factores que la determinan y así poder recuperar el equilibrio en la naturaleza. A pesar de tratar de hacer conciencia los países desarrollados en materia ambiental, siguen siendo importantes los niveles de contaminación de las aguas próximas a los asentamientos humanos, industriales y turísticos. La contaminación en un cuerpo de agua se origina a causa de las descargas residuales provenientes de las actividades industriales, agroindustriales, y llegan a los sistemas de alcantarillado urbano, redes colectoras, ríos, cuencas y aguas marinas donde logran provocar efectos adversos en los ecosistemas (Ortiz et al, 1993).

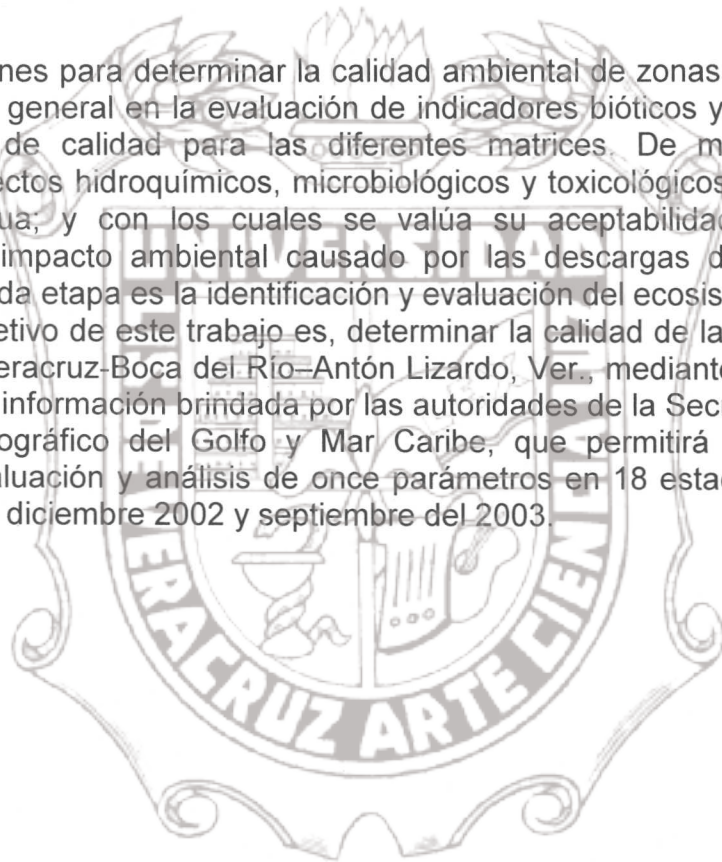
Los grandes volúmenes de aguas residuales, se deben a la inexistencia o al mal funcionamiento de las estaciones depuradoras. Esto genera, que extensas zonas de litoral y playas, permanezcan inhabilitadas para zona de baño, por su aspecto inestético y por los riesgos potenciales que genera (Adame y Salin, 1997). Muchos productos vertidos al agua llegan a ser tóxicos, no son biodegradables y permanecen largo tiempo en el ambiente. En algunos casos los organismos de estas aguas, ingieren estos compuestos y los llevan a las cadenas tróficas, donde finalmente regresan al hombre, creando efectos negativos en la salud (Chapman, 1999).

Las zonas litorales de México, han experimentado en los últimos años un notable deterioro, debido a incidentes de naturaleza antropogénica por el excesivo represamiento de los ríos, vertimiento de aguas residuales, desarrollo del turismo y la actividad pesquera desarrollada en las mismas. En México, se estiman que se generan 19,546 millones de metros cúbicos por año de aguas de desecho. En el cual 8,900 son generadas por el sector agrícola, 5,046 por el municipal, y las restantes 5,600 pertenecen al sector industrial. Para el tratamiento de aguas residuales municipales en México, la Comisión Nacional del Agua (2002), reporta que se cuenta con 361 plantas con una capacidad instalada de $25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, y espera que el sector municipal logre procesar cerca del 50% de sus aguas residuales en los próximos 5 años.

La calidad del agua marina es un aspecto de gran importancia para la preservación del ambiente marino. Las zonas litorales han experimentado un notable deterioro, debido a incidentes de naturaleza. Los estudios en ecosistemas litorales, sometidos a impactos de naturaleza antropogénica y naturales son de gran importancia para la evaluación y estudio de las aguas costeras.

Todo cuerpo de agua tiene un patrón individual de características físicas y químicas, las cuales son determinadas principalmente por el clima, condiciones morfológicas y geoquímicas. En estos ambientes se producen acentuados gradientes tanto espaciales como temporales de los parámetros de calidad ambiental. Para determinar las concentraciones más comunes de los parámetros fisicoquímicos relacionados con la calidad abiótico-ambiental del ecosistema de aguas costeras, es necesario analizar el grado de concordancia de estos con los niveles establecidos por las normas mexicanas (Chapman, 1999).

Las investigaciones para determinar la calidad ambiental de zonas marino-costeras, se basan de forma general en la evaluación de indicadores bióticos y abióticos, así como de estándares de calidad para las diferentes matrices. De manera general, son estudiados aspectos hidroquímicos, microbiológicos y toxicológicos, que llegan a estos cuerpos de agua, y con los cuales se valúa su aceptabilidad. En una correcta estimación del impacto ambiental causado por las descargas de aguas negras, la primera y obligada etapa es la identificación y evaluación del ecosistema costero, es por esto, que el objetivo de este trabajo es, determinar la calidad de las aguas costeras en la zona litoral Veracruz-Boca del Río-Antón Lizardo, Ver., mediante una base de datos disponible de la información brindada por las autoridades de la Secretaría de Marina del Instituto Oceanográfico del Golfo y Mar Caribe, que permitirá conocer la calidad, mediante la evaluación y análisis de once parámetros en 18 estaciones de muestreo, realizadas entre diciembre 2002 y septiembre del 2003.



II. JUSTIFICACIÓN

Recientemente se toma conciencia de que la calidad de agua, juega un papel muy importante en cuanto a la real disponibilidad del vital líquido. A través de la urbanización y crecimiento de la población se ha alterado, o incluso destruido cuerpos naturales de agua, inutilizándolos para ser usados como fuentes de abastecimiento, riego y hasta para fines recreativos. El problema de la contaminación es múltiple y se presenta en formas muy diversas, con asociaciones y sinergismos difíciles de prever, ya que las aguas contaminadas se vierten, tarde o temprano, en ríos, lagos y mares, donde se van concentrando, hasta llegar a un grado de provocar la muerte de muchas especies (Cámara, 1993).

La zona costera de Veracruz y Boca del Río, presenta un crecimiento poblacional constante sin planificación, lo cual implica que existan zonas sin drenajes, ni servicios públicos adecuados. Donde el 42.6% de las viviendas en los municipios costeros se encuentran conectados a la red pública y el 57.4% restante vierte sus aguas negras a fosas sépticas, al mar, ríos, lagunas, grietas y barrancas INEGI (1997b). El desarrollo de actividades productivas como la extracción, procesamiento y distribución de hidrocarburos, actividades portuarias e industriales, incluyendo las pesqueras, agropecuarias, eléctrica y turísticas, han inducido un deterioro ambiental significativo. Conjuntamente la generación de desechos sólidos y líquidos por el sector petrolero, industrial y portuario, han provocado que las zonas costeras de Veracruz, registren niveles de metales, sedimentos y organismos en valores superiores a los establecidos por las normas mexicanas.

Se ha observado que las costas de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo, reciben gran aporte fluvial del río Jamapa y Actopan, donde la dinámica abiótica e hidrológica que se extiende del río hasta el mar, el cual involucra agua dulce, productores primarios, sedimentos, terrígenos y nutrientes inorgánicos, mientras que en el sentido inverso implica energía, mareal e intrusiones salobres. Estas zonas donde se mezclan el agua dulce y el agua marina, se depositan muchos materiales y organismos extraños provenientes de los ríos. Al incorporar agua residual, los organismos nativos pueden ser sustituidos, lo que implica un riesgo dado que las bacterias representan más del 80% de la superficie viva en el ecosistema marino y se encargan de la transferencia de contaminantes a otros organismos. También, se encuentran industrias importantes en la zona costera de Veracruz, como los complejos petroquímicos, instalaciones Portuarias del Arsenal Nacional de los Astilleros Unidos de Veracruz, algunas industrias químicas y termoeléctricas como la Comisión Federal de Electricidad, además de la influencia de las actividades de la urbanización, industria, pesca y turismo. Por otro lado, es preocupante observar una variedad de descargas de aguas residuales de la zona conurbana Veracruz-Boca del Río, registradas y no registradas por CRAS a lo largo de toda la zona costera (Anexos A-2 y A-3) (CRAS, 2003).

III. ANTECEDENTES

Las ciencias marinas y costeras han logrado reunir la información necesaria para comprender estas delicadas y complejas interacciones. Las imágenes transmitidas por satélites y sistemas electrónicos de información, contribuyen a la comprensión de los procesos globales que operan en el Golfo de México y que controlan la productividad de sus aguas. Sin embargo, aún no se consigue enfrentar exitosamente el manejo integrado de los recursos de la estratégica región. Mucha de la información que existe no se encuentra disponible y en forma útil para los responsables de establecer políticas de uso y manejo. La necesidad del agua para la población en cuanto a consumo, así como el interés en la preservación de los recursos hidráulicos nacionales, llevó al establecimiento en 1974 de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA), a cargo de la Comisión Nacional de Agua (CNA-SEMARNAP, 1999), con 24 estaciones en las zonas costeras más importantes del país; 17 en el Océano Pacífico y 7 en el Golfo de México. Se han realizado además estudios en otras zonas; 7 en el Océano Pacífico y 3 en el Mar Caribe. Este Sistema fue adoptado por la ONU para el Sistema Global de Monitoreo Ambiental (GEMS) y Administración de la Calidad del Agua.

Por otra parte, la Dirección de Zona Federal Marítimo-Terrestre impulsó en esta administración, el Programa Especial de Aprovechamiento Sustentable de las Playas (ZOFEMAT y TGM) con la idea de iniciar un proceso de ordenamiento de las ocupaciones y actividades que se desarrollan en la zona federal marítimo terrestre, zonificando los usos de suelo con criterios ambientales y urbanos. Este programa tiene la virtud de haber creado un espacio de participación interinstitucional para la toma de decisiones sobre el uso de la zona federal, que permite contar con recursos económicos aplicables a proyectos ambientales en las zonas costeras. Todos estos esfuerzos, sumados además a otros como los programas de reforestación, creación de áreas naturales protegidas y regulación ambiental entre otros, han permitido avances importantes para la gestión costera. Se requiere para el logro de una gestión integrada de la zona costera de México, un replanteamiento de las políticas ambientales asociadas a estos ecosistemas.

Veracruz no obstante, se destaca por ser una fuente de generación de información de investigaciones científicas relacionadas con la zona litoral y sus ecosistemas. Lo anterior se deriva de la intensa actividad de distintas instituciones como la Universidad Veracruzana, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, la Escuela Nacional de Estudios Profesionales de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma Metropolitana entre otras, donde muchas de estas investigaciones están dirigidas a la fauna acuática (necton y bentos) (Sagarpa, INP, UV, 1996).

También el Instituto Nacional de Ecología, ha realizado investigaciones de la contaminación en la columna de agua causada por coliformes fecales y coliformes totales en la zona nerítica de las principales ciudades costeras del estado de Veracruz, destacando el caso particular de los Municipios de Veracruz, Boca del Río y Coatzacoalcos (INE, 2001). Al igual el Consejo Nacional de Estudios Tecnológicos (CoSNET), a través del Instituto Tecnológico del Mar 01, ha venido realizando estudios de monitoreo en las costas de Veracruz y Boca del Río desde 1999, dentro de dos Programas Nacionales de la evaluación de *Vibrio Cholerae* 01 y Marea Roja, donde se ha podido observar el impacto ocasionado por las descargas de aguas residuales (Vargas, 2000). Por otro lado, en agosto de 1998, la Secretaría de Marina Armada de México inició el proyecto denominado Carta Nacional de la Contaminación Marina, en el cual evalúa parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con la finalidad de determinar el grado de contaminación dentro de los estuarios y zonas costeras, en el que se realizan muestreos desde Nautla, Tecolutla hasta Coatzacoalcos, incluyendo el Puerto de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo, Ver.

Asimismo, la Secretaría de Marina junto con la SEDESOL y la Universidad Veracruzana desde 1996, efectúan estudios para evaluar el impacto ocasionado por los factores contaminantes en las Costas de Veracruz, en donde la Contaminación marina es un factor importante sobre los cambios originados en los Litorales del Golfo y Mar Caribe de México. Otros estudios realizados por la Secretaría de Marina sobre la "Calidad de aguas en la dársena del Puerto de Veracruz y proximidades", determinaron los niveles de hidrocarburos disueltos en el agua y en sedimentos marinos cercanos al Puerto de Veracruz, observando la presencia de metales pesados y bacterias coliformes, estas últimas presentes a causa de las descargas domésticas sin tratamiento previo (Secretaría de Marina, 1982). Existe gran interés por diferentes instituciones que han dirigido sus investigaciones a las zonas costeras, con el objeto principal de determinar el impacto ocasionado por los agentes contaminantes que se generan día con día. Sin embargo, aunque estos estudios difieren unos con otros, porque evalúan tanto organismos indicadores de contaminación como parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua, así como sedimentos, permite conocer la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Esta manera de hacer ciencia y con una visión muy especializada, impide realizar una cuidadosa integración y una inteligente utilización de los ecosistemas del mosaico ecológico que es el Golfo de México. A menos que logremos superar la contradicción entre la velocidad de nuestra habilidad tecnológica para afectar a sus ecosistemas y la extremada lentitud con la que evoluciona nuestra capacidad para comprender los problemas y tomar decisiones frente a ellos, no tendremos progresos fundamentales en favor de un desarrollo sustentable en esa región del país.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Localización

El territorio que ocupa el Estado de Veracruz consiste en una franja que se extiende, a lo largo del litoral del Golfo de México por el Este, y que por el Oeste se recuesta sobre la Sierra Madre Oriental. Tiene una plataforma continental de aproximadamente 23,700 km², con ancho promedio de 33.6 km. El estado de Veracruz se localiza entre los paralelos 17°10' y 23°38' de latitud Norte y entre los meridianos 93° y 99° de longitud Oeste (INEGI, 2002).

4.2 Climas del Estado

Existe una gran diversidad de climas en el Estado, predominando los tipos "cálidos húmedos con abundante lluvia en Verano" y los "cálidos sub-húmedos con lluvias en Verano". La temperatura oscila entre 26°C durante la primavera, 27°C durante el verano, en otoño es de 24°C y en invierno de 22°C aproximadamente, y se reporta una media anual de 28°C.

Posee tres temporadas climáticas a lo largo del año: secas de abril a junio, donde se presentan elevadas temperaturas y disminución de la precipitación; lluvias de julio a septiembre, donde tienen lugar los vientos alisios del hemisferio norte aumentando la precipitación pluvial y la temperatura; y vientos del Norte, llamados simplemente "nortes", de octubre a marzo, los cuales son masas de aire polar continental del norte de Canadá y Estados Unidos de Norte América, que al colisionar con las masas del aire cálido del Golfo de México ocasionan perturbaciones atmosféricas, que incrementan las precipitaciones y disminuyen la temperatura. La temperatura media anual de 21-28°C (INEGI, 2002).

4.3 Hidrografía

El Estado lo atraviesan 40 ríos que recorren un total de 1,118 km. Las grandes cuencas hidrológicas surgen de los ríos Coatzacoalcos, Papaloapan, La Antigua, Tuxpan y Pánuco. Todo estos escurrimientos convergen en el Golfo de México (INEGI, 2002). La zona de estudio tiene gran influencia de la desembocadura del río Jamapa, que se origina en el flanco oriental del Pico de Orizaba, se dirige al oriente para finalmente desembocar en la barra de Boca del Río. El río Jamapa está formado por dos corrientes muy importantes el río Cotaxtla y el río Jamapa, que fluye con rumbo hacia el Norte en terrenos planos cultivados, formando meandros y se desvía hacia el oriente a donde fluye con margen izquierda y derecha del río Moreno y la laguna de Mandinga Grande respectivamente (INEGI, 1999).

4.4 Circulación costera

La circulación costera, es influida por las puntas, salientes, islas y arrecifes, pero las observaciones son escasas. Frente a la bocana del puerto de Veracruz, la corriente se dirige hacia el norte mientras no entren vientos del norte ya que ante estos vientos fríos la corriente vira al sur, mientras que en agosto la corriente se dirige hacia el norte (Hernández-Rosario, 1982).

La corriente en marzo en El Salado (Punta Antón Lizardo, Ver.), es hacia el sur, sur-suroeste y suroeste, pero cambia bruscamente hacia el norte después de un frente frío. Vázquez de la Cerda (1981), observó que al sureste, en el canal entre Isla Verde y la Anegada de Adentro ($19^{\circ}12.5' N$ y $96^{\circ}03.7' O$), la velocidad de la corriente se incrementa de 10 a $65 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Un día después de un frente frío, la corriente disminuye y cambia hacia el noroeste. También menciona que este proceso se repite con el siguiente viento del norte, mientras que las corrientes entre isla de Sacrificio y la costa sigue un patrón diferente y no necesariamente son al sur con la presencia de vientos del norte.

4.5 Temperatura

La temperatura en el mar es el parámetro más importante, sirve para caracterizar cada masa de agua y la cantidad de energía que puede transferir al entorno. Los cambios de temperatura ocurren en la superficie. En la superficie de contacto aire-agua, hay transferencia de energía en forma de calor entre la atmósfera y el mar. En el clima tropical del Golfo de México, el aire suele estar unos grados más caliente que el mar entre abril y octubre y unos cuantos grados más frío que el mar entre noviembre y marzo. De esta manera, de abril a octubre se transfiere calor del aire al mar, y de noviembre a marzo el calor pasa del mar a la atmósfera.

4.6 Mareas

Las mareas, el ascenso y descenso del nivel del mar, son evidentes en la costa; este movimiento es causado por la atracción gravitatoria de la luna, en primer término y del sol en segundo. En el Golfo de México hay dos ascensos y dos descensos de la marea al día. Uno de cada uno de menor amplitud que el otro (Capurro, 1972). En las costas de Veracruz las mareas son esencialmente diurnas con una altura de 70 cm y un establecimiento del puerto¹ de 12 horas y 24 minutos, mientras que las semidiurnas son de 10 cm . Esta altura es el recorrido vertical que realiza la superficie del agua en la costa y pueden sumarse. En regiones someras pueden disminuirse o ampliarse por efecto de la cuenca por donde viaja la onda de marea.

¹) Establecimiento de puerto es la diferencia de tiempo entre el paso de la luna por el meridiano del lugar y la siguiente marea en ese lugar.

El periodo de la marea diurna Principal es de 12 h y 24 min., lo que equivale la mitad del día lunar (el tiempo que transcurre para que un observador en la tierra vea nuevamente la luna en el cenit, y de 24 h 48 min.). Esto significa que las sucesivas mareas altas están separadas por unas 12 h 24 min. Estas cifras son aproximadas, ya que existen variaciones generadas por la morfología de la costa (Sagarpa, INP, UV, 1996).

4.7 Oleaje

Normalmente el oleaje que llega a Veracruz es de poca energía o altura mínima, salvo en la época de frentes fríos (Nortes). La forma de la costa por encima y por debajo del nivel del agua esta determinada por el tipo de la costa, la amplitud de la marea y la atracción de las olas. La acción de las olas y la energía disipada sobre la costa son los principales factores que controlan su desarrollo. Más allá de zona de rompiente pueden desarrollarse corrientes costeras debidas a la acción de la marea y el viento. Corren en dirección paralela a la playa. Si la dirección del viaje de las olas rompen en la playa no es en ángulo recto; se forman corrientes en la zona de arrastre, que siguen los bancos y depresiones de bancos de arena de la playa. Después de recorrer una distancia variable (de varias docenas de cientos de metros), giran bruscamente en dirección al mar, formando corrientes de retorno. Su posición puede cambiar en cuestión de horas. Las corrientes de retorno producen canales en ángulo recto con la línea de la costa, que se extiende a profundidades de 5 m. Las corrientes costeras y de retorno avanzan a pulsaciones (ocurren, se debilitan, ocurren, y así sucesivamente) y su velocidad puede ser de más de 1 a 1.2 m·s⁻¹.

4.8 Transporte Litoral

El movimiento o transporte de sedimentos se conoce como transporte litoral, y es el responsable del azolve a los puertos, de la creación de los bancos de arena, de la formación de las pozas en la playa, y de la socavación de rompeolas. Las corrientes transportan partículas de arena, la consecuencia general es un transporte masivo de arena a lo largo de la costa, principalmente en la zona de rompientes, donde los sedimentos están suspendidos en la masa del agua por efecto del rompimiento de las olas. En la región de Veracruz, Ver., la obra de ampliación del puerto, ha generado que el flujo de arena hacia el sur quede interrumpido, por lo que la playa en la Isla del Amor (Boca del Río), probablemente esta erosionándose al no tener este abasto de arena. En playas cuyos sedimentos son del mismo tamaño, la inclinación será mayor donde haya más oleaje. Las playas de arena fina se forman en costas más protegidas, en bahías y ensenadas donde el viento no sopla hacia la costa como ocurre en las costas de Antón Lizardo. En invierno, debido al oleaje más intenso, la arena se desplaza desde el borde plano o berma de la marea alta hasta unos bancos de arena que se forman por debajo de la marea baja (en la playa sumergida), y también hasta un borde mas acentuado, tierra adentro. En verano, con el oleaje más suave, los bancos submareales son empujados hacia la playa.

V. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

5.1 La Calidad de agua

La evaluación de la calidad de agua permite detectar cambios en las características del recurso con el fin de evaluar patrones y tendencias de la contaminación (León, 1991). Cuando un ecosistema, rebasa su capacidad natural por reducir o absorber el impacto del exceso de energía, calor, residuos sólidos o líquidos, explotación de los recursos naturales o de transformación del medio, se dice que está contaminado (León, 1993). Sufre un cambio no deseado en las características físicas, químicas o biológicas por descargas de ciertos contaminantes. Esto trae como consecuencia efectos nocivos para los organismos y sus poblaciones, provocando perjuicios en la cadena trófica con daños persistentes y de destrucción (Sedeño, 1998).

El problema de la contaminación es múltiple y se presenta en formas muy diversas, con asociaciones y sinergismos difíciles de prever. Pero las principales secuelas biológicas resultan de sus efectos ecológicos. El deterioro de las aguas generalmente se debe a los contaminantes que en ella se vierten, y pueden ser materia en suspensión, materia orgánica biodegradable, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos.

5.2 Importancia de los parámetros sobre la evaluación de la Calidad de Agua

Uno de los principales objetivos para evaluar la calidad de los cuerpos de agua, es básicamente la selección de las variables a medir. La calidad de un sistema acuático muestra variaciones temporales y espaciales debido a factores internos y externos al cuerpo de agua (Chapman, 1999). Es por esto, que deben seleccionarse los parámetros que describan correctamente los fenómenos que puedan estar afectando directamente la calidad de agua y que a continuación se describen.

5.2.1 Temperatura

Los cuerpos de agua están sujetos a variaciones de temperaturas que se dan a través de las fluctuaciones normales del clima, generalmente es el resultado del incremento de la radiación en forma de energía calorífica. La temperatura en las aguas oceánicas depende de la estación anual, la hora del día, duración del flujo, la profundidad, la latitud, la altitud y las corrientes.

Es un factor determinante para evaluar la calidad de un cuerpo de agua, ya que influye directamente en los cambios físicos, químicos, así como la actividad biológica, como es el incrementar la solubilidad de los compuestos relativamente insolubles, disminuye la

solubilidad de los gases, modifica la viscosidad y la densidad, reduce la concentración de oxígeno disuelto e incrementa la velocidad de las reacciones químicas.

En México, la legislación ambiental en vigor, establece que las variaciones de temperatura para aguas de descarga no deben exceder del $\pm 10\%$ respecto a las condiciones normales del cuerpo receptor (UNAM-CONACyT-IMP, 1986).

5.2.2 Potencial de Hidrógeno

El pH es una variable del ambiente acuático importante, ya que influye en muchos procesos químicos y bioquímicos que se llevan a cabo. En aguas contaminadas el pH es controlado principalmente por el balance entre el dióxido de carbono y los iones carbonato y bicarbonato, así como también otros compuestos naturales como los ácidos fúlvicos y húmicos. El balance ácido-base natural de un cuerpo de agua puede ser afectado por la presencia de afluentes industriales, descargar municipales y deposición atmosféricas de sustancias formadoras de ácidos (Sedeño, 1998).

Dentro de las condiciones naturales la concentración normal del agua marina para pH varía de 7.5 a 8.5 (Chávez, 1975; Ross, 1980; En UNAM-CONACyT-IMP, 1986) y en México la legislación ambiental en vigor, establece como límite permisible en aguas costeras deberá estar ± 0.4 unidades de pH. El rango del potencial de hidrógeno está dado en general para todo tipo de aguas de 5 a 9, fuera del cual pocos organismos son capaces de adaptarse y sobrevivir.

La capacidad de amortiguamiento del sistema marino permite la conservación de este parámetro en niveles aceptables, pero es muy difícil precisar la capacidad de carga de un sistema acuático a los efluentes que contienen grandes concentraciones de ácido y/o bases, en valores tales que lo modifiquen drásticamente. Los cambios extremos en el pH favorecen la emulsificación de los aceites, incrementan la corrosión, precipitación y volatilización de gases y acentúan la toxicidad de otros contaminantes (SAGARPA-INP-UV, 1996).

5.2.3 Oxígeno disuelto

La presencia de oxígeno disuelto es uno de los indicadores más significativos sobre la salud de un cuerpo de agua. Es esencial en todas sus formas para la vida acuática, incluyendo en aquellos organismos responsables del proceso de autopurificación en aguas naturales. En los cuerpos de agua, la concentración presente del oxígeno disuelto es resultado de la producción del fitoplancton, al mismo tiempo influyendo en ella factores, como son los movimientos de marea, vientos locales, oleaje, precipitación pluvial, drenaje continental, descargas de aguas negras y fluviales (Bromwer y Zar, 1980; En SAGARPA-INP-UV, 1996).

El contenido de oxígeno también puede variar con la temperatura, la salinidad, la turbulencia, así como la presión atmosférica; esta última relacionada también con la altitud del cuerpo de agua sobre el nivel del mar, la solubilidad del oxígeno decrece con el incremento de la temperatura y la salinidad. La mayoría de las condiciones críticas relacionadas con la deficiencia de oxígeno ocurren durante los meses de verano cuando la temperatura es alta y la solubilidad del oxígeno está en el mínimo (Cuadro 1).

Cuando se descargan aguas residuales con alto contenido de materia orgánica y nutrientes, se produce un decremento en las concentraciones del oxígeno disuelto, como resultado del aumento en la actividad microbiana, durante la degradación. Concentraciones por debajo de $5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, pueden afectar adversamente el funcionamiento y el sobrevivir de las comunidades biológicas y menos de $2 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ consigue eliminar a la mayoría de los peces (Chapman, 1999).

Cuadro 1. Solubilidad del oxígeno disuelto en relación con la temperatura y salinidad del agua de mar (Vázquez de la Cerda, 2004).

TEMPERATURA °C	SALINIDAD				
	0 per mil	10 per mil	20 per mil	30 per mil	40 per mil
0.0	14.7	13.7	13.0	12.2	11.3
2.5	13.8	12.95	12.2	11.35	10.6
5.0	12.8	12.1	11.4	10.7	9.25
7.5	12.1	11.5	10.8	10.2	9.45
10.0	11.4	10.75	10.2	9.6	8.9
12.5	10.8	10.2	9.6	9.2	8.45
15.0	10.2	9.6	9.15	8.7	8.0
17.5	9.7	9.1	8.7	8.3	7.7
20.0	9.2	8.65	8.35	7.9	7.35
22.5	8.7	8.3	7.9	7.5	7.0
25.0	8.4	7.95	7.5	7.3	6.7
27.5	8.0	7.6	7.35	6.85	6.4
30.0	7.6	7.4	7.0	6.5	6.2

En México, la legislación ambiental en vigor, establece como límite para concentración de oxígeno disuelto en aguas costeras, que no deberá ser menor de $5.0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$. Donde la concentración mínima para mantener una buena variedad de vida acuática es de 5 a $7 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ en aguas limnéticas, y un mínimo de $5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ para aguas costeras u oceánicas y $4 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ para estuarios.

5.2.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno es una medida de la cantidad del oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias, y en un periodo de 5 días a 20°C . La putrefacción de la materia orgánica en el agua produce una disminución de la cantidad de oxígeno y causa graves daños a la flora y fauna acuática, pero desaparece al término del proceso de putrefacción.

La cantidad de materia orgánica presente en un sistema hidrológico contribuye a su eutroficación (Guthrie y Perry, 1980; En UV-SECMAR-INE, 1996), por lo cual, la medición de la DBO₅ es un índice adecuado de contaminación orgánica; representa la concentración del oxígeno que se requiere para la completa descomposición de la materia orgánica, por medio de la actividad bacteriana. Los factores que influyen en dicho parámetro son el contenido de materia orgánica presente y la temperatura (EPA, 1993).

El agua potable tiene una DBO₅ de 0.75 a $1.5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ y se considera que el agua está contaminada si la DBO₅ es mayor de $5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$. Las aguas negras municipales contienen entre 100 y $400 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, pero los desechos industriales y los agrícolas contienen niveles de DBO₅ elevados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores típicos de Demanda Bioquímica de Oxígeno para aguas de diferente calidad (EPA, 1993).

TIPO DE AGUA	DBO ₅ ($\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$)
Agua potable	0.75 a 1.5
Agua poco contaminada	5 a 50
Agua potable negra municipal	100 a 400
Residuos industriales	5 00 a 10 000

5.2.5 Coliformes fecales

Los organismos son indicadores biológicos que muestran el grado de desequilibrio ocasionado por la instrucción de contaminantes en los sistemas hidrológicos. Para determinar la contaminación por patógenos se deberá tomar como indicador a los coliformes fecales. Este grupo define en general a todos aquellos bacilos cortos Gram negativos, aeróbicos o anaerobios facultativos que fermentan la lactosa con producción de gas en 48 horas a 35°C. Circunstancialmente son indicadores de contaminación biológica pero no necesariamente de origen fecal, sin embargo cuando se detecta la presencia de este grupo en agua, se debe realizar por seguridad, la prueba confirmativa para detectar la presencia de coliformes fecales, los cuales si son indicadores de contaminación fecal (Sedeño, 1998).

El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 mL para el promedio mensual y diario, respectivamente.

La presencia de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Casi la totalidad de microorganismos patógenos son de origen humano y se descargan al mar, principalmente aguas residuales domésticas e industriales. Estos microorganismos dispersados en la superficie del mar, terminan introduciéndose en los ciclos vitales y/o tróficos de los organismos acuáticos, provocando en ocasiones que el producto de la pesca no puede consumirse sin el peligro de causar enfermedades infecciosas como fiebre tifoidea, paratifoidea, cólera, diarreas, disentería-bacilar, etc. (Guthrie y Perry, 1980 En: UV-SECMAR-INE, 1996).

Para la Comisión de Comunidades Europeas, los requerimientos para la calidad bacteriológica en aguas recreacionales son como sigue: para coliformes totales el valor guía es de 500 en 100 mL (80%) y 2,000 en 100 mL (95%) respectivamente, y de 200 en 100 mL para bacterias coliformes fecales y 1,000 en 100 mL para bacterias coliformes totales (SAGARPA-INP-UV, 1996).

5.2.6 Amonio (NH₄)

Se considera como nitrógeno amoniacal a la suma de la fracción ionizada y no ionizada. El amoniaco no ionizado (NH₃) es tóxico para los peces, en caso contrario del amonio ionizado (NH₄⁺). El amonio es la forma preferida para la asimilación de nitrógeno por el fitoplancton y es el compuesto que aparece primero en los procesos de metabolismo y descomposición de los organismos, por lo que es considerado como un índice de actividad biológica y como índice de contaminación (Sedeño, 1998).

El amonio en la columna de agua proviene de varias fuentes, como son: la atmósfera la descomposición del protoplasma y la materia orgánica nitrogenada, la excreción del zooplancton, la reducción de nitratos (NO_3), nitritos (NO_2) y otros componentes inorgánicos nitrogenados. La existencia de altas concentraciones de amoniaco es un índice de la presencia de descargas de aguas e industriales.

Los valores reportados por Sverdrup et al (En UV-SECMAR-INE, 1996), oscilan entre 0.35 a $3.5 \mu\text{g}\cdot\text{atoms}\cdot\text{L}^{-1}$ para aguas oceánicas.

5.2.7 Nitratos (NO_3)

El nitrato representa la fase más altamente oxidada en el ciclo del nitrógeno y alcanza normalmente concentraciones importantes en las etapas finales de la oxidación biológica. Es un nutriente esencial para muchos microorganismos autótrofos fotosintéticos y en algunos casos ha sido identificado como nutriente limitante del crecimiento. Es la forma de nitrógeno más abundante en el mar, los valores bajos ocurren en cerca de superficie y los más altos se encuentran en las zonas profundas (Chávez, 1975; En UNAM-CONACyT-IMP, 1986).

El nitrógeno es absorbido por el fitoplancton en forma de nitratos y puede ser bioquímicamente reducido a nitrito por los procesos de desnitrificación que usualmente se presenta en condiciones anaerobias. Las fuentes naturales de nitrato en aguas superficiales son las rocas ígneas, el nitrógeno que se drena a partir del suelo en la cuenca de captación y el que proviene de residuos animales y vegetales. De igual manera, los nitratos pueden estar presentes a causa del agua de lluvia, la oxidación bacteriana y otros aportes de materia orgánica de diversa naturaleza, incluyendo las descargas de aguas negras, industriales, etc. (Bustani, 1998).

Otra fuente importante de incorporación de nitratos en el agua son los desechos de animales de granja, que llegan a esta a través del drenaje continental o en descargas directas. El rango de $\text{NO}_3\text{-N}$ para aguas oceánicas, reportado por Sverdrup *et al.* (En: UV-SECMAR-INE, 1996) vá de 0.1 a $43 \mu\text{g}\cdot\text{atoms}\cdot\text{L}^{-1}$.

Debido a las influencias de las actividades antropogénicas, las aguas superficiales normalmente pueden contener concentraciones de más de $5 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Concentraciones de $5 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, usualmente indican contaminación por residuos humanos o animales, así como contaminación por aguas de retorno agrícola que recogen los lixiviados de fertilizantes.

5.2.8 Nitritos (NO_2)

Los nitritos son considerados como una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno, puede estar presente en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales proteicos. Raras veces aparecen concentraciones mayores a $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, aún en efluentes de plantas de tratamiento municipales, su concentración en aguas superficiales es normalmente más baja de $0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Los nitritos proceden básicamente de la actividad bacteriana, de la reducción de los nitratos y de la oxidación del amonio, por lo que si se presenta en un sistema acuático altas concentraciones conjuntas de nitritos y de amonio probablemente se trate de un ecosistema estresado o contaminado. El nitrógeno en forma de nitritos es un estado intermedio para fijación y el reciclamiento de este elemento en el agua.

El intervalo de NO_2 reportado para aguas oceánicas es de 0.01 a $3.5 \mu\text{g-atoms}\cdot\text{L}^{-1}$ (Sverdrup et al; En: UV-SECMAR-INE, 1996).

5.2.9 Ortofosfatos (PO_4)

Los fertilizantes agrícolas contienen grandes cantidades de minerales; de los cuales los nitratos y los fosfatos son los que intervienen más activamente en el incremento de la contaminación de las aguas. El fósforo se encuentra en aguas naturales y en diferentes formas de fosfatos en aguas residuales. Los ortofosfatos son la forma asimilable del fósforo para los autótrofos. Los ortofosfatos son utilizados como fertilizantes en los cultivos agrícolas y son transportados a los cauces de aguas superficiales como resultado de los fenómenos fluviales. Los fosfatos se forman principalmente por procesos biológicos, donde el fósforo es esencial para el crecimiento de organismos y es nutriente limitante en la productividad primaria de un cuerpo de agua.

Los ortofosfatos se encuentran presentes en aguas oceánicas superficiales, en concentraciones de 0 a $0.3 \mu\text{g-atoms}\cdot\text{L}^{-1}$. En aguas de desecho se encuentran en altas concentraciones (Sverdrup et al; En: UV-SECMAR-INE, 1996).

5.2.10 Salinidad

Las aguas oceánicas oscilan entre 34 y 38 *per mil* y representa la cantidad de gramos de sales disueltas en un kilogramo de agua de mar. La concentración de la salinidad varía a lo largo de la costa debido a la influencia de las corrientes marinas, lluvias torrenciales y los vientos que propician la difusión de las sales.

La salinidad es una de las propiedades más importantes del agua de mar, varía la alcalinidad total y esta en función de la precipitación o disolución del carbonato, afecta también al bióxido de carbono total por la evaporación o precipitación y la formación de partículas de sodio. La salinidad disminuye cuando hay precipitación pluvial, circulación de aguas, influjo de agua dulce por descargas o de alguna fuente natural como son los ríos.

Los organismos acuáticos, en especial los oceánicos son sensibles a los cambios de salinidad, estos se encuentran en un medio isotónico con respecto a su cuerpo, variaciones de este factor ocasionan alteraciones en el sistema fisiológico de los organismos.

5.2.11 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Se considera como sólidos suspendidos a todo material sólido no soluble en el medio líquido que los contiene y permanece en suspensión en el mismo, debido a factores tales como densidad, características coloidales y dinámica del medio líquido. Los sólidos pueden ser de tipo orgánico e inorgánico. El material suspendido puede originarse de detritos acarreados por ríos, precipitaciones atmosféricas, actividades biológicas, reacciones químicas y resuspensión del fondo por efectos de corrientes, tormentas y operaciones de dragado. Los efectos que producen los sólidos están en función de la concentración y características fisicoquímicas tales como tamaño de partículas, densidad, composición química, así como las características especiales del lugar.

Se relacionan directamente con la turbidez del agua, ya que en elevadas concentraciones inhiben la penetración de la luz solar, y por consecuencia, la fotosíntesis de la flora acuática. Pueden ocasionar la muerte de los peces por obstrucción de vías respiratorias, o la de los organismos bentónicos a causa de obstrucción de hábitad y/o asfixia. Los sólidos suspendidos son desechados por gran cantidad de industrias como del acero, procesadoras de alimento, la química, la papelera, la azucarera, etc.

En países como los EUA, aguas que contienen de 10 a 100 mg·L⁻¹ de sólidos totales son adecuadas para uso doméstico y para muchos procesos industriales. Para aguas de uso recreativo como natación, el intervalo aceptable va de 50 a 100 mg·L⁻¹ y para el desarrollo de la vida acuática; de 10 a 50 mg·L⁻¹ para peces, de 10 a 100 mg·L⁻¹ en cultivos de crustáceos, peces y moluscos (SAGARPA-INP-UV, 2002).

En descargas domesticas se han registrado hasta $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de sólidos suspendidos en cargas densas (Babbit y Bawmann, 1958 En: Van Der Leeden *et al.*, 1990). En descargas relacionadas con la industria petrolera las concentraciones de sólidos suspendidos tienen un límite superior común de hasta $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en aguas costeras, los valores usuales van de 45 a $55 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, con un límite superior de $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

5.3 Criterios Específicos de Calidad del Agua

La calidad de agua se determina a través de algunas de las propiedades químicas, físicas y biológicas que esta presenta y con las cuales se evalúa su aceptabilidad (Cuadro 3). Esta aceptabilidad se interpreta a través de valores para cada propiedad, las cuales no pueden exceder un límite determinado, por encima del cual pueden causar daños al consumirla o realizar en ellas actividades que involucren contacto primario (Campbell, 1980 En: UV-SECMAR-INE, 1986).

Cuadro 3. Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo al tipo de uso (CNA, 1989).

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE	
	DE ACUERDO A SU USO	
	Recreativo con contacto primario	Protección de la vida acuática
pH	6-9 unidades de pH	6-9 unidades de pH
Temperatura	*C.N. $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$	*C.N. $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
Coliformes fecales	$500 \text{ NMP}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$	$200 \text{ NMP}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$
Sólidos Susp. Tot.	$20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$
Oxígeno disuelto**	$> 4.0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$	$> 5.0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$
DBO ₅	$< 20 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$	$< 30 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$
Salinidad	25 - 35 <i>per mil</i>	25 - 35 <i>per mil</i>
Nitratos	$5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$0.04 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$
Nitritos	$0.05 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$0.002 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$
Amonio	$0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$0.01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$
Ortofosfatos	$0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$0.002 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

*C.N. condiciones naturales. ** Limite mínimo permisible.

La calidad ecológica de un agua costera es aquella que, al introducir un contaminante al ecosistema evalúa, además de los posibles daños a la salud humana, los efectos que causa dicho contaminante sobre todos los componentes del ecosistema costero, incluyendo especies de importancia comercial y no comercial. Para determinar la calidad del agua de una zona costera es necesario emplear indicadores adecuados. Un indicador es aquella variable química, física o microbiológica que pueda usarse como índice para determinar algún probable riesgo para la salud humana, cuando el hombre emplea el medio marino con una zona de recreo.

El indicador debe reunir las siguientes características:

- Que sus valores de importancia puedan correlacionarse con daños a la salud de los bañistas, asociados con algún tipo de contaminación de las zonas costeras.
- Deberá estar estrecha y constantemente asociado con la fuente del organismo patógeno o de la sustancia toxica.
- Estará presente en suficiente cantidad como proporcionar exactitud en la concentración estimada.
- Presentara resistencia a desinfectantes y/o al estrés provocado por el medio marino, lo cual incluye la acción de ciertas sustancias depositadas y una mayor resistencia a depredadores.
- Podrá cuantificarse en las aguas de uso recreativo por medio de métodos fáciles de desarrollar, de bajo costo y cumpliendo con los límites de exactitud, precisión y especificidad requeridos.
- Tendrá una tasa de sobre vivencia o tiempo de residencia adecuados para permitir que se realice el estudio en las aguas costeras contaminadas.

El criterio es la información científica requerida para tratar de definir el uso de alguna parte del ecosistema marino. En el que debe basarse una decisión o juicio que considere si la salud humana es afectada en forma directa o indirecta, cuando se utilice el ecosistema.

Es una relación cuantificable entre el valor de importancia de algún indicador de la calidad humana y el daño probable que ocasionara en las zonas costeras. Una norma guía se deriva del criterio y establece un valor límite para el uso de un indicador o contaminante, fuera el cual, puede provocar daño a la salud humana siendo su presencia y/o inaceptable, en le ecosistema marino. Un estándar también se deriva del criterio y es una norma guía fijada en una ley. Es establecido por una autoridad de salud o de ordenamiento ecológica ambiental en alguno de los tres niveles o de gobierno (federal, estatal o municipal), responsable de prevenir la contaminación de la zona costera.

Actualmente en México no se cuenta con valores de referencia de calidad del agua con carácter legal, para evaluar el estado del ambiente en zonas costeras, pero existen antecedentes de la normatividad en los cuales se consideraba la calidad del agua de acuerdo a sus usos.

Los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua establecidos por el Diario oficial en 1989, determinan los siguientes usos:

- Fuente de abastecimiento de agua potable,
- Actividades recreativas con contacto primario.
- Protección de la vida acuática, evitar el peligro de la Bioacumulación.
- Riego agrícola.
- Uso pecuario.
- Acuicultura.
- Desarrollo y conservación de la vida acuática.

Especificando los siguientes tipos de calidad:

- La calidad mínima requerida es la comparación con la calidad real de los cuerpos de agua.
- La calidad para la protección de la vida de los organismos en aguas marinas es el grado de calidad del agua requerido para mantener las interacciones e interrelaciones de los organismos vivos, de acuerdo al equilibrio natural de los ecosistemas de agua marina.

- La calidad para uso en la acuicultura es el grado y calidad de agua requerido para las prácticas acuiculturales, que garantiza el óptimo crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas, así como para proteger su calidad para el consumo humano.
- La calidad para uso recreativo con contacto primario es el grado del agua, requerido para ser utilizada en actividades de esparcimiento, que garantiza la protección de la salud humana por contacto directo.

Se han establecido categorías de acuerdo a los usos de las Aguas señalado por la SEDUE en 1973. Para cuerpos receptores superficiales, se especifican:

- Abastecimiento para sistemas de agua potable a industria alimenticia con desinfección únicamente.
- Recreación (contacto primario).
- Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración y desinfección) e industrial.
- Para uso recreativo.
- Conservación de flora, fauna y usos industriales.
- Para uso agrícola industrial.
- Para uso industrial (excepto procesamiento de alimentos).

Para estuarios:

- Explotación de moluscos para consumo directo y todos los demás usos.
- Recreación (contacto primario).
- Explotación pesquera y otros.
- Navegación y otros.

Para zonas costeras:

- Áreas para la acuicultura para consumo directo y todos los demás usos.
- Recreación (contacto primario) y otros.
- Recreación (sin contacto primario) y otros.
- Explotación pesquera de especies de escama y otros.

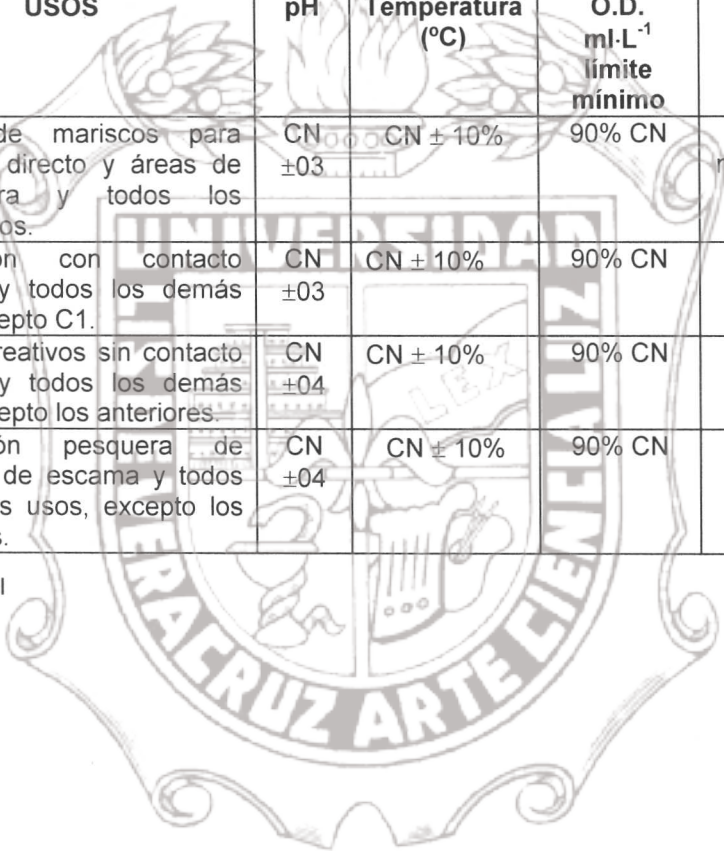
El Reglamento para la Prevención y Control de la contaminación de las aguas mexicanas, publicado en el Diario Oficial de la Federación en 1973 por SEDUE, establece los límites permisibles para aguas costeras en función de sus usos y características de calidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación de las aguas costeras en función de sus usos y características de calidad (SEDUE, 1973).

CLASE	USOS	pH	Temperatura (°C)	O.D. ml·L ⁻¹ límite mínimo	Bacterias Coliformes NMP 100 mL ⁻¹	Materia flotante
C1	Cultivo de mariscos para consumo directo y áreas de acuacultura y todos los demás usos.	CN ±03	CN ± 10%	90% CN	La conc. media deberá ser 70	Ausente
C2	Recreación con contacto primario y todos los demás usos, excepto C1.	CN ±03	CN + 10%	90% CN	Menor que 1000	Ausente
C3	Usos recreativos sin contacto primario y todos los demás usos, excepto los anteriores.	CN ±04	CN ± 10%	90% CN	Menor que 2000	Ausente
C4	Explotación pesquera de especies de escama y todos los demás usos, excepto los anteriores.	CN ±04	CN ± 10%	90% CN	La conc. Media mensual es 10,000	Ausente

CN: Condición Natural

Instituto de Ingeniería
 Universidad Veracruzana



5.4 Sistema de manejo de la contaminación

La aplicación de un sistema de manejo de la contaminación en los ecosistemas acuáticos, debe tener en consideración los siguientes aspectos:

- Destino de contaminante. Depende de los procesos meteorológicos y oceanográficos que tienden a modificar la concentración presente del contaminante en espacio-tiempo.
- Efecto ecológico. Efectos del contaminante en los organismos marinos.
- Impacto económico. Relacionado con los niveles del contaminante presentes en los sistemas (si un derrame incide sobre playas recreacionales, si afecta capturas comerciales, etc.).
- Políticas gubernamentales asociadas. Dadas en función de los tres factores anteriores.

Las ventajas de este enfoque son:

- La capacidad de fijar metas basadas en las necesidades del sistema global.
- El desarrollo de modelos cuyos componentes representen adecuadamente las variables espacio-tiempo y la vinculación de los elementos del sistema.
- Aplicación de términos críticos (control y vigilancia) en referencia al sistema total.
- Mostrar a los oceanógrafos, biólogos, ecólogos, economistas y legisladores como su tarea se ajusta (se aboca adecuadamente) dentro de un sistema de manejo general de contaminación marina.
- Es una visualización holística.

La evaluación de la contaminación marina debe incidir en las zonas costeras, en donde se realizan principalmente las actividades antropogénicas que afectan a los sistemas hidrológicos.

VI. HIPÓTESIS

6.1 Hipótesis

Las descargas de aguas residuales provocan alteración física, química y biológica en un ecosistema marino, e influyen directamente sobre su calidad, provocando efectos adversos en el ambiente. La Calidad de Agua puede determinarse a partir de la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos específicos, consiguiendo reflejar la situación actual de las aguas costeras. De esta manera, al determinar distintos parámetros en varias estaciones de muestreo, a lo largo de la zona costera desde Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo, Ver., permitirá exponer la calidad del agua de mar de diciembre del 2002 a septiembre del 2003.

VII. OBJETIVOS

7.1 Objetivo General

- Evaluar la calidad del agua del ecosistema marino de las costas comprendidas entre Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo, Ver. con la finalidad de identificar las áreas que presentan condiciones de contaminación, así como determinar los niveles que alcanzan durante el periodo diciembre del 2002 a septiembre del 2003.

7.2 Objetivos Específicos

- Evaluar mediante el análisis de 10 parámetros fisicoquímicos y un microbiológico la calidad del agua marina.
- Evaluar las variaciones más frecuentes de cada parámetro en 18 estaciones de muestreo en relación a los cambios climatológicos.
- Establecer estrategias que permitan mitigar el problema de la contaminación por descargas de aguas sin tratamiento previo.
- Determinar los puntos y áreas que requieren evaluación a lo largo del tiempo, para establecer una red de monitoreo.

VIII. METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolló empleando una base de datos disponibles de la información brindada por las autoridades de la Secretaría de Marina del Instituto Oceanográfico del Golfo y Mar Caribe, sobre la Carta Nacional. Para efectos de este estudio se establecieron 18 zonas de muestreo distribuidas en las costas del puerto de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo.

Los muestreos se realizaron mensualmente de diciembre del 2002 a septiembre del 2003. Si bien, el estudio sólo reportó 10 meses del muestreo, se consigue representar las principales épocas climáticas prevaletientes durante un ciclo anual, para la Región de Veracruz, Ver. No obstante, algunos autores describen similares criterios en los meses correspondientes a las época climáticas, sin embargo, para este caso se consideraron los propuestos por Matheus y Barreiro (1992); Fariás-Sánchez (1999).

8.1 Estaciones de muestreo

Las 18 estaciones de muestreo, se establecieron de acuerdo a la gran influencia de las descargas de aguas residuales y al considerar la salida de las plantas de tratamiento. Para el puerto de Veracruz se puntualizaron 4, dos frente a la planta de tratamiento Playa Norte y dos cercanas a la Dársena Portuaria. Para la franja costera de Boca del Río, se señalaron 6 estaciones, que se encuentran cercanas a la zona hotelera, y por la influencia considerable en épocas vacacionales.

Además se indicaron 4 estaciones más, en la salida del Río Jamapa, por su interacción que tiene con el mar, y considerando estar próximas a la planta de tratamiento de Boca del Río. En el caso de Antón Lizardo, se especificaron 4 estaciones de muestreo frente a la Heroica Escuela Naval. Las coordenadas geográficas y referencias continentales de cada zona se indican en el Cuadro 5; y en la figura 1, se muestra la distribución espacial de las estaciones.

Cuadro 5. Coordenadas de las 18 estaciones de muestreo, especificando la referencia sobre la zona costera Veracruz- Boca del Río.

No. ESTACIÓN	COORDENADAS		REFERENCIA
	LATITUD N	LONGITUD O	
1	19°12'22"	96°08'03"	Dársena Portuaria
2	19°12'52"	96°08'55"	Planta de Tratamiento de Playa Norte
3	19°13'07"	96°08'17"	Emisor Submarino
4	19°12'10"	96°07'08"	Faro Dársena
5	19°10'34"	96°05'49"	Isla de Sacrificios
6	19°10'20"	96°06'50"	Frente al Hotel Lois
7	19°09'54"	96°06'50"	Frente al Fiesta Inn
8	19°10'06"	96°06'07"	Frente al Fiesta Inn II
9	19°09'39"	96°05'49"	Frente al Fiesta Americana I
10	19°09'52"	96°05'32'	Frente al Fiesta Americana II
11	19°07'05"	96°06'04"	Infonavit El Morro
12	19°07'13"	96°05'46"	Infonavit El Morro II
13	19°06'09"	96°05'50"	Bocana Boca del Río
14	19°06'03"	96°06'03"	Planta de Tratamiento Boca del Río
15	19°09'44"	95°59'57"	El Jiote
16	19°04'06"	96°00'00"	Arrecife del Jiote
17	19°04'15"	95°58'50"	Boya Heroica Escuela Naval M.
18	19°04'53"	96°58'50"	Muelle Heroica Escuela Naval M.

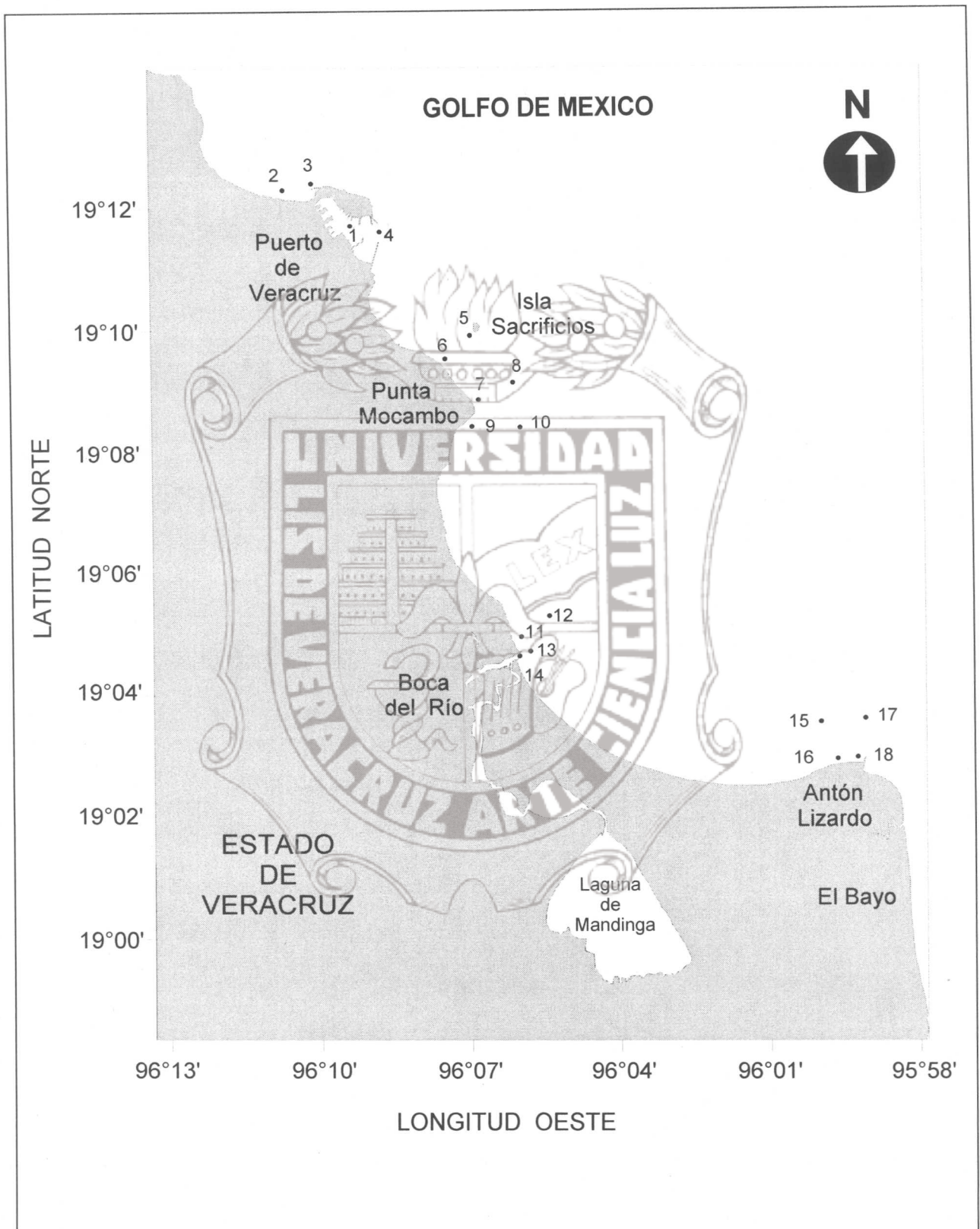


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de muestreo de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo, Ver.

8.2 Muestreo

Los muestreos se realizaron en una embarcación con motor fuera de borda. Para la identificación de las zonas se utilizó un geoposicionador satelital (GPS) marca Garmin. Este se realizó mensualmente, realizando la toma a 50 cm del nivel superficial. De manera práctica se procedió a realizar los muestreos de Norte a Sur.

Las muestras de agua se colectaron con una botella Niskin Marca InterOcean por una banda de la embarcación. Para oxígeno disuelto, se utilizaron botellas de DBO₅ de 300 mL, y se fijaron con 1 mL de yoduro álcali azida y 1 mL de sulfato manganoso. Para los análisis microbiológicos se emplearon botellas estériles de 250 mL. En botes de plástico se procedió a recolectar 2 Lt de agua para las demás determinaciones.

Se midieron el pH, la salinidad y la temperatura *in situ*. El pH se evaluó con un potenciómetro portátil Mca. Oakton, la salinidad con un refractómetro portátil marca Atago y la temperatura con un termómetro de campo marca Brannan. Las muestras fueron conservadas en neveras a 5°C y transportadas hasta el Instituto Oceanográfico.

8.3 Análisis de Agua

Se evaluaron 10 parámetros fisicoquímicos y un microbiológico basados en las normas oficiales mexicanas que se especifican en el Cuadro 6. Para determinar la calidad del agua, los datos obtenidos serán comparados con los límites máximos permitidos señalados por los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA-001/89 (Diario Oficial, 1989), para uso Recreativo con Contacto Primario y Protección de Vida Acuática y la NOM-001-ECOL-1996, publicada el 13 de diciembre de 1996.

Cuadro 6. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos utilizados para la evaluación de la calidad de la zona costera.

PARÁMETRO	UNIDADES DE MEDICIÓN	METODO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	4500-H Método potenciométrico. descrito por APHA-AWWA-WPCR, 1994.
Temperatura (T°)	°C	Método visual con termómetro. 2550-A, descrito por APHA-AWWA-WPCR, 1994.
Oxígeno Disuelto (O.D.)	ml·L ⁻¹	Método de Winkler modificado (Strickland y Parsons, 1972)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	ml·L ⁻¹	5210 Método de incubación, 20°C. mediante la técnica descrita en SEDUE, 1973
Coliformes Fecales (C.F.)	NMP·100 mL ⁻¹	El método del número más probable (NMP-SEDUE, 1973. NOM-AA-42), empleando series de 3 tubos.
Nitratos (NO ₃)	mg·L ⁻¹	Método de reducción en columna de cadmio, cuantificándolo por el método espectrofotométrico de Strickland y Parsons (1972) y Pearson, et al., (1983)
Nitritos (NO ₂)	mg·L ⁻¹	El método espectrofotométrico de Strickland y Parsons (1972) y Parsons, et al., (1989) basados en la reacción de Griess.
Amonio (NH ₄)	mg·L ⁻¹	El método descrito por Strickland y Parsons (1972), sugerido por Solórzano (1969) y Parsons, et al., (1989)
Ortofosfatos (PO ₄)	mg·L ⁻¹	El método del ácido ascórbico sugerido por Riley et al., 1978, descrito por Strickland y Parsons, 1972; Pearson, 1983, En UV-SECMAR-INE, 1996.
Salinidad (S)	per mil	Método visual con salinómetro.
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg·L ⁻¹	El método de la membrana "Millipore" según SEDUE, 1985. (NOM-AA-34) descrito por APHA-AWWA-WPCR, 1994.

8.4 Análisis estadísticos

Para la apreciación de los resultados, se clasificaron de acuerdo a las épocas del año, según Matheus y Barreiro (1992) y Fariás-Sánchez, (1999). Estos se reportaron gráficamente el programa Golden Surfer Versión 7.0. A los resultados obtenidos se les determinaron desviación estándar, medias estándar y la varianza, así como se identificaron los valores máximos y mínimos reportados durante este tiempo.

IX. RESULTADOS

La compilación de las fuentes puntuales y no puntuales de contaminación en zonas costeras, mediante una evaluación realizada por los datos obtenidos a través de los 10 meses de muestreo, determinó la calidad del agua de la zona costera comprendida de Veracruz- Boca del Río y Antón Lizardo, Ver. De los 180 datos obtenidos por cada uno de los once parámetros, y fueron observados de acuerdo a las épocas del año, para así permitir su mejor interpretación.

9.1 Temperatura (T°C)

La variación de la temperatura está sujeta a la hora del día, en parte, a las fluctuaciones de marea y a las corrientes marinas. Cuando la temperatura varía, se origina que se modifiquen muchos de los procesos físicos, químicos y biológicos. La temperatura superficial del agua de mar registrada durante el tiempo de muestreo, fue con una mínima de 22°C y una máxima de 32°C, correspondiente a las épocas del año. Durante la época invernal se observó una media de 23.73°C y una desviación estándar de 0.40; en la época de estiaje, la media fue de 24°C, con una desviación de 0.35. A diferencia de la época de lluvias, los valores ascendieron a 29.37°C, con una desviación estándar de 0.56, presentado durante el verano. En esta época se reportaron en su mayoría valores hasta 31°C.

El Cuadro 7, muestra los datos estadísticos por estación y el Cuadro 8 el registro de los valores de temperatura. La figura 2, representa la temperatura por cada zona de muestreo, donde las variaciones en la época invernal pueden estar influenciadas por el viento en la temporada de nortes. Mientras que en la época de estiaje, se observa la temperatura ligeramente homogénea, en donde los valores se mantuvieron entre 23°C y 25°C. En la época de lluvias se observa la influencia de las descargas del río Jamapa, alcanzando valores hasta 32°C, y observando una temperatura atmosférica de 35°C. La figura 3, representa el comportamiento espacial de la temperatura.

Cuadro 7. Comportamiento estadístico de la temperatura por estación climática.

TEMPERATURA (°C)			
ESTACIÓN	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	23.73	23.99	29.37
DESV. STD	0.40	0.35	0.56
VARIANZA	0.16	0.12	0.31
MAXIMO	24.67	24.50	30.20
MINIMO	23.00	23.25	28.40

Cuadro 8. Valores registrados de temperatura de diciembre del 2002 al octubre del 2003.

ESTACIÓN	TEMPERATURA (°C)									
	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	24.00	23.00	24.00	24.00	24.00	29.00	30.00	31.00	30.00	31.00
E-2	24.00	23.00	24.00	24.00	24.00	26.00	30.00	30.00	28.00	29.00
E-3	23.00	24.50	24.00	24.00	25.00	29.00	29.50	29.50	28.00	29.00
E-4	24.00	22.00	24.00	24.00	24.00	29.00	29.50	31.00	29.00	29.00
E-5	24.00	23.00	23.00	23.00	24.00	28.00	29.00	29.00	31.00	31.00
E-6	24.00	23.00	24.00	24.00	25.00	28.00	30.00	30.00	31.00	31.00
E-7	24.00	22.00	24.00	24.00	23.00	26.00	30.00	30.00	30.00	30.00
E-8	23.50	22.00	23.50	23.50	23.00	26.00	30.00	30.00	31.00	30.00
E-9	24.50	23.00	24.00	24.00	24.00	27.00	30.00	30.00	31.00	31.00
E-10	24.00	23.00	23.50	23.50	24.00	27.00	31.00	30.00	31.00	31.00
E-11	24.00	23.00	24.00	24.00	25.00	27.00	30.00	30.00	31.00	31.00
E-12	25.00	22.00	24.00	24.00	24.00	28.00	30.00	30.00	31.00	31.00
E-13	25.00	25.00	24.00	24.00	24.00	27.00	30.00	27.00	29.00	29.00
E-14	26.00	23.00	24.00	24.00	24.00	28.00	29.00	28.00	29.00	29.00
E-15	27.00	22.00	24.00	24.00	24.00	26.00	30.00	30.00	29.00	29.00
E-16	25.00	22.00	24.00	24.00	24.00	26.00	30.00	30.00	29.00	29.00
E-17	25.00	23.00	24.00	24.00	24.00	27.00	30.00	32.00	29.00	29.00
E-18	24.00	22.00	25.00	25.00	24.00	28.00	30.00	32.00	29.00	29.00

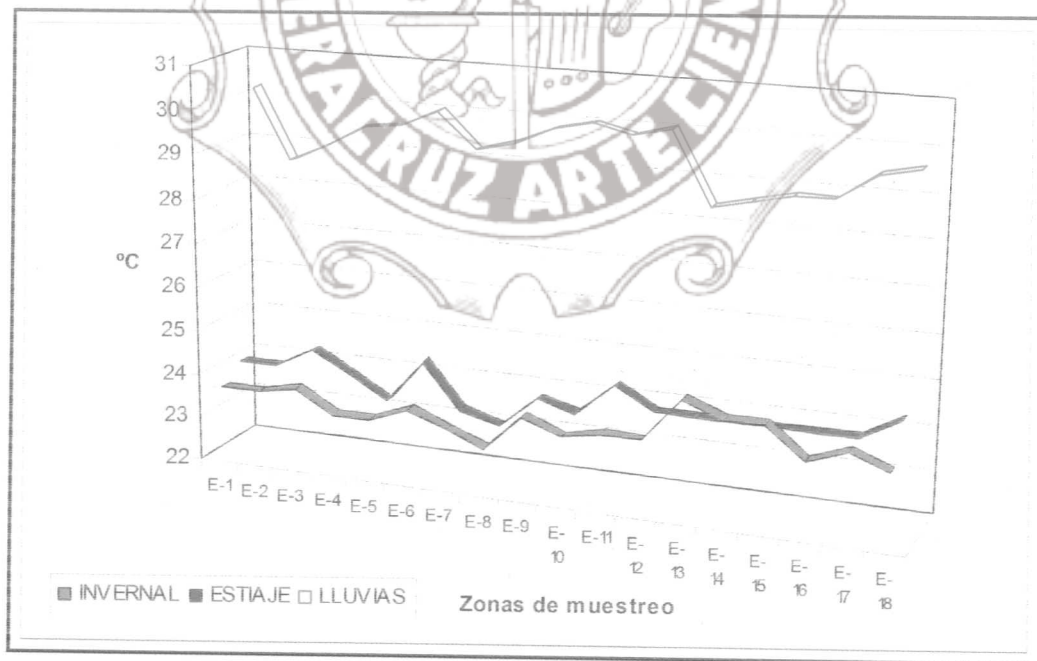


Figura 2. Comportamiento de la temperatura por época climática y estaciones de muestreo.

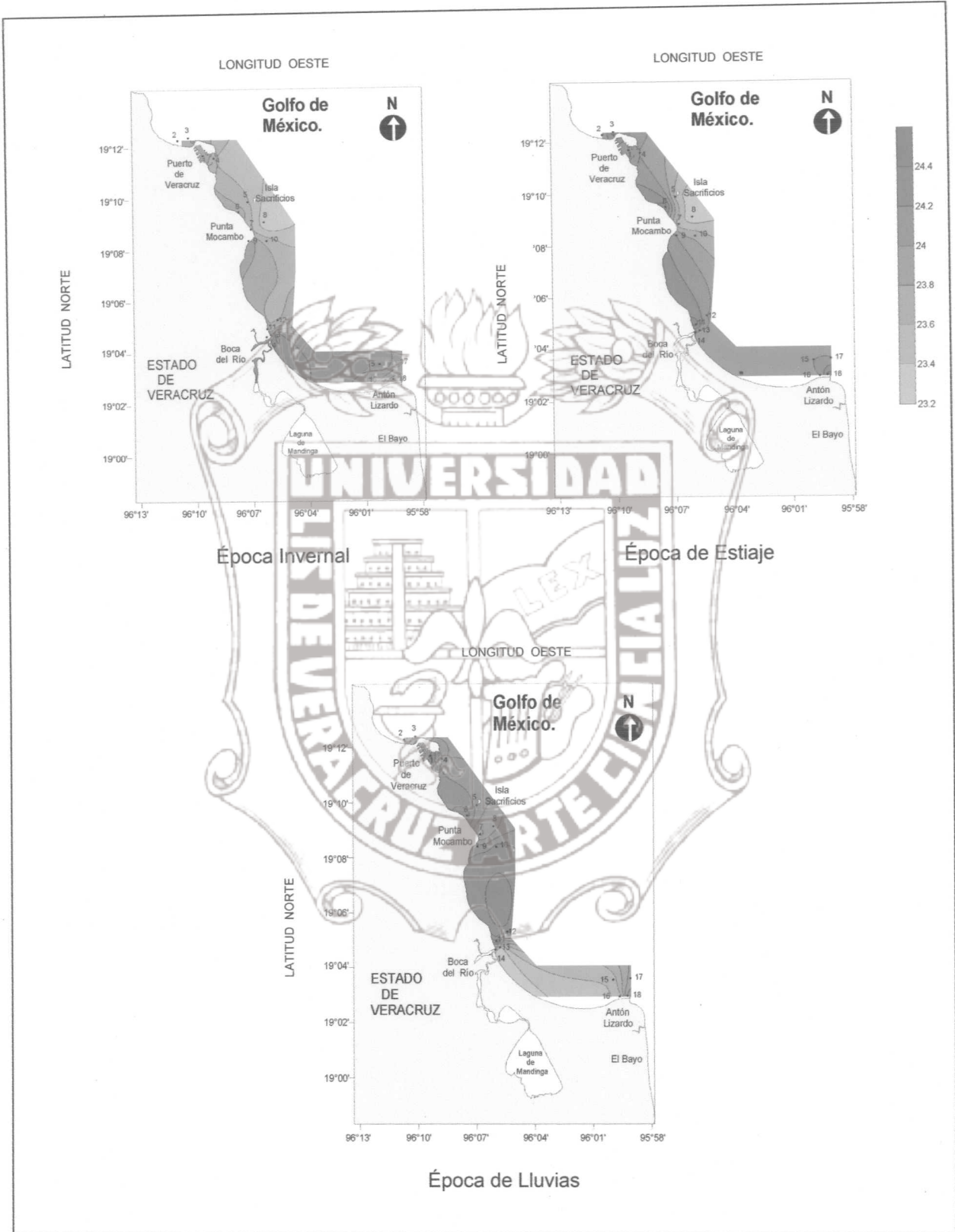


Figura 3. Comportamiento espacial de la temperatura por estación climática y zona de muestreo.

9.2 Potencial de Hidrógeno (pH)

La concentración del potencial de hidrógeno en el agua de mar, es mayor a 7, es decir, ligeramente alcalino y variando entre 7.5 y 8.5 unidades. El pH es muy importante en el ambiente acuático, ya que influye en muchas reacciones químicas y bioquímicas. Los resultados obtenidos, reportan los valores más bajos o ácidos de pH, durante los meses de febrero y marzo en las estaciones E-11 a la E-18, con un valor de 5.5, por la cercanía de estas zonas, probablemente sea a causa de las descargas a través del río Jamapa, de compuestos químicos (figura 4). Los valores más altos fueron reportados en la época de lluvias con un pH de 8.0. Por otro lado, la media resultante por estación, reportó pH de 6.69 en la época invernal, 6.29 en la época de estiaje y 7.56 en la época de lluvias. La concentración promedio de potencial de hidrógeno obtenida en el tiempo de estudio fue 6.84 unidades de pH; con una desviación estándar de 0.436 unidades de pH (Cuadro 9). De acuerdo a esto, se puede observar que estos resultados, se encuentran dentro de los límites permisibles de acuerdo a los Criterios ecológicos de calidad de agua para uso recreativo con contacto primario, y para la protección de la vida acuática que establece valores entre 6 y 9 unidades de pH.

En la figura 5, se puede observar que, durante la época invernal los valores reportados de pH son de 7.0, y en algunas estaciones cercanas al puerto de Veracruz se observaron ligeramente ácidas entre 6 y 6.5; a diferencia del mes de febrero donde los valores bajan hasta 5.5. Durante el estiaje se observa nuevamente la influencia de estas variantes de pH entre 5.5 y 6.0, notándose un dominio de los aportes del río Jamapa. En la época de lluvias, los valores se normalizan entre 7 y 8.0, probablemente a causa de los aportes pluviales. El Cuadro 10, muestra los valores obtenidas por épocas climáticas. La capacidad de amortiguamiento del potencial de hidrógeno en un sistema marino, dada por la reserva alcalina del dióxido de carbono, permite la conservación de este parámetro a niveles aceptables, aunque es difícil precisar la capacidad de carga de un sistema acuático a los efluentes que contienen grandes cantidades de ácidos y/o bases en valores tales que lo modifiquen drásticamente (IMP, 1978).

Cuadro 9. Comportamiento estadístico del pH por estación climática.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO			
ESTACIÓN	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	6.69	6.29	7.56
DESV. STD	0.21	0.47	0.26
VARIANZA	0.05	0.22	0.07
MAXIMO	7.00	7.00	7.70
MINIMO	6.48	5.72	6.90

Cuadro 10. Valores registrados de pH por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

ESTACIÓN	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (Unidades de pH)									
	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-3	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-4	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-5	6.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-6	6.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-7	6.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-8	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-9	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-10	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-11	7.0	7.0	5.4	5.4	6.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-12	7.0	7.0	5.5	5.5	6.0	6.5	8.0	8.0	8.0	8.0
E-13	7.0	7.0	5.5	5.5	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0
E-14	7.0	7.0	5.5	5.5	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0
E-15	7.0	7.0	5.5	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	8.0	8.0
E-16	7.0	7.0	5.5	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	8.0	8.0
E-17	7.0	7.0	5.5	5.5	7.0	6.5	7.0	8.0	8.0	8.0
E-18	7.0	7.0	5.5	5.5	6.5	6.5	7.0	8.0	8.0	8.0

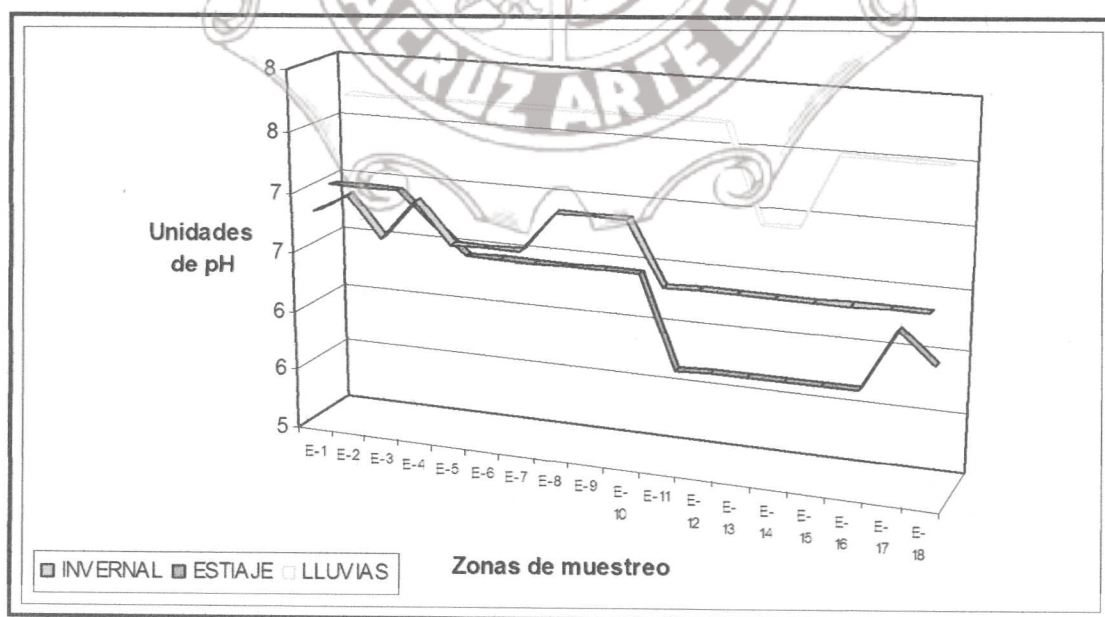


Figura 4. Comportamiento del pH por época climática y estaciones de muestreo.

Instituto de Ingeniería
 Universidad Veracruzana

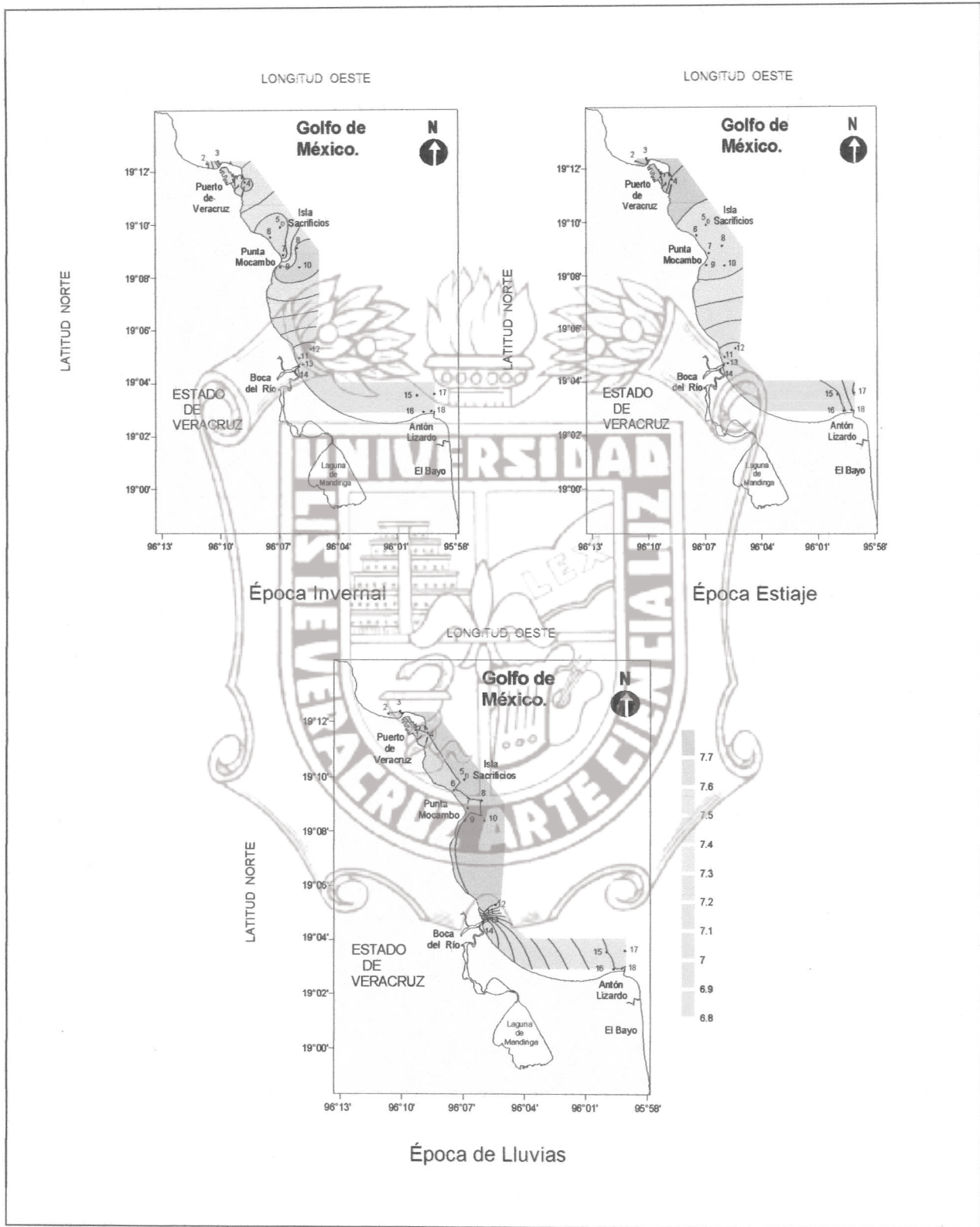


Figura 5. Comportamiento espacial del Potencial de Hidrógeno por estación climática y zona de muestreo.

9.3 Oxígeno Disuelto (O.D.)

Las concentraciones de oxígeno disuelto es el criterio de calidad del agua de mayor aplicación Universal, ya que es indispensable para la vida marina, y la concentración requerida es alrededor de $5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ y pueden exceder aún más (Bromwer y Zar, 1980; En SAGARPA-INP-UV, 1996). En general, los niveles de oxígeno disuelto reportaron una media de $4.49 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, para la época invernal, $3.82 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ para la época de estiaje y $3.71 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ durante la época de lluvias. Esto es, el 2.5% de los valores reportó valores superiores a los $5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, con una desviación estándar de $0.73 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, $0.92 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, $0.64 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, respectivamente por estación climática (Cuadro 11). Se logró observar que las concentraciones de oxígeno disuelto fueron muy variables a lo largo del estudio, es decir, durante el invierno los valores fueron entre $5.07 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ y $7.00 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, sin embargo, se observaron valores por debajo de $2.8 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ (como se pueden observar en figura 6). Esto refleja que el 63% de los valores reportados de oxígeno disuelto, se encuentran por debajo de $4.0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, como se establece en los límites de los criterios ecológicos de calidad de agua, para uso recreativo con contacto primario; así como para la protección de la vida acuática no deberá superar los $5.0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$.

Entretanto durante la época de estiaje, se observaron valores mínimos de hasta $0.7 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ y los valores máximos fueron de $6.5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, donde el 67% de los valores se encuentran por debajo del nivel establecido. En la época de lluvias durante el mes de mayo los valores registrados fueron superiores a $5.0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ en las primeras 8 estaciones, a diferencia del resto de los meses los valores oscilaron por debajo de los $4.00 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, decir, que el 84% de los valores registrados de oxígeno disuelto se encontraron por debajo de los límites establecidos para la protección de vida acuática (Cuadro 12). Las principales variaciones se percataron en la salida del río Jamapa (Figura 7), probablemente a causa de la presencia de turbulencia, que conduce el río a causa de los aportes pluviales, que al llegar a la zona del estero, realizan una interacción con el mar y posteriormente se difunde hacia la costa.

Cuadro 11. Comportamiento del oxígeno disuelto por estación climática.

OXÍGENO DISUELTO ($\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$)			
ESTACIÓN	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	4.49	3.82	3.71
DESV. STD	0.73	0.92	0.64
VARIANZA	0.53	0.84	0.41
MAXIMO	5.73	5.65	4.89
MINIMO	3.47	1.85	2.37

Cuadro 12. Valores registrados de oxígeno disuelto por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

ESTACIÓN	OXÍGENO DISUELTO (ml·L ⁻¹)									
	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	4.60	7.00	5.60	5.60	0.80	5.92	3.90	4.79	2.25	1.12
E-2	0.00	7.00	3.40	3.40	3.40	6.20	4.50	5.63	2.81	3.94
E-3	4.96	4.30	5.60	5.60	4.50	5.92	5.40	5.63	2.81	2.81
E-4	4.96	7.00	3.90	3.90	3.70	5.92	3.90	3.40	4.51	1.69
E-5	5.29	3.40	6.50	6.50	3.70	5.92	3.90	5.63	4.51	4.51
E-6	4.51	3.80	5.90	5.90	5.40	4.23	2.50	4.79	3.38	3.38
E-7	4.84	3.50	5.60	5.60	3.40	5.92	2.40	3.66	3.49	3.49
E-8	4.96	2.80	3.40	3.40	5.40	5.64	2.80	2.81	3.38	3.49
E-9	4.62	3.20	6.20	6.20	3.20	4.23	3.30	3.84	4.84	4.84
E-10	5.07	3.00	5.90	5.90	3.00	4.23	2.20	5.07	4.51	4.51
E-11	3.94	3.20	5.60	5.60	3.20	2.82	2.20	4.22	3.94	3.94
E-12	6.42	3.10	3.20	3.20	3.10	3.10	2.40	4.22	4.17	4.17
E-13	4.39	3.00	3.00	3.00	3.50	3.10	2.20	4.22	1.12	1.24
E-14	4.17	3.90	3.20	3.20	3.20	3.66	2.80	3.94	1.12	1.12
E-15	5.07	7.00	3.10	3.10	4.20	5.64	1.80	5.07	4.51	4.51
E-16	3.20	4.30	3.00	3.00	0.70	4.23	2.70	3.20	4.51	4.51
E-17	3.20	7.00	5.60	5.60	1.20	2.82	2.50	3.20	3.94	3.94
E-18	3.00	7.00	6.50	6.50	0.80	3.38	2.20	3.20	4.51	4.51

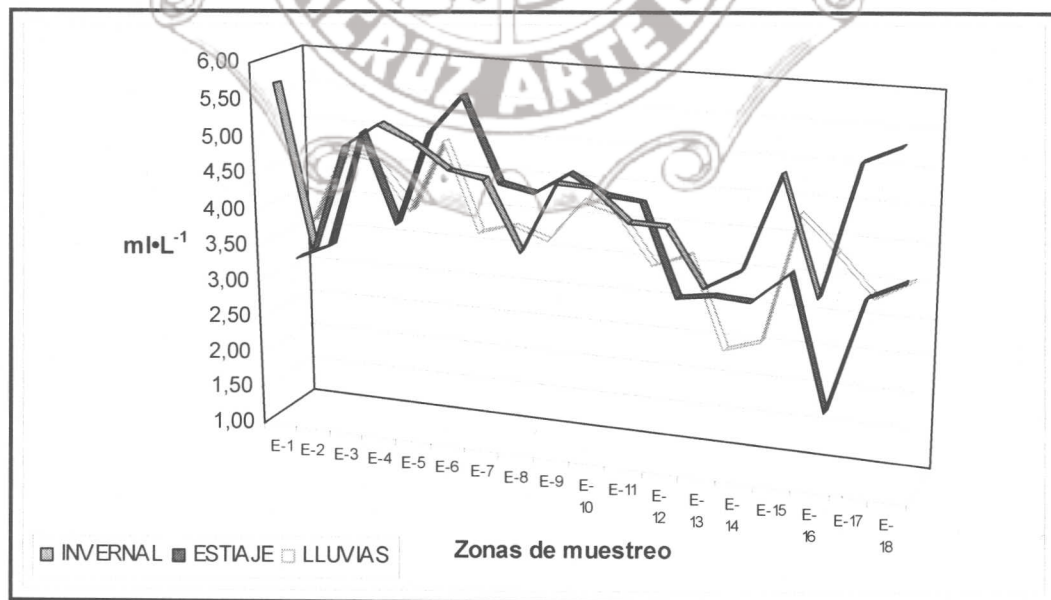


Figura 6. Comportamiento del Oxígeno disuelto por época climática y estaciones de muestreo.

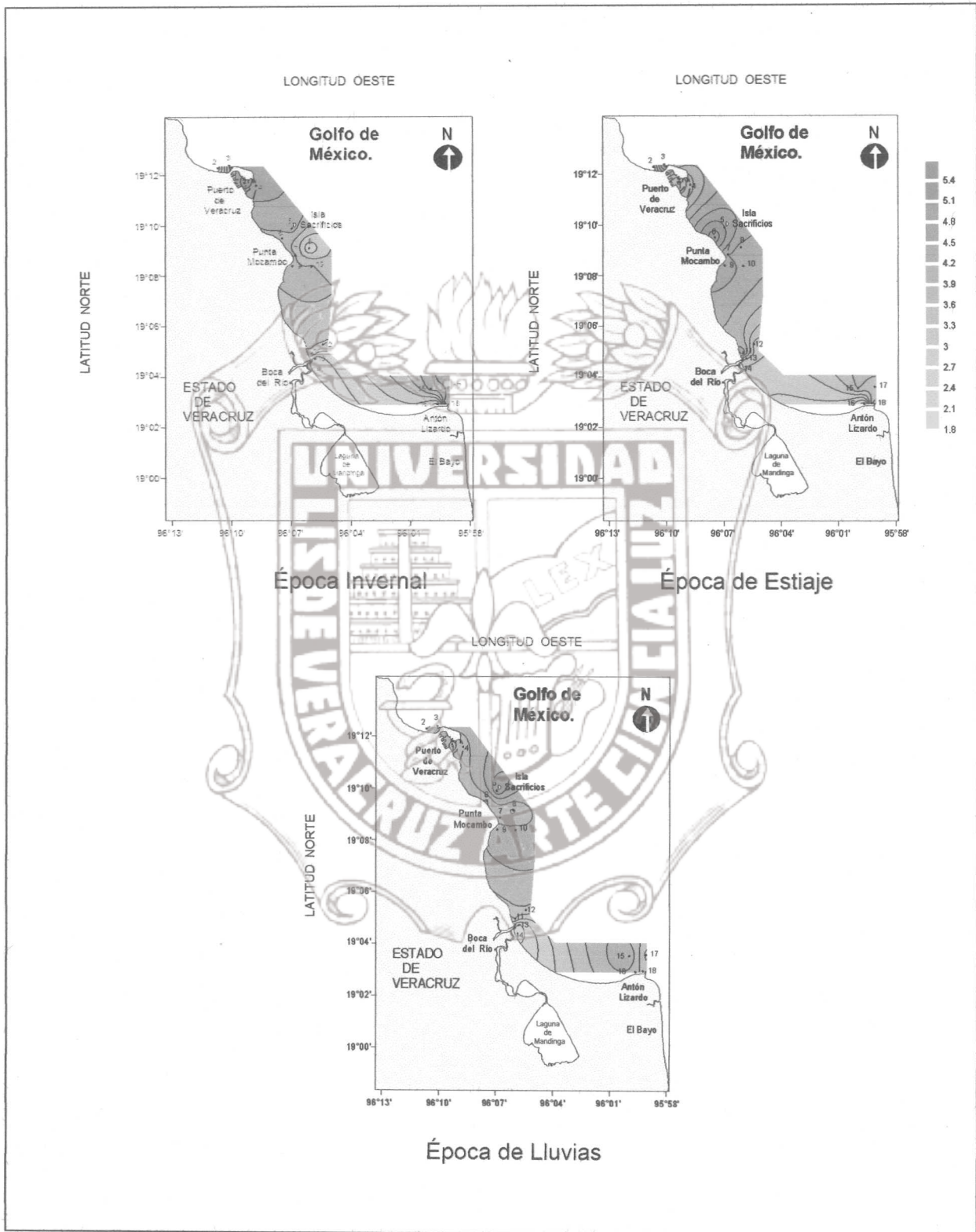


Figura 7. Comportamiento del oxígeno disuelto por estación climática y zonas de muestreo.

9.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno esta influenciada por la presencia de materia orgánica y la temperatura del medio. El valor más alto de DBO₅, fue reportado en la época invernal, en el mes de enero con 7.0 ml·L⁻¹ en la zona E-1 y 6.4 ml·L⁻¹ en la zona E-16, con un valor medio de 2.41 ml·L⁻¹. Durante la época de estiaje la media reportada fue de 1.56 ml·L⁻¹ y en lluvias la media fue de 2.75 ml·L⁻¹ como se puede observar en los Cuadros 13 y 14.

En general, se observó que durante la época invernal y de estiaje, existe gran influencia de las descargas domésticas a lo largo de la costa como se muestra en la figura 9; sin embargo, se pudo apreciar que durante la época de lluvias, los valores disminuyen relativamente como se puede observar en la figura 8. El comportamiento de la DBO₅, que indica prácticamente la presencia de materia orgánica, posiblemente derivado del influjo del Río Jamapa, que acarrea contaminantes orgánicos a causa de los asentamientos humanos en ambas riberas del río. También cuando la temperatura se incrementa durante la época del verano, se aceleran las reacciones microbiológicas y la disminución de materia orgánica. Asimismo, al observar las continuas fluctuaciones de DBO₅ durante el tiempo del estudio, indican la presencia de materia orgánica provenientes de descargas de aguas domésticas a lo largo de la costa. La norma establece que para aguas costeras, la DBO₅ debe estar entre 75 a 200 ml·L⁻¹ y de acuerdo a los límites permisibles de los Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo a su uso, no deben exceder a 20 ml·L⁻¹, para contacto primario y 30 ml·L⁻¹, para protección de la vida acuática. Observándose entonces, que los valores no exceden los límites establecidos, factiblemente a causa de la degradación de la materia orgánica y la dilución en el mar por la mezcla de masas de agua debidas a los oleajes y las corrientes marinas.

Cuadro 13. Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno por estación climática.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (ml·L ⁻¹)			
INVERNAL	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	2.41	1.56	2.75
DESV. STD	1.09	0.96	0.53
VARIANZA	1.08	0.91	0.28
MAXIMO	4.70	3.85	3.90
MINIMO	0.34	0.00	2.08

Cuadro 14. Valores registrados de Demanda Bioquímica de Oxígeno por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (ml·L ⁻¹)										
ESTACIÓN	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	2.81	7.00	3.80	3.80	0.00	5.30	3.50	3.00	3.10	3.00
E-2	0.00	3.70	3.50	3.50	2.00	4.50	2.80	3.50	3.00	3.50
E-3	3.15	1.30	0.00	0.00	2.80	5.00	5.00	3.00	3.50	3.00
E-4	0.90	4.10	4.23	4.23	0.85	5.00	3.50	2.50	1.00	2.50
E-5	2.70	2.20	3.60	3.60	1.70	5.00	3.60	3.30	3.00	3.30
E-6	0.00	1.24	4.70	4.70	1.70	3.30	2.20	3.00	3.00	3.00
E-7	0.00	2.14	4.50	4.50	2.00	4.70	2.10	2.50	2.50	2.50
E-8	4.84	1.40	3.70	3.70	4.00	4.50	2.40	2.00	2.00	2.00
E-9	0.00	1.03	0.00	0.00	1.00	3.10	2.20	2.00	3.00	2.00
E-10	2.81	1.23	3.38	3.38	0.01	2.80	1.80	3.50	3.00	3.50
E-11	1.12	3.85	3.40	3.40	0.01	2.20	1.90	2.50	3.20	2.50
E-12	3.60	3.38	3.80	3.80	0.90	2.20	1.90	2.50	3.10	2.50
E-13	0.00	3.00	3.10	3.10	2.09	1.90	1.50	2.00	3.00	2.00
E-14	1.12	1.90	3.60	3.60	2.00	2.80	1.10	2.30	3.20	2.30
E-15	0.00	4.50	3.54	3.54	2.26	4.70	1.20	2.00	3.00	2.00
E-16	3.20	6.40	4.51	4.51	0.00	2.80	1.90	2.50	2.30	2.50
E-17	3.20	3.30	0.00	0.00	0.01	3.10	1.90	2.50	2.50	2.50
E-18	3.00	3.95	3.60	3.60	0.00	2.80	1.30	2.30	2.50	2.30

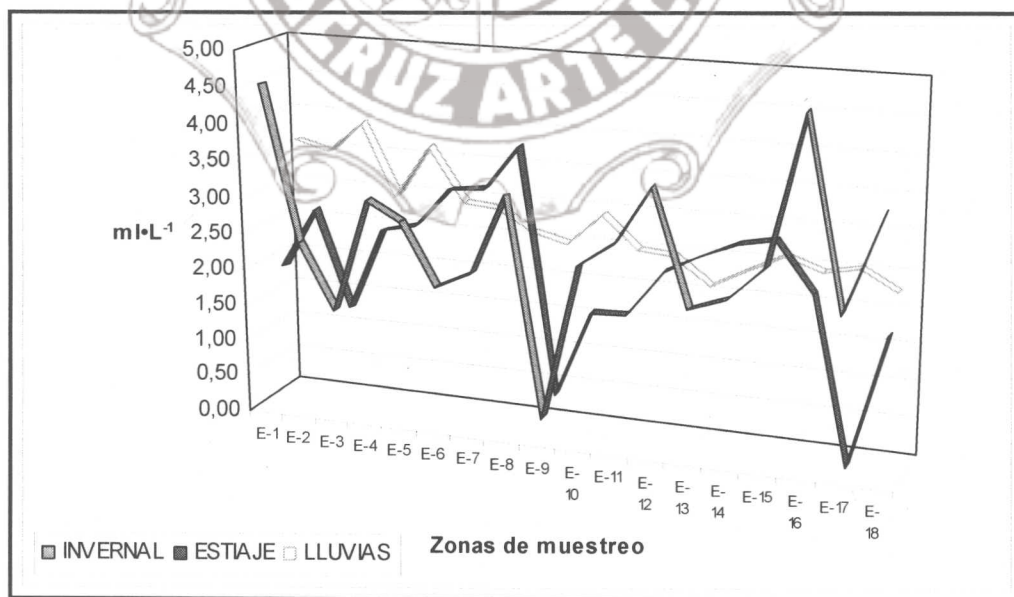


Figura 8. Comportamiento de Demanda Bioquímica de Oxígeno por época climática y estaciones de muestreo.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

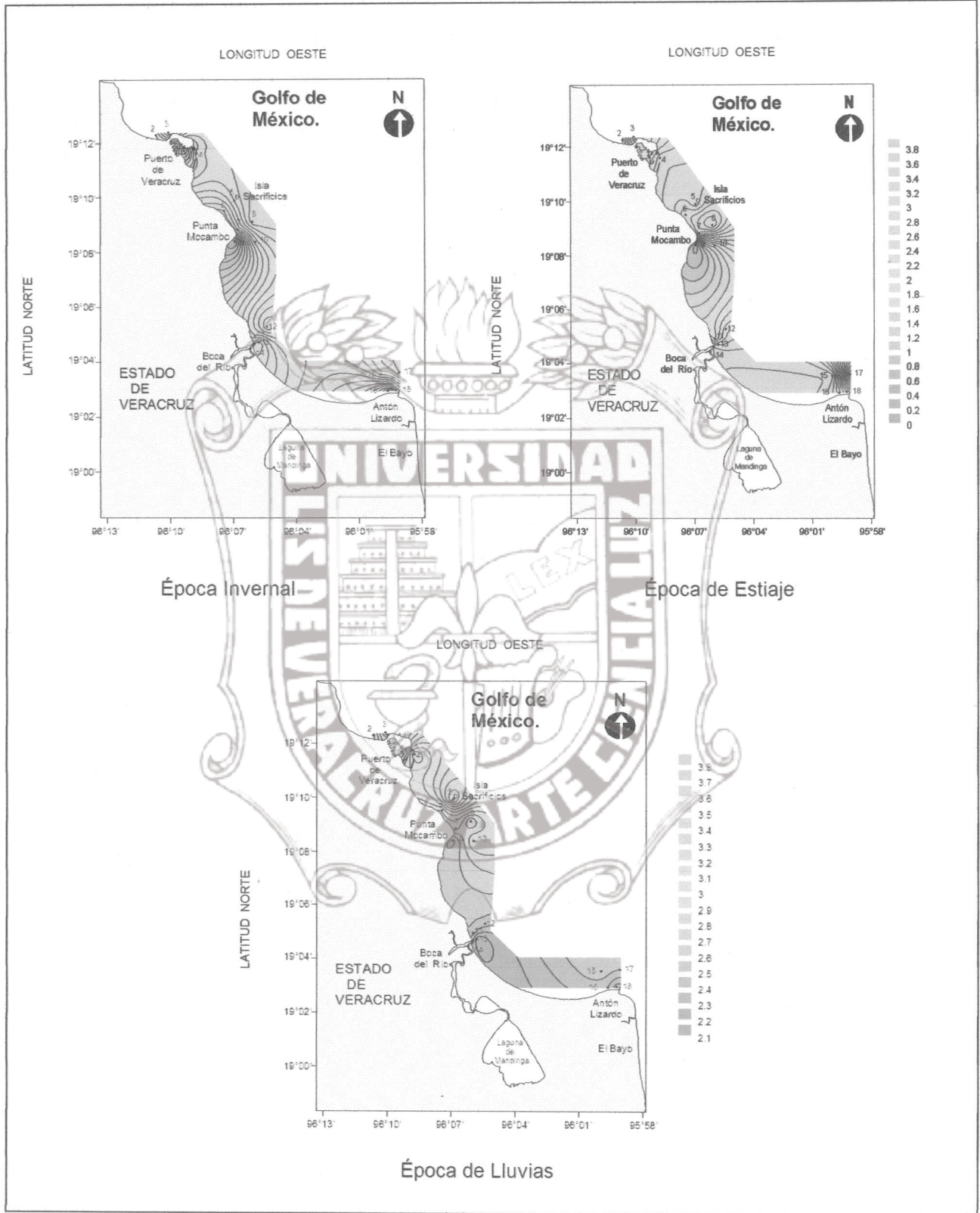


Figura 9. Comportamiento espacial de la demanda bioquímica de oxígeno por estación climática y zonas de muestreo.

9.5 Coliformes Fecales (C.F.)

La presencia de *Escherichia coli* en el agua de mar, es indicativo de contaminación fecal, proveniente de descargas de aguas domésticas hacia la zona costera. A pesar de que el puerto de Veracruz, cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales, estas no logran procesar las grandes masas de aguas de los desechos municipales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, es de 1,000 y 2,000 NMP 100 mL⁻¹, para el promedio mensual y diario, respectivamente. De acuerdo a los Criterios ecológicos de calidad de agua, los valores máximos permisibles de acuerdo a su uso con contacto primario son de 500 NMP 100 mL⁻¹ y para la protección de la vida acuática es de 200 NMP 100 mL⁻¹.

En general, el 7% de los valores reportados de coliformes fecales, en el presente estudio, se encontraron por encima de los límites máximos permisibles para las descargas de aguas residuales. La media registrada durante la época invernal reportó 160 NMP 100 mL⁻¹, aunque durante el mes de diciembre los valores fueron nulos, en el mes de enero estos rebasaron la norma en la E-3 con 9,300 NMP 100 mL⁻¹ y 2,100 NMP 100 mL⁻¹ en la E-6, probablemente a causa de descargas municipales. En el mes de febrero se refleja una aportación por arriba de la Norma en las E-12 a la E-14, con valores de 24,000 NMP 100 mL⁻¹ y de 11,000 NMP 100 mL⁻¹ en la estación E-7 (Figura 10). El Cuadro 15 representa la media reportada durante la época de estiaje fue de 98.53 NMP 100 mL⁻¹, y fueron observados valores elevados de las E-12 a la E-14 con 24,000 NMP 100 mL⁻¹ y 4,600 NMP 100 mL⁻¹ en la E-2. Posiblemente a causa de la influencia de las corrientes del río Jamapa que trae consigo contaminantes orgánicos provenientes de las comunidades adyacentes al río. La figura 11 representa los resultados espaciales de los Coliformes, donde en época de lluvias la media fue de 11.59 NMP 100 mL⁻¹, en esta estación climática los valores se encontraron por debajo de los límites establecidos, solo durante la E-13, durante el mes de agosto y septiembre se observaron valores de 24,000 NMP 100 mL⁻¹ (Cuadro 16).

Cuadro 15. Comportamiento de la presencia de Coliformes fecales por estación climática.

COLIFORMES FECALES (NMP 100 mL ⁻¹)			
ESTACIÓN	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	160	98	11
DESV. STD	3057	4595	2259
VARIANZA	9347332	21114714	5106402
MAXIMO	8120	12001	9601
MINIMO	2	3	3

Cuadro 16. Valores registrados de Coliformes Fecales por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

COLIFORMES FECALES (NMP 100 ml ⁻¹)										
ESTACIÓN	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	0	3	36	36	36	3	3	3	3	230
E-2	0	3	3	3	4,600	3	3	3	3	36
E-3	0	9,300	3	3	3	3	3	3	3	3
E-4	0	430	3	3	73	36	3	3	3	3
E-5	0	360	36	36	3	3	3	3	3	3
E-6	0	2,100	230	230	270	430	3	3	3	3
E-7	0	3	11,000	11,000	750	36	3	40	3	3
E-8	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E-9	0	360	3	3	3	3	3	3	3	3
E-10	0	3	36	36	3	3	3	3	3	3
E-11	0	3	230	230	3	36	3	40	3	3
E-12	30	3	24,000	24,000	3	36	3	30	3	36
E-13	0	360	24,000	24,000	3	3	3	3	24,000	24,000
E-14	0	110	24,000	24,000	3	36	3	3	3	3
E-15	0	360	3	3	3	3	3	3	36	3
E-16	0	360	3	3	3	3	3	3	3	3
E-17	0	3	3	3	36	3	3	3	3	3
E-18	0	3	910	910	3	3	3	3	3	3

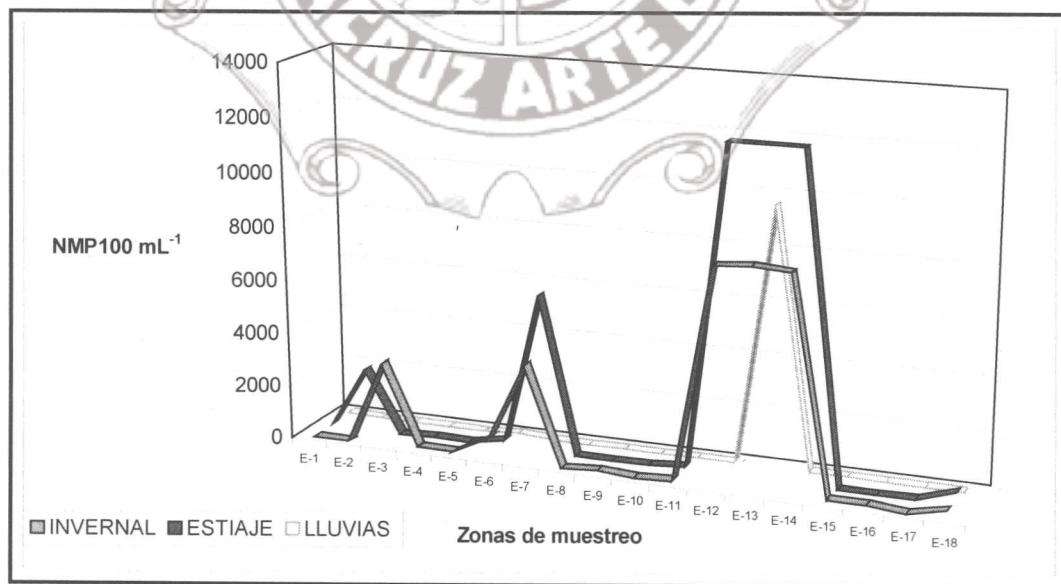


Figura 10. Comportamiento de los Coliformes fecales por época climática y estaciones de muestreo.

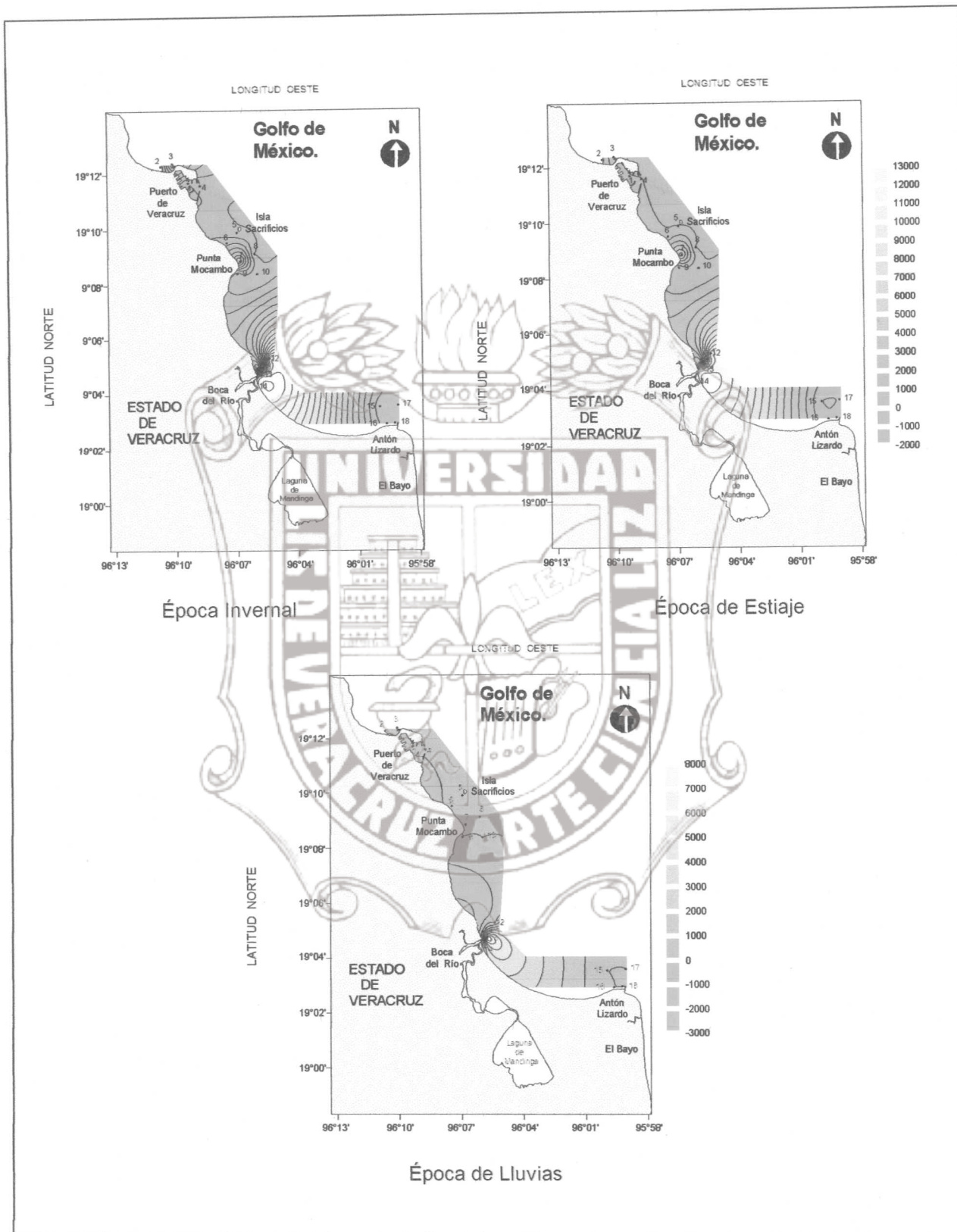


Figura 11. Comportamiento espacial de la presencia de Coliformes fecales por estación climática y zonas de muestreo.

9.6 Amonio (NH₄)

El amonio es el primer compuesto que aparece en los procesos de metabolismo y descomposición de los organismos, por lo que es considerado como un índice de actividad biológica y de contaminación (Sedeño, 1998).

La media reportada para amonio, durante el tiempo de estudio fue de 0.03 mg·L⁻¹ durante la temporada invernal, 0.04 mg·L⁻¹, durante la de estiaje y 0.08 mg·L⁻¹ durante la temporada de lluvias, como se registran en el Cuadro 17. Se pudo observar que los valores de amonio, no rebasan los límites permisibles para uso recreativo con contacto primario, que establecen un valor de 0.50 mg·L⁻¹, donde los valores más altos registrados fueron de 0.49 mg·L⁻¹ durante el mes de enero. Pero por otra parte, se observó que el 88% de los valores reportados de amonio durante el periodo de estudio (figura 12), sobrepasan los límites permisibles para la vida acuática, que establecen que no deben exceder a los 0.01 mg·L⁻¹ (CNA, 1989).

En la figura 13, se puede apreciar la variación espacial de este parámetro por época climática y zonas de muestreo, donde los mayores valores se observan por la influencia de descargas en la desembocadura del Río Jamapa y dentro de las estaciones E-6 y E-7, probablemente causadas por las descargas provenientes de la zona hotelera, principalmente durante el invierno y estiaje. A diferencia de la época de lluvias se observa esta influencia en la E-4 cercana al faro de la dársena de Veracruz.

La presencia del amonio en la columna de agua, proviene de fuentes como materia orgánica nitrogenada, excreción del zooplancton, de la reducción de nitratos, nitritos y otros componentes inorgánicos nitrogenados. La existencia en altas concentraciones es un indicativo de descargas de aguas industriales (Riley *et al.*, 1978).

Cuadro 17. Comportamiento del Amonio por estación climática.

ESTACIÓN	AMONIO (mg·L ⁻¹)		
	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	0.03	0.04	0.08
DESV. STD	0.08	0.08	0.03
VARIANZA	0.007	0.007	0.001
MAXIMO	0.29	0.25	0.16
MINIMO	0.01	0.01	0.05

Cuadro 18. Valores registrados de Amonio por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

ESTACIÓN	AMONIO (mg·L ⁻¹)									
	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	0.003	0.022	0.036	0.036	0.009	0.046	0.009	0.131	0.120	0.100
E-2	0.003	0.036	0.420	0.420	0.090	0.011	0.018	0.092	0.100	0.070
E-3	0.003	0.051	0.009	0.009	0.010	0.037	0.000	0.114	0.070	0.090
E-4	0.003	0.032	0.027	0.027	0.030	0.060	0.360	0.143	0.070	0.110
E-5	0.000	0.032	0.018	0.018	0.010	0.016	0.027	0.301	0.060	0.065
E-6	0.003	0.495	0.143	0.143	0.060	0.119	0.009	0.201	0.080	0.130
E-7	0.003	0.027	0.018	0.018	0.050	0.042	0.000	0.114	0.080	0.060
E-8	0.000	0.027	0.018	0.018	0.009	0.016	0.000	0.097	0.075	0.070
E-9	0.000	0.036	0.018	0.018	0.010	0.055	0.091	0.131	0.060	0.090
E-10	0.000	0.051	0.009	0.009	0.090	0.011	0.000	0.086	0.070	0.090
E-11	0.003	0.041	0.027	0.027	0.400	0.011	0.018	0.086	0.110	0.095
E-12	0.000	0.022	0.009	0.009	0.010	0.020	0.000	0.081	0.100	0.100
E-13	0.000	0.444	0.420	0.420	0.060	0.020	0.045	0.420	0.125	0.190
E-14	0.000	0.208	0.149	0.149	0.030	0.020	0.036	0.201	0.080	0.170
E-15	0.001	0.036	0.009	0.009	0.030	0.016	0.009	0.076	0.100	0.090
E-16	0.000	0.022	0.022	0.022	0.100	0.020	0.036	0.081	0.070	0.100
E-17	0.000	0.013	0.021	0.021	0.040	0.011	0.036	0.143	0.100	0.100
E-18	0.000	0.051	0.022	0.022	0.040	0.011	0.036	0.076	0.110	0.100

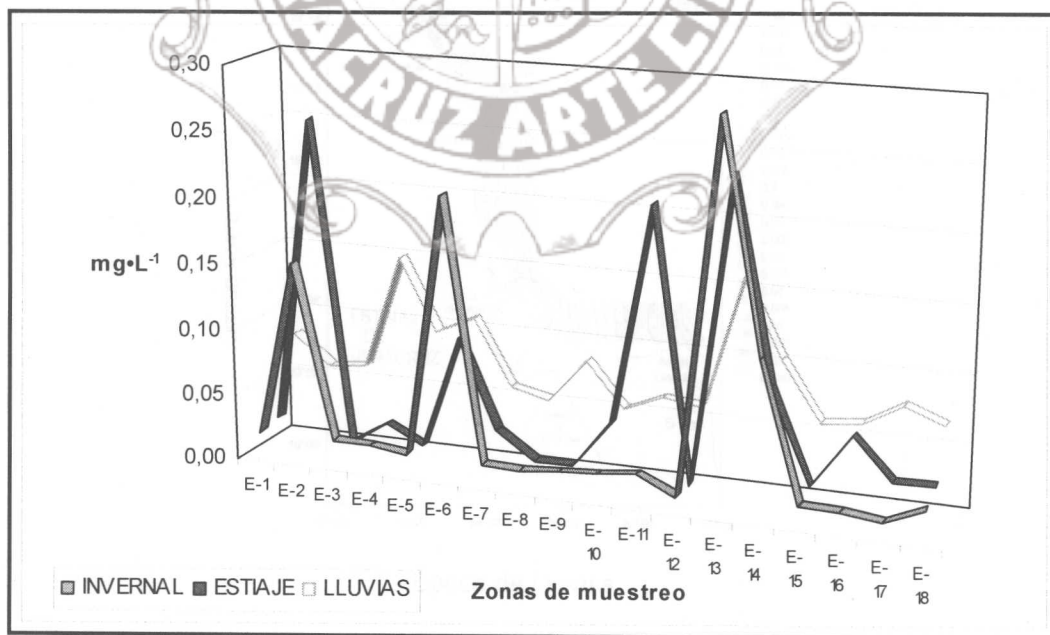


Figura 12. Comportamiento del Amonio por época climática y estaciones de muestreo.

Instituto de Ingeniería y Universidad Veracruzana

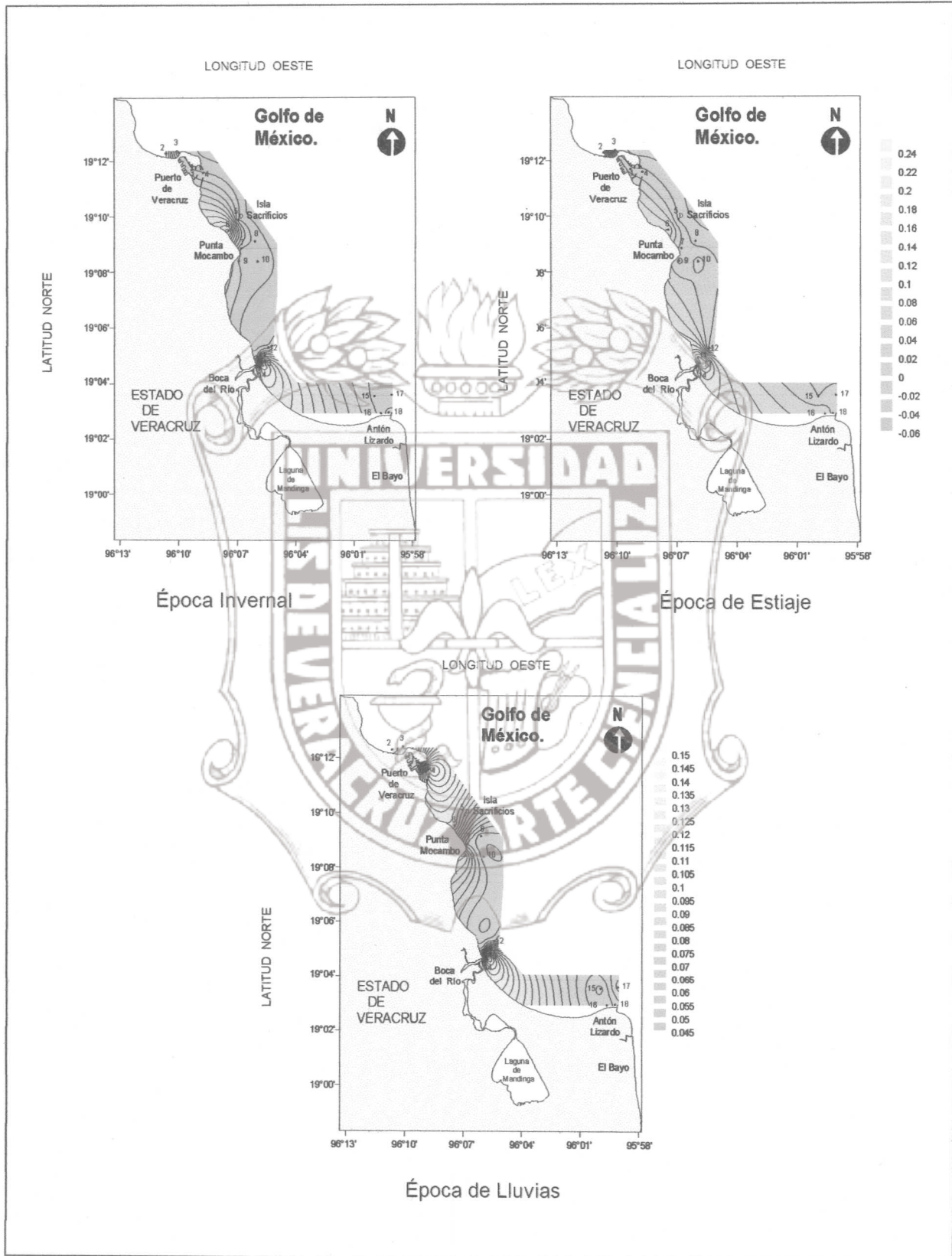


Figura 13. Comportamiento espacial del Amonio por estación climática y zonas de muestreo.

9.7 Nitritos (NO₂)

Los nitritos proceden básicamente de la actividad bacteriana, de la reducción de los nitratos y de la oxidación del amonio (Martín, 1970). Los resultados obtenidos respecto a nitritos (figura 14), reflejan una media de 0.014 mg·L⁻¹ durante la temporada de invierno, en la temporada de estiaje se reportaron 0.012 mg·L⁻¹ y de 0.004 mg·L⁻¹ durante la temporada de lluvias, como se representan en el Cuadro 19.

En la figura 15, se muestra la representación espacial de la presencia de los nitritos por estación climática y zonas de muestreo, donde se logró observar principalmente que, durante el mes de febrero y marzo, se encontraron valores elevados, esto es, 0.487 mg·L⁻¹ en la E-2, así como también en la E-13, oscilando entre 0.103 mg·L⁻¹; esto probablemente, a causa de descargas de aguas domésticas en las costas de las ciudades de Veracruz y Boca del Río. Por otro lado, se pudo observar que en el resto de las estaciones los rangos oscilaron entre 0.001 mg·L⁻¹ y 0.08 mg·L⁻¹.

En el Cuadro 20, se puede observar que, el 63% de los valores registrados rebasan los límites permisibles para protección de la vida acuática, en el cual se establece que no deben exceder los 0.002 mg·L⁻¹, donde su mayor influencia se presenta en los meses de diciembre, febrero, marzo, julio agosto y septiembre. Sin embargo, por otro lado, se observó que el 3.88 % sobrepasa los límites de los criterios ecológicos de la calidad de agua, para uso recreativo con contacto primario que establecen que no excederán de 0.05 mg·L⁻¹ (CNA, 1989).

Cuadro 19 Comportamiento de los Nitritos por estación climática.

ESTACIÓN	NITRITOS (mg·L ⁻¹)		
	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	0.014	0.012	0.004
DESV. STD	0.038	0.056	0.002
VARIANZA	0.001	0.003	0.000
MAXIMO	0.169	0.244	0.011
MINIMO	0.004	0.005	0.002

Cuadro 20. Valores registrados de los Nitritos por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

ESTACIÓN	NITRITOS (mg·L ⁻¹)									
	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	0.034	0.011	0.016	0.016	0.004	0.002	0.002	0.005	0.003	0.003
E-2	0.018	0.002	0.487	0.487	0.002	0.001	0.002	0.005	0.003	0.003
E-3	0.015	0.002	0.022	0.022	0.002	0.000	0.011	0.006	0.003	0.003
E-4	0.018	0.013	0.008	0.008	0.003	0.001	0.002	0.006	0.001	0.001
E-5	0.020	0.000	0.010	0.010	0.001	0.001	0.008	0.006	0.002	0.003
E-6	0.042	0.001	0.019	0.019	0.002	0.005	0.002	0.006	0.003	0.003
E-7	0.050	0.003	0.017	0.017	0.001	0.000	0.002	0.009	0.024	0.001
E-8	0.070	0.002	0.015	0.015	0.002	0.000	0.002	0.009	0.003	0.003
E-9	0.004	0.003	0.012	0.012	0.001	0.001	0.005	0.008	0.003	0.003
E-10	0.010	0.003	0.010	0.010	0.001	0.001	0.002	0.006	0.003	0.003
E-11	0.002	0.001	0.009	0.009	0.001	0.000	0.002	0.007	0.001	0.001
E-12	0.002	0.001	0.014	0.014	0.001	0.001	0.002	0.040	0.003	0.003
E-13	0.002	0.010	0.103	0.103	0.001	0.001	0.002	0.029	0.006	0.015
E-14	0.002	0.005	0.031	0.031	0.001	0.001	0.011	0.009	0.009	0.011
E-15	0.002	0.000	0.017	0.017	0.003	0.001	0.002	0.009	0.003	0.003
E-16	0.004	0.001	0.014	0.014	0.001	0.000	0.002	0.009	0.002	0.003
E-17	0.004	0.001	0.033	0.033	0.001	0.000	0.005	0.007	0.003	0.003
E-18	0.080	0.001	0.028	0.028	0.002	0.001	0.005	0.007	0.005	0.005

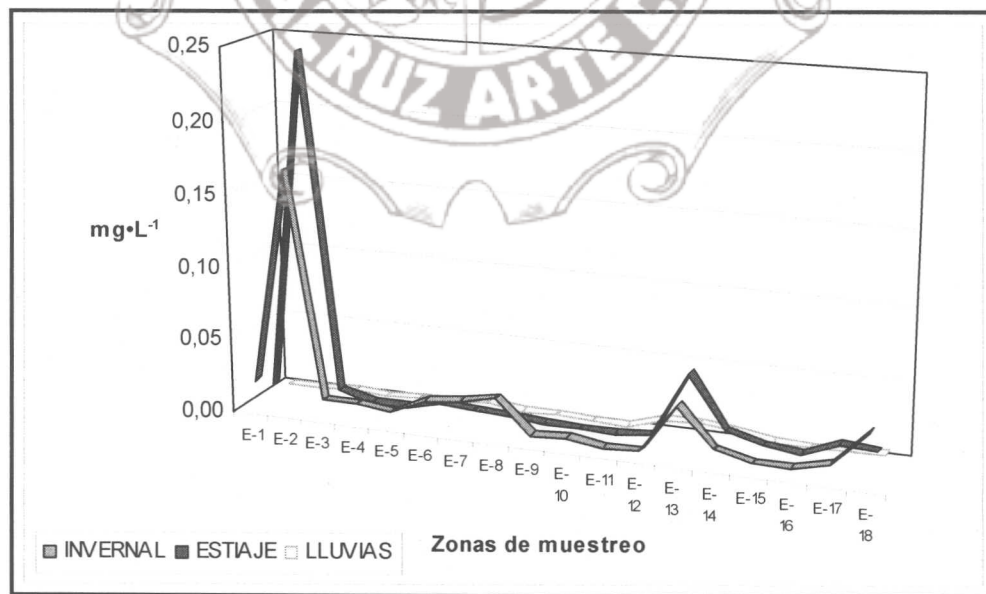


Figura 14. Comportamiento de los Nitritos por época climática y estaciones de muestreo.

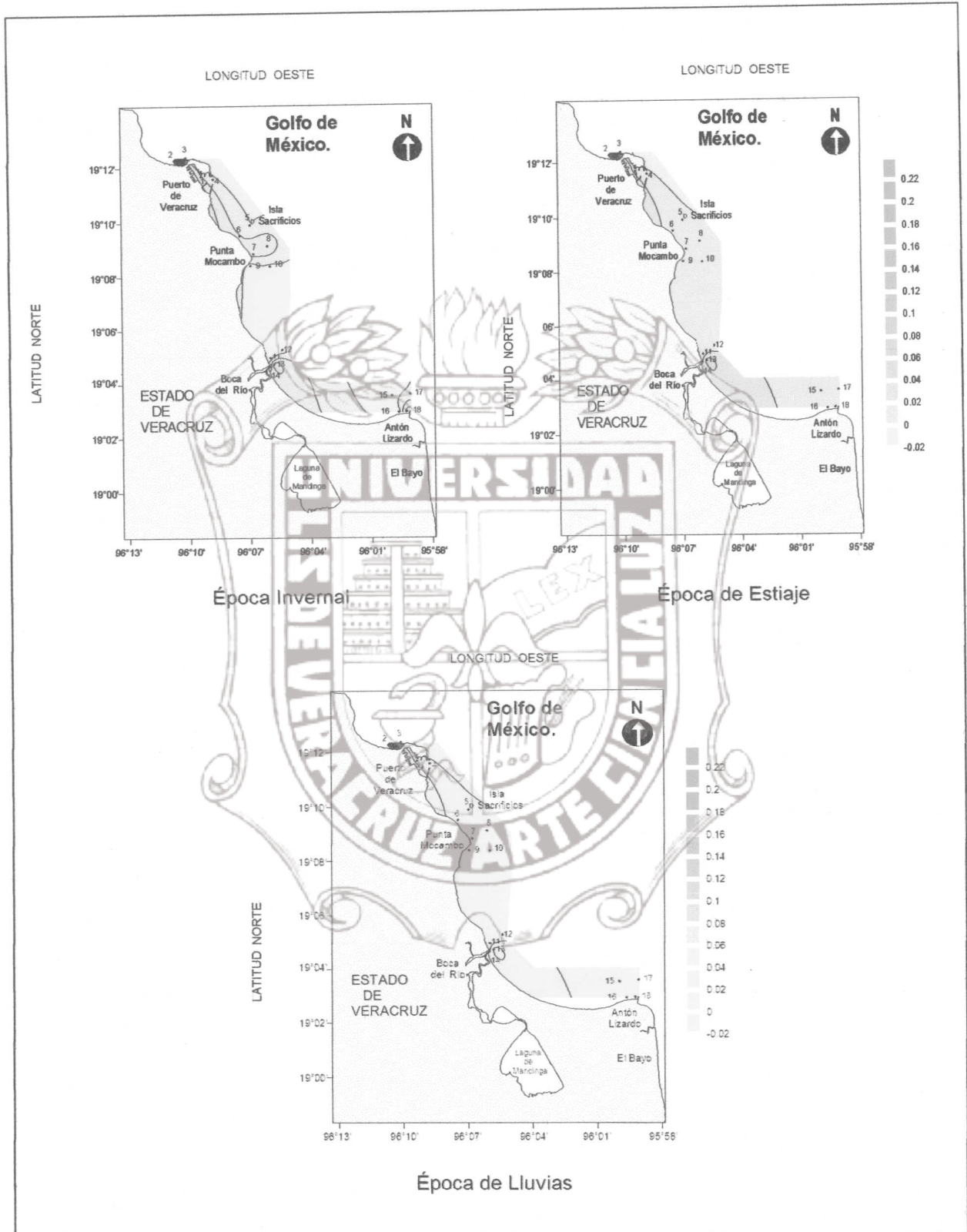


Figura 15. Comportamiento de los Nitritos durante el tiempo de estudio y por temporada climática y zonas de muestreo.

9.8 Nitratos (NO_3)

La presencia de nitratos en agua, son indicativos de la oxidación de materia orgánica de diversa naturaleza, como descargas de aguas negras, industriales, fertilizantes etc. (Martín, 1970). El valor más alto encontrado fue de $1.398 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ durante el mes de febrero en la estación E-2, de la misma forma, en el mes de enero en la estación E-13, donde se encontró un valor de $1.100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; ambos casos presentes en la temporada de invierno, como se muestra en la figura 16. La media reportada para esta época del año, fue de $0.065 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, con una desviación estándar de 0.133. Los valores más bajos se encontraron durante toda la temporada de lluvias, encontrándose entre $0.001 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $0.083 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, con una media de $0.01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y una desviación estándar de 0.16; seguramente estos valores disminuyen por dilución a causa de los aportes pluviales a través del Río Jamapa. Por otro lado, durante la época de estiaje, los valores de nitratos se observaron entre $0.010 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $1.39 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, reportándose una media de $0.04 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y con una desviación estándar de $0.02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Cuadro 21).

La figura 17, muestra la gran influencia del Río Jamapa, en el aporte de descargas de materia orgánica, probablemente concentradas con compuestos nitrogenados de las comunidades próximas al río, así como también, de fuentes de fertilizantes que se aplican a los suelos agrícolas y son arrastrados por la acción de las lluvias a los cuerpos acuáticos, creando problemas por el exceso de nutrientes. Además, se ha reportado que las plantas de tratamiento secundario logran eliminar apenas el 20% del nitrógeno presente en ellas. Los límites permitidos para uso recreativo con contacto primario establecen que no deben exceder a $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, donde no se observan valores por encima de este. Para la protección de la vida acuática los valores no deberán exceder a $0.04 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (CNA, 1989), observándose que el 27.22% de los resultados obtenidos sobrepasa este límite establecido, donde la mayor influencia se refleja en toda la zona costera en los meses de enero, febrero y marzo, no siendo tan notable durante diciembre y julio (Cuadro 22).

Cuadro 21. Comportamiento de los nitratos por estación climática.

NITRATOS ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			
ESTACIÓN	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	0.065	0.036	0.006
DESV. STD	0.133	0.159	0.017
VARIANZA	0.018	0.025	0.000
MAXIMO	0.482	0.703	0.063
MINIMO	0.024	0.019	0.002

Cuadro 22. Valores registrados de los Nitratos por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

ESTACIÓN	NITRATOS (mg·L ⁻¹)									
	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	0.028	0.119	0.056	0.056	0.000	0.004	0.007	0.009	0.003	0.001
E-2	0.015	0.032	1.398	1.398	0.008	0.006	0.002	0.002	0.003	0.000
E-3	0.015	0.076	0.071	0.071	0.009	0.003	0.002	0.002	0.003	0.001
E-4	0.018	0.061	0.036	0.036	0.011	0.014	0.002	0.002	0.001	0.001
E-5	0.017	0.022	0.032	0.032	0.010	0.004	0.002	0.003	0.002	0.000
E-6	0.056	0.022	0.056	0.056	0.005	0.006	0.007	0.005	0.003	0.001
E-7	0.045	0.009	0.056	0.056	0.006	0.001	0.007	0.016	0.024	0.001
E-8	0.055	0.064	0.046	0.046	0.003	0.001	0.002	0.009	0.003	0.001
E-9	0.015	0.201	0.036	0.036	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.000
E-10	0.015	0.091	0.036	0.036	0.002	0.003	0.007	0.022	0.003	0.001
E-11	0.007	0.073	0.041	0.041	0.013	0.007	0.002	0.003	0.001	0.001
E-12	0.009	0.068	0.046	0.046	0.008	0.003	0.002	0.203	0.003	0.018
E-13	0.190	1.100	0.030	0.030	0.013	0.014	0.002	0.270	0.006	0.023
E-14	0.080	0.036	0.097	0.097	0.013	0.009	0.002	0.104	0.009	0.010
E-15	0.010	0.146	0.056	0.056	0.012	0.003	0.002	0.048	0.003	0.014
E-16	0.007	0.155	0.046	0.046	0.012	0.003	0.015	0.083	0.002	0.011
E-17	0.004	0.055	0.097	0.097	0.037	0.001	0.002	0.000	0.003	0.004
E-18	0.002	0.100	0.081	0.081	0.012	0.003	0.002	0.002	0.005	0.003



Figura 16. Comportamiento de los Nitratos por época climática y estaciones de muestreo.

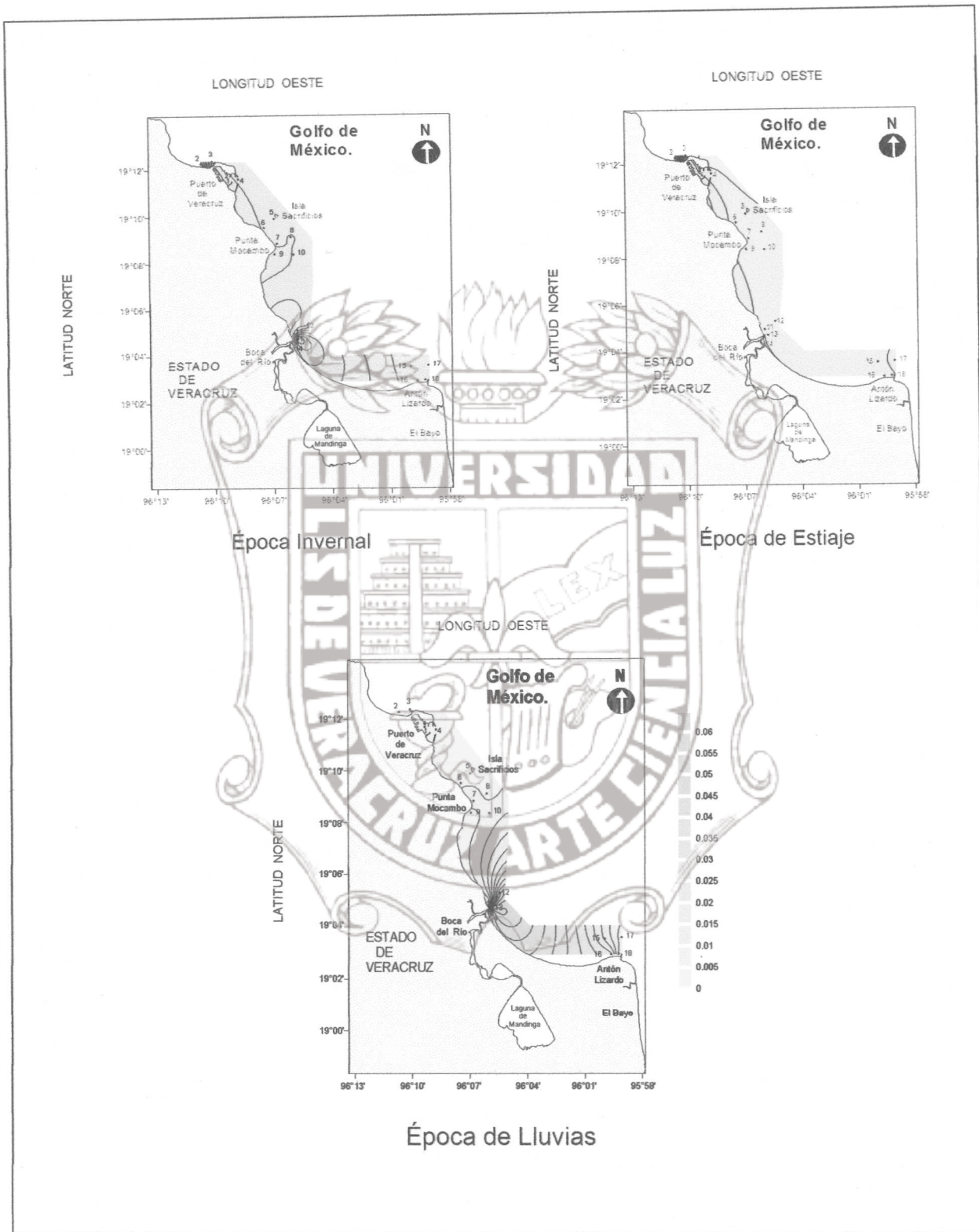


Figura 17. Comportamiento de los Nitratos durante el tiempo de estudio y por temporada climática.

9.9 Ortofosfatos (PO_4)

Los fosfatos se forman principalmente por los procesos biológicos, en donde el fósforo es esencial para el crecimiento de organismos y se consideran como nutrientes limitantes en la productividad primaria de un cuerpo de agua (Martín, 1972).

Durante el tiempo de estudio se logró observar que los valores más altos de ortofosfatos se encontraron durante la época de lluvias, específicamente en todo el mes de julio respecto al resto de los meses de muestreo, con valores entre $0.170 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $0.499 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Esto demuestra que los valores reportados, sobrepasan los límites permitidos para uso recreativo con contacto primario, de $0.100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y para protección de la vida acuática con $0.002 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, como se observa en la figura 18; posiblemente a causa de una carga de agentes orgánicos y fertilizantes por el influjo en el aumento de escorrentías por el aporte pluvial. La media reportada en época de lluvias fue de $0.094 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Cuadro 23).

Se observaron otros casos fortuitos, como se aprecia en la figura 19, donde los valores fueron ligeramente altos, durante el mes de diciembre en la E-8, con $0.300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, así como durante el mes de enero y febrero con valores de $0.240 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, durante la época invernal. Aunque los resultados obtenidos de ortofosfatos en el resto de las estaciones, con una media de $0.061 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, el 15% de estos rebasan los límites para uso recreativo con contacto primario y el 85% rebasan los límites permisibles para protección de la vida acuática (Cuadro 24). Durante la época estiaje se encontraron valores superiores a los límites permisibles, es decir, el 17 % de los valores reportados lo rebasan para el uso recreativo con contacto primario y el 83% lo rebasan para protección de la vida acuática. La media reportada durante fue de $0.085 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Cuadro 23. Comportamiento de los Ortofosfatos por estación climática.

ESTACIÓN	ORTOFOSFATOS ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)		
	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	0.06	0.09	0.09
DESV. STD	0.03	0.009	0.02
VARIANZA	0.0008	0.0001	0.0005
MAXIMO	0.14	0.11	0.14
MINIMO	0.04	0.07	0.07

Cuadro 24. Valores registrados de Ortofosfatos por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

ESTACIÓN	ORTOFOSFATOS (mg·L ⁻¹)									
	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	0.067	0.021	0.071	0.071	0.120	0.076	0.099	0.499	0.030	0.010
E-2	0.100	0.036	0.086	0.086	0.140	0.109	0.066	0.233	0.010	0.010
E-3	0.033	0.030	0.076	0.076	0.090	0.101	0.083	0.170	0.010	0.010
E-4	0.033	0.036	0.076	0.076	0.100	0.101	0.240	0.233	0.015	0.010
E-5	0.025	0.030	0.071	0.071	0.090	0.153	0.083	0.228	0.015	0.010
E-6	0.042	0.100	0.102	0.102	0.080	0.093	0.083	0.228	0.010	0.010
E-7	0.083	0.036	0.081	0.081	0.080	0.101	0.083	0.225	0.030	0.010
E-8	0.300	0.030	0.076	0.076	0.080	0.076	0.083	0.208	0.010	0.030
E-9	0.050	0.036	0.081	0.081	0.080	0.084	0.110	0.238	0.010	0.010
E-10	0.033	0.053	0.081	0.081	0.080	0.109	0.083	0.228	0.010	0.010
E-11	0.033	0.036	0.076	0.076	0.080	0.109	0.099	0.208	0.010	0.010
E-12	0.033	0.030	0.092	0.092	0.080	0.101	0.083	0.218	0.010	0.010
E-13	0.033	0.240	0.208	0.208	0.080	0.093	0.183	0.370	0.020	0.008
E-14	0.042	0.100	0.114	0.114	0.080	0.084	0.183	0.346	0.040	0.030
E-15	0.050	0.036	0.081	0.081	0.080	0.076	0.066	0.238	0.020	0.010
E-16	0.025	0.053	0.076	0.076	0.090	0.068	0.066	0.248	0.010	0.040
E-17	0.033	0.030	0.071	0.071	0.090	0.076	0.066	0.228	0.030	0.010
E-18	0.033	0.030	0.071	0.071	0.080	0.076	0.083	0.208	0.010	0.040

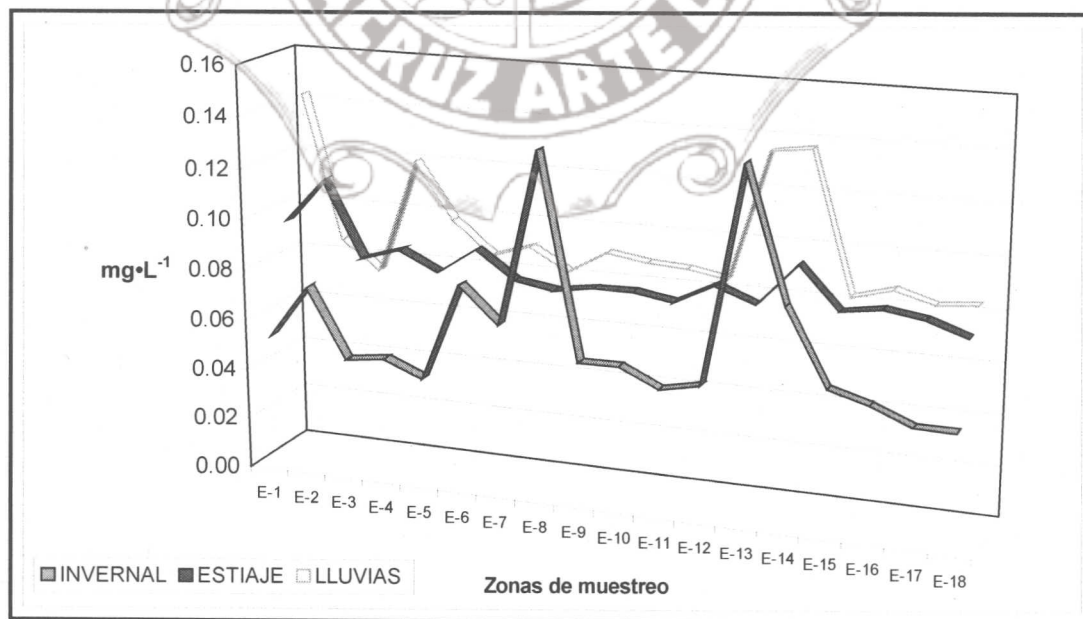


Figura 18. Comportamiento de los Ortofosfatos por época climática y estaciones de muestreo.

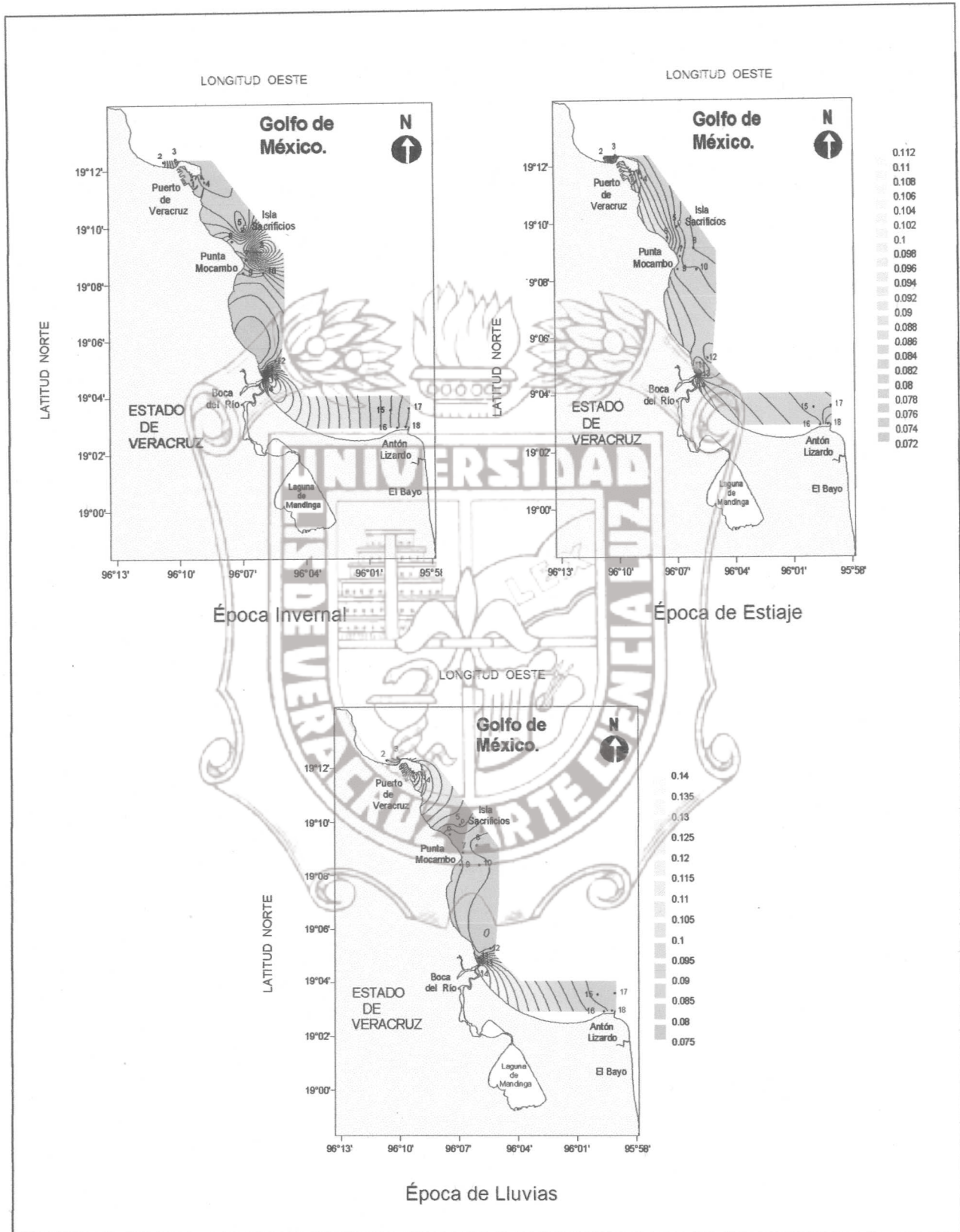


Figura 19. Comportamiento de los Ortofosfatos durante el tiempo de estudio y por temporada climática y zonas de muestreo.

9.10 Salinidad (S)

La salinidad es una de las propiedades más importantes del agua de mar, por ser un parámetro conservativo, junto con la temperatura y la presión. Los organismos son muy sensibles a los cambios de salinidad, ella esta en función de la precipitación o disolución del carbonato, que afecta también al bióxido de carbono total por la evaporación o precipitación y la formación de partículas de sodio. Los límites permisibles para uso recreativo con contacto primario y para la protección de la vida marina establecen valores de 25 a 35 *per mil*. Normalmente la salinidad disminuye cuando hay precipitación pluvial, o influencia de agua dulce por descargas de residuales o de fuentes naturales como son los ríos. Las concentraciones de salinidad durante la época invernal, variaron entre 22 y 35 *per mil*, con una media de 30.85 y una desviación estándar de 0.801. Observándose los valores más bajos en el mes de enero, posiblemente a causa de un mayor aporte de aguas dulces, proveniente de la desembocadura del río Jamapa, a causa de algún fenómeno pluvial no estacional, mostradas en la figura 20.

En el Cuadro 25, se muestra que durante la época de estiaje, se reportaron altos valores de salinidad en un rango de 40 *per mil*, observándose una media de 36.47 con una desviación estándar de 2.38. En el mes de abril, se reflejaron valores entre 34 y 40 *per mil*, esto puede ser a causa del aumento de la temperatura que provoca evaporación en las capas superficiales del agua. En época de lluvias, los reportes indicaron que se encuentran dentro de los límites permisibles, con una media registrada de 30.31 y una desviación estándar de 7.07 (Cuadro 26). En la figura 21 se representa espacialmente los valores de salinidad por estación climática y zonas de muestreo, donde, para esta época de lluvias, se reportaron valores muy por debajo de los registrados para agua marina, con niveles de 3 *per mil* durante el mes de julio, agosto y septiembre, en las estaciones E-13 y E-14, específicamente observadas en la desembocadura del Río Jamapa y que se puede suponer el resultado de la dilución en esta zona del estero.

Cuadro 25. Comportamiento de la Salinidad por estación climática.

SALINIDAD (<i>per mil</i>)			
ESTACIÓN	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	30.851	36.474	30.309
DESV. STD	0.801	2.388	7.071
VARIANZA	0.641	5.703	49.999
MAXIMO	31.500	38.000	34.400
MINIMO	28.000	30.000	10.000

Cuadro 26. Valores registrados de Salinidad por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

ESTACIÓN	SALINIDAD (per mil)									
	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	35.00	23.00	36.00	36.00	38.00	35.00	34.00	25.00	30.00	25.00
E-2	35.00	23.00	36.00	36.00	39.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-3	35.00	24.50	35.00	35.00	40.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-4	35.00	22.00	36.00	36.00	39.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-5	35.00	23.00	35.00	35.00	40.00	36.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-6	35.00	23.00	36.00	36.00	35.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-7	35.00	22.00	35.00	35.00	40.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-8	35.00	22.00	36.00	36.00	40.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-9	35.00	23.00	36.00	36.00	40.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-10	35.00	23.00	36.00	36.00	39.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-11	35.00	23.00	36.00	36.00	25.00	36.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-12	35.00	22.00	35.00	35.00	40.00	36.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-13	35.00	25.00	30.00	30.00	42.00	35.00	6.00	3.00	3.00	3.00
E-14	35.00	23.00	26.00	26.00	34.00	35.00	31.00	3.00	3.00	3.00
E-15	35.00	22.00	36.00	36.00	40.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-16	35.00	22.00	36.00	36.00	40.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-17	35.00	23.00	35.00	35.00	40.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00
E-18	35.00	22.00	35.00	35.00	39.00	35.00	34.00	34.00	34.00	34.00

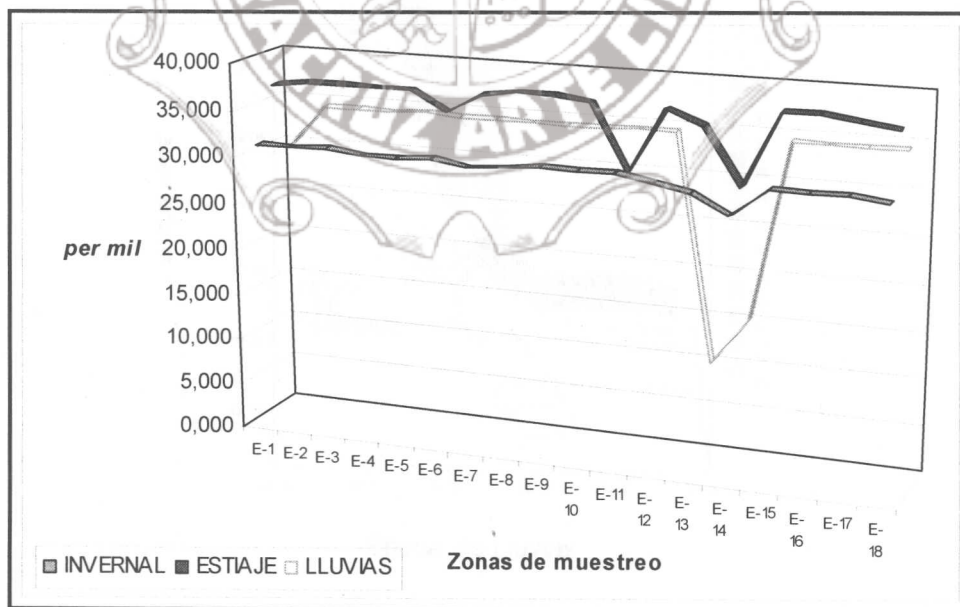


Figura 20. Comportamiento de la Salinidad por época climática y estaciones de muestreo.

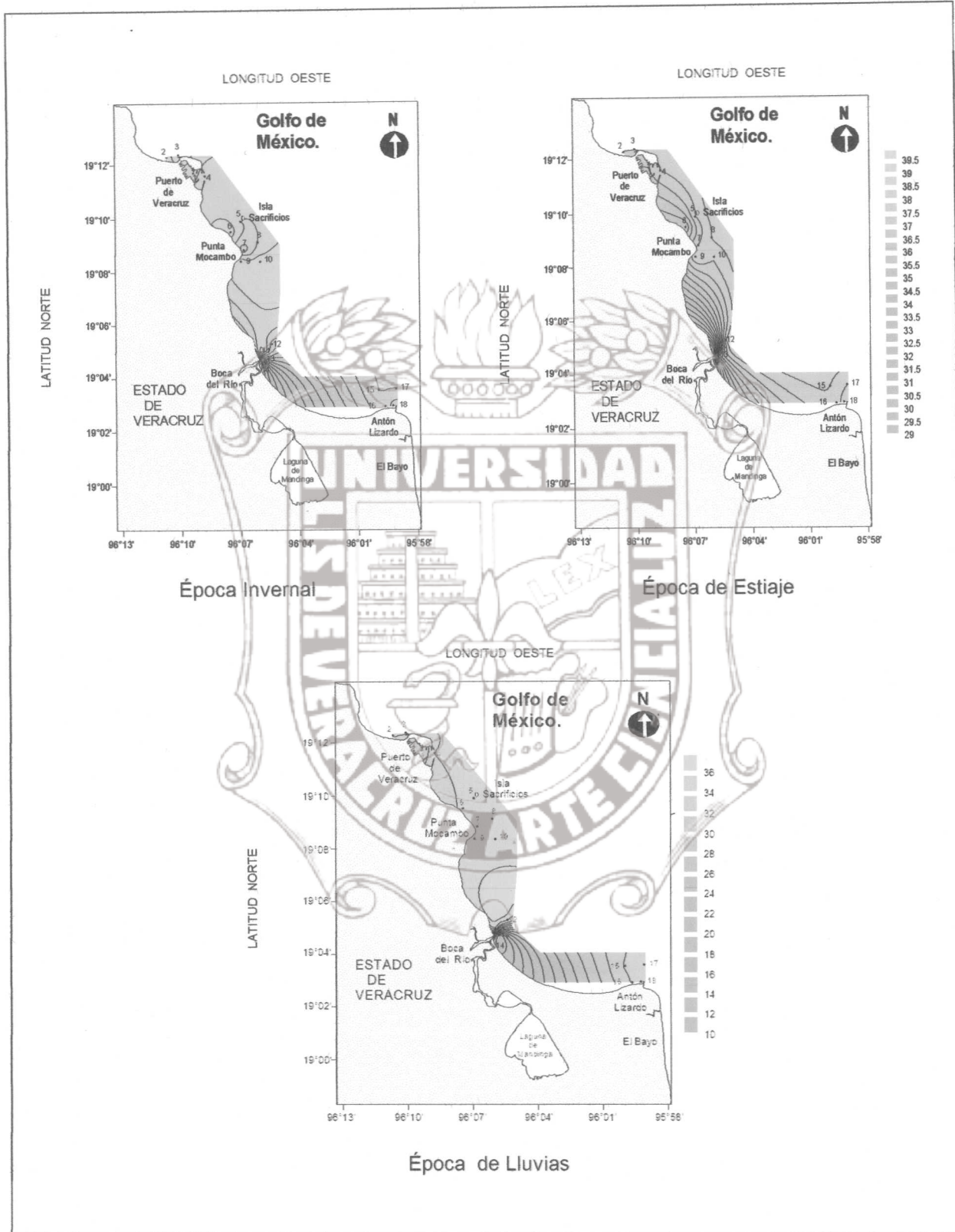


Figura 21. Comportamiento de la Salinidad durante el tiempo de estudio y por temporada climática y zonas de muestreo.

9.11 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales son el material no soluble que se encuentra en el agua y permanece en suspensión. Los sólidos pueden ser de tipo orgánico e inorgánico y provienen de los desechos de gran cantidad de industrias. Concentraciones altas pueden ocasionar la muerte de peces, por obstrucción de vías respiratorias, o de organismos bentónicos por obstrucción de su hábitat.

En la figura 22, se pudo observar que durante la época invernal, los niveles más altos registrados de SST, fueron de $194.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y los más bajos de $7.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Cuadro 28). En la época de estiaje se reportaron los niveles más altos cercanos a $194.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, mientras que los más bajos oscilaron en $20.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Por otro lado, en la temporada de lluvias, el valor más alto fue de $529.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y el mínimo de $6.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. La media reportó valores de $104.4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en la época invernal, $129.4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en la época de estiaje y $96.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ durante las lluvias (Cuadro 27).

La figura 23, representa la distribución espacial de los sólidos por época climática y zonas de muestreo, donde se pudo apreciar que los resultados registrados para el presente estudio, rebasan los límites permitidos, tanto para los criterios ecológicos de la calidad del agua (CNA, 1989), que especifican que para uso recreativo con contacto primario, no deben exceder los $20.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y para la protección de la vida acuática no excederán los $30.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Por otro lado, algunos resultados se reportan dentro de los criterios establecidos por el Instituto Mexicano de la Pesca, que especifica que los valores usuales para aguas costeras, deberán mantenerse entre 45.0 y $55.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, con un límite superior de $100.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (IMP, 1987).

Cuadro 27. Comportamiento de los Sólidos Suspendidos Totales por estación climática.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			
ESTACIÓN	INVERNAL	ESTIAJE	LLUVIAS
MEDIA	104.371	129.375	96.031
DESV. STD	24.590	27.305	39.084
VARIANZA	604.644	745.575	1527.562
MAXIMO	161.667	175.000	196.500
MINIMO	58.333	60.500	23.000

Cuadro 28. Valores registrados de los Sólidos Suspendedos Totales por estaciones climáticas de Diciembre del 2002 al Octubre del 2003.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg·L ⁻¹)										
ESTACIÓN	INVERNAL			ESTIAJE		LLUVIAS				
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
E-1	70,000	122,000	124,000	124,000	110,000	183,000	199,000	8,000	167,000	137,000
E-2	20,000	135,000	20,000	20,000	80,000	220,000	36,000	6,000	23,000	27,000
E-3	80,000	95,000	140,000	140,000	92,000	29,000	529,000	6,000	91,000	160,000
E-4	80,000	131,000	78,000	78,000	90,000	199,000	175,000	98,000	114,000	224,000
E-5	86,000	99,000	99,000	99,000	86,000	191,000	184,000	10,000	16,000	222,000
E-6	102,000	103,000	111,000	111,000	74,000	181,000	196,000	11,000	186,000	190,000
E-7	101,000	128,000	69,000	69,000	103,000	187,000	168,000	21,000	133,000	75,000
E-8	37,000	113,000	61,000	61,000	73,000	171,000	205,000	9,000	94,000	206,000
E-9	37,000	138,000	121,000	121,000	107,000	183,000	127,000	8,000	123,000	100,000
E-10	104,000	122,000	122,000	122,000	50,000	184,000	184,000	7,000	35,000	75,000
E-11	79,000	190,000	93,000	93,000	84,000	266,000	261,000	25,000	182,000	16,000
E-12	75,000	121,000	82,000	82,000	79,000	173,000	204,000	15,000	123,000	113,000
E-13	118,000	27,000	106,000	106,000	83,000	67,000	200,000	126,000	74,000	11,000
E-14	7,000	107,000	138,000	138,000	134,000	183,000	87,000	15,000	54,000	51,000
E-15	63,000	125,000	93,000	93,000	105,000	164,000	222,000	25,000	52,000	48,000
E-16	99,000	132,000	64,000	64,000	92,000	196,000	172,000	13,000	139,000	16,000
E-17	90,000	166,000	103,000	103,000	101,000	179,000	84,000	8,000	155,000	67,000
E-18	102,000	97,000	194,000	194,000	104,000	181,000	173,000	17,000	84,000	108,000

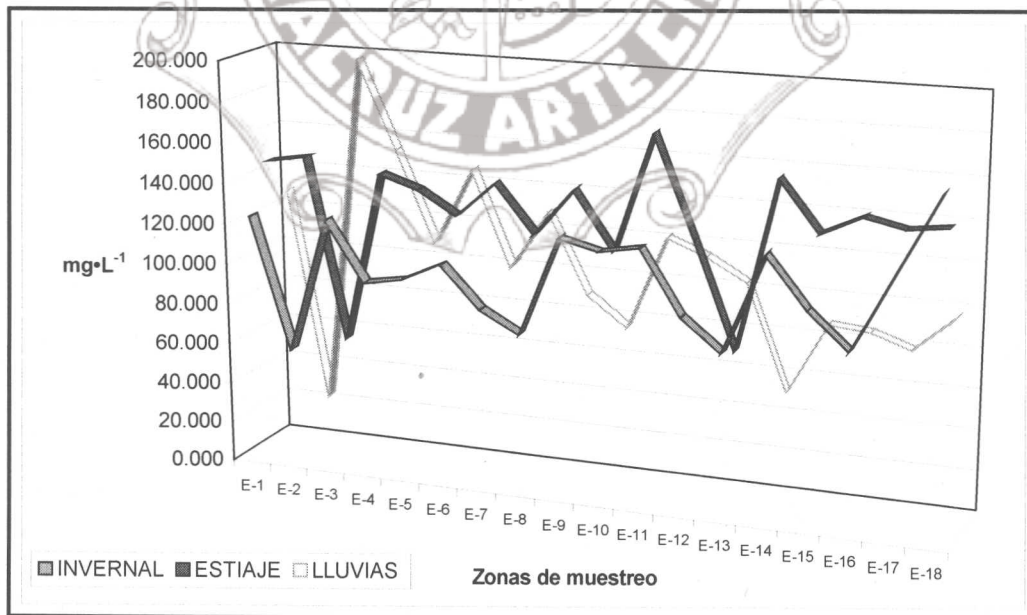


Figura 22. Comportamiento de los Sólidos Suspendedos Totales por época climática y estaciones de muestreo.

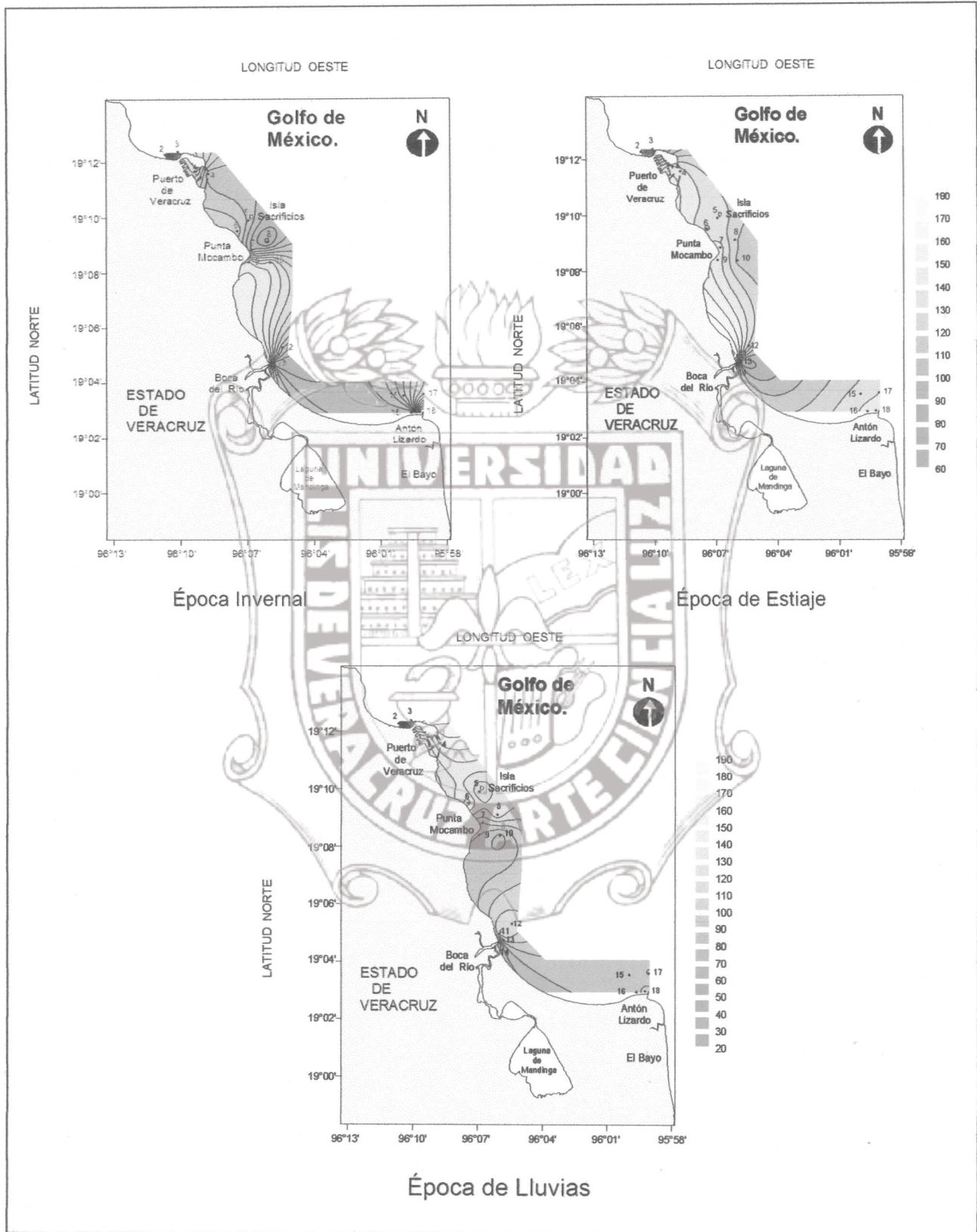


Figura 23. Comportamiento de los Sólidos Suspendedos Totales durante el tiempo de estudio y por temporada climática y zonas de muestreo.

X. DISCUSION

A lo largo del estudio se pudo observar, el gran influjo que predominó del agua del Río Jamapa hacia la zona costera. Así como también, el movimiento de agentes contaminantes provenientes del Río, y que se dirigen hacia el mar. Los Cuadros 29, 30 y 31, representan claramente la interpretación puntal de las zonas de muestreo por cada época climática, que se encontraron fuera de los límites descritos por la CNA (1989), de los Criterios ecológicos de la calidad del agua de acuerdo a su uso.

El comportamiento de la temperatura fue de acuerdo a la estación climatológica para esta Región de Veracruz. Por otro lado, los valores de Temperatura Superficial del Mar (TSM) a lo largo del estudio, se encontraron por arriba de los criterios ecológicos de calidad de agua para protección a la vida acuática en aguas marinas (PVAAM), donde posiblemente ocasionado por los procesos dinámicos del oleaje y a la fluctuación de las mareas y corrientes, que generan una alta energía, y que pueden ocasionar inestabilidad en los resultados.

Para el caso del pH, se encontraron valores de 5.5 desde la salida del Río Jamapa hasta las costas de Antón Lizardo, y pueden ser causados por el movimiento de las masas de agua en ese sentido, observando la interacción del río hacia el mar. Por otro lado, se observa que el pH incrementa a valores de 8 unidades, por la presencia de agua dulce en época de lluvias, reflejadas a lo largo de las costas de Veracruz y Boca del Río.

Las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto (O.D.) se encontraron de igual manera, en la salida del río, tanto en época Invernal, como en la época de lluvias; debido a precipitaciones pluviales estacionales o no estacionales que llegan a través del Río Jamapa, y que traen consigo una gran cantidad de sólidos. Esto se reflejan en los valores de los Sólidos suspendidos totales (SST), que reportan niveles de $161.7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en época invernal y $196.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en época de lluvias; alternativamente se observó una disminución en las concentraciones de la salinidad, indicando por esto los aportes de agua dulce.

Los valores de DBO_5 fueron muy variantes a lo largo del estudio; durante la época de estiaje se observaron incrementos frente a la zona hotelera, debido principalmente a las actividades turísticas de los periodos vacacionales. Por otro lado, se observaron en época invernal niveles altos en zonas puntuales como fueron frente a la planta de tratamiento norte y frente a la Escuela Naval, que pueden ser causados por descargas de materia orgánica. Mientras que, en lluvias los valores ligeramente menores predominaron frente a las costas de Boca del Río y Antón Lizardo, causado posiblemente por los aportes pluviales.

Es de suponer que si las concentraciones de materia orgánica de naturaleza biodegradable son elevadas, pero existen presencia de oxígeno disuelto; impidan que se produzca el fenómeno de la anaerobiosis, ya que, la probabilidad de que el agua marina se torne así durante la noche es muy baja.

Respecto a las concentraciones de nitritos y nitratos, sus valores no fueron preocupantes, ya que forman parte de los nutrientes de la productividad primaria al igual que los fosfatos, sin embargo, si los niveles de amonio y ortofosfatos, sobrepasaron los límites permisibles para la vida acuática, reflejan presencia las descargas de aguas nitrogenadas y fosforadas.

Cuadro 29. Interpretación puntual de las zonas de muestreo de la época Invernal, que exceden los límites de los Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo al tipo de uso según la CNA (1989).

ESTACION	T°	PH	OD	DBO	NO3	NO2	NH4	PO4	SST	COLF	SAL
E-1	23.67	6.83	5.73	4.54	0.068	0.020	0.020	0.05	123	13	31.33
E-2	23.67	7.00	3.47	2.40	0.482	0.169	0.153	0.07	58	2	31.33
E-3	23.83	6.67	4.95	1.49	0.054	0.013	0.021	0.05	125	3101	31.50
E-4	23.33	7.00	5.29	3.08	0.038	0.013	0.021	0.05	96	144	31.00
E-5	23.33	6.67	5.07	2.84	0.024	0.010	0.017	0.04	99	132	31.00
E-6	23.67	6.67	4.74	1.98	0.045	0.021	0.214	0.08	108	777	31.33
E-7	23.33	6.67	4.65	2.21	0.037	0.023	0.016	0.07	89	3668	30.67
E-8	23.00	7.00	3.72	3.32	0.055	0.029	0.015	0.14	78	2	31.00
E-9	23.83	7.00	4.67	0.34	0.084	0.006	0.018	0.06	127	121	31.33
E-10	23.50	7.00	4.66	2.48	0.047	0.008	0.020	0.06	122	13	31.33
E-11	23.67	6.48	4.25	2.79	0.040	0.004	0.024	0.05	125	78	31.33
E-12	23.67	6.50	4.24	3.60	0.041	0.006	0.010	0.05	95	8011	30.67
E-13	24.67	6.50	3.47	2.03	0.440	0.038	0.288	0.14	80	8120	30.00
E-14	24.33	6.50	3.76	2.21	0.071	0.013	0.119	0.09	128	8037	28.00
E-15	24.33	6.50	5.06	2.68	0.071	0.006	0.015	0.06	104	121	31.00
E-16	23.67	6.50	3.50	4.70	0.069	0.006	0.015	0.05	87	121	31.00
E-17	24.00	6.50	5.27	2.17	0.052	0.013	0.011	0.04	124	2	31.00
E-18	23.67	6.50	5.50	3.52	0.061	0.036	0.024	0.04	162	304	30.67

- Arriba de los límites para uso Recreativo con contacto primario (RCP)
- Arriba de los límites para Protección a la vida acuática (PVA)
- Arriba de los límites para ambos casos
- Valores dentro de los límites aguas costeras

En relación a los Coliformes fecales en cada periodo climática se observó un aporte similar de esta cuenta bacteriana, y que pueden ser originados por descargas de materia orgánica que prevalece, muy marcadamente en la desembocadura del Río Jamapa y frente a la zona hotelera de Boca del Río.

Cuadro 30. Interpretación puntual de las zonas de muestreo de la época de Estiaje, que exceden los límites de los Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo al tipo de uso según la CNA (1989).

ESTACION	T°	PH	OD	DBO	ESTIAJE				SST	COLF	SAL
					NO3	NO2	NH4	PO4			
E-1	24.00	7.00	3.20	1.90	0.028	0.010	0.023	0.10	147	36	37.00
E-2	24.00	7.00	3.40	2.75	0.703	0.244	0.255	0.11	150	2302	37.50
E-3	24.50	7.00	5.05	1.40	0.040	0.012	0.010	0.08	61	3	37.50
E-4	24.00	6.75	3.80	2.54	0.023	0.005	0.029	0.09	145	38	37.50
E-5	23.50	6.50	5.10	2.65	0.021	0.006	0.014	0.08	139	20	37.50
E-6	24.50	6.50	5.65	3.20	0.030	0.010	0.102	0.09	128	250	35.50
E-7	23.50	6.50	4.50	3.25	0.031	0.009	0.034	0.08	145	5875	37.50
E-8	23.25	6.50	4.40	3.85	0.024	0.009	0.014	0.08	122	3	38.00
E-9	24.00	6.50	4.70	0.50	0.019	0.006	0.014	0.08	145	3	38.00
E-10	23.75	6.50	4.45	1.70	0.019	0.006	0.050	0.08	117	20	37.50
E-11	24.50	5.73	4.40	1.71	0.027	0.005	0.214	0.08	175	117	30.50
E-12	24.00	5.75	3.15	2.35	0.027	0.007	0.010	0.09	126	12002	37.50
E-13	24.00	5.75	3.25	2.60	0.022	0.052	0.240	0.08	75	12002	36.00
E-14	24.00	5.75	3.20	2.80	0.055	0.016	0.090	0.10	159	12002	30.00
E-15	24.00	5.75	3.65	2.90	0.034	0.010	0.020	0.08	135	3	38.00
E-16	24.00	5.75	1.85	2.26	0.029	0.007	0.061	0.08	144	3	38.00
E-17	24.00	6.25	3.40	0.01	0.067	0.017	0.031	0.08	140	20	37.50
E-18	24.50	6.00	3.65	1.80	0.046	0.017	0.031	0.08	143	457	37.00

- Arriba de los límites para uso Recreativo con contacto primario (RCP)
- Arriba de los límites para Protección a la vida acuática (PVA)
- Arriba de los límites para ambos casos
- Valores dentro de los límites aguas costeras

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

Cuadro 31. Interpretación puntual de las zonas de muestreo de la época de Lluvias, que exceden los límites de los Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo al tipo de uso según la CNA (1989).

	Tº	PH	OD	DBO	NO3	NO2	NH4	PO4	SST	COLF	SAL
ESTACION	LLUVIAS										
E-1	30.20	7.70	3.60	3.58	0.005	0.003	0.081	0.14	128	48	29.80
E-2	28.60	7.70	4.62	3.46	0.002	0.003	0.058	0.09	23	10	34.20
E-3	29.00	7.70	4.52	3.90	0.002	0.005	0.062	0.07	197	3	34.20
E-4	29.50	7.70	3.88	2.90	0.004	0.002	0.149	0.12	153	10	34.20
E-5	29.60	7.70	4.90	3.64	0.002	0.004	0.094	0.10	108	3	34.40
E-6	30.00	7.70	3.66	2.90	0.004	0.004	0.108	0.08	146	88	34.20
E-7	29.20	7.70	3.79	2.86	0.010	0.007	0.059	0.09	99	17	34.20
E-8	29.40	7.70	3.63	2.53	0.003	0.003	0.052	0.08	129	3	34.20
E-9	29.80	7.70	4.21	2.46	0.002	0.004	0.085	0.09	90	3	34.20
E-10	30.00	7.70	4.10	2.92	0.007	0.003	0.051	0.09	75	3	34.20
E-11	29.80	7.70	3.43	2.46	0.003	0.002	0.064	0.09	121	17	34.40
E-12	30.00	7.70	3.61	2.44	0.046	0.010	0.060	0.08	114	22	34.40
E-13	28.40	6.90	2.38	2.08	0.063	0.011	0.160	0.13	103	9602	10.00
E-14	28.60	6.90	2.53	2.34	0.027	0.008	0.101	0.14	52	10	15.00
E-15	28.80	7.50	4.31	2.58	0.014	0.004	0.058	0.08	87	10	34.20
E-16	28.80	7.50	3.83	2.40	0.023	0.003	0.061	0.09	85	3	34.20
E-17	29.40	7.50	3.28	2.50	0.002	0.004	0.078	0.08	79	3	34.20
E-18	29.60	7.50	3.56	2.24	0.003	0.005	0.067	0.08	96	3	34.20

- Arriba de los límites para uso Recreativo con contacto primario (RCP)
- Arriba de los límites para Protección a la vida acuática (PVA)
- Arriba de los límites para ambos casos
- Valores dentro de los límites aguas costeras

El problema de la contaminación es casi permanente, el puerto de Veracruz y Boca del Río, recibe más de un millón de visitantes durante las épocas vacacionales, generando basura y aumento de descargas de aguas negras por el sector hotelero. De los 34 hoteles ubicados en la franja costera, sólo el 60% cuenta con plantas para el tratamiento de estas aguas residuales.

Considerando que Veracruz cuenta con una población de 458, 000 habitantes y Boca del Río 136, 000 habitantes, sólo se dispone de 21 plantas de tratamiento (Anexo A-5); donde, la planta de tratamiento de Playa Norte recibe el 70 % de las descargas residuales de todo el municipio. De manera que, es urgente y necesario que los Gobiernos municipales y estatales junto con la población, dirijan su atención al problema de la contaminación d la zona costera, antes de que se presenten problemas de salud.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

XI. ESTRATEGIAS DE MITIGACION

11.1 Estrategias para la mitigación de la contaminación de aguas costeras

Los efectos de la contaminación están en una situación difícil para la sociedad y para el gobierno. Si no existe el interés por ambos lados y el conocimiento del problema, el cual día con día se va agravando; difícilmente se podrá lograr un ambiente sano y limpio. Las medidas por considerarse para abatir la contaminación, deben ser lo menos perjudiciales desde el punto de vista socioeconómico pero sin detrimento del ambiente marino.

En el estado de Veracruz, la actividad industrial proporciona numerosos empleos a un amplio sector de la población y aporta considerables divisas a la economía regional y nacional. De la misma manera, el desarrollo turístico en los municipios de Veracruz y Boca del Río, se han incrementado rápidamente, acompañado de un crecimiento demográfico acelerado y no planificado.

Las entidades municipales y estatales se vieron en la necesidad de crear plantas de tratamiento de las aguas de desecho distribuidas de tal manera, alcanzaran disminuir los problemas de la contaminación. Sin embargo, de las 21 plantas de tratamiento con las que cuenta el municipio de Veracruz, 15 de estas sólo tratan lodos activados convencionales, y la planta de tratamiento norte de Veracruz posee filtros percoladores.

La medida más adecuada para eliminar el impacto en el área de estudio, es la implementación de plantas de tratamiento, específico para el tipo de descarga que vierte cada efluente, así como para el drenaje municipal.

- I. Al establecer mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales distribuidas estratégicamente durante los municipios, será necesario situarlas en donde puedan ser vertidas y no causen daños severos.
- II. El sector hotelero de Veracruz y Boca del Río, debe contar con plantas de tratamiento, y cumplir con las normas establecidas de descargas de aguas residuales NOM-001-ECOL-1996.

- III. El municipio de Boca del Río, deberá instaurar más plantas de tratamiento, situadas en áreas estratégicas, incluyendo a las poblaciones e industrias que se encuentren a lo largo del Río Jamapa.
- IV. Desarrollar un Programa de Verificación en acuerdo con la Comisión Nacional del Agua con el continuo cumplimiento de las Normas de descargas de aguas residuales, respecto a la NOM-001-ECOL-1996.
- V. Es importante establecer el Programa de Control del Agua Costera, donde puedan observarse las variaciones de los parámetros evaluados respecto a las condiciones climáticas, así como a la capacidad de operación de la plantas de tratamiento. De esta manera, se tendrá un reporte histórico de los datos.
- VI. Implementar un programa de asesoramiento promovido por el gobierno Federal, por instituciones educativas y de investigación para elaborar sistemas de tratamiento de las aguas de descarga, para la pequeña y mediana industria, así como a empresas comerciales, fraccionamiento y colonias, de esta manera, las plantas de tratamiento ya establecidas, así realizar mejoras en los procesos de tratamiento.
- VII. Implementar un programa educación ambiental a estudiantes y a la comunidad en general; donde se expongan los tipos y causas de la contaminación del agua. Así como también los trastornos ocasionados a causa de su falta de prevención.
- VIII. Elaborar un Programa del ahorro del agua, del cual implique el compromiso de conservación, purificación y reutilización de las aguas de desecho.

XII. CONCLUSIONES

Es evidente a lo largo del estudio, percibir la influencia de agentes contaminantes, procedentes de descargas pluviales, domésticas e industriales hacia la franja costera. Asimismo, se observó la gran contribución de las masas de agua del Río Jamapa y en el que se observaron significativas variaciones de los parámetros fisicoquímicos y de la carga biológica. Aunque no reflejan un comportamiento definido, sí pueden precisarse las áreas receptoras como son la Dársena Portuaria y la Planta de tratamiento Norte de Veracruz, la línea hotelera, en la desembocadura del Río Jamapa y en escala menor frente a Escuela Naval. Es importante mencionar, además que existen una gran cantidad de líneas de descargas registradas y no registradas por CRAS a lo largo de toda la costa (anexos A-2 y A-3), y que pueden a crear una problemática mayor de la que prevalece.

La evaluación de los 10 parámetros fisicoquímicos tales como T°C, O.D., DBO₅, pH, NH₄, NO₂, NO₃, PO₄, Salinidad y SST, así como el análisis microbiológico de Coliformes fecales, resultaron representativos para conocer la calidad del agua en la zona costera de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo, Ver., como inicialmente se planteó.

Esto permitió reflejar la calidad del agua en la franja costera, en muchas medidas se demuestra que los valores estuvieron fuera de los límites permisibles para uso Recreativo con contacto primario o en otros casos para la Protección de la vida acuática. Se puede decir, que la calidad del agua costera no es aceptable; ya que, si los resultados no fueron dramáticos como era de esperarse, es de suponer que las condiciones del oleaje que favorecen la aireación, así como del poder de dilución de algunos contaminantes, no refleja valores altos, respecto a los límites permisibles de los Criterios ecológicos de calidad de agua de acuerdo a su uso. Es de suponer en tal caso, que las aguas de descarga que llegan a la costa, se encuentran fuera de las normas mexicanas establecidas.

De ahí que sea urgente la existencia legal de que todas las industrias que de alguna manera viertan sus desechos tanto al mar, como a la tierra o a la atmósfera, apliquen tratamientos óptimos según sus efluentes. Esta medida asegurará que la actividad industrial continúe siendo rentable, que el ecosistema pueda ser preservado, así como la salud y calidad de vida adecuada de la población mexicana.

XIII. RECOMENDACIONES

- I. Aunque se logró determinar la calidad del agua de mar, al evaluar 18 estaciones de muestreo comprendida desde Veracruz hasta Antón Lizardo; será necesario distribuir estas estratégica y homogéneamente a lo largo de la franja costera. Inclusive se pueden implantar unos puntos de muestreo hacia el norte de la planta de tratamiento de Veracruz, así como situar algunos hasta el interior del río Jamapa, con el fin de mostrar la interacción de los contaminantes hacia la costa.
- II. Será importante establecer vínculos entre instituciones educativas, de investigación con organismos federales y estatales junto con la Secretaría de Marina; que se involucren en formar un sistema de control permanente, que evalúe la calidad del agua de toda la costa de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo, Ver. De esta manera, se podrá realizar un banco de datos que reporte el historial del agua a lo largo del tiempo. La información desarrollada a través de esta red de vigilancia, será ineludible informarla a la ciudadanía, identificando el o los problemas que la ocasionan. Y que al incrementar las medidas de prevención, control y saneamiento, se evita provocar daños a los ecosistemas marinos.
- III. Aunque la CNA reporta que tanto la planta de tratamiento Norte y la de Boca del Río, operan regularmente, existen zonas de descargas que no están conectadas a las líneas de drenaje publico y que finalmente repercuten en la calidad del agua.
- IV. Es indispensable utilizar un índice de calidad de agua, que refleje en un valor, las condiciones de aceptabilidad de esta. En vista de lo anterior, y como el resultado de diversidad de datos, el índice de calidad del agua, permitirá resumir la información generada, y expresará la situación sobre la calidad del medio afectado, dando como base la expresión del impacto al predecir las diferencias de sus condiciones naturales.

La solución a estos problemas no son tarea fácil, sin embargo, la falta de acciones pueden incrementar la dificultad y el costo de la solución final. Las enmiendas deben enmarcarse dentro de la medida de organización y cooperación, de acuerdo a las condiciones socio-políticas y socio-culturales de la región.

XIV. REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

- Adame R. A. y Salin, D. A. 1997. Contaminación Ambiental. 3ra. Reimpresión. Editorial TRILLAS. México.
- Association Official Analytical Chemists Official Methods of Analysis. APHA-AWWA-WPCR 1994. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. WPCF 17a. 17th Edición. USA.
- Brower, J. H. y Zar, J. M. 1984. Field and Laboratory methods for general ecology. 2nd. De Brown Publishers.
- Bustani, A. A. 1998. Aguas residuales. Calidad ambiental. Centro de calidad del agua caso del Valle de Yaqui, Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. ITSON. Dirección de investigación y estudios de postgrado. DIEP. II-56.
- Cámara, D.O.. 1993. Impacto de la agricultura bajo riego sobre la calidad del agua caso del Valle del Yaqui, Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON. Dirección de investigación y estudios de postgrado DIEP. En memorias del I Congreso Internacional AIDIS de Norteamérica y del Caribe. II-56.
- Campbell J. A. and Loring D.H. 1980. Baselines Levels of heavy metals in the water and sediments of Baffin Bay. Marine Pollution Bulletin. Vol. 11:257-261.
- Capurro, L. A. 1972. La circulación Oceánica del Golfo de México. Memoria del IV Congreso Nacional de Oceanografía. UABC. Ensenada, B.C.N. México 3-12p.
- Comisión Nacional del agua, CNA. 1989. Criterios ecológicos de la calidad del agua de acuerdo a su uso. CECA. México, D. F.
- Comisión Nacional del agua/ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, CNA-SEMARNAP. 1999. Índices de calidad de agua, por entidad federativa. Clasificación de la contaminación de acuerdo al uso. CNA-SEMARNAT. México, D. F.
- Comisión Nacional del agua, CNA. 2002. Plantas de tratamiento de aguas residuales municipal Datos estadísticos. México, D. F.
- Contreras-Espinosa, F. Castañeda López, O. 2002. Caracterización e importancia de las lagunas costeras. Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa. 31-43 pp.
- Chapman D. 1999. Water quality assessments. A guide to the use of biota sediments and water in environmental monitoring. Chapman & Hall London Great Britain.
- Chávez, S. G. 1975. Elementos de oceanografía. Primera edición México de D.F. Ed. Compañía continental, S.A.

- De la Lanza, E.G. 2001. Temas Selectos de Geografía en México, I. Textos monográficos, 9. Las costas y los mares de México. Características Físico-Químicas de los Mareas de México. Laboratorio de Fotomecánica, Instituto de Geografía UNAM, Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- Diario Oficial. 1989. Acuerdo con la que se establece los criterios ecológicos de calidad de agua CE-CCA-001/89. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Diario Oficial de la Federación.
- Dirección General de Construcción y operación Hidráulica. 1999. Avances tecnológicos de la ingeniería sanitaria y ambiental en la ciudad de México. México, D. F. II'-43.
- Environmental Protection Agency, EPA. 1990. Guidance specifying management for sources of non point pollution in coastal waters. Us Environmental Protection Agency, office of Wetlands, Oceans and Watersheds. Washington, D.C.
- Environmental Protection Agency, EPA. 1993. Coastal non point pollution control program. Us Environmental Protection Agency, office of Wetlands, Oceans and Watersheds. Washington, D.C.
- Farías Sánchez. 1991. Ecology culture and utilization of the mussel *Brachiodontes recurvus* (Rafinesque), in the context of an integrated management approach to Boca del Río- Mandinga estuarine system, Veracruz , Mexico. Tesis Doctoral. Universidad de Stirling Escocia. 234.
- Grijalva, N. 1971. The M2 tide in the Gula of Mexico. *Geofis. Int. (Mex)*. II (3):103-125.
- Guthrie, F. E. and Perry J. J. 1980. *Introduction to Enviromental Toxicology*. Elsevier, N. Y., U.S.A. 484 p.
- Guzmán Amaya, P., Quiroga Brahms, C., Díaz Luna C. Fuentes Castellanos, D., Contreras, C. M. Silva López, G. 2002. La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. Instituto Nacional de la Pesca. Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- Hernández-Rosario, C. 1982. Algunos resultados de corrientes en la bocana del puerto de Veracruz, Ver. Publicación de la estación de Investigación Oceanográfica Veracruz. Dir. Gral. Ocea. Nav. SecMar. 44p.
- Instituto Nacional de Ecología. 2001. Zonas costeras. Coordinación de Zonas Costeras de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental. Ecología marina. INE. <http://new.ine.gob.mx/dgoeia/zcoster/>.
- Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática, INEGI. 2002. Aspectos geográficos de Veracruz-Llave. Climas. México, D. F.
- Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática, INEGI. 1999. Aspectos geográficos de Veracruz-Llave. Corrientes de agua. México, D. F.

- Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática, INEGI. 1997a. Plantas de tratamientos de agua por entidad federativa. México, D. F.
- Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática, INEGI. 1997b. Distribución de plantas industriales de acuerdo a su giro. México, D. F.
- Instituto Mexicano del Petróleo. 1978. memorias del curso Internacional "Impacto ambiental". Subdirección de desarrollo profesional. IMP. 178 p.
- León, V. L.. 1991. Sistemas de información geográficos en la calidad del agua. Instituto Mexicano de tecnología del agua. México. II-7.
- León, V. L. 1993. Índice de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala. Instituto Mexicano de tecnología del agua. En memorias del I Congreso Internacional AIDIS de Norteamérica y del Caribe. II-21.
- Martin, W. 1972. The ocean. Their physics, chemistry and general biology. Prentice may, Inc. Englewood Cliffs, N.L.
- Martínez. C. L. 1988. Ecología de los Sistemas Acuícolas. 1° Edición. Editorial AGT México. CNA, Gerencia de calidad, Rehúso del agua e impacto ambiental. México. En memorias del I Congreso Internacional AIDIS de Norteamérica y del Caribe. II'- 39.
- Organizaciones de las Naciones Unidas. PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Centro de información. Citado en 5 de Octubre del 2002.
- Ortiz, N.T., Toledo, H.M. y González, V.R. 1993. Variabilidad de la calidad del agua del Río Blanco Veracruz desde 1986 a 1991. CNA, Gerencia de calidad, Rehúso del agua e impacto ambiental. México. II'- 35.
- Pearson, T.H., Gray, J. S. y Johannessen, P.J. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2 data analysis. Mar. Ecol. Prog. Serv. Vol. 12:237-255.
- Riley, J.P., K. Grasshoff y A. Voipio. 1978. Nutrient Chemicals (including those derived from detergents and agricultural chemicals). In: Goldberg E. DJ.(Ed.). A Guide To Marine Pollution. Gordon and Breach Science Publishers. New York: 81-106p.
- Ross, J. 1980. Prácticas de ecología. Barcelona, España, Editorial Omega, S. A.
- Secretaría de agricultura y ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana, SAGARPA-INP-UV. 2002. La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. Sagarpa-INP-UV. México, D.F. p. 96.

- Secretaría de desarrollo Urbano y Ecología. SEDUE. 1973. Reglamento para la prevención y control de aguas. Dirección general de prevención y control de la contaminación del agua, publicado por el Diario Oficial. México, D.F.
- Secretaría de Marina. Armada de México. 1992. Catálogo fotográfico del parque nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano". Primera Región Naval, Tercera Zona Naval Militar. pp 7-15.
- Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía. 1982. Calidad de aguas en la dársena del Puerto de Veracruz y proximidades. Estación Oceanográfica. Veracruz, Ver.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. SEMARNAT. México, D.F.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. SEMARNAT. México, D.F.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-031-ECOL. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal. SEMARNAT.
- Sedeño, D.J. 1998. Estudio histórico de la calidad del agua del Río Lerma, en el tramo comprendido de las lagunas de Almoloya del Río de la Piedad, Mich., durante el periodo de 1975 a 1994. Instituto politécnico Nacional. México D.F. pp. 71-88.
- Strickland, J. D. H and Parsons, T. R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board. Ottawa. Canadá. 167, 2º edición 310 pp.
- Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R. H. 1942. The oceans: Their physics, chemistry and general biology, "Englewood cliffs, N.J. Prentice Hall, Inc. 1087 pp.
- Universidad Autónoma de México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Instituto Mexicano del Petróleo, UNAM-CONACyT-IMP. 1986. Evaluación de hidrocarburos y metales pesados en las costa Occidental de la península de Baja California, 1983-1984). Reporte del estudio sistemático de la zona económica de México. PEMEX. México D.F.

- Universidad Veracruzana, Secretaría de Marina Instituto Nacional de Ecología. UV-SECMAR-INE. 1996. Estudio de la Contaminación marina en los Litorales del Golfo y Mar Caribe de México. Instituto de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Ambiental; Instituto de Investigación del Golfo y Mar Caribe, Estaciones de Investigación Oceanográfica de Tampico y Campeche; , Dirección General de Oceanografía Naval Dirección Oceanográfica, Secretaría de Desarrollo Social, Dirección General de Normatividad Ambiental, Dirección de Administración de la Calidad Ambiental. Veracruz, Ver.
- Vargas H. E.. 2000. Investigación de la presencia de *Vibrio cholerae* viable, cultivable y no cultivable en muestras de plancton extraídas en las costas de Veracruz. Informe técnico. Instituto Tecnológico del Mar 01.
- Vázquez de la Cerda, A. M. 1981. "Mediciones de corrientes en las cercanías del Puerto de Veracruz". Reporte técnico. Estación Oceanográfica, Secretaría de Marina, Armada de México.
- Vázquez de la Cerda, A. M. 1975. Current and waters of the upper 1200 meters in the southwestern Gula of Mexico M.S. Thesis Texas A. & M. University 108 pp.
- Vázquez de la Cerda, A. M. 2004. Apuntes de la materia de Contaminación Marina. Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana. Boca del Río, Ver.



ANEXOS

Cuadro A-1. Valores establecidos en aguas marinas y los límites máximos permitidos para aguas de descarga (Semarnat, 1997).

Parámetro	Valores para Aguas costeras	Límites Máximos Permisibles ²
O.D.	> 5 mg·L ⁻¹	-
DBO ₅	75 a 200 mg·L ⁻¹	30 mg·L ⁻¹
Col. Totales	-	-
Col. Fecales	-	1000 NMP 100mL ⁻¹
Alcalinidad	2.42 meq ⁻¹	20 mg·L ⁻¹
Conductividad	-	8.000 μmohs cm ⁻¹
Dureza	-	-
Cloruros	250 mg·L ⁻¹	-
pH	7- 8	6 -9
Nitratos	5 mg·L ⁻¹	50 mg·L ⁻¹
Temperatura	40°C	40°C
Color	-	-

¹ Valores mencionados por diferentes autores: SEDEMAR, 1996; SEDUE, 1973, PEMEX, 1986).

² Que las Norma Oficial Mexicana, establece en NOM-ECOL-001, 002, 0311 de los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. SEMARNAT. México, D. F.

Cuadro A-2. Descargas de aguas residuales de la zona conurbana Veracruz – Boca del Río, registradas por CRAS (2003).

NOMBRE	UBICACION	CUERPO RECEPTOR
Infonavit Río Medio	Descarga al Río Medio	Río Medio
Canal Vergara Tarimoya	Calle Playa del Rey y Ensenada	Golfo de México
Unidad Tecnológica	Cuahutemoc y Blvd. Fidel Velásquez.	Golfo de México
Colector Arrillaga	Calle Arrillaga Esq. Berriozabal	Golfo de México
By-Pass de la Planta norte	Planta de Tratamiento norte	Golfo de México
Salida emergencia p. rebom.	Descarga al mar	Golfo de México
Colector montesinos	Calle Montesinos y plaza de la Republica	Golfo de México
Colector Juárez	Calle Montesinos	Golfo de México
Colector Mario Molina	Paseo del Malecón	Golfo de México
Colector Barragán	Bldv. Manuel Ávila Camacho y Barragán	Golfo de México
Colector Abasolo	Calle Abasolo Esq. Xicotencatl	Golfo de México
Colector Fco. X. Mina	Calle Mina Esq. Xicotencatl	Golfo de México
Horacio Díaz	Calle Horacio Díaz Esq. Flores Magon	Golfo de México
Paco Píldora	Calle Paco Píldora Esq. Flores Magon	Golfo de México
Cristóbal Colon	Calle Cristóbal Colon Esq. J. Dios Peza	Golfo de México
José Marta	Calle Marta Esq. Bldv. M. A. Camacho.	Golfo de México
Hotel Lois	Bldv. M. Ávila Camacho	Golfo de México
Reyes Heroles	Calle Reyes Heroles	Golfo de México
Framboyanes	Av. Framboyanes y Bldv. M. A. Camacho	Golfo de México
Colector Tortuga / Salmón	Calle Salmón.	Golfo de México
Salida Planta Costa de O.	Bldv. M. Ávila Camacho	Golfo de México
Calzada de las Américas	Bldv. M. Ávila Camacho	Golfo de México
Condominios Arrecifes	Descarga al Mar	Golfo de México
Hotel Torremar	Descarga al Mar	Golfo de México
Residencias 1	Descarga al Mar	Golfo de México
Residencias 2	Descarga al Mar	Golfo de México
Mocambo albercas	Descarga al Mar	Golfo de México
Mocambo regaderas	Descarga al Mar	Golfo de México
Hotel Mocambo	Descarga al Mar	Golfo de México
Condominios Almar	Descarga al Mar	Golfo de México
Almendros y M. Alemán	Calle Almendros y Blvd. Miguel Alemán	Golfo de México
Fracc. Las Gardenias	Calle Gardenias y Blvd. Miguel Alemán	Golfo de México
Paseo Boca del Río	Paseo Boca del Río Esq. Blvd. Miguel A.	Golfo de México
Salida-II, planta Boca del R.	Calle Zamora	Río Jamapa
Salida-I, planta Boca del R.	Calle Zamora	Río Jamapa
By- Pass planta Boca del R.	Calle Zamora	Río Jamapa
Hidalgo y Morelos	Calle Hidalgo y José Ma. Morelos	Río Jamapa
Hidalgo y Río Moreno	Calle Hidalgo Esq. Río Moreno	Río Jamapa
Allende y Ruiz Cortines	Calle Allende Esq. Ruiz Cortines	Río Jamapa
Carcomo-Carranza	Col. Venustiano Carranza	Canal Zamorana
Canal de las Antillas	Prolong. Díaz Mirón	Canal Zamorana
Planta Floresta I	Paseo Floresta Sur	Canal Zamorana
Planta Floresta II	Calle Oyamel	Canal Zamorana
Salida Pta. Flores del Valle	Paseo de los Ébanos	Canal Zamorana
Salida de la Planta Malibran	Col. Artículo 123	Canal Zamorana
Canal Jiménez	Prolong. Miguel Alemán	Canal Zamorana
Carcomo-Sugasti	Calle Sagasti	Canal Zamorana
Carcomo-rebombeo 7 Col.	Carcomo de rebombeo 7 Colonias	Canal Zamorana
Colector Geo Villas del Pto.	U. H Geo Villas del Puerto	Canal Zamorana
Salida planta Valente Díaz	Carret. Federal Veracruz - Jalapa	Laguna

Cuadro A-3. Descargas de aguas residuales en la zona costera no registrada por CRAS realizadas el 12 de noviembre del 2002 mediante un recorrido terrestre (Secretaría de Marina, 1998).

REFERENCIA TERRESTRE	ORIGEN	TIPO
A 200 m Norte del Canal de Vergara	Laguna	Vegetación flotante, agua que contribuye con nutrientes y materia orgánica al mar y en épocas de lluvia el aporte es mayor.
Calle Doblado Hotel Mar y Tierra y Club de yates	Emisor Pluvial	Agua de lluvia
Restaurante La Bamba Emiliano Zapata	Emisor Pluvial	Agua de lluvia probablemente conectada al drenaje municipal.
Calle Mariano Escobedo	Emisor Pluvial	Agua de lluvia
Alacio Pérez	Descarga Municipal	Aguas residuales de; drenaje municipal
Juan Enríquez	Descarga Municipal	Drenaje Municipal
Acuario	Descarga del edificio	Aguas residuales con desechos orgánicos
Ignacio de la Llave y Gómez Farias	Pluvial y aguas negras	Alcantarillado municipal
1ro. De Mayo	Emisor pluvial	Alcantarillado municipal
Fray Bartolomé de las casas y Tuero Molina	Emisor pluvial	Alcantarillado municipal
Desagüe del Hotel Villa del Mar	Emisor pluvial	Aguas residuales domesticas
Santos Pérez Abascal	Emisor pluvial	Aguas residuales domésticas sin entubar
Agustín Lara	Emisor pluvial	Alcantarillado municipal
Calle Valencia	Aguas residuales domésticas	Drenaje municipal
Bolívar	Emisor pluvial y aguas negras	Drenaje y Alcantarillado municipal
C. Colón y Washington	Emisor pluvial	Alcantarillado municipal
Washington y Marti	2 Emisores pluviales	Alcantarillado municipal
Martí y Mar Adriático	Emisor Pluvial	Alcantarillado municipal
Calle 3 Fracc. Costa Verde	Aguas Negras	Drenaje municipal
Cachimba	Descarga pluvial	Alcantarillado municipal
Hotel Fiesta Inn	Agua residual domestica	Desagüe municipal
Calle caracol costa de oro	Descarga de aguas negras	Desagüe municipal
Frente a suites mediterráneo	Descargas de aguas residuales	Desagüe municipal
Descargas frente al morro	Descargas de aguas residuales	Desagüe municipal
Descargas planta de tratamiento de H. Escuela Naval	Descargas de aguas negras	Planta de tratamiento

Cuadro A-4. Fuentes de contaminación en el puerto de Veracruz (Secretaría de Marina, 1998).

NOMBRE O RAZON SOCIAL	GIRO	DIRECCION	CLASE DE DESECHOS
Evaporadora Mexicana, S.A de C.V.	Planta pasteurizadora de leche	Av. Framboyanes lote 2 manzana 1, lote 9 y 30, manzana VII. Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Tuvan S.A de C.V.	Tubos y válvulas	Av. Framboyanes lote 11, manzana 1, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Rhodia especialidades, S. A.	Productos químicos	Av. Uno lote 16 manzana 1, ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos de productos químicos
Equipos y herramientas nacionales, S.A de C.V.	Fabricación, reparación y mantto. De equipo petrolero	Av. Acacias, lote 4 y 4-A manzana II, Ciudad Industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Tremex, S.A de C.V.	Procesado de mineral de Hierro	Av. Framboyanes lote 8, manzana II, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos de productos químicos
Protectores del Golfo S.A de C.V.	Fabricación de protectores para tuberías biseladas y roscadas.	Av. Framboyanes lote 1, manzana IV, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Aletas y birlos, S.A de C.V.	Tubos alteados	Av. Framboyanes lote 2-B, manzana II, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Poliductos de Morelia, S.A de C.V.	Fabricas de productos	Av. Acacias lote 4 y 5-A, manzana IV, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Productos industriales de Veracruz S.A de C.V.	Fabrica de juntas, coples y roscado de tuberías para perforación	Av. Framboyanes lote 6, manzana V, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Emulsiones, construcciones y aditivos. S.A de C.V.	Reciclado y elaboración de mezclas asfálticas.	Av. Framboyanes lote 8 y 8-B, manzana V, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Turbinas solares, S.A de C.V.	Fabricación y mantto. De turbinas de gas	Av. Framboyanes lote 1 al 15, manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Koch materiales México, S.A de C.V.	Planta de emulsiones asfálticas	Av. Uno lote 16 manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Polycar de México S.A de C.V.	Recuperación, transformación y comercialización de desechos de plástico.	Av. Framboyanes lote 16B, manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Covintec de Veracruz S.A de C.V.	Fabricación de paneles de perlitas de polietileno.	Av. Framboyanes lote 18 manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Distribuidora Val y Val, S.A de C.V.	Fabrica de Cristal	Av. Framboyanes lote 19-A manzana 1, lote 9 y 30 manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Petróleos Mexicanos	Sistema troncal de ductos	Av. Framboyanes lote 20 manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
FMC, equipo petrolero, S.A de C.V.	Metal- mecánica	Av. Uno lote 21 Fracc. A manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Línea 3 TAMSA	Revestimiento de tubería y rosca especial para la industria petrolera	Av. Framboyanes lotes 22-A y 23-A manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales
Rotoplas del Golfo S.A de C.V.	Fabricación y distribución de tinacos reforzados	Av. Framboyanes lotes 1,2,3 y 36, manzana VII, Ciudad industrial Bruno Pagliali	Desechos industriales

NOMBRE O RAZON SOCIAL	GIRO	DIRECCION	CLASE DE DESECHOS
Comercial de pinturas	Fabrica de pinturas	Av. Framboyanes lotes 15 y 16 manzana VII, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos industriales</i>
Sulfatos y quimicos del mar, S.A de C.V.	Productos de sulfato de aluminio	Av. Framboyanes lotes 2-B y 6 C, manzana II, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos de productos químicos</i>
Plasver de México, S.A de C.V.	Fabricación de productos de PVC	Av. Acacias, lotes 4 y 5, manzana VI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos industriales</i>
Remisa	Fabricación de equipo y partes para la industria	Av. Acacias, lotes 4, manzana X, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>
Cooper Cameron de México, S.A de C.V.	Fabrica de equipo para la industria petrolera	Av. Acacias, lotes 1, manzana XI, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>
Lampus S.A de C.V.	Fabrica de productos metálicos para alumbrado	Av. Arrayanes, lotes 2, manzana XIV, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>
Metalúrgica Matus S.A de C.V.	Fabrica de productos metalúrgicos	Av. Arrayanes, lotes 1,2,3, y 4 manzana XV, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>
Manufacturera del Golfo S.A de C.V.	Fabrica y distribuidora de veladoras	Av. Arrayanes lotes 1, manzana XV-A Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>
Agroindustrias unidas de México	Procesadora y comercializadora de cacao	Calle Tamarindos lote 12 y 13 manzana XV -A, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Aguas con gran contenido de materia orgánica</i>
Fundición del Golfo	Fabrica de molinos	Av. Acacias, lotes 12, 13 y 13-A, manzana XVII, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>
Dumez Copisa, sistemas Mexicanos S.A de C.V.	Ingeniería, desarrollo, Fabricación y mantto. De Equipos	Eucaliptos lote 5, manzana XVIII, Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>
Veracruzana de pinturas y cuarzo	Fabrica de Pinturas	Calle J.B. Lizardi lote 11 - A, manzana I.Z.C., Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>
Polideco, S.A de C.V.	Poliestireno y derivados para la construcción	Calle Oriente lote 12-A manzana III. Z.C. Ciudad industrial Bruno Pagliali	<i>Desechos Industriales</i>

Cuadro A-5. Plantas de tratamiento de Veracruz (CNA, 2002).

No.	PLANTA	GASTO (LPS)	TIPO DE TRATAMIENTO
1.	Planta Norte	1000	Filtros Percoladores
2.	Costa De Oro	60	Lodos Activados Convencional
3.	Tampiquera	30	Lodos Activados Convencional
4.	Boca Del Río	40	Lodos Activados Convencional
5.	Las Vegas	20	Lodos Activados Convencional
6.	Floresta I	60	Lodos Activados Burbuja Fina
7.	Floresta 2	30	Lodos Activados Convencional
8.	Flores Del Valle	15	Lodos Activados Convencional
9.	Petrolera	20	Lodos Activados Convencional
10.	Coyol 1 Y 2	100	Lodos Activados Convencional
11.	Lomas Del Coyol	18	Lodos Activados por Difusión
12.	Hortalizas	15	Filtros Percolador
13.	Río Medio	60	Laguna Aereada
14.	Chivería	30	Primario Tanque Imhoff
15.	Volcanes	40	Lodos Activados Convencional
16.	La Florida	20	Lodos Activados Convencional
17.	Laguna Real	25	Lodos Activados Convencional
18.	Las Palmas	30	Lodos Activados Convencional
19.	Malibrán	3	Lodos Activados Convencional
20.	Valente Díaz	6	Lodos Activados Convencional
21.	Geo Villas Del Sol	6.5	Lodos Activados por Difusión
	Capacidad Instalada	1,628.5	
	Capacidad Actual De Tratamiento	275.70	