



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Laboratorio de Ecología de Peces

Hidrología del sistema lagunar de  
Mandinga, Veracruz, durante las  
temporadas climáticas de secas y lluvias  
2008 y secas 2009

**TESIS DE INVESTIGACIÓN  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO**

**PRESENTA:**

**OSMAR URIEL REYES ASCENCIO**

**Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela**  
Directora de tesis

**M. en C. Adolfo Cruz Gómez**  
Co-director de tesis

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edomex. 2011





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



**El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ecología de Peces a cargo de los profesores Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela y M. en C. Adolfo Cruz Gómez y fue financiado por la UNAM, a través de la carrera de Biología de la FES Iztacala, por el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la DGAPA Proyecto EN203804 y por el Programa de Apoyo a los Profesores de Carrera para Promover Grupos de Investigación (PAPCA), instituciones y laboratorio a los que agradezco su apoyo.**



## **Agradecimientos y dedicatorias**

A mis padres, por siempre haberme apoyado y estar en los momentos difíciles, por sus consejos, cariño y comprensión, sin ellos nunca hubiera logrado ser lo que soy ahora, los amo.

A mis hermanos, por compartir su cariño y su inocencia, por crecer conmigo día a día, los amo.

A la Maestra Asela, que inició y fijó el curso de mi trabajo, por su clarificación a mi trabajo, por sus consejos y principalmente por su amistad.

Al Maestro Fito y al Dr. Rocha, por sus consejos, aportaciones y clarificación en la creación de este trabajo.

A mis amigos Daniel, Gustavo, Nestor y Luis, por compartir momentos del tiempo mágico, por las risas y su insustituible amistad, por ser siempre ustedes mismos.

A mis compañeros de escuela, por compartir momentos de risa y diversión inigualables.

A las mujeres que formaron parte de mi vida y me marcaron para siempre con las que compartí mis sueños, anhelos y sentimientos.

Al raciocinio, por dejarnos reflexionar acerca de nuestra existencia y nuestro papel dentro del Universo.

A la naturaleza, por mostrarnos que la vida es un suspiro entre los millones de años de evolución del Universo y de nuestro planeta Tierra.

La ignorancia genera confianza más frecuentemente que el conocimiento, son aquellos que saben poco, y no esos que saben más, quienes tan positivamente afirman que este o aquel problema nunca será resuelto por la ciencia.

*Charles Darwin*

No es digno del hombre aceptar con naturalidad lo que es propio de la naturaleza.

*Alexander Von Humboldt*

La contemplación de la naturaleza me ha convencido de que nada de lo que podemos imaginar es increíble.

*Plinio el Viejo*

Me ejercité –hasta donde puedo, que es poco- en la inmensa fe de ya no negar nada.

*Alfonso Reyes*

## Índice

<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
OBJETIVO GENERAL .....	12
OBJETIVOS PARTICULARES .....	12
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>13</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>17</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
CONDICIONES METEOROLÓGICAS .....	30
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS .....	45
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>96</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>96</b>
CONDICIONES METEOROLÓGICAS .....	96
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS .....	97
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>128</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>130</b>

## Resumen

Se realizó un estudio en el Sistema Lagunar de Mandinga (SLM), Veracruz durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009 con el propósito de conocer su hidrología y su cambio a través del tiempo, encontrando diferencias significativas entre cada temporada; además los resultados se compararon con estudios realizados desde la década de los 80's. Se muestrearon 20 estaciones a lo largo del SLM en cada temporada, se registraron parámetros meteorológicos como velocidad y dirección del viento, presión barométrica, estado del clima, visibilidad, cantidad y tipo de nubes, humedad relativa, temperatura ambiental, altitud e influencia del viento sobre la superficie lagunar. Se evaluaron parámetros hidrológicos como batimetría y transparencia y en nivel superficial y fondo, se registró la temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, pH, dirección y velocidad de la corriente, color del agua y se colectaron sedimentos para determinar su textura y carbono orgánico total. La profundidad registró un promedio de 131.44 cm, la mayor se registró en lluvias 2008 a causa de las escorrentías, y a través del tiempo, éste parámetro ha disminuido a consecuencia del azolve desde la década de los 80's. La transparencia registró un promedio 74.6 cm con los valores más altos en 2009 debido a la escases de vientos y los más bajos en lluvias 2008 a causa del aporte de terrígenos, esta característica no ha cambiado, excepto en la laguna La Larga, que en este estudio, se registraron los valores más altos de transparencia de 115 cm. La temperatura del agua registró un promedio de 29.31 °C en la superficie y 29.25 °C en el fondo, los valores más altos se registraron en secas 2008 y los más bajos en secas 2009 y dependió principalmente de la radiación solar registrada en el momento del muestreo, a pesar de ello se sigue manteniendo en el intervalo indicado por los diferentes autores, pero cabe destacar, que nunca se presentó en este estudio temperaturas tan bajas en la parte sur del SLM de 16 °C como lo han reportado. El oxígeno disuelto varió de acuerdo a la profundidad, pero su abundancia se debió al movimiento del agua causado por el viento, con promedios de 8.57 mg/L en la superficie y 8.29 mg/L en el fondo, valores que no han cambiado a través del tiempo, sin embargo, no se han presentado registros de 14 mg/L como fue registrado. La salinidad promedio fue de 24.99 ups en la superficie y 25.52 ups en el fondo y varió por la influencia de las épocas de lluvias y estiaje, registrándose los valores más altos en secas con 29.93 ups y en lluvias con 15.9 ups los más bajos. A través del tiempo, es la característica que más ha registrado variaciones, ya que se reportan para la época de secas promedios de 26.9 y 27.6 ups y para lluvias valores de 1.6 ups y 1.8 ups. La conductividad tiene una relación directa con la salinidad, por lo tanto los valores más altos se registraron en secas. El pH de manera general fue ligeramente básico con valores altos debido a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos registrando un promedio de 7.87 en la superficie y 7.77 en el fondo. Existe una ligera disminución del pH en lluvias 2008, ya que se reportan valores de 7.51 y 7.54 como mínimos y en este estudio 7.48. Los sedimentos estuvieron conformados por gravas, que se localizaron en zonas con mayor velocidad de corriente, las arenas con intermedia y los lodos con la menor velocidad de corriente, lo cual les permite depositarse; la laguna La Larga presentó ausencia de gravas, en comparación con otros autores. En este estudio, durante las diferentes temporadas climáticas, las arenas también se distribuyen en el centro de la laguna de Mandinga y en toda la laguna La Redonda y no solo en el sur como lo mencionan algunos autores. La parte norte de la laguna La Larga y el este de la laguna de Mandinga, presentaron una cantidad elevada de lodos durante las diferentes temporadas climáticas, en comparación con otros autores. El carbono orgánico registró los valores más altos en secas debido a la vegetación con transporte autóctono y alóctono, además del cultivo de ostión y al aporte de materia orgánica por medio de las aguas de desecho de la comunidad. Para este parámetro, no se puede decir si han existido cambios en el porcentaje, ya que no existen registros de este parámetro en la década de los ochentas, lo mismo que con la conductividad. Se concluye que el SLM, es un cuerpo de agua somero, con los registros de temperatura más altos para todos los sistemas de Veracruz, polihalino y bien oxigenado con gran cantidad de sedimentos principalmente arenas, además de gran cantidad de carbono orgánico y por los cambios observados a través de los años, se demuestra lo dinámicas que pueden ser las lagunas costeras y los estuarios y por ello la importancia de su continuo monitoreo.

### Abstract

A study was realized in the Lagoon System of Mandinga, Veracruz during the dry and rainy weather seasons of 2008 and dry 2009 for the purpose of meeting its hydrology and its dynamics over time, finding significant differences between each season and the results compared with studies conducted since the early 80's. 20 stations were sampled along the lagoon system in every season, meteorological parameters were recorded as wind speed and direction, barometric pressure, weather, visibility, cloud amount and type, humidity, ambient temperature, altitude and influence surface wind on the lagoon. Hydrological parameters were evaluated as bathymetry, transparency and surface and ground level was recorded temperature, salinity, conductivity, dissolved oxygen, pH, direction and speed of the current, color of the water and sediment were collected to determine its texture and total organic carbon. The depth averaged 131.44 cm, the highest was recorded in rainfall 2008 due to runoff, and over time, this parameter has decreased as a result of sedimentation from the late 80's. Transparency averaged 74.6 cm with the highest values in dry 2009 due to the scarcity of winds and lowest in rainfall 2008 because of terrigenous input, this feature has not changed, except La Larga lagoon, which in this study, recorded the highest values of transparency of 115 cm. The water temperature averaged 29.31 °C at the surface and 29.25 °C at the bottom, the highest values were recorded in dry 2008 and the lowest in dry 2009 and relied mainly on solar radiation recorded at the time of sampling, although it is still maintained in the range indicated by different authors, but it is noteworthy that, never appeared in this study such low temperatures in the southern part of the lagoon system of 16 °C as has been reported. Dissolved oxygen varied according to depth, but its abundance was due to water movement caused by wind, averaging 8.57 mg/L at the surface and 8.29 mg/L at the bottom, values have not changed over time, however, there have been no records of 14 mg/L as recorded. The average salinity was 24.99 psu on the surface and 25.52 psu at the bottom and varied by the influence of rainy and dry season, the highest values recorded in dry with 29.93 psu and the lowest in rain with 15.9 psu. Over time, this is the parameter that has registered variations, as reported for the dry season averages of 26.9 and 27.6 psu and rainfall values of 1.6 and 1.8 psu. The conductivity has a direct relationship with salinity, so the highest values were recorded in dry. The pH, in general, was slightly basic with high values due to the presence of bicarbonates, carbonates and hydroxides registering an average of 7.87 on the surface and 7.77 at the bottom. There is a slight decrease of pH in rain 2008, as reported values of 7.51 and 7.54 as minimum and in this study 7.48. The sediments were formed by gravel, which were located in areas with higher flow velocity, sands in intermediate speed and sludge with the lowest flow velocity, allowing them to settle; La Larga lagoon presented gravel absence compared with other authors. In this study, during different climatic seasons, the sands are also distributed in the center of the Mandinga lagoon and La Redonda lagoon and not just in the south as mentioned by some authors. The northern part of La Larga lagoon and east of Mandinga lagoon showed a high amount of sludge during different climatic seasons compared with other authors. The organic carbon recorded highest values in dry due to vegetation with autochthonous and allochthonous transport, oyster culture in addition and the contribution of organic matter through wastewater from the community. For this parameter, can not say whether there have been changes in the percentage, as there are no records of this parameter in the eighties, as well as with conductivity. We conclude that the Lagoon System of Mandinga is a shallow water body with the highest temperature record for all systems of Veracruz, polyhaline well oxygenated with large amounts of sediment mainly sands, as well as large amount of organic carbon and for the observed changes over the years, it shows what can be dynamic coastal lagoons and estuaries and therefore the importance of continued monitoring.

## Introducción

Las lagunas costeras, estuarios, manglares y humedales dulceacuícolas son ampliamente reconocidos como los ecosistemas más productivos (en referencia a la productividad primaria) de la biosfera (Whittaker y Linkens, 1975; Odum y Heald, 1975).

Las varias interfaces entre el mar y la tierra firme incluyen, de modo muy general, los estuarios, los sistemas salobres y las lagunas costeras. Estos tipos de ecosistemas acuáticos presentan situaciones especiales, debido a que el contacto con el agua salina y la dulce implica una dinámica muy activa de intercambios físicos, químicos y biológicos, principalmente entre el mar y la desembocadura de ríos (Smith, 1980).

La fertilidad elevada de las lagunas costeras y estuarios mantiene una cadena alimenticia rica y compleja, caracterizada por la producción pesquera elevada (Day *et al.*, 1973). En algunos casos, parte de esta fertilidad es exportada y contribuye a la riqueza pesquera de la zona costera adyacente (Martosubroto y Naamin, 1977). Las lagunas costeras son ecosistemas ricos en términos de biodiversidad, por su posición entre los escurrimientos continentales y la plataforma continental marina favorece la colonización de numerosas especies con ciclos de vida variados que forman comunidades cuyas estructuras están influidas por factores hidrológicos y climáticos. También son áreas “clave” para especies con importancia comercial como moluscos, crustáceos y peces que las utilizan para alimentación, reproducción, protección y crecimiento (Blabber, 2002).

En México es importante el conocimiento de la dinámica ambiental de los ecosistemas lagunares-estuarinos y manglares para su manejo apropiado, sobre todo porque el país cuenta con aproximadamente 20,000 km de costa (10,000 de litoral interno y 10,000 de litoral externo) con más de 125 lagunas costeras, las cuales abarcan una superficie total de aproximadamente 12,600 km<sup>2</sup> que cubren 33% de sus litorales (Lankford, 1977).

En el Estado de Veracruz, con un litoral de más de 700 km, existe una gran riqueza de hábitats y ecosistemas terrestres y acuáticos; estos últimos, están representados por cuencas hidrológicas de importancia nacional como las de los ríos Pánuco, Tuxpan, Papaloapan y Coatzacoalcos, en los que se ubican 17 lagunas costeras y estuarios, además de una vasta plataforma continental (Castañeda-Lopez y Contreras-Espinosa, 1994). Entre estas lagunas costeras de importancia económica para el país se encuentra el SLM el cual es un lugar propicio para el turismo, la pesca y muchos otros eventos que son de importancia económica, no solo regional sino también nacional.

El desarrollo actual ha generado un proceso acelerado de deterioro en los humedales de México. Las tasas de deforestación, el relleno, drenado y contaminación aumenta considerablemente en las zonas húmedas, disminuyendo su cobertura, este proceso está relacionado con la apertura de nuevas zonas para el establecimiento de actividades agropecuarias, acuícolas, turísticas, urbanísticas y forestales. La contaminación es otro factor que incide en las áreas húmedas, resultando aquella generada por la extracción de petróleo y/o por el uso de plaguicidas dentro de las actividades agrícolas. Aunado a lo anterior, la falta de una conciencia de conservación y las inherentes necesidades económicas de las poblaciones asentadas en las inmediaciones de las zonas húmedas, representa un problema que complica las posibles soluciones para frenar el deterioro acelerado de dichas áreas (Cervantes, 2007).

Pero, no se pueden describir los criterios de conservación y manejo de los humedales costeros sin conocer los principales agentes de impacto ambiental en estos ecosistemas (Flores-Verdugo *et al.*, 2007), es por eso que un elemento fundamental en cualquier proyecto de manejo o restauración es el seguimiento del proceso y sus resultados, el cual se puede llevar a cabo de dos maneras: por medio de una evaluación, que es la medición de atributos específicos del ecosistema en una sola ocasión, o a través del monitoreo, que es la repetición sistemática de la evaluación en el tiempo (Callaway *et al.*, 2001).

Las necesidades de detectar los cambios que ocurren en el medio ambiente, causados de manera natural o por la actividad humana, se ha incrementado drásticamente en los últimos 50 años. Con el crecimiento de las fronteras urbanas, agrícolas-ganaderas, forestales, pesqueras, mineras e industriales, se ha pasado de una época en la cual era posible localizar la fuente principal de contaminación o disturbio en un tiempo razonablemente corto, a una en la que los efectos de cambio pueden sentirse o detectarse a miles de kilómetros de distancia del lugar de origen y con consecuencias significativas a través de generaciones (calentamiento global, desertificación, lluvia ácida, especies invasoras, entre otros). Las sinergias entre los factores naturales y artificiales, autóctonos o externos, o entre los bióticos y abióticos, aunadas a los costos cada vez mayores, hacen que los programas de monitoreo ecológico requieran una mejor planeación, ejecución, análisis, almacenamiento de datos y comunicación a los usuarios y autoridades de cada país o región. En el caso de México la información es altamente fraccionada y no se cuenta aún con un inventario nacional, aunque recientemente se ha iniciado un proceso de planeación para llevar a cabo éste con la participación de la CONAFOR, CONANP, CNA, CONABIO e INE, instituciones académicas y con expertos del país (Abarca, 2007).

Debido a esto es necesario llevar a cabo un estudio que aborde un análisis comparativo de diferentes momentos en la hidrología de los sistemas lagunares en México y en particular los que están siendo alterados con rapidez como es el caso del SLM, para observar el cambio que ha presentado a través del tiempo y así poder definir los factores que causan alteración en este sistema.

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

- Analizar el cambio hidrológico del SLM, Veracruz durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.

### **Objetivos Particulares:**

- Determinar las características meteorológicas de cada temporada climática muestreada en el sistema.
- Determinar las características fisicoquímicas de cada temporada climática muestreada en el sistema.
- Elaborar un atlas cartográfico de la hidrología y la de factores meteorológicos del SLM por cada temporada climática.
- Comparar los registros hidrológicos de las temporadas muestreadas con estudios realizados con anterioridad para identificar los cambios en la hidrología del SLM.

## Antecedentes

Contreras-Espinosa *et al.* (2002), realizaron un análisis acerca de la caracterización e importancia de las lagunas costeras, donde mencionaron que la costa veracruzana ocupa el quinto lugar a escala nacional ya que presenta el 7.4% de los sistemas lagunares con 116,600 ha de superficie, pero destaca en el primer lugar en la generación de información científica sobre el tema (ecosistemas costeros), con 1,086 referencias, el 54.7% de la producción científica del Golfo de México y aproximadamente la cuarta parte del total nacional (24.4%), y de éstas, son muy escasas sobre la hidrología. Estimaron que existe un promedio de 79 referencias acerca de estudios científicos en el SLM; además discutieron sobre la importancia del manejo integrado de la zona costera, propuesta de Clark (1992), que tiene como objetivo fundamental, el establecimiento de programas tendientes a equilibrar el uso de diferentes recursos disponibles en una perspectiva de sustentabilidad a largo plazo, perpetuando tanto su conservación como la del ambiente que los genera. Mencionaron que el litoral veracruzano tiene 18 grandes ecosistemas costeros, resaltando al sistema de Mandinga, y en comparación con las características fisicoquímicas de las lagunas costeras de Veracruz, éste sistema, tiene una salinidad promedio de 20.0-30.0 ‰ y una temperatura promedio de 30-35 °C, la más alta de todas las lagunas costeras de Veracruz y por lo tanto, la menor concentración promedio de oxígeno disuelto a lo largo del año.

A pesar de presentar este análisis bibliográfico hidrológico no sólo para esta laguna, no se han realizado hasta la fecha estudios de campo actualizados sobre la hidrología del SLM.

En el caso particular sobre la hidrología del sistema, se tienen los trabajos de Arreguín-Sánchez (1978), que realizó un estudio en la laguna de Mandinga donde analizó las variaciones estacionales de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y turbiedad, así como los tipos de sedimentos, su distribución y la influencia que éstos factores tienen sobre las especies componentes del macrobentos.

Arreguín-Sánchez (1982), analizó las variaciones estacionales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y turbiedad a partir de registros obtenidos durante un ciclo anual de muestreos; además recalcó que los sedimentos mostraron estar constituidos predominantemente por arenas lodosas. Concluyó que el sistema corresponde a un ambiente tropical caracterizado por aguas oligohalinas debido a la influencia del río Jamapa. La concentración de oxígeno disuelto es generalmente alta como consecuencia de la acción de los vientos y la actividad fotosintética, presentándose en algunas zonas sobresaturación de este gas. La temperatura del agua registra un promedio de 25 °C la mayor parte del tiempo. La fauna de macroinvertebrados está compuesta por 21 especies, de las cuales *Brachidontes domingensis*, *Neritina virginica*, *N. reclinata*, *Callinectes sapidus* y *C. rathbunae* son predominantes. El número y abundancia de las especies es mayor en el estero del Conchal que en el resto del sistema, lo cual hace suponer que la productividad es mayor en esta parte.

Camarena (1982), llevó a cabo un estudio con el propósito de contribuir al conocimiento de la fase postlarvaria del camarón (*Penaeus spp.*), en el sistema de lagunas costeras de Mandinga, concluyendo que la distribución de las larvas dentro de las lagunas está relacionada con la variabilidad de algunos parámetros fisicoquímicos, indicando que están en una situación tal que reciben una mayor cantidad de nutrientes, presentando además, características fisicoquímicas inconstantes. También mencionó que las probables causas por las que el número de postlarvas capturadas es tan bajo, es debido a las alteraciones provocadas directamente en el sistema lagunar por el dragado que se vino realizando durante el tiempo en el que se llevaron a cabo los muestreos.

Luna *et al.* (1982), hicieron un estudio preliminar de algunos parámetros hidrológicos de las lagunas de Mandinga durante dos épocas climáticas diferentes. Del análisis efectuado entre el fitoplancton y los diversos parámetros, encontraron que existe una interrelación entre éstos, pero que, debido a la heterogeneidad del sistema, no se puede atribuir al carácter limitante a algunos de ellos en ninguna de las dos épocas. Se encontró que durante la época de sequías la influencia marina

sobre los diferentes parámetros fue significativa y que durante la época de lluvias los distintos tributarios al sistema y principalmente al río Jamapa fueron determinantes en el comportamiento de dichos parámetros hidrológicos.

Rocha (1983), llevó a cabo un estudio sobre la distribución y abundancia del ictioplancton en el SLM de acuerdo con algunos parámetros fisicoquímicos. Concluyó que, con respecto a la salinidad, el sistema puede considerarse como mesohalino; también recalcó que, si bien, la distribución a lo largo del sistema está condicionada en mayor o menor grado por los factores ambientales, la presencia estacional de las larvas no depende directamente de ellos, si no del ciclo de vida particular que determina las épocas reproductivas y de penetración a los sistemas estuarinos. Además señala que la mayoría de las afirmaciones realizadas en el trabajo son únicamente válidas en el intervalo de muestreo, ya que el SLM, fue alterado por efecto de las acciones de dragado con la finalidad de aumentar la productividad pesquera.

Vázquez (1983), llevó a cabo un estudio sobre la fisicoquímica de la laguna de Mandinga, el río Jamapa y su zona de mezcla. Este estudio de la composición química, indica que existe una clara influencia de la temporada de lluvias en el área de Mandinga. Fue observado un aumento en la densidad hacia la época de secas principalmente en la zona de mezcla y las lagunas. Existió un cambio apreciable en la especiación química hacia la estación de lluvias principalmente en la zona de mezcla. Se demostró que los modelos teóricos propuestos para el agua de mar, el agua de río y los estuarios pueden ser aplicados en forma satisfactoria a estos sistemas.

Arroyo (1986), hizo la evaluación de parámetros fisicoquímicos en el SLM para observar la distribución del ostión *Crassostrea virginica*, mencionando que el dragado que comenzó en 1979, tuvo que ver con el aumento en la producción ostrícola, pero resultó perjudicial para la comunidad planctónica por la alteración de los parámetros hidrológicos. Se observó que las diferencias ambientales influyen determinantemente en la actividad reproductiva provocando un desfase en la época de desove masivo entre las áreas estudiadas haciendo

inadecuadas las vedas establecidas. Con esto se demostró y quedó establecido que los efectos inmediatos del dragado provocaron una fuerte alteración en el ecosistema.

Arellano y Gutiérrez (1987), realizaron un trabajo en la laguna de Mandinga sobre la variación estacional del fósforo en la interfase sedimento-agua; además afirmaron que el reciclamiento del fósforo no depende de la temperatura ni de la concentración de los mismos en la columna de agua. Por otro lado, los sedimentos no funcionan como reguladores en la concentración de este elemento. Recalcaron que dicho reciclamiento es variable de un sitio a otro y está condicionado por microhábitats físico-químicos particulares. Por último afirmaron que, la remineralización del fósforo en los sedimentos se lleva a cabo dentro de los 10 primeros centímetros. Es importante hacer señalar que el estudio de este nutriente es de importancia vital para la mejor comprensión del proceso productivo primario, sobre todo en lagunas costeras mexicanas.

## Área de estudio

El SLM se encuentra a 18 km al sur del puerto de Veracruz, entre los paralelos 19° 00' y 19° 06' norte y los meridianos 96° 02' y 96° 06' oeste. Tiene una longitud total de 20 km y está constituido, de norte a sur, por tres cuerpos de agua: la laguna La Larga con una longitud de 3.421 km, la laguna La Redonda o Mandinga Chica que mide 2.134 km de longitud y la laguna de Mandinga o la Grande de 6.490 km, las cuales se encuentran interconectadas por un número igual de esteros (De la Cruz-Aguero, 1983).

El Estero Conchal, cuya parte terminal se ubica en la posición noroeste de la laguna La Larga, comunica al sistema con el mar y tiene una longitud de 3.536 km. El Estero Horcones con una longitud de 6.695 km, se inicia en la parte sureste de laguna La Larga, uniéndose con La Redonda en el extremo occidental. Por último el Estero Mandinga que tiene una longitud de 1.650 km que une a la laguna La Redonda con la laguna de Mandinga Grande (Arrreguín, 1978).



Fig. 1. SLM, Veracruz (tomado de Google Earth, 2010).

Presenta un clima de tipo Aw2 (w) (García, 1988, 1990), que se interpreta como cálido, con régimen de lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor que el 5% anual; la temperatura media anual varía entre 22 y 26 °C, la del mes más frío sobre 18 °C y, de acuerdo con lo señalado por Contreras (1985), la oscilación de la temperaturas medias mensuales es entre 5 y 7 °C. Se presentan tres temporadas climáticas bien definidas: secas de marzo a junio, lluvias de julio a octubre y nortes de noviembre a febrero (Sevilla y Ramírez, 1965 citado en Guzmán-García *et al.*, 2005).

El principal flujo de agua dulce procede del río Jamapa, aunque existe también aporte proveniente de la infiltración de aguas a través de médanos y pequeñas corrientes de verano que ingresan por la orilla sur de la laguna de Mandinga Grande. El complejo lagunar posee una sola boca, que lo comunica con el mar por medio del estuario del río Jamapa. Por tanto, la influencia marina es limitada y las fluctuaciones originadas por las marea se conocen poco. En cuanto a la profundidad media de los cuerpos de agua que integran el complejo varía entre 2 y 3 m. Por otra parte, la variación de la salinidad a lo largo del ciclo anual es de 0.9 a 35 ups en el fondo, con mínimos y máximos correspondientes a los meses de junio y marzo respectivamente; Reguero y García-Cubas (1993), reportaron una profundidad que fluctúa entre 0.80 m y 3.40 m en el complejo Larga-Redonda-Mandinga, tomando en cuenta los esteros, y registraron una salinidad media anual que va entre el 8 y 12.5 ‰.

En el área abunda el sustrato de grano fino (limo-arcilloso) y en algunas zonas se encuentra combinado con grava, derivada de la acumulación de organismos, principalmente conchas de moluscos; de acuerdo a Contreras (1985), existen siete tipos de vegetación asociadas al complejo lagunar: vegetación pionera de la costa, matorral y selva subcaducifolia de los médanos, espartales, selva subperennifolia, manglar, asociaciones halófitas y palmares.

## Material y métodos

Se realizaron muestreos en el SLM en Veracruz durante las temporadas climáticas de secas y lluvias del 2008 y secas del 2009. En cada temporada se realizó el muestreo sistemático de 20 estaciones (Fig. 2), por lo que se utilizó una lancha de fibra de vidrio con motor fuera de borda de 50 HP (Fig. 3).



Fig.2. Plan básico de estaciones muestreadas en el Sistema Lagunar de Mandinga, Veracruz.



Fig.3. Embarcación empleada durante los muestreos en la laguna.

Cada una de las estaciones fueron georreferenciadas, tomando los valores de latitud y longitud en grados, minutos y segundos, con un geoposicionador Garmin modelo GPS 72 (Fig. 4); se registró también la hora en cada estación.



Fig.4. Geoposicionador Garmin, GPS 72.

Para definir el estado del clima y la visibilidad se emplearon las claves propuestas por Chávez (1980), mientras que para la cantidad y tipo de nubes se utilizó el código de *World Meteorological Organization International Cloud Atlas* (Tabla 1-3).

Tabla 1. Claves propuestas por Chávez (1980) para la determinación del estado del clima y visibilidad.

ESTADO DEL CLIMA		VISIBILIDAD		
Clave	Descripción	Clave	Visibilidad Hasta (metros)	Descripción
00	Sin lluvia en el momento de las observaciones	0	50	Niebla densa
10	Sin niebla, nieve, tormentas de polvo o arena	1	200	Niebla delgada
20	Con lluvia, tormentas eléctricas en la última hora antes de las observaciones, pero no en ese momento	2	400	Niebla
30	Con tormentas de polvo, arena o nieve	3	1000	Niebla moderada
40	Niebla o neblina	4	1825	Calimo
50	Con llovizna	5	3650	Mala visibilidad
60	Con lluvia	6	9125	Buena visibilidad
70	Con nieve	7	18250	Buena visibilidad
80	Lluvias tormentosas con descargas eléctricas	8	54750	Buena visibilidad
		9	63875	Buena visibilidad

Tabla 2. Códigos para determinar cantidad y tipos de nubes.

CANTIDAD DE NUBES Cielo cubierto en porcentaje		TIPOS DE NUBES
Clave	Cantidad	
0	Sin nubes	
1	Menos del 10 % del cielo cubierto	
2	Del 20 al 30 % del cielo cubierto	
3	40 % del cielo cubierto	
4	50 % del cielo cubierto	
5	60 % del cielo cubierto	
6	Del 70 al 80 % del cielo cubierto	
7	Del 81 al 90% del cielo cubierto	
8	100 % del cielo cubierto	
9	Cielo oscuro	

Tabla 3. Códigos para determinar cantidad y tipos.

TIPOS DE NUBES			
<p><b>Nubes altas</b>                      5 000 - 13 000 m                      Son las nubes más altas en el cielo. Están hechas de cristales de hielo a causa del aire frío que hay en la parte superior del cielo</p>			
	Cirros	Cirrocúmulos	Cirrostratos
<p><b>Nubes medias</b>                      2 000 - 7 000 m                      Están formadas por cristales de hielo y gotas de agua. Casi cubren el cielo entero y son color azul-grisáceo</p>			
	Altostratos	Altostratos	
<p><b>Nubes bajas</b>                      Superficie - 2 000 m                      Son uniformes, de color gris y cubren casi todo el cielo. Se les asocia con neblinas ligeras, lloviznas hasta tormentas.</p>			
	Estratos	Estratocúmulos	Nimbostratos
<p><b>Nubes con crecimiento vertical</b>                      Superficie - 13 000 m                      Se extienden desde la tropósfera hasta la estratósfera. Se desarrollan debido al aire caliente que asciende desde la superficie</p>			
	Cúmulos	Cumulonimbos	

Para la temperatura ambiental (°C), humedad relativa (%), presión barométrica (mbs), altitud (m) y velocidad del viento (km/h), se utilizó una estación climática portátil Kestrel 4000 (Fig. 5).



Fig.5. Estación climática portátil Kestrel 4000.

Se determinó la dirección del viento con una veleta y brújula (Fig. 6). Con la velocidad del viento registrada, se utilizó la escala de Beaufort para determinar la descripción e influencia hacia la superficie de la laguna (Tabla 4).



Fig. 6. Brújula para la determinación de la dirección del viento.

Tabla 4. Escala de Beaufort para la clasificación de la velocidad de los vientos y efecto sobre la laguna.

Clasificación de la Velocidad de los Vientos. Escala de Beaufort			
Número de Beaufort	Velocidad del Viento (km/hr)	Descripción Internacional	Efecto del Viento sobre el Mar
0	<1	Calmo	Oleaje suave
1	1-5	Brisa suave	Oleaje suave
2	6-11	Brisa suave	Oleaje suave
3	12-19	Brisa moderada	Olas grandes y pequeñas
4	20-28	Brisa moderada	Olas grandes y pequeñas
5	29-38	Brisa fresca	Oleaje moderado, muchas crestas
6	39-49	Ventarrones	Grandes olas, muchas crestas
7	50-61	Brisa fresca	Grandes olas, muchas crestas
8	62-74	Ventarrón	Olas altas, mucha espuma
9	75-88	Ventarrón	Olas altas, mucha espuma
10	89-102	Ventarrón constante	Olas muy altas, mar revuelto
11	103-117	Tormenta	Olas muy altas, mar revuelto
12-17	>117	Huracán	Mar blanco, lleno de crestas, rocío y espuma

Para determinar la profundidad (cm) de cada estación se utilizó una ecosonda portátil Depthmate modelo SM-5 (Fig. 7).



Fig. 7. Ecosonda portátil Depthmate, SM-5.

La transparencia (cm) fue medida con un disco de Secchi La Motte (Fig. 8).



Fig. 8. Disco de Secchi La Motte.

Las características hidrológicas se registraron a dos niveles, superficie y fondo. Para el nivel de fondo, se utilizó una botella van Dorn de dos litros de capacidad (Fig. 9)

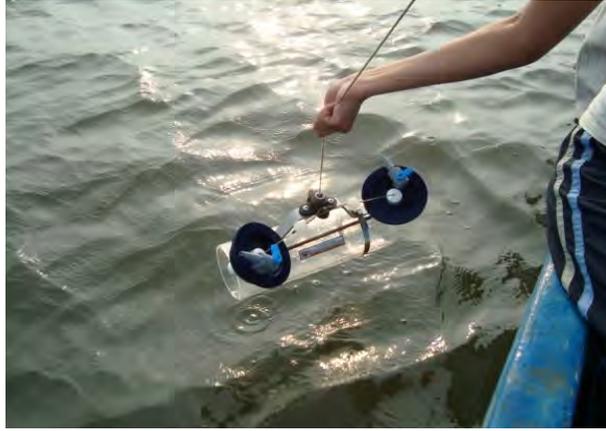


Fig. 9. Botella de van Dorn para características hidrológicas de fondo.

La temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad (ups) y la conductividad (mS/cm) fueron registradas con un multisensor YSI 30 (Fig.10).



Fig.10. Multisensor YSI 30

Con base en el registro de salinidad las aguas se clasificaron con base a Carriker (De La Lanza, 1994), como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de las lagunas con base en la salinidad (según Carriker, 1967).

<b>Limnético</b>	< 0.5 ups
<b>Oligohalino</b>	0.5 a 5.0 ups
<b>Mesohalino</b>	5.0 a 18.0 ups
<b>Polihalino</b>	18 a 30 ups
<b>Euhalino</b>	30 a 40 ups
<b>Hiperhalino</b>	> 40.0 ups

El oxígeno (mg/L) disuelto se registró con un oxímetro Oakton Waterproof Serie DO 3001.

Para llevar a cabo el registro de pH se usó un potenciómetro modelo Waterproof pH Testr 1 (Fig. 11).



Fig. 11. Potenciómetro modelo Waterproof pH Testr 1.

En cuanto a la dirección de la corriente, ésta se determinó con base en objetos a la deriva y la velocidad (m/seg) con un sensor de flujo manual (flujómetro) 30A-60 (Fig. 12).



Fig. 12. Sensor de flujo manual 30A-60.

El color del agua es un indicativo de la productividad, para ello se utilizó la escala de Forel-Ule código 5907 (Fig.13).



Fig. 13. Escala de Color Forel-Ule  
5907.

El sedimento se obtuvo por medio de un nucleador universal *Water Mark* de 6.8 x 7.1 x 120 cm (Fig.14). La muestra se colocó sin agua en bolsas de plástico debidamente etiquetadas y fueron transportadas al laboratorio de Ecología de

Peces de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM, para determinar su textura y carbono orgánico total (%).



Fig. 14. Nucleador universal Water Mark.

En el laboratorio de Ecología de Peces de la FES Iztacala, UNAM, las muestras de sedimento se dejaron secar a la intemperie. Se determinó la cantidad de carbono orgánico total, por medio de la técnica de oxidación crómica de Walkley y Black (Fig.15).



Fig. 15. Coloración verde adquirida por la técnica de oxidación crómica.

Para la determinación de la textura de sedimento, se utilizó el método de granulometría de Wentworth. Con la utilización del triángulo de texturas (Fig. 16), se determinó el tipo de textura de suelo presente en cada estación.

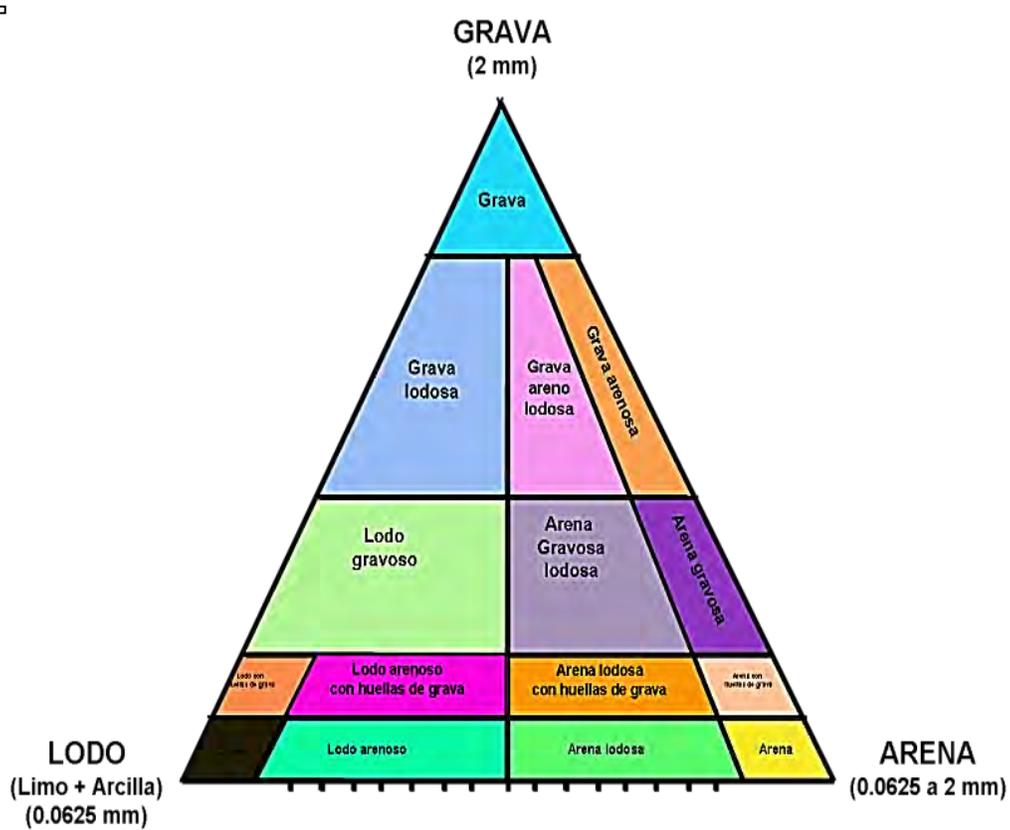


Fig. 16. Triángulo de texturas.

## RESULTADOS

### Condiciones meteorológicas

Para la temporada de secas 2008, el tiempo climático fue cálido con una temperatura ambiental promedio de 30.26 °C con un máximo de 35 °C con un mínimo 27.30 °C teniendo los valores más altos al sur de la laguna de Mandinga. Los valores medios se localizaron en la parte centro-sur de la laguna de Mandinga y los valores bajos en en el resto del SLM (Fig. 17). Hubo buena visibilidad, además, no se registró precipitación pluvial en el momento del muestreo, con una cantidad promedio de nubes de 60.91% con máximo de 85% y mínimo de 25% predominantemente de tipo altostratus. El viento registró una velocidad promedio de 15.84 km/h con un máximo de 35.60 km/h y un mínimo de 2.10 km/h, predominantemente del norte y del este (Fig. 18). La corriente superficial del agua registró una dirección predominantemente al oeste con un promedio de 14.79 m/s con un máximo de 26 m/s y un mínimo de 8 m/s (Fig. 19). En el fondo se registró una dirección igual a la superficial con un promedio de 17.03 m/s con un máximo de 66.48 m/s y un mínimo de 6.30 m/s (Fig. 20).

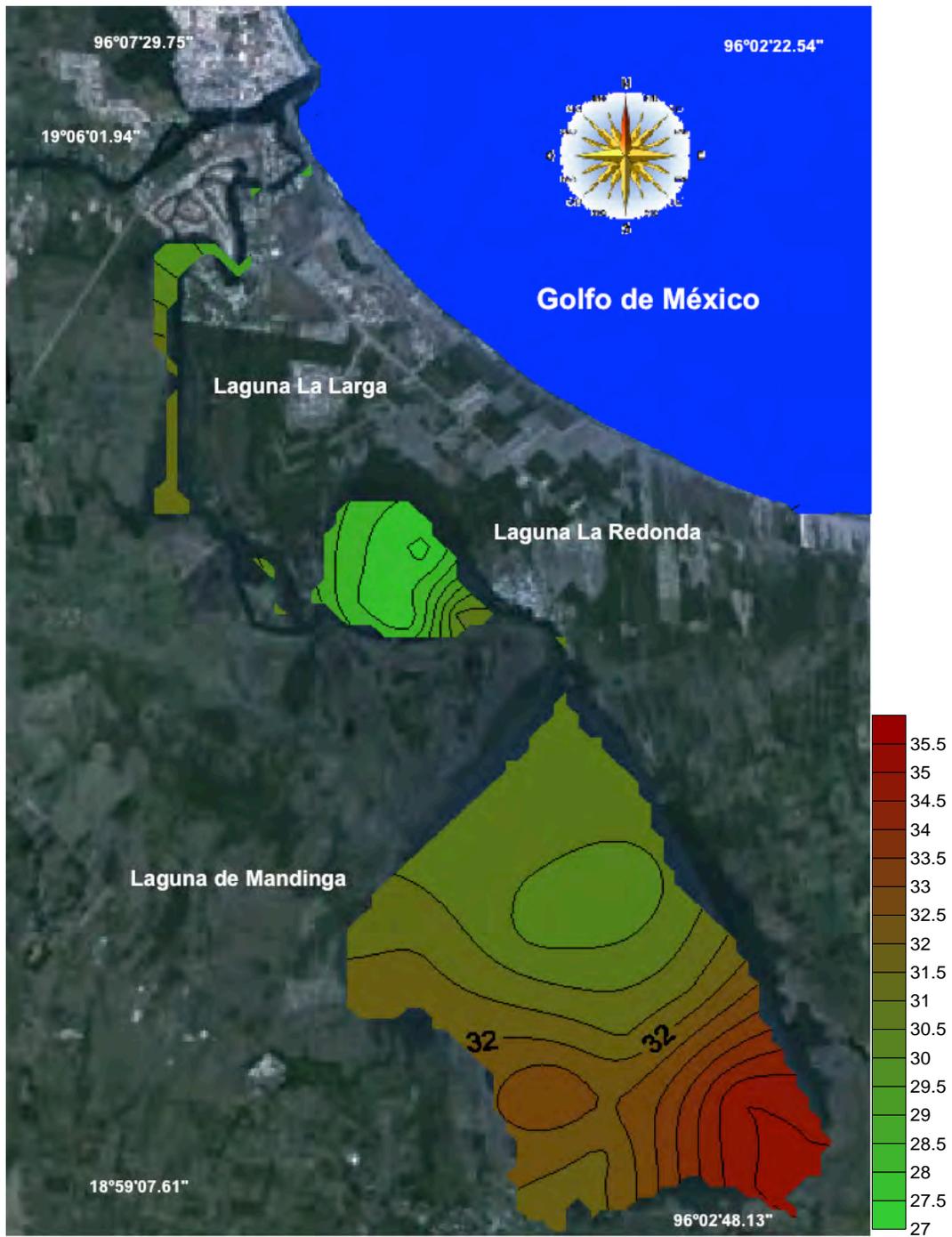


Fig. 17. Temperatura ambiental (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

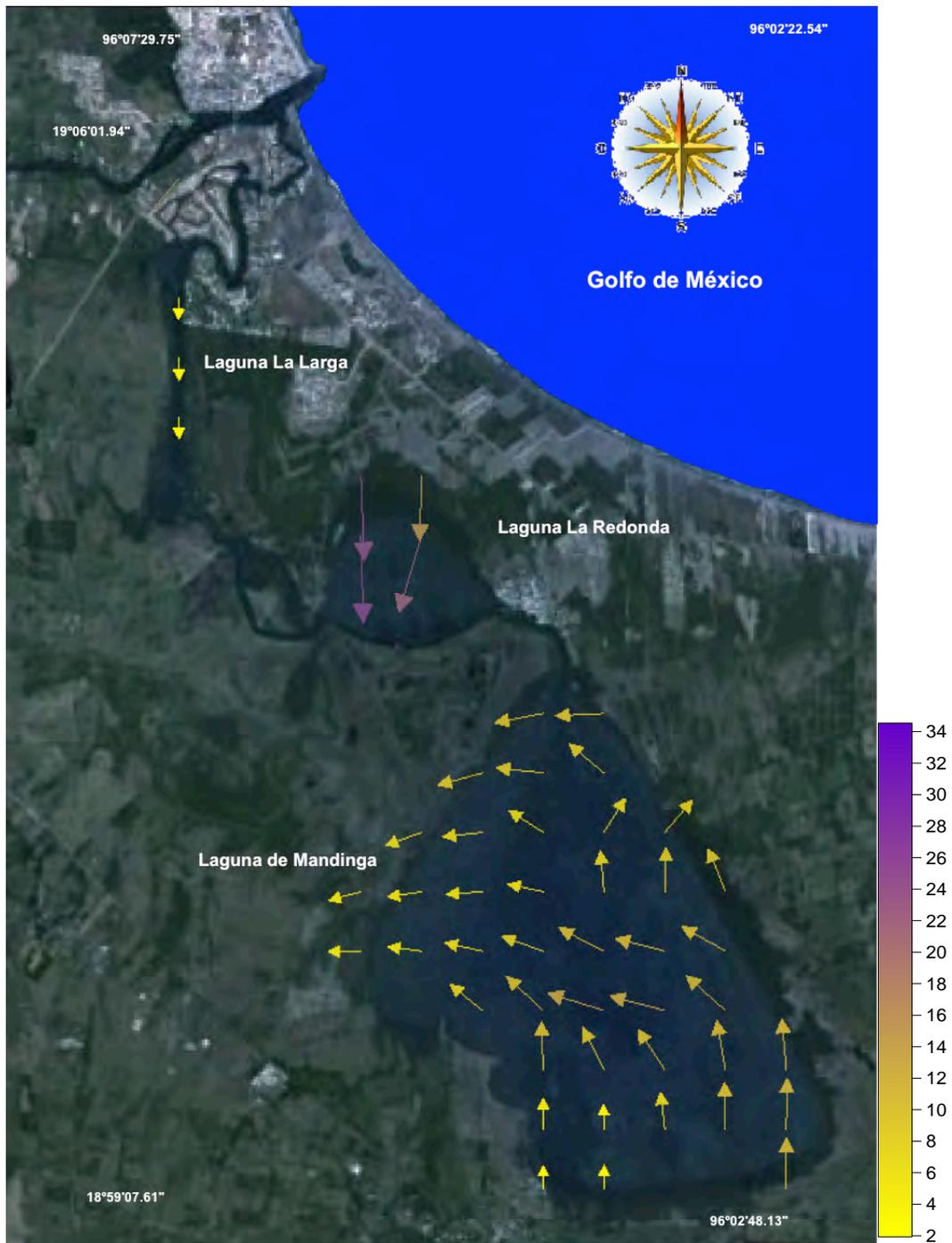
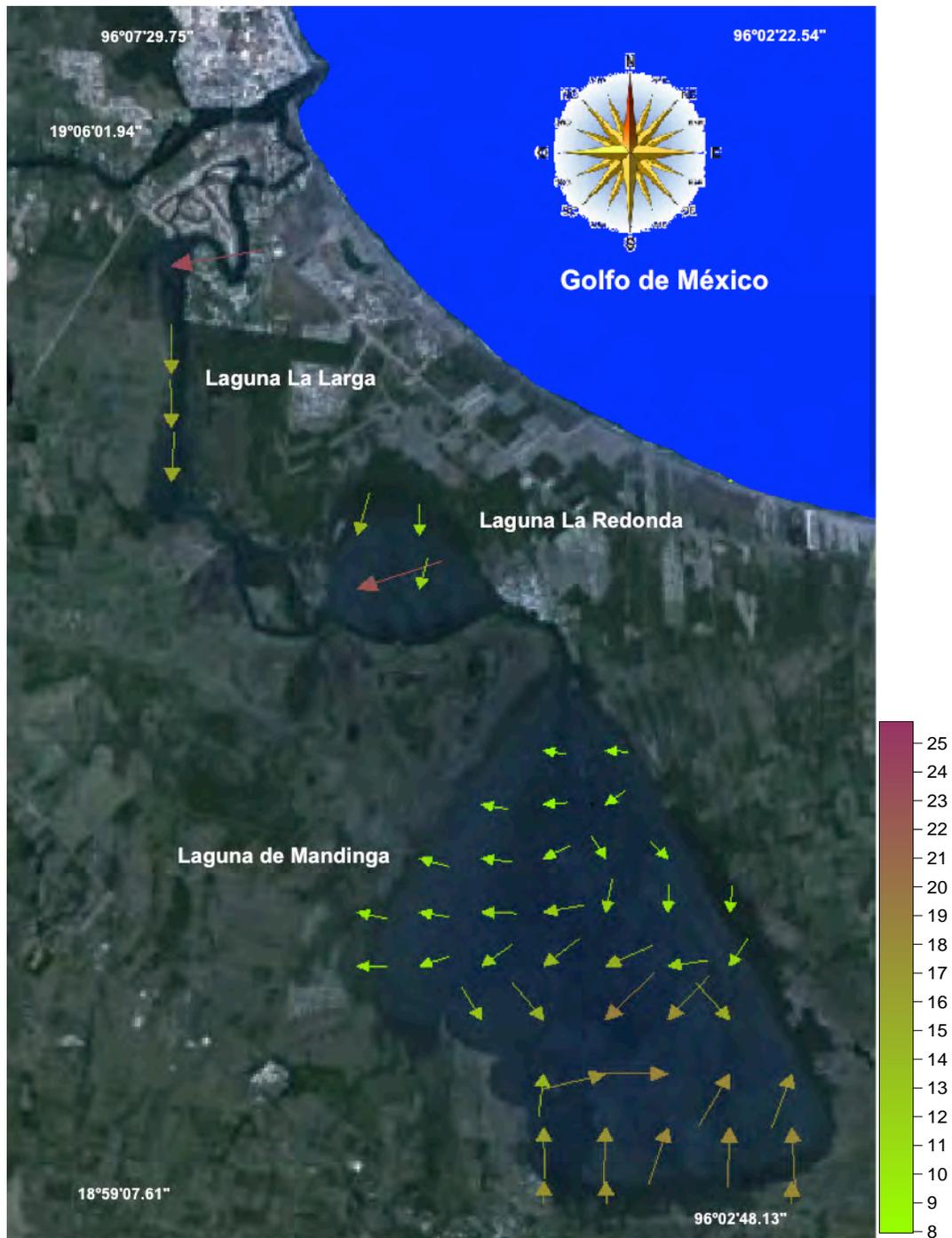


Fig. 18. Dirección y velocidad (km/h) del viento del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.



**Fig. 19. Dirección y velocidad (m/s) de la corriente superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.**



Fig. 20. Dirección y velocidad (m/s) de la corriente del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

En la temporada de lluvias 2008, el tiempo climático fue cálido con una temperatura ambiental promedio de 27.45 °C con un máximo de 29.90 °C y un mínimo de 25 °C, teniendo los valores más altos en la laguna La Redonda, los medios en el sur de la laguna La Larga, en el Estero Horcones y el norte de la laguna de Mandinga. Los valores bajos estuvieron en el resto de la laguna (Fig. 21). Se registró llovizna en el momento del muestreo, con una cantidad promedio de nubes del 95.5% con un máximo del 100% y un mínimo de 70% predominantemente de tipo altostratos y estratos, con buena visibilidad. El viento registró una velocidad promedio de 9 km/h con un máximo de 15.80 km/h y un mínimo de 1.50 km/h, viniendo predominante del norte y del noroeste (Fig. 22). La corriente superficial del agua se registró con una dirección predominantemente hacia el sur y suroeste con un promedio en la velocidad de 5.37 m/s con un máximo de 25.40 m/s y un mínimo de 0.02 m/s (Fig. 23). En el fondo el promedio fue de 10.24 m/s con un máximo de 25.40 m/s y un mínimo de 0.02 m/s con la misma dirección que la corriente superficial (Fig. 24).

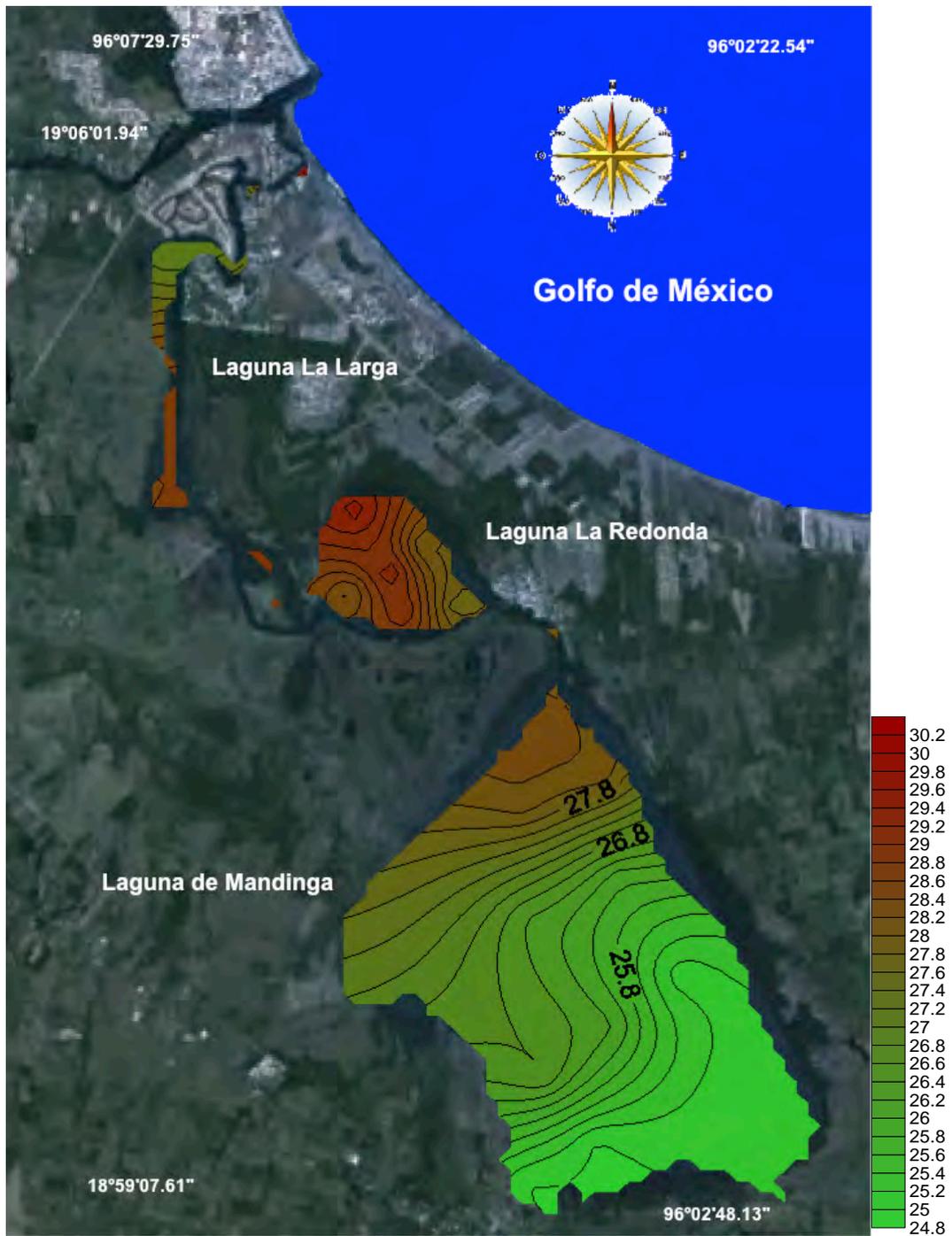


Fig. 21. Temperatura ambiental (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

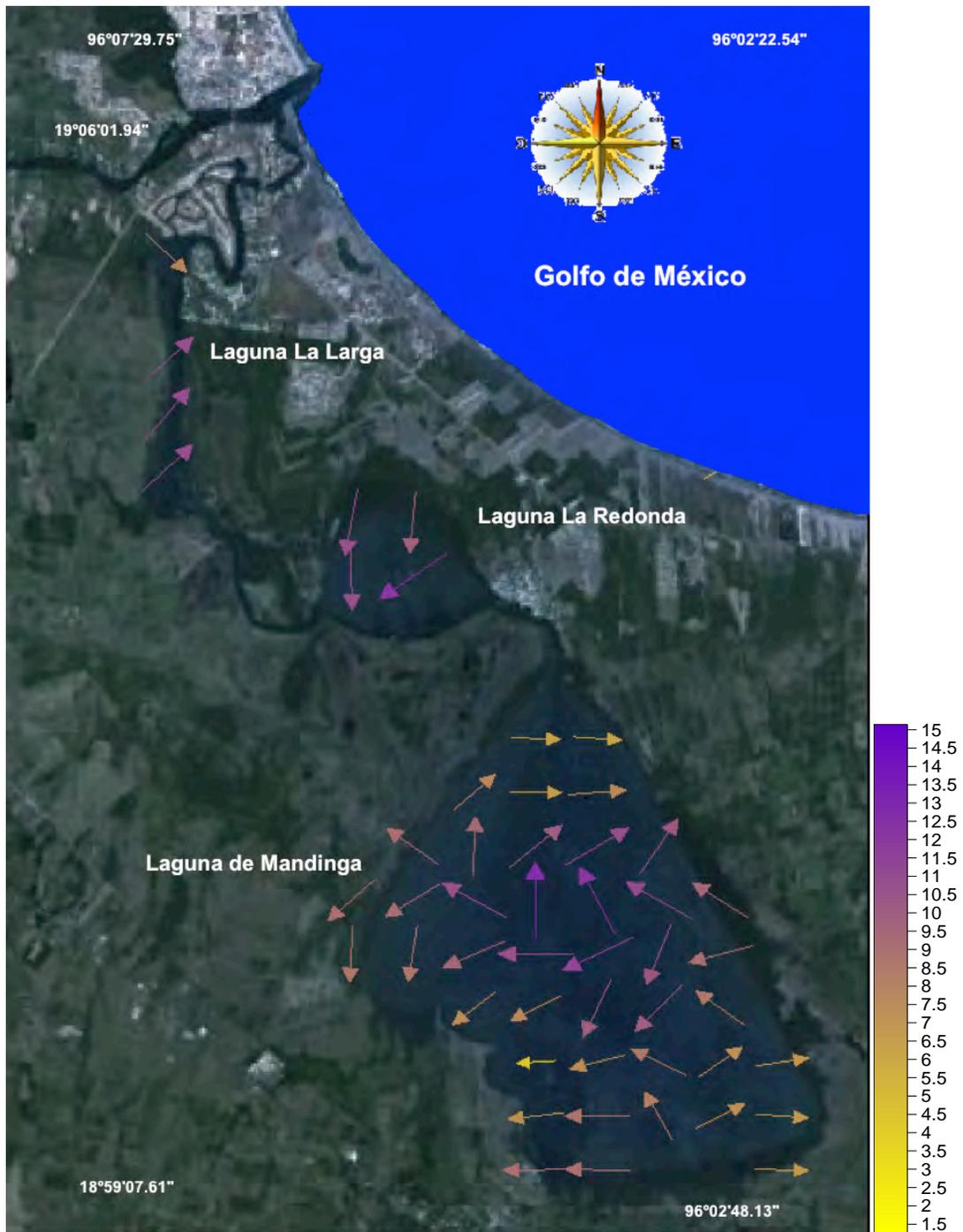
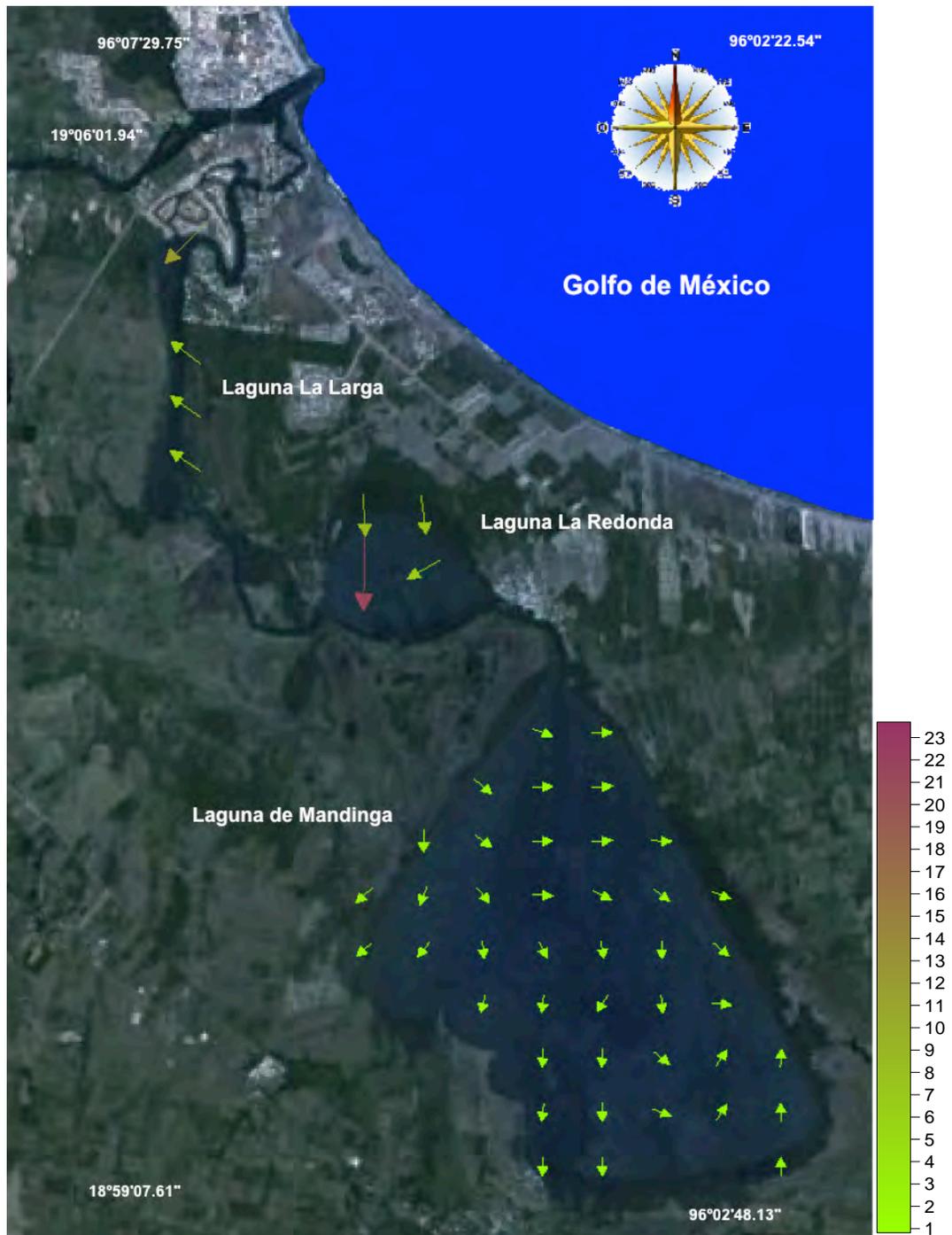


Fig. 22. Dirección y velocidad (km/h) del viento del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.



**Fig. 23. Dirección y velocidad (m/s) de la corriente superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.**

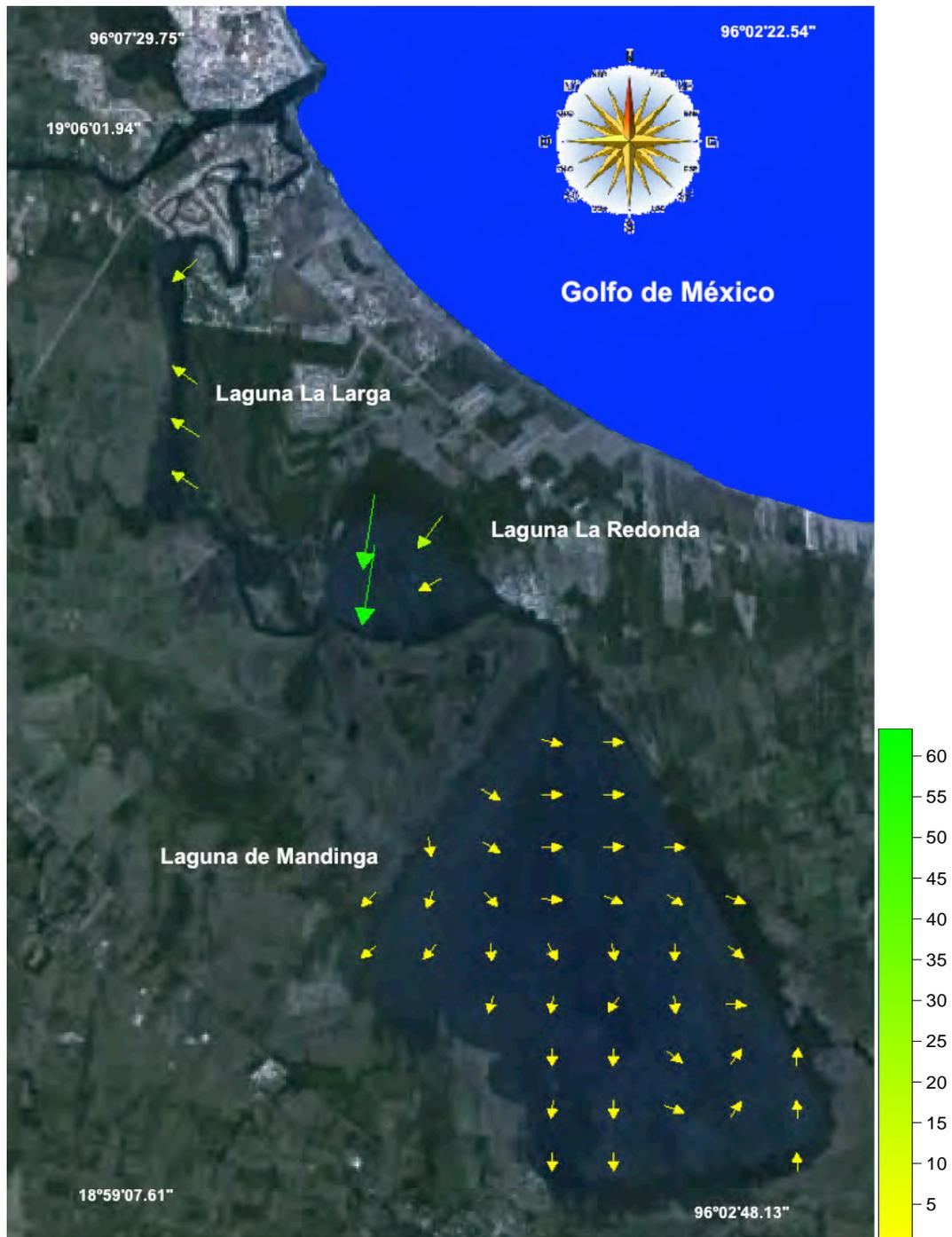


Fig. 24. Dirección y velocidad (m/s) de la corriente del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

Para la temporada de secas 2009, el tiempo climático fue cálido con una temperatura ambiental promedio de 25.72 °C con un máximo de 31.80 °C con un mínimo 23.90 °C teniendo los valores más altos en el Estero Conchal. Los valores medios se localizaron en el sureste de la laguna de Mandinga y en el norte la La Redonda y La Larga. Los valores bajos se registraron en el resto del SLM (Fig. 25). Hubo buena visibilidad, además, no se registró precipitación pluvial en el momento del muestreo, con una cantidad promedio de 19.15% con máximo de 90% y mínimo de 0% las nubes, predominantemente, fueron de tipo cúmulos. El viento registró una velocidad promedio de 14.21 km/h con un máximo de 19.80 km/h y un mínimo de 6.80 km/h, viniendo predominantemente del norte y del noroeste (Fig. 26). La corriente superficial del agua se registró con una dirección predominantemente al sur y sureste con un promedio de 22.82 m/s con un máximo de 73.79 m/s y un mínimo de 4.30 m/s (Fig. 25). En el fondo se registró un promedio de 22.47 m/s con un máximo de 71.07 m/s y un mínimo de 5.69 m/s con la misma dirección de la corriente que en la superficial (Fig. 28).

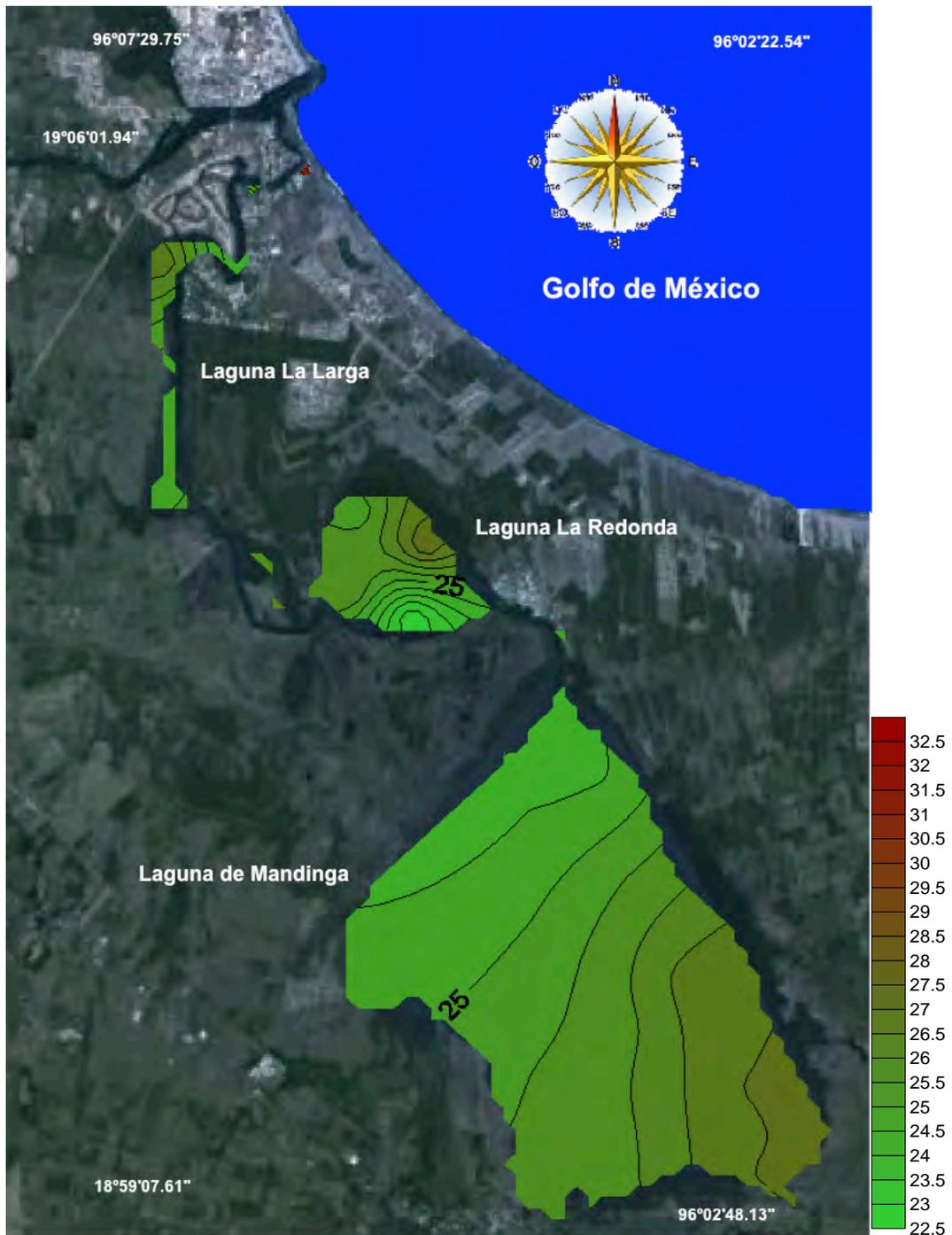


Fig. 25. Temperatura ambiental (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

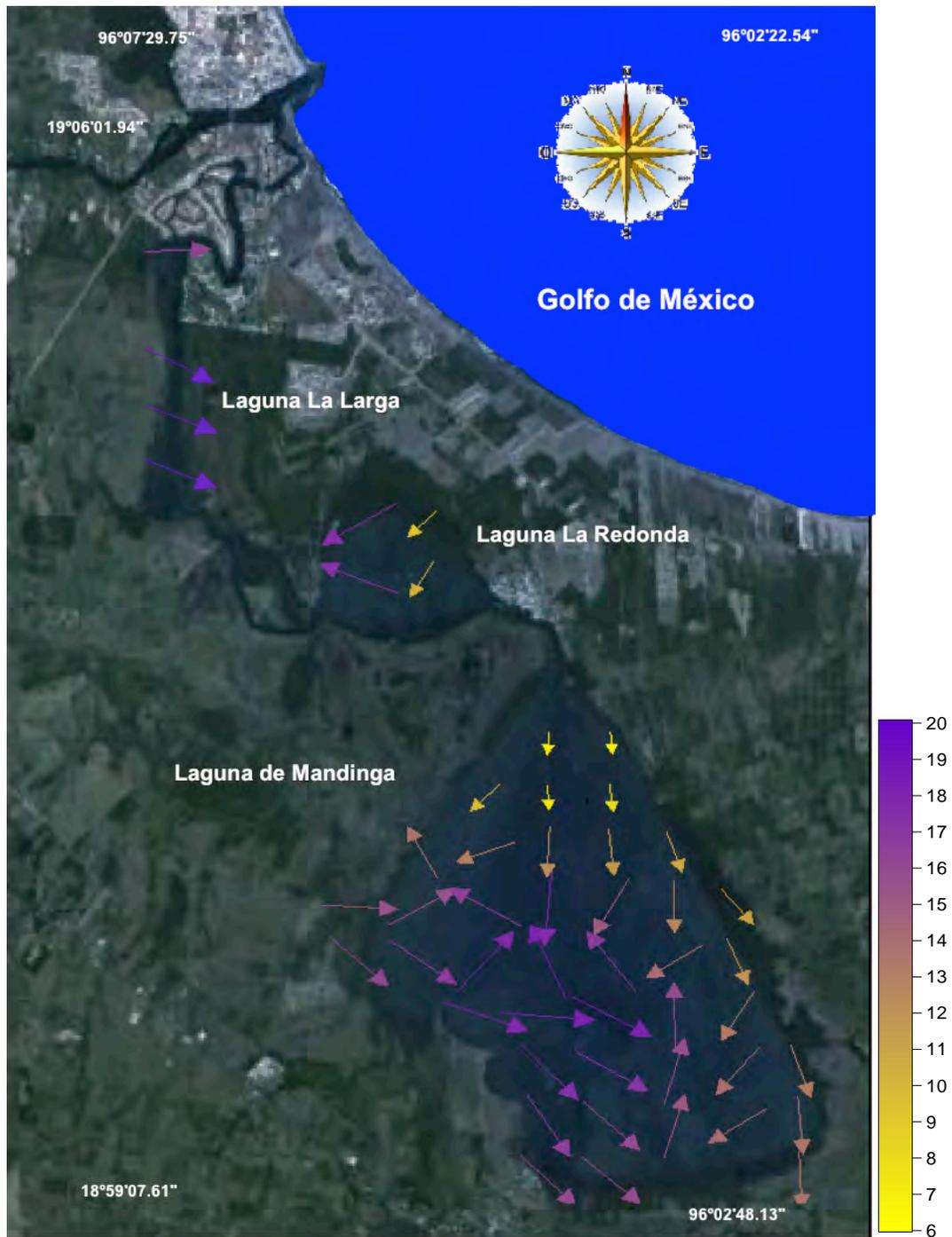


Fig. 26. Dirección y velocidad (km/h) del viento del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

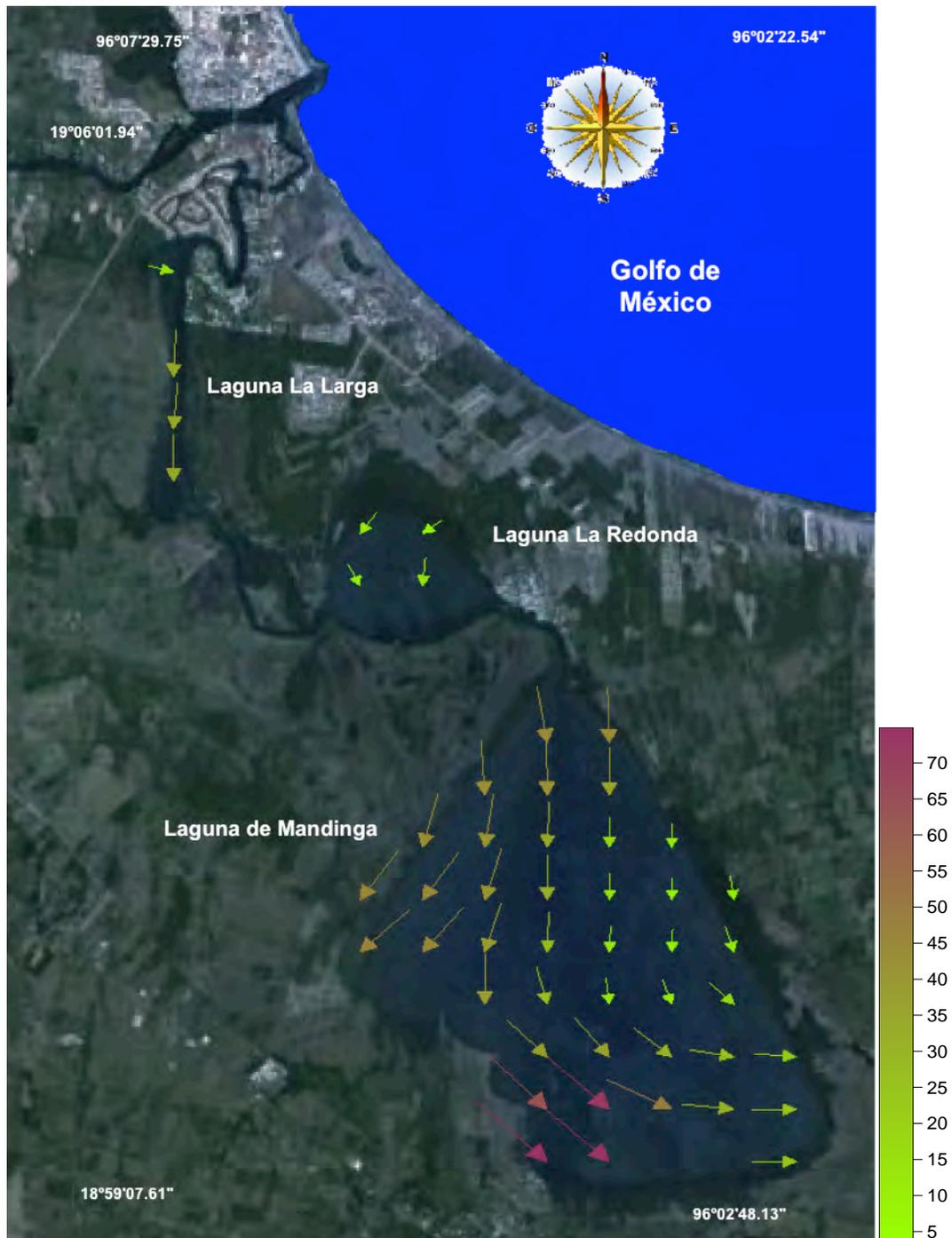


Fig. 27. Dirección y velocidad (m/s) de la corriente superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

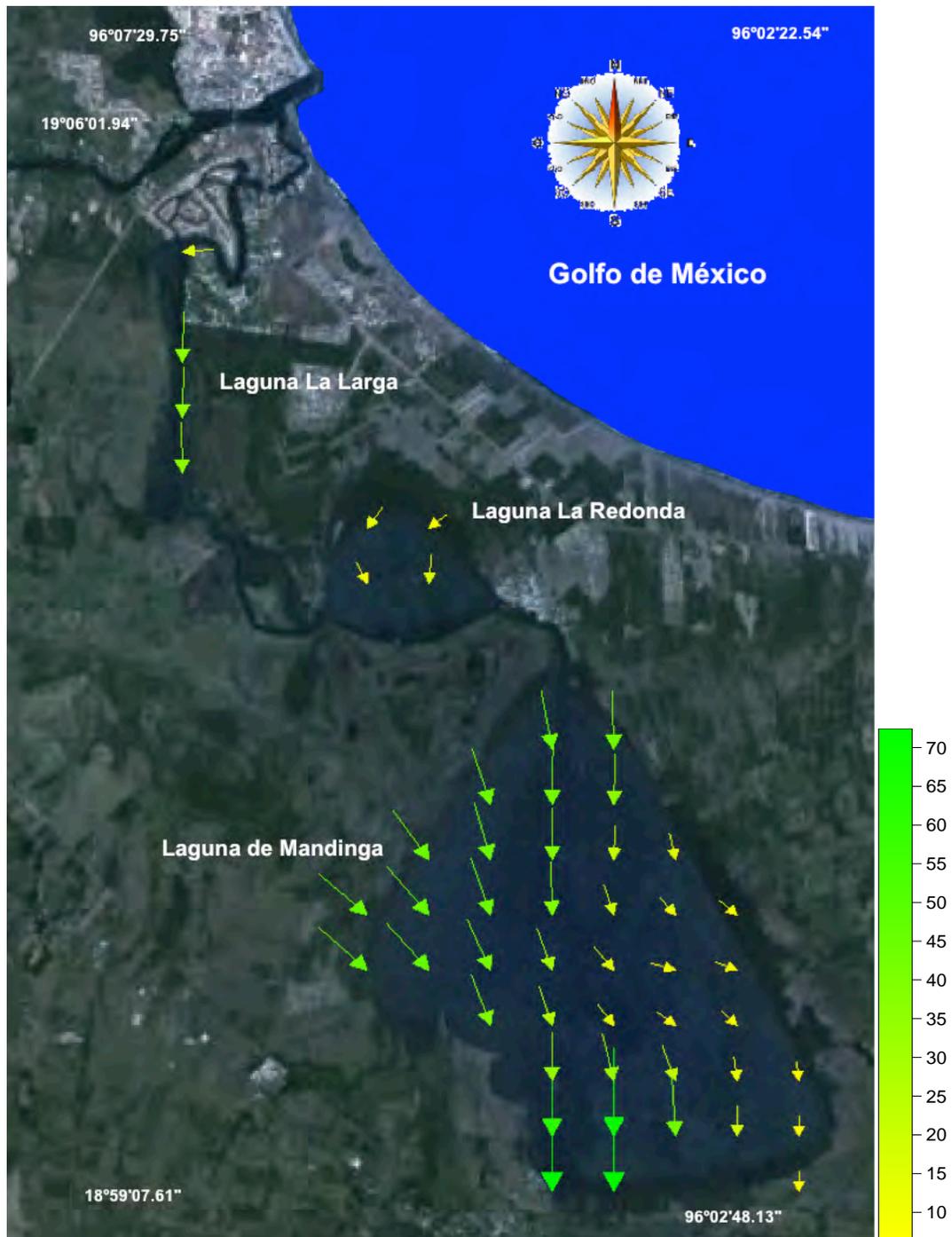


Fig. 28. Dirección y velocidad (m/s) de la corriente del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

## Parámetros hidrológicos

En las tres temporadas climáticas el color del agua, según la escala de color Forel-Ule, presentaron un registro de XVI, XV y XIV, ya que este tipo de cuerpos de agua recibe aportes con gran cantidad de materia orgánica disuelta proveniente de la erosión de los arroyos que proveen de agua al sistema y por el aporte de los drenajes de la población humana circundante. Este tipo de registro nos indica, además, que el SLM es un cuerpo de agua productivo, ya que este tipo de color básicamente nos sirve para inferir la productividad de un cuerpo de agua.

En la temporada de secas 2008, el promedio en la profundidad fue de 129.50 cm con un máximo de 160 cm y un mínimo de 80 cm. Las zonas más profundas se registraron en la laguna La Larga, en el Estero Horcones y en el centro de la laguna de Mandinga. La profundidad media se registró predominantemente en la laguna de Mandinga y en el centro, noroeste y sureste de la laguna La Redonda. Las zonas menos profundas se presentaron en el noreste y suroeste de la laguna La Redonda y en los extremos este y oeste de la laguna de Mandinga (Fig. 29).

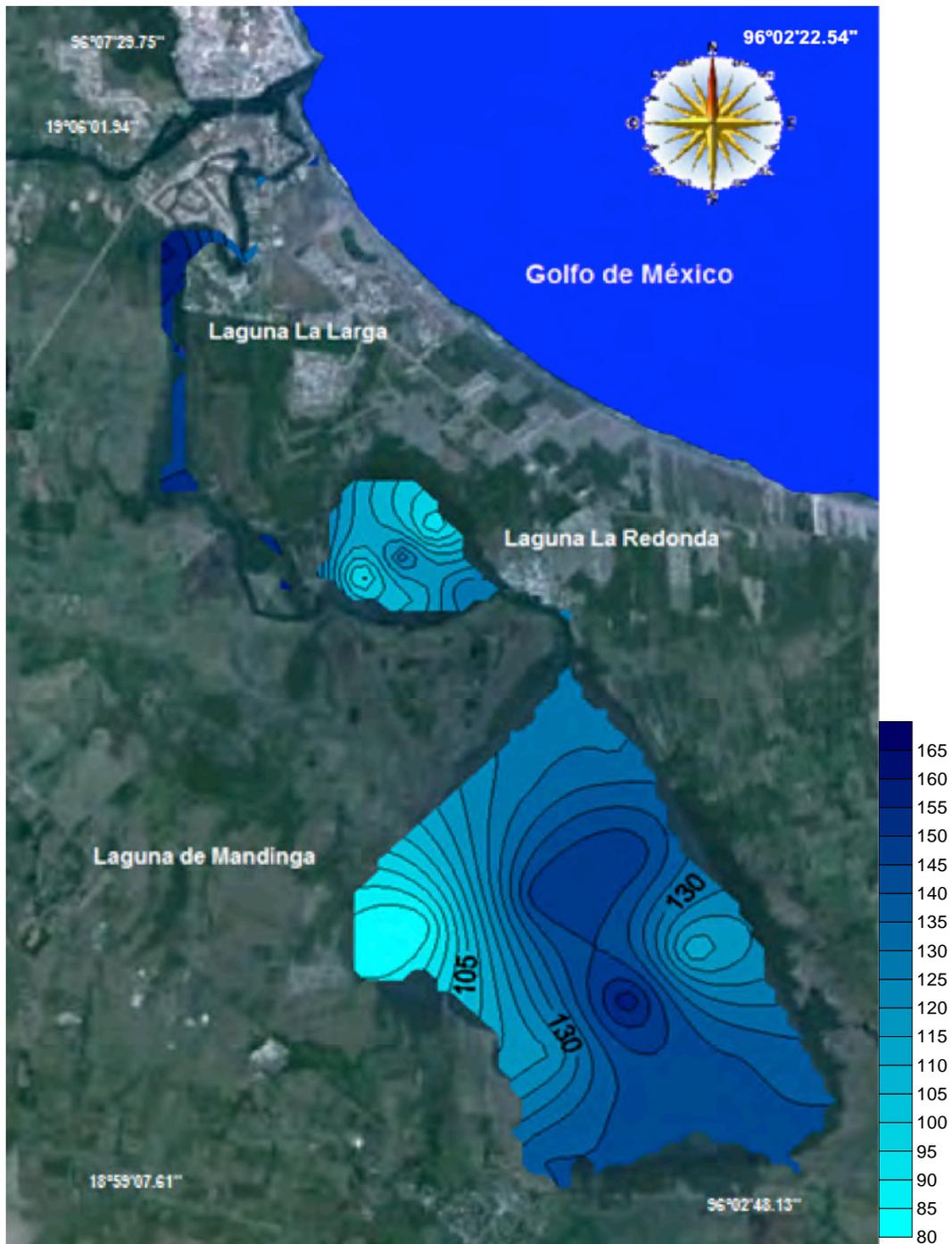


Fig. 29. Batimetría (cm) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

En la temporada climática de lluvias 2008, la profundidad promedio aumentó a 132.85 cm con un máximo de 190 cm y un mínimo de 102 cm. La zona más profunda se presentó en el centro y hacia el sur de la laguna de Mandinga, las zonas medias se registraron en el resto de ésta, en la laguna La Larga y en el Estero Horcones, las zonas de menor profundidad se localizaron en casi toda la laguna La Redonda (Fig. 30). En esta temporada climática se registraron dragados en la laguna La Larga.

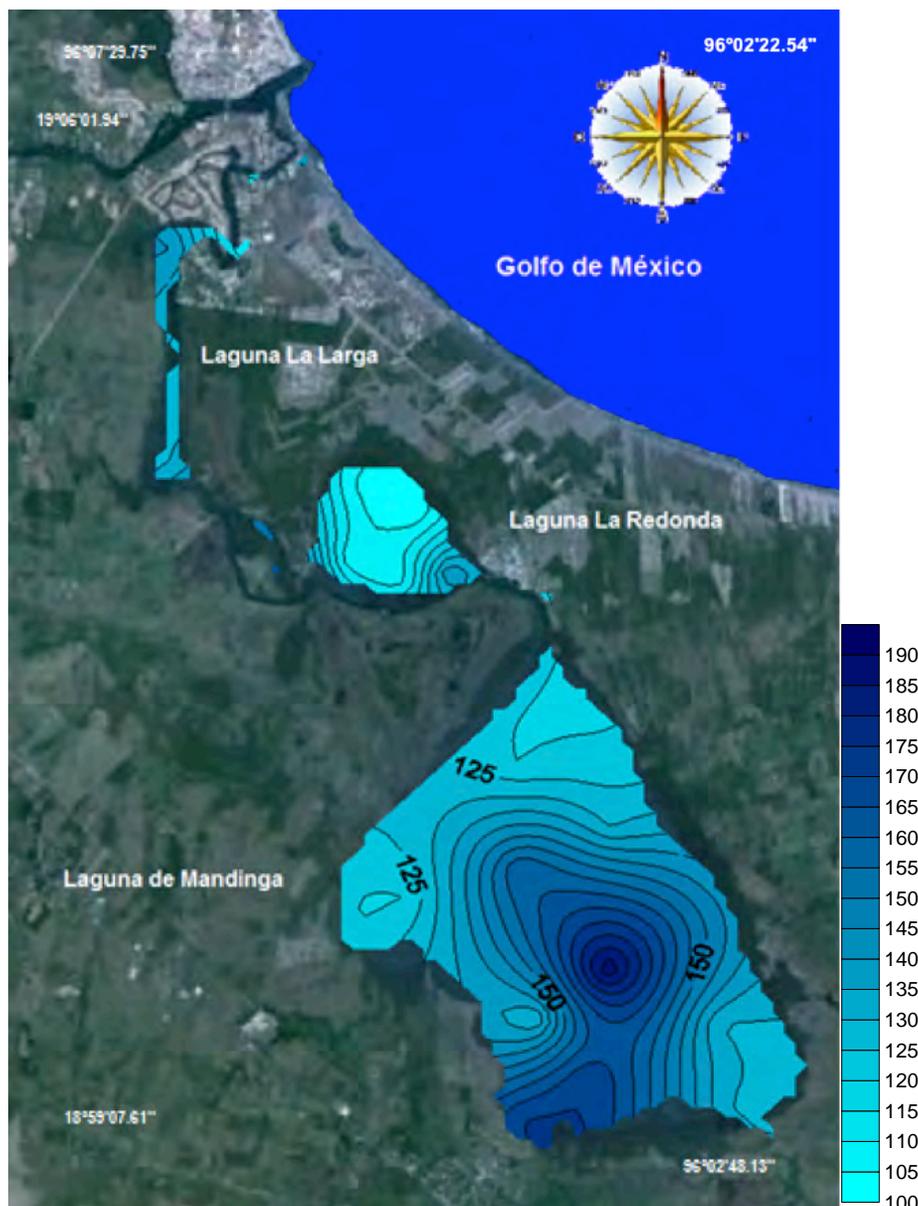


Fig. 30. Batimetría (cm) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

Durante la temporada de secas 2009, el promedio en la profundidad disminuyó ligeramente registrando un valor de 131.96 cm con un máximo de 180 cm y un mínimo de 90 cm. Las zonas de mayor profundidad se registraron en la boca de comunicación con el Golfo de México y en el centro de la laguna de Mandinga, las de media profundidad se registraron en la laguna La Redonda y en el Estero Horcones. En todo lo que resta del SLM se observa una profundidad menor (Fig. 31).

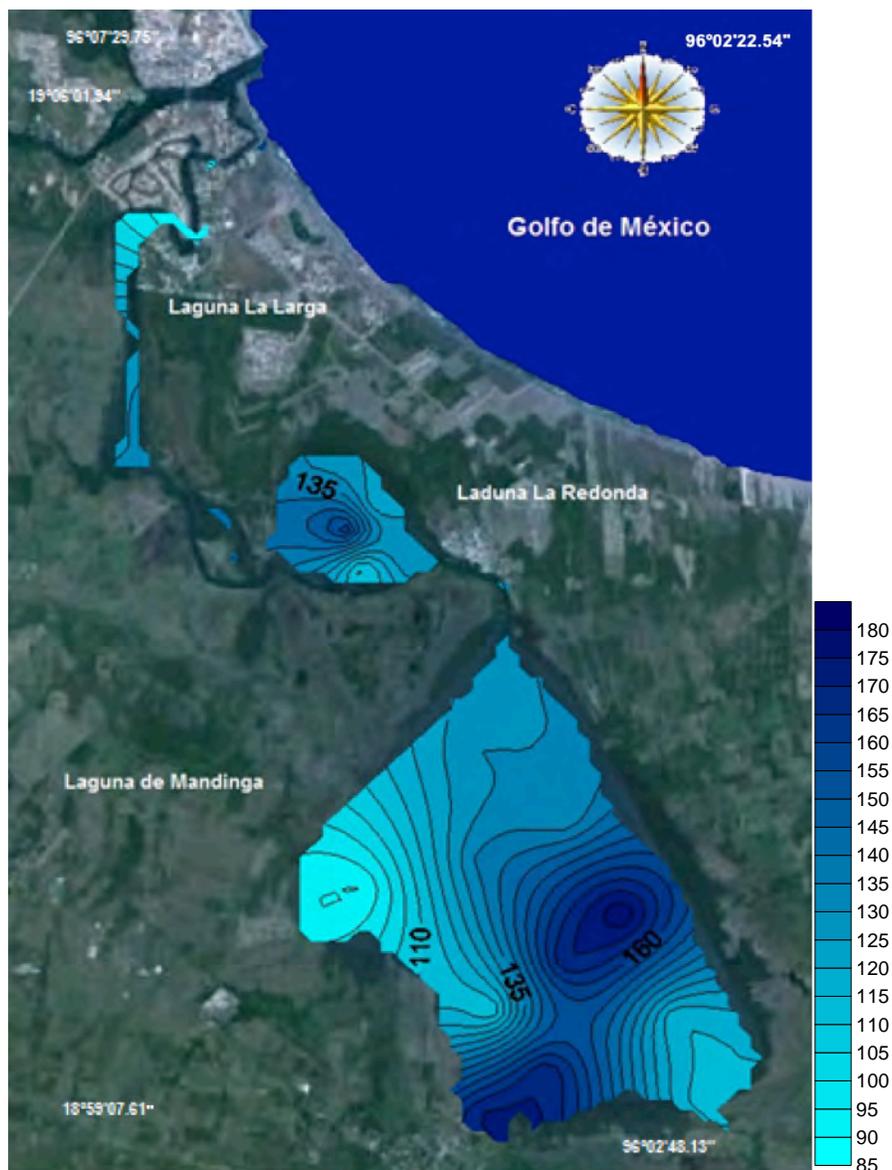


Fig. 31. Batimetría (cm) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

Durante la temporada de secas 2008 se registró un promedio en la transparencia de 63.36 cm con un máximo de 110 cm y un mínimo de 33.60 cm. El área que registró una mayor transparencia fue la laguna La Larga. Las zonas de transparencia media se localizaron en el centro de la laguna de Mandinga y las zonas donde se registró la menor transparencia fue en las regiones cercanas a la costa en la laguna de Mandinga y en toda la laguna La Redonda (Fig. 32).

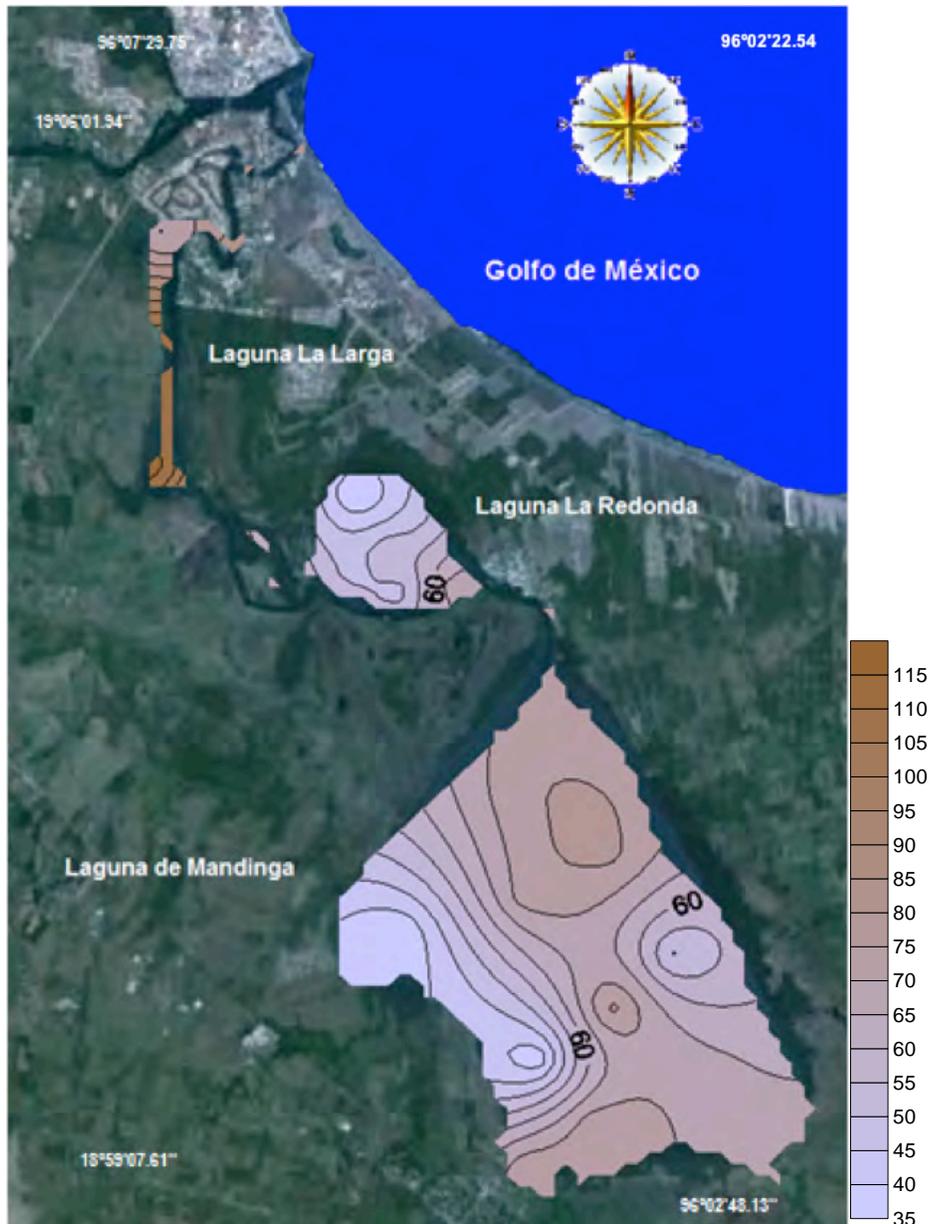


Fig. 32. Transparencia (cm) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

En la temporada climática de lluvias 2008 se presentó un promedio de 70.85 cm con un máximo de 93 cm y un mínimo de 45 cm. Las zonas de mayor transparencia se registraron en la laguna La Redonda y en la laguna La Larga; las zonas de media transparencia en la laguna de Mandinga y las zonas de menor transparencia se localizaron en la zona de la costa de la laguna de Mandinga y en el Estero de Mandinga (Fig. 33).

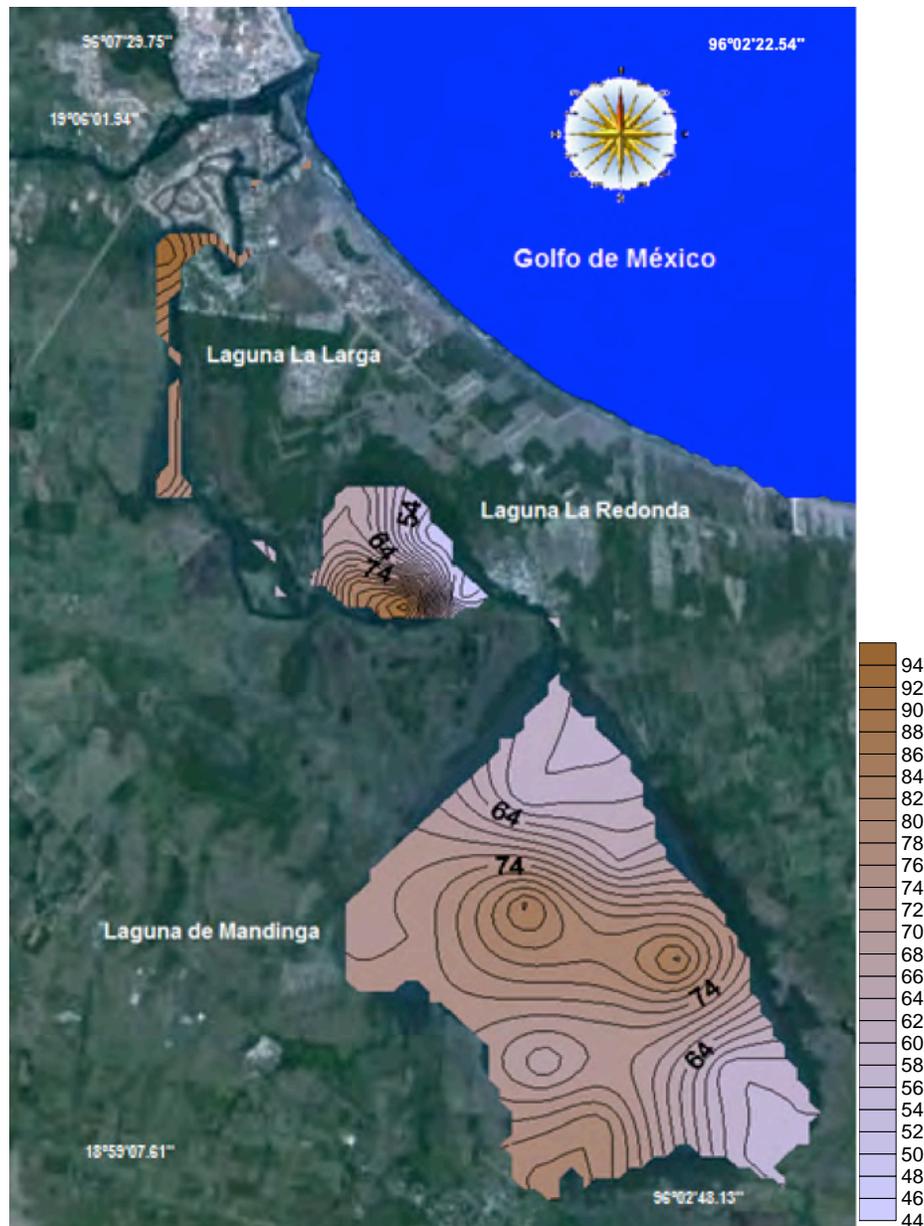


Fig. 33. Transparencia (cm) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

En la temporada de secas 2009 se registró un promedio en la transparencia de 89.50 cm con un máximo de 160 cm y un mínimo de 57 cm. En la laguna La Larga y en la desembocadura del SLM con el Golfo de México se registraron los valores más altos de transparencia; los valores medios se presentaron en el centro de todo el SLM y las que presentaron menor transparencia se registraron en las orillas de las lagunas de Mandinga y La Redonda (Fig. 34).

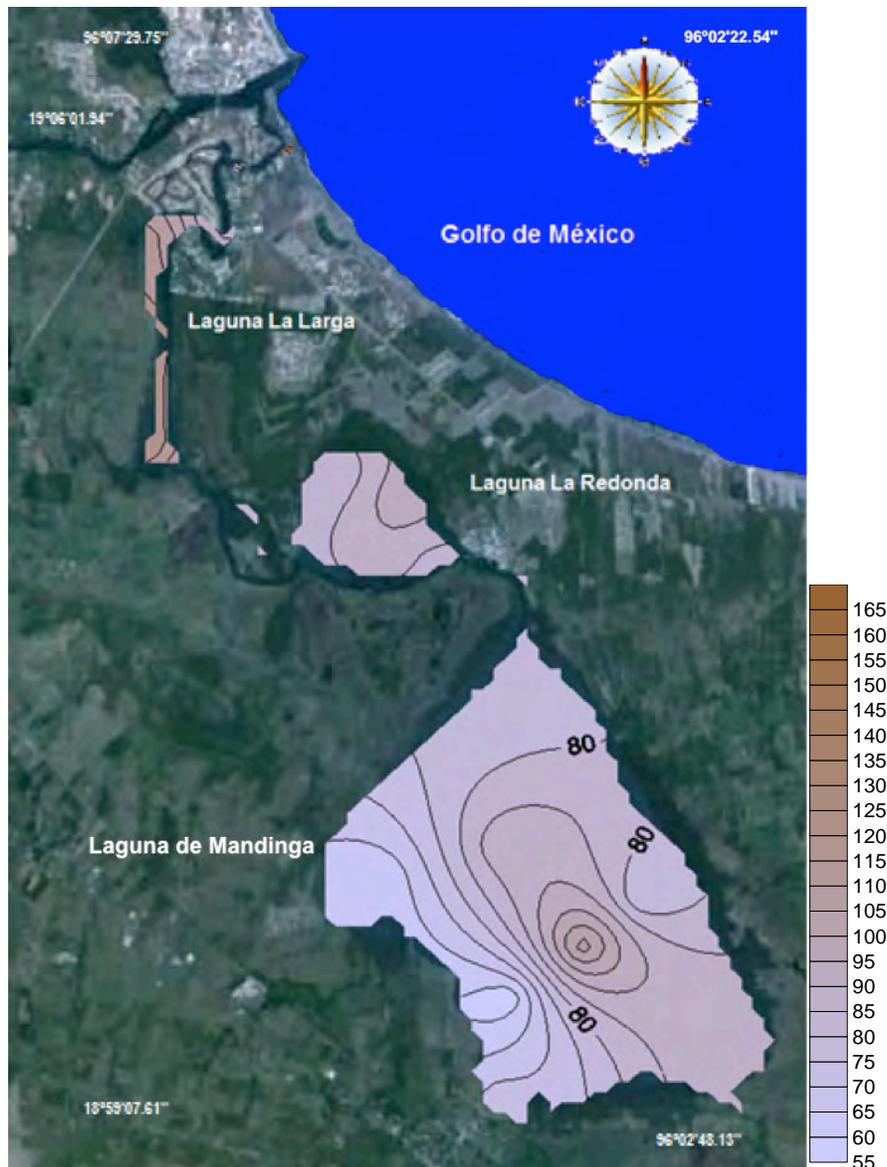


Fig. 34. Transparencia (cm) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

En temporada climática de secas 2008, se registró un promedio en la temperatura superficial de 30.39 °C con un máximo de 32.2 °C y un mínimo de 28.2 °C. Las zonas con mayor temperatura se registraron en el centro y hacia el norte de la laguna de Mandinga y en el Estero de Mandinga. La zonas de temperatura media se registraron en las lagunas La Redonda y La Larga. La zona que presentó menor temperatura en esta temporada climática fue el Estero Conchal (Fig. 35).

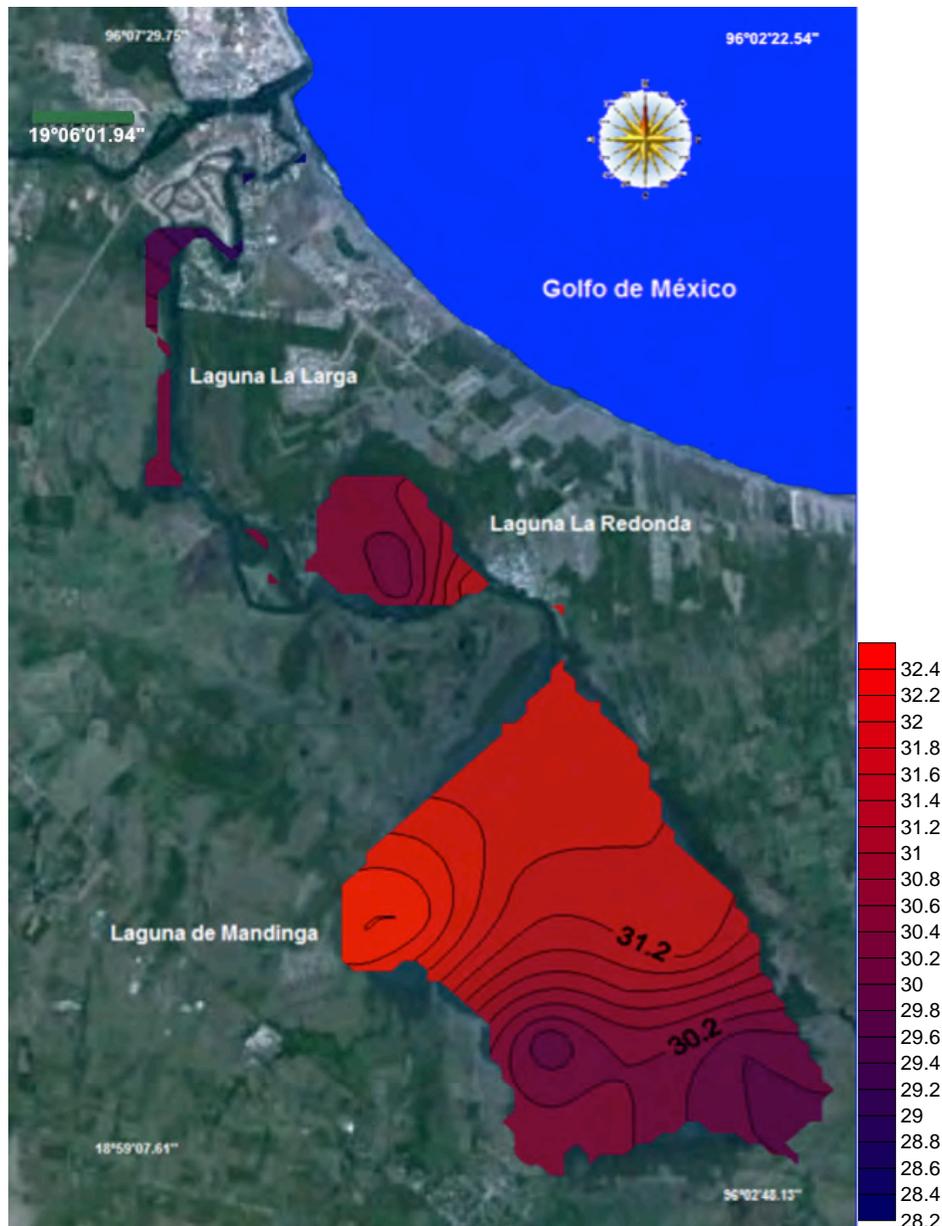
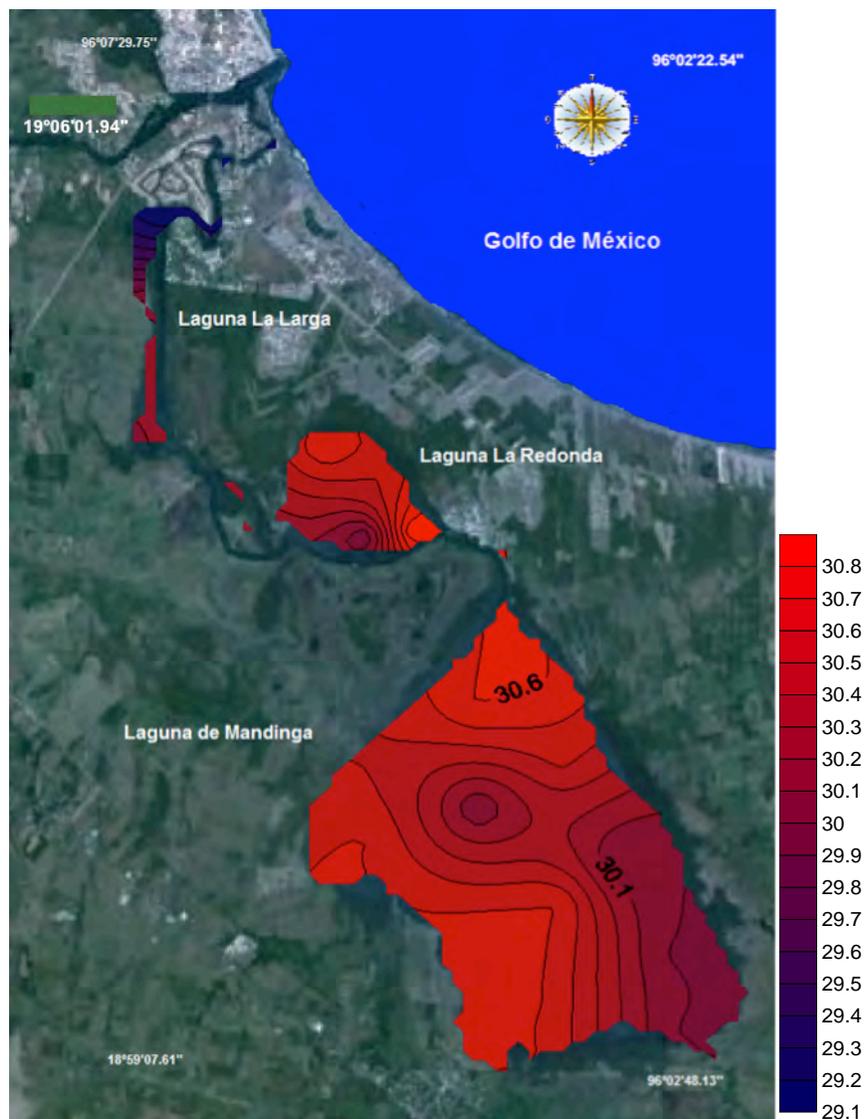


Fig. 35. Temperatura superficial (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

La temporada climática de lluvias 2008 presentó un promedio en la temperatura superficial de 30.16 °C con un máximo de 30.8 °C y un mínimo de 29.2 °C. La laguna de Mandinga y la laguna La Redonda fueron las zonas en las que se registró una mayor temperatura. Se registraron también, pequeños puntos de temperatura media en el centro de la laguna de Mandinga y en el sur de la laguna La Redonda junto con la parte norte de la laguna La Larga. La zona con menor temperatura en esta temporada climática fue nuevamente el Estero Conchal (Fig. 36).



**Fig. 36. Temperatura superficial (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.**

En la temporada de secas 2009 se registró un promedio en la temperatura superficial de 27.39 °C con un máximo de 28.3 °C y un mínimo de 26 °C. La zonas en las cuales se registró una mayor temperatura fue en zonas cercanas a los canales de comunicación entre las diferentes lagunas y en la laguna La Redonda. Las zonas de temperatura media se localizaron en la la laguna de Mandinga y en la parte final de la laguna La Larga hasta el Estero Conchal. La zona con menor temperatura fue la zona sur de laguna La Redonda y dos zonas localizadas en el centro de la laguna de Mandinga (Fig. 37).

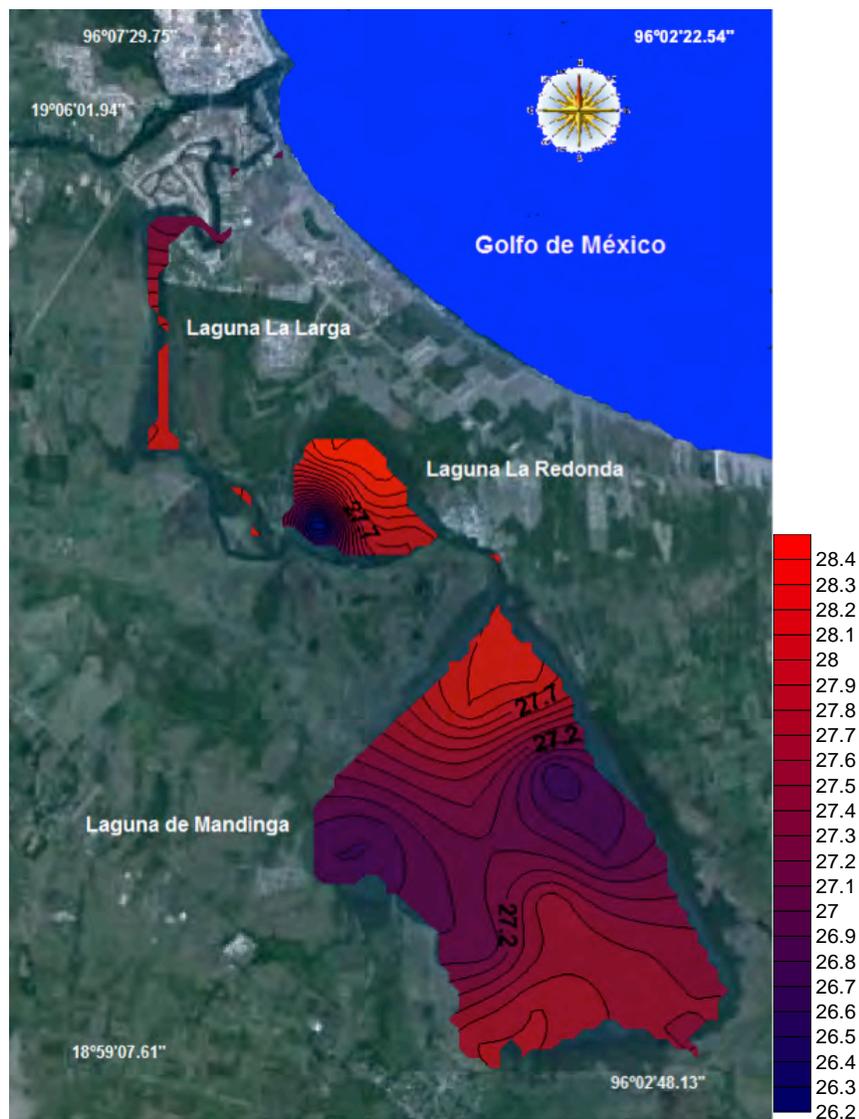


Fig. 37. Temperatura superficial (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

En la temporada climática de secas 2008 se obtuvo un promedio en la temperatura del fondo de 30.23 °C con un máximo de 32.2 °C y un mínimo de 28.2 °C, encontrándose la mayor temperatura en las zonas de la laguna de Mandinga y en el Estero de Mandinga y la de menor temperatura en el Estero Conchal. Las zonas con media temperatura se localizaron en la parte sur de la laguna de Mandinga y en la laguna La Larga (Fig. 38).

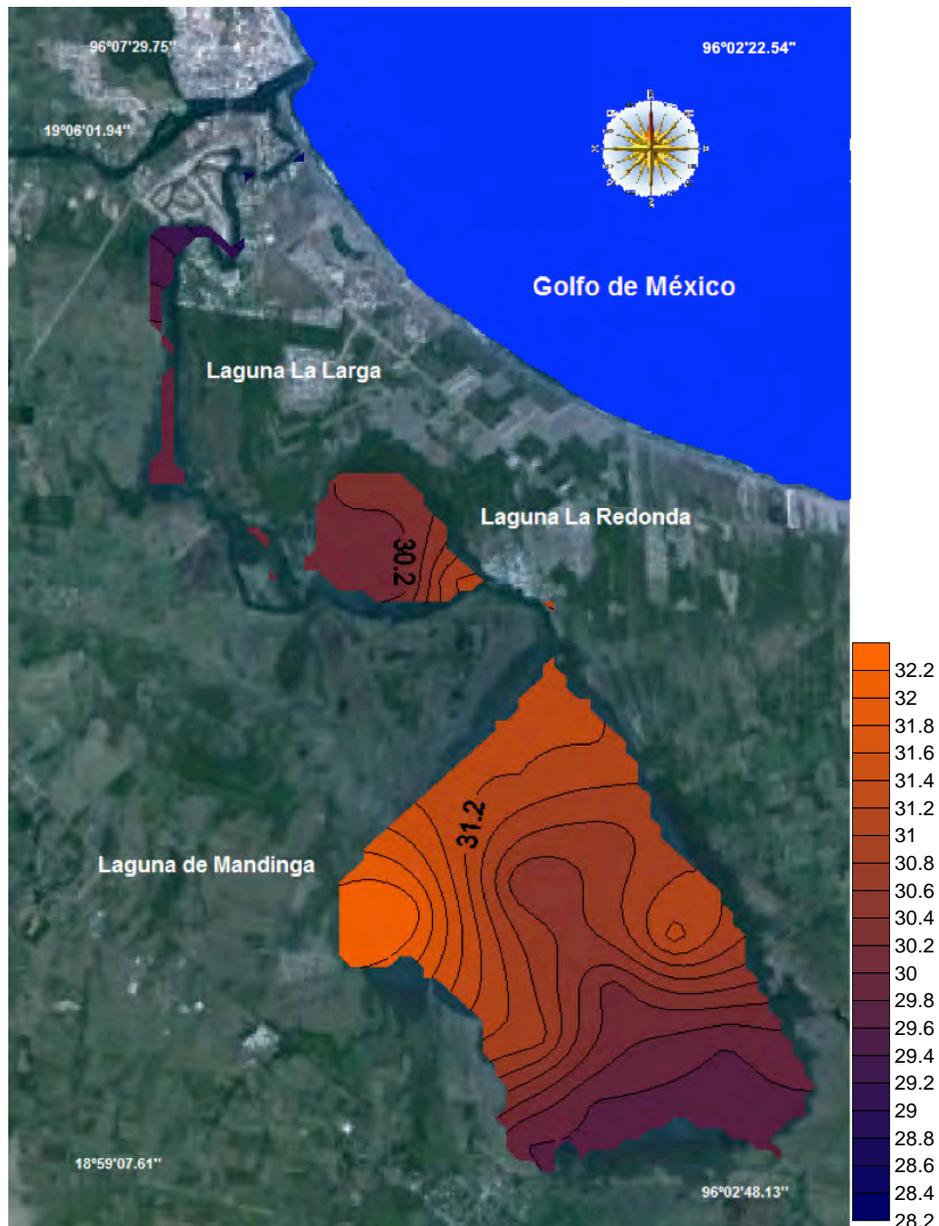


Fig. 38. Temperatura del fondo (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

La temporada climática de lluvias 2008 presentó un promedio en la temperatura del fondo de 30.17 °C con un máximo 31.8 °C y un mínimo de 28.7 °C. Las zonas con mayor temperatura se ubicaron en el norte, este y sur de la laguna de Mandinga y en el Estero de Mandinga. La zona con temperatura media se localizó en la laguna La Redonda y las zonas de menor temperatura se ubicaron en la parte este de la laguna de Mandinga, en el Estero Horcones y toda la laguna Larga hasta la desembocadura (Fig. 39).

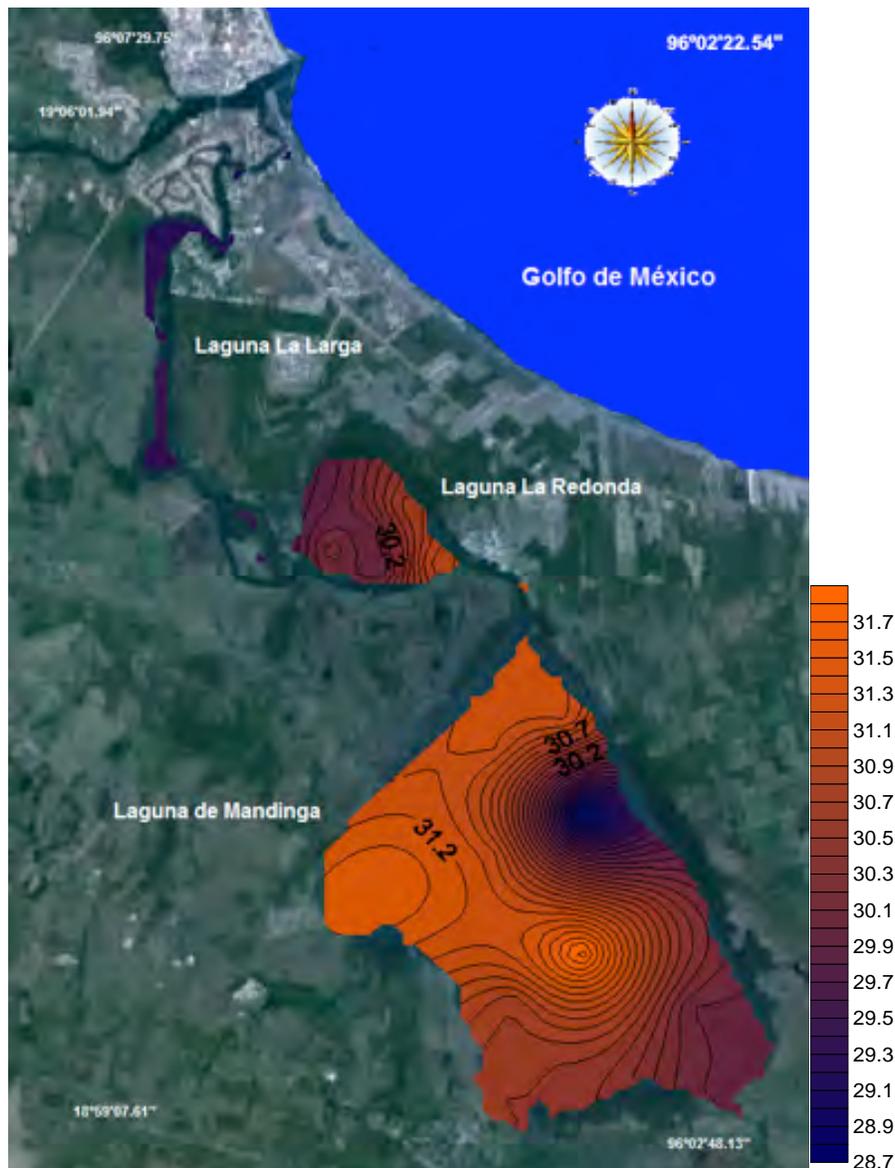


Fig. 39. Temperatura del fondo (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

Para la temporada climática de secas 2009 se presentó un promedio en la temperatura del fondo de 27.35 °C con un máximo de 28.9 °C y un mínimo de 26.2 °C. Las zonas que presentaron una mayor temperatura se localizaron principalmente en la laguna La Redonda, al norte de la laguna La Larga y en el extremo norte y sur de la laguna de Mandinga. Las zonas que presentaron una temperatura media fueron la parte central de la laguna de Mandinga y el Estero Horcones. Las zonas de menor temperatura en esta temporada climática se localizaron en el extremo este y oeste de la laguna de Mandinga y en el norte de la laguna La Larga (Fig. 40).

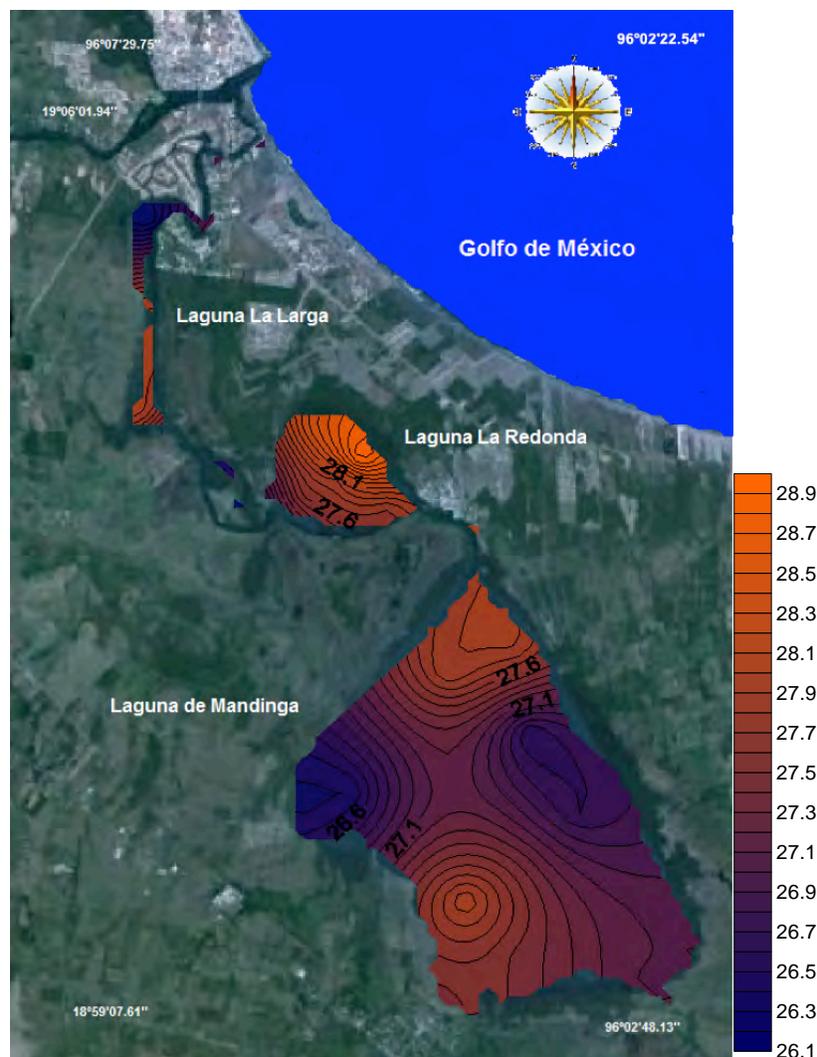
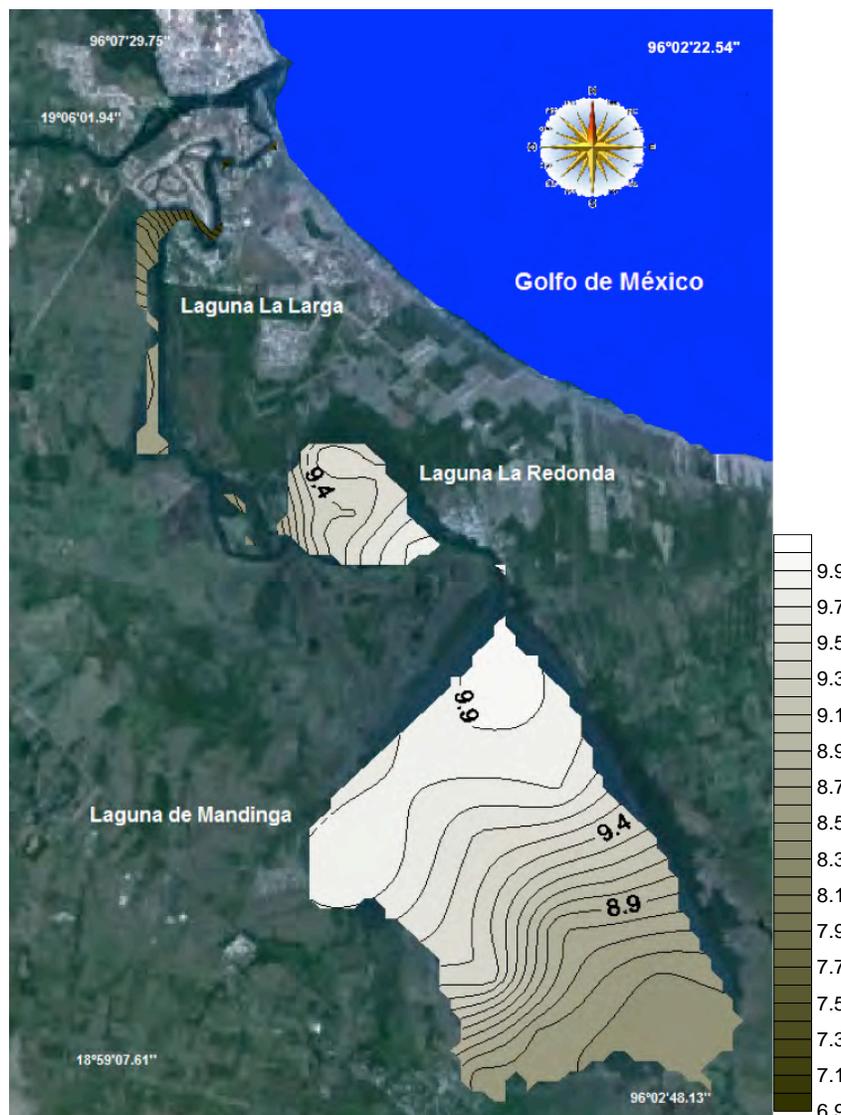


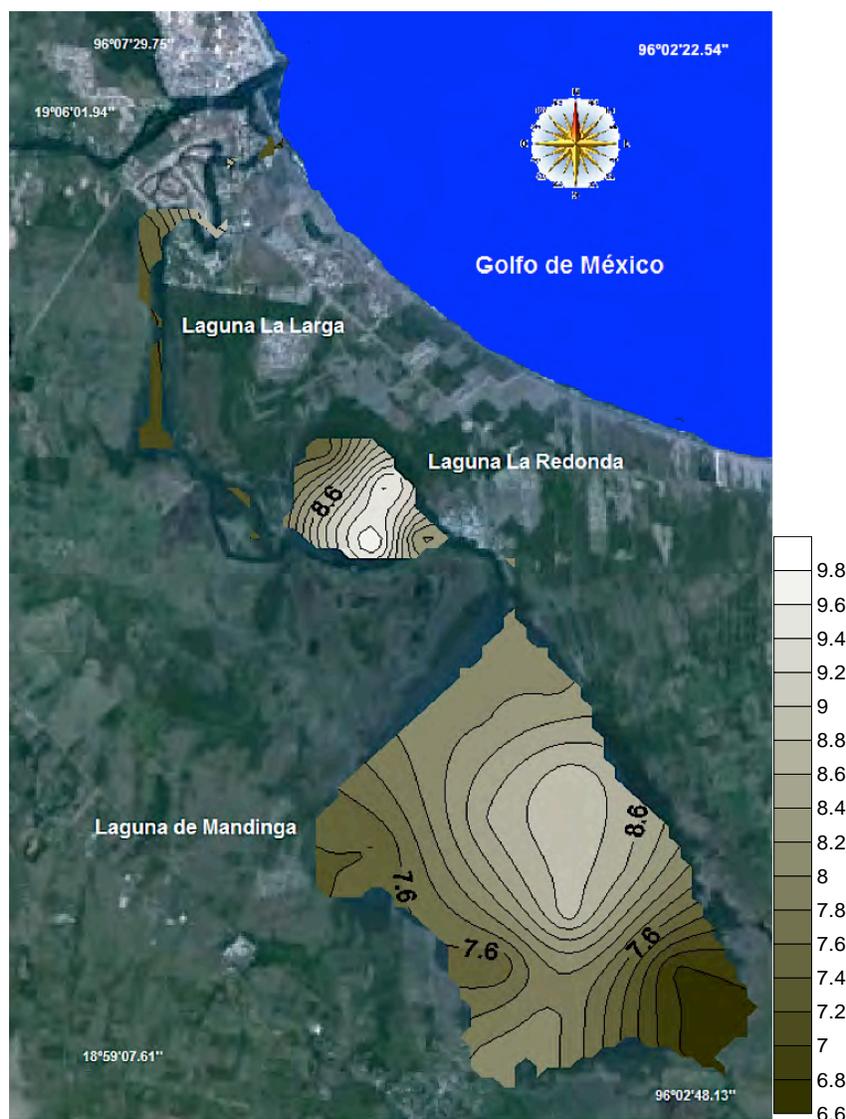
Fig. 40. Temperatura del fondo (°C) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

Durante la temporada climática de secas 2008 se presentó un promedio en el oxígeno disuelto superficial de 9.02 mg/L con un máximo de 9.9 mg/L y un mínimo de 6.93 mg/L. Las zonas que presentaron mayor cantidad de oxígeno disuelto fueron la laguna de Mandinga, la laguna La Redonda y el Estero de Mandinga. Las zonas que presentaron oxígeno disuelto medio fueron la parte sur de la laguna de Mandinga, la parte sur de la laguna La Larga y el Estero Horcones. Las zonas con menor oxígeno disuelto en esta temporada climática fueron la parte norte de la laguna La Larga y el Estero Conchal (Fig. 41).



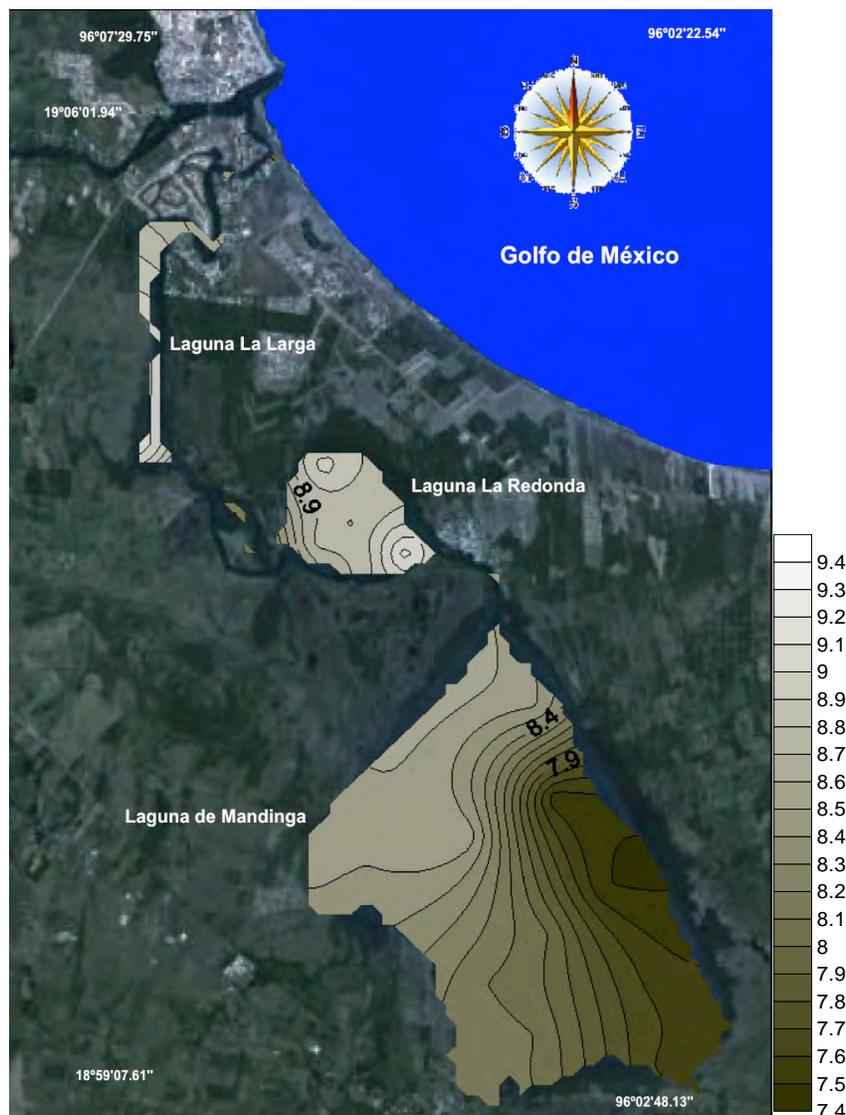
**Fig. 41. Oxígeno disuelto (mg/L) de la superficie del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.**

En la temporada climática de lluvias 2008 se obtuvo un promedio de 8.2 mg/L de oxígeno disuelto con un máximo de 9.88 mg/L y un mínimo de 6.76 mg/L. Las zonas con mayor concentración de oxígeno disuelto fueron el centro de la laguna de Mandinga y La Redonda. Las que presentaron media concentración fueron la parte norte de la laguna La Larga y La Redonda y la parte oeste de la laguna de Mandinga. Las regiones con baja concentración de oxígeno disuelto fueron la parte sur de la laguna de Mandinga, la parte norte y centro de la laguna La Larga y la parte final del Estero Conchal (Fig. 42).



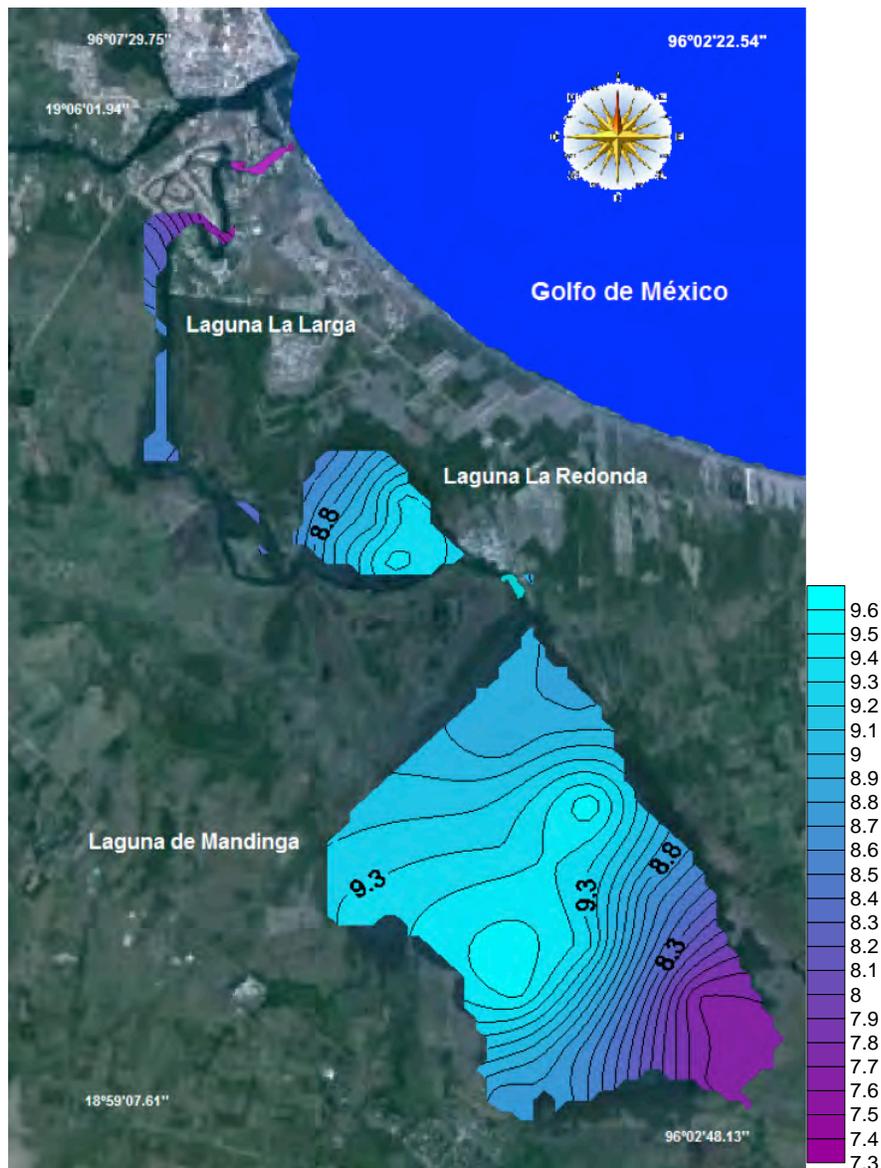
**Fig. 42. Oxígeno disuelto (mg/L) de la superficie del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.**

Para la temporada climática de secas 2009 se registró un promedio de oxígeno disuelto de 8.5 mg/L con un máximo de 9.36 mg/L y un mínimo de 7.51 mg/L, registrándose la mayor concentración en las zonas de las lagunas La Redonda y La Larga, distribuyéndose también en la parte norte y oeste de la laguna de Mandinga. Las zonas de concentración media de oxígeno disuelto fueron la parte centro y sur de la laguna de Mandinga y la parte final del Estero Conchal. Los valores más bajos en la concentración de oxígeno disuelto superficial se registraron en la parte este y sur de la laguna de Mandinga (Fig. 43).



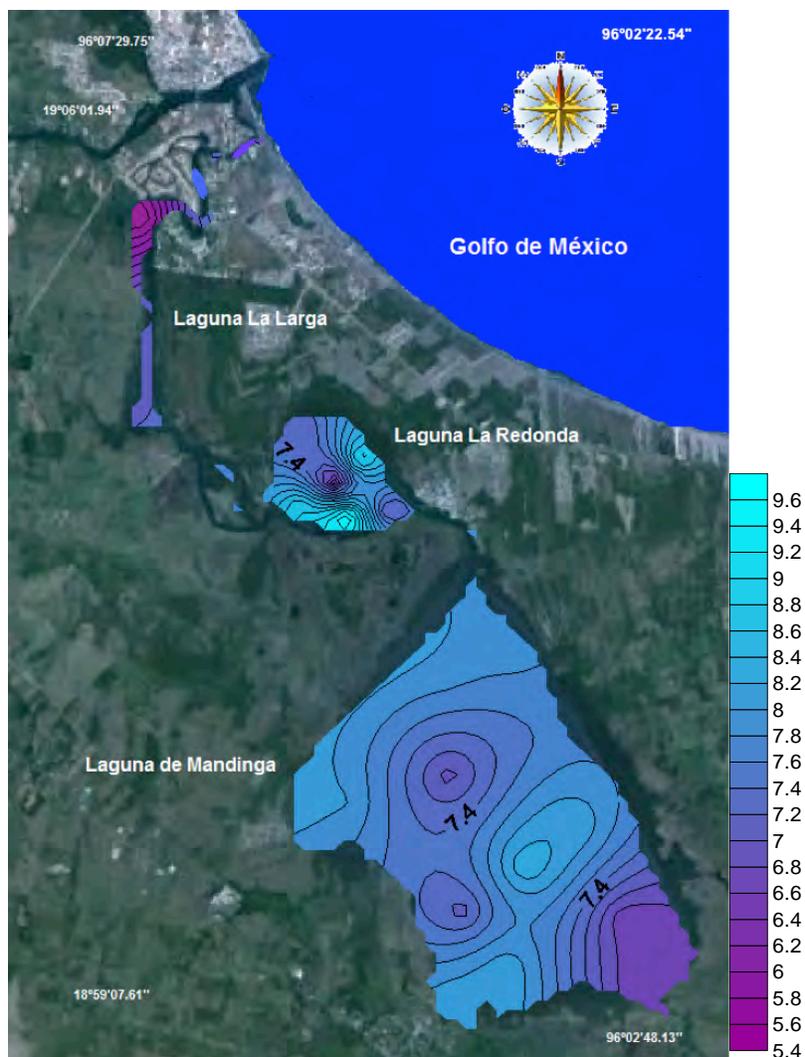
**Fig. 43. Oxígeno disuelto (mg/L) de la superficie del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.**

Durante la temporada climática de secas 2008, el promedio de oxígeno disuelto fue de 8.79 mg/L con un máximo de 9.59 mg/L y un mínimo de 7.38 mg/L. Las regiones donde se encontró una mayor concentración de oxígeno disuelto fueron predominantemente la laguna de Mandinga y La Redonda, las regiones medias fueron la parte media y norte de la laguna La Larga y las partes con baja concentración se ubicaron en la parte sureste de la laguna de Mandinga y en la parte final del Estero Conchal (Fig. 44).



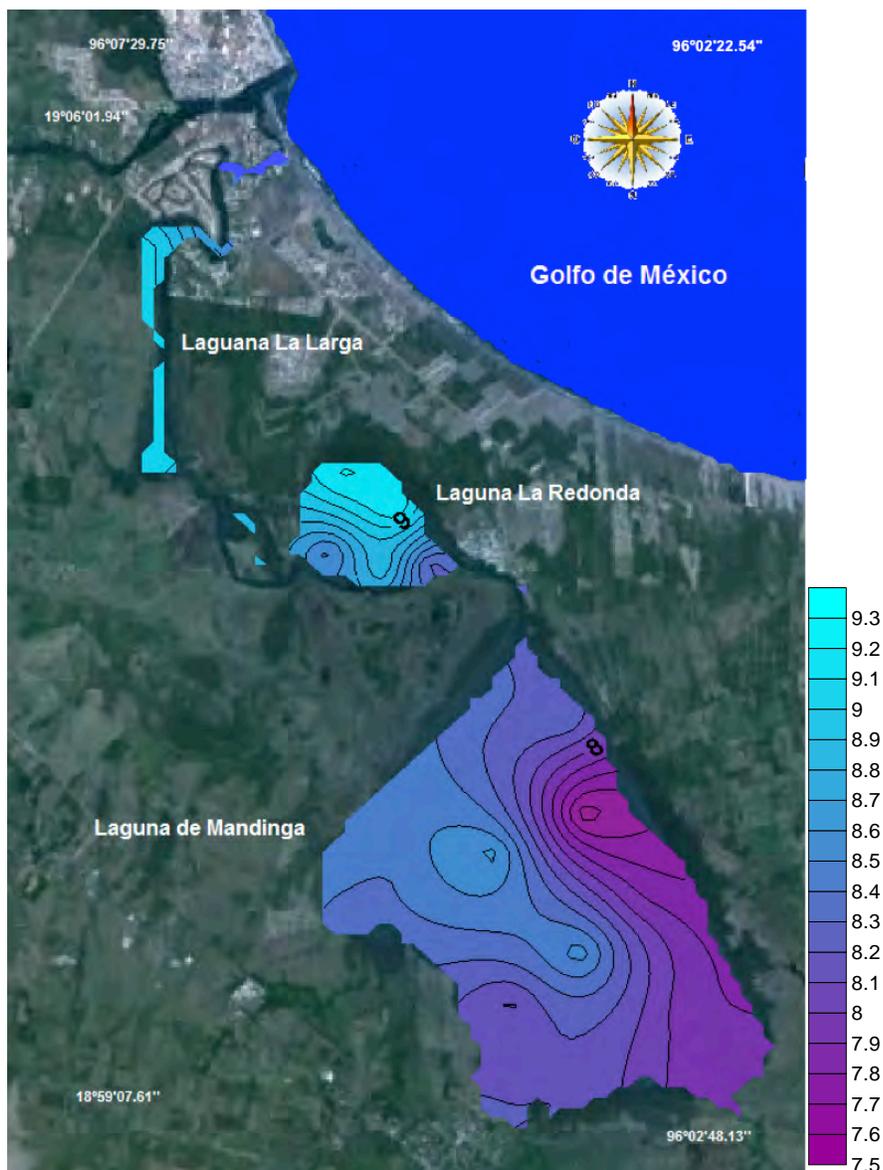
**Fig. 44. Oxígeno disuelto (mg/L) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.**

En la temporada de lluvias 2008 el oxígeno disuelto en el fondo registró una distribución muy heterogénea. El promedio fue de 7.58 mg/L con un máximo de 9.73 mg/L y un mínimo de 5.44 mg/L. Las parte norte y sur de la laguna La Redonda y la parte centro-sur, oeste y norte de la laguna de Mandinga mostraron los valores altos en la concentración de oxígeno, los valores intermedios se obtuvieron también en el el centro de la laguna de Mandinga, en la parte noroeste de La Redonda, la parte sur de La Larga y la parte final del Estero Conchal. Los valores más bajos estuvieron localizados por la parte sureste de la laguna de Mandinga y la parte norte de La Larga (Fig. 45).



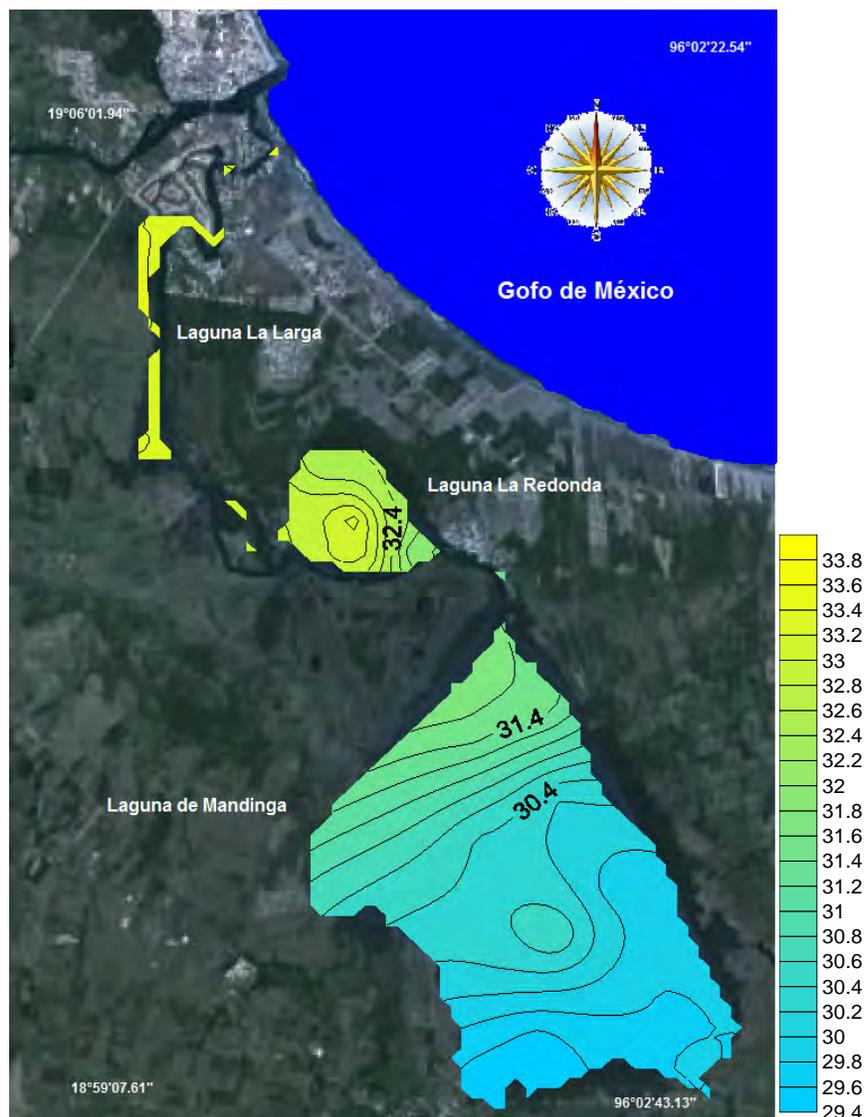
**Fig. 45. Oxígeno disuelto (mg/L) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.**

Para la temporada climática de secas 2009 se registró un promedio de 8.51 mg/L de oxígeno disuelto con un máximo de 9.21 mg/L y un mínimo de 7.54 mg/L observándose una distribución heterogénea. Las lagunas La Larga y La Redonda registraron el valor más alto de oxígeno disuelto, las de media concentración se localizaron en la parte norte-centro-sur de la laguna de Mandinga y en la parte final del Estero Conchal. Las concentraciones más bajas se localizaron en la parte este-sur de la laguna de Mandinga (Fig. 46).



**Fig. 46. Oxígeno disuelto (mg/L) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.**

En la temporada climática de secas 2008 se registró una salinidad superficial promedio de 31.79 ups con un máximo de 33.80 ups y un mínimo de 29.50 ups en la salinidad superficial. Los valores más altos en la salinidad estuvieron registrados desde la laguna La Redonda y La Larga hasta la desembocadura del SLM con el Golfo de México. La parte norte de la laguna de Mandinga y el Estero de Mandinga tuvieron los valores medios. Los valores más bajos en la salinidad superficial estuvieron registrados en el resto de la laguna de Mandinga (Fig. 47).



**Fig. 47. Salinidad (ups) de la superficie del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.**

La temporada climática de lluvias 2008 presentó un promedio de 15.35 ups con un máximo 23.00 ups y un mínimo de 10.50 ups en la salinidad superficial. Los valores más altos en la salinidad nuevamente estuvieron registrados en la laguna La Larga y el Estero Conchal. Los valores medios estuvieron registrados en la laguna La Redonda y en el Estero Horcones. En laguna de Mandinga nuevamente se registraron los valores mas bajos en la salinidad superficial (Fig. 48).

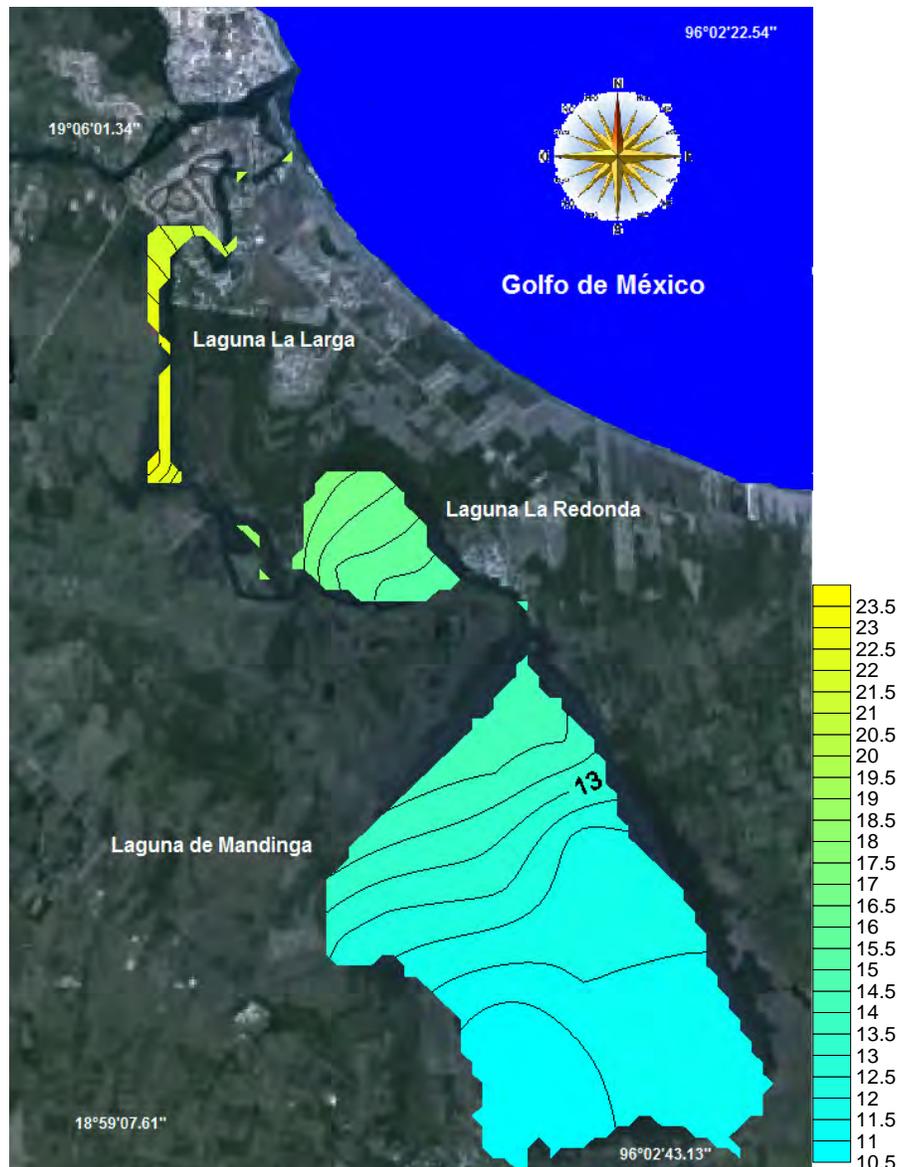


Fig. 48. Salinidad (ups) de la superficie del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

La salinidad superficial en la temporada climática de secas 2009 presentó un promedio de 27.86 ups con un máximo 34.60 ups y un mínimo 13.90 ups. El Estero Conchal y la parte norte de la laguna La Larga registraron los valores altos; los valores medios practicamente estuvieron registrados en el resto del SLM y los valores más bajos solo estuvieron en un punto al oeste de la laguna de Mandinga (Fig. 49).

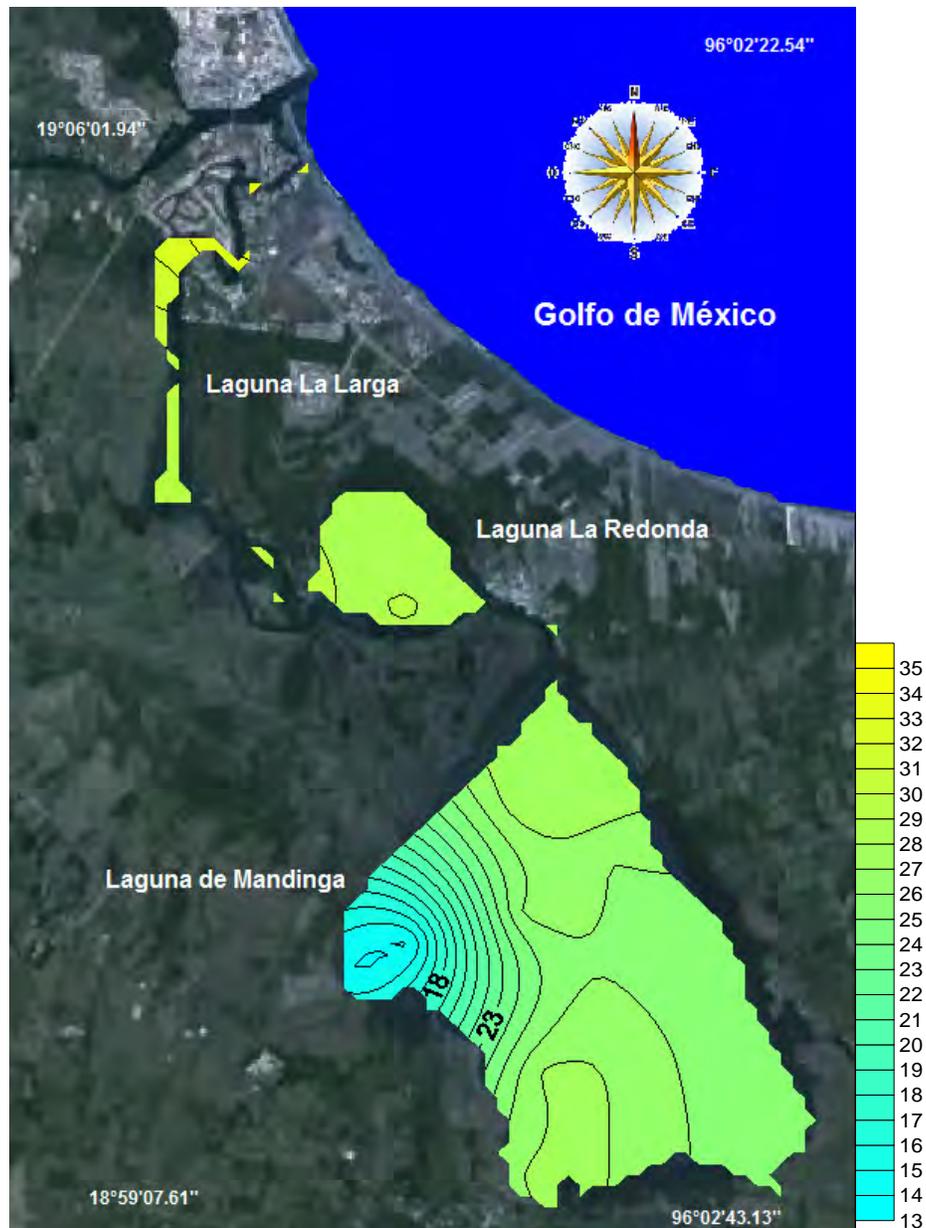


Fig. 49. Salinidad (ups) de la superficie del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

La salinidad del fondo en la temporada climática de secas 2008 tuvo un promedio de 31.41 ups con un máximo de 33.90 ups y un mínimo de 26.50 ups. Los valores altos en la salinidad estuvieron localizados en el oeste de la laguna La Redonda, la laguna La Larga y los esteros El Conchal y Horcones. Los valores medios se registraron prácticamente en el resto del SLM. Se registró un punto con los valores más bajos localizado en el noreste de la laguna La Redonda (Fig. 50).

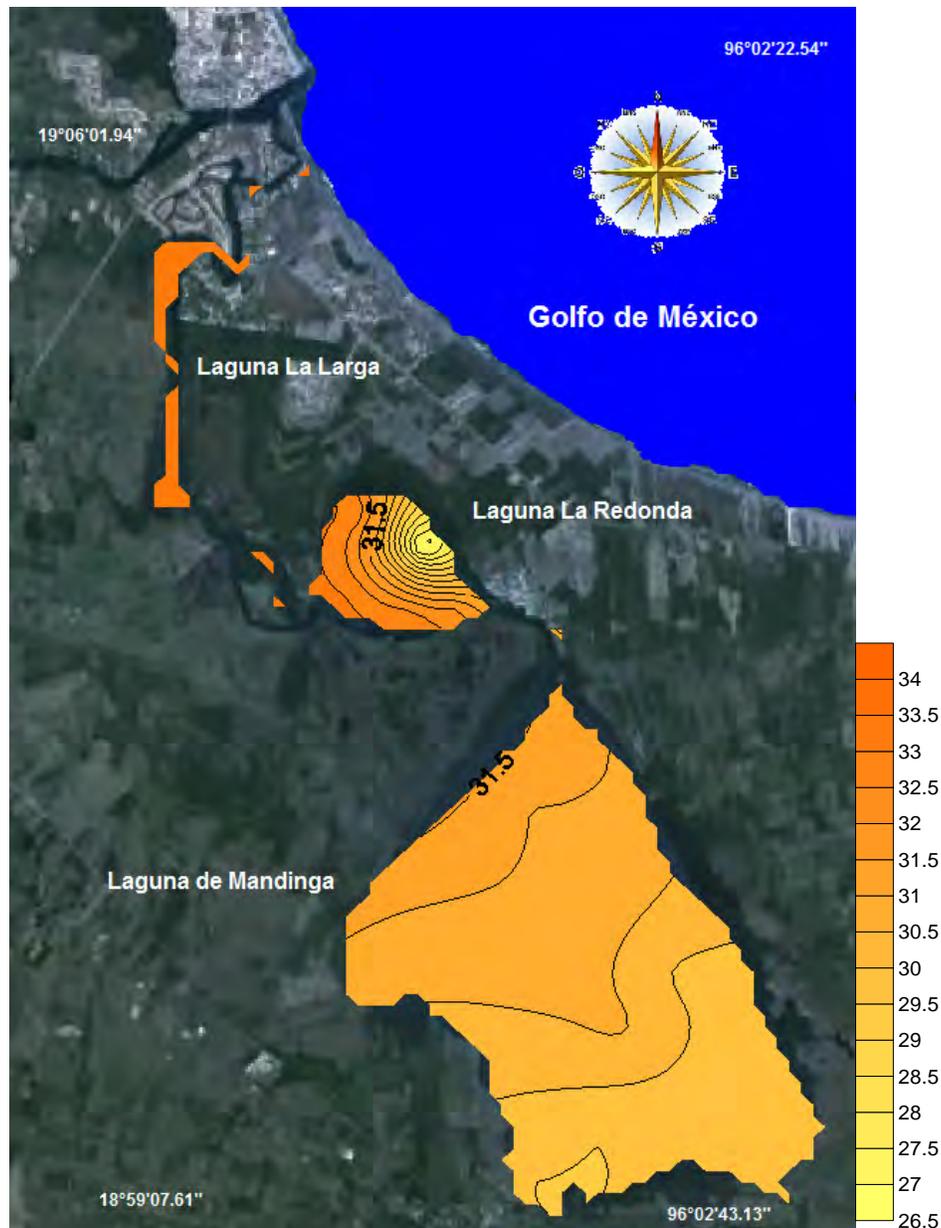
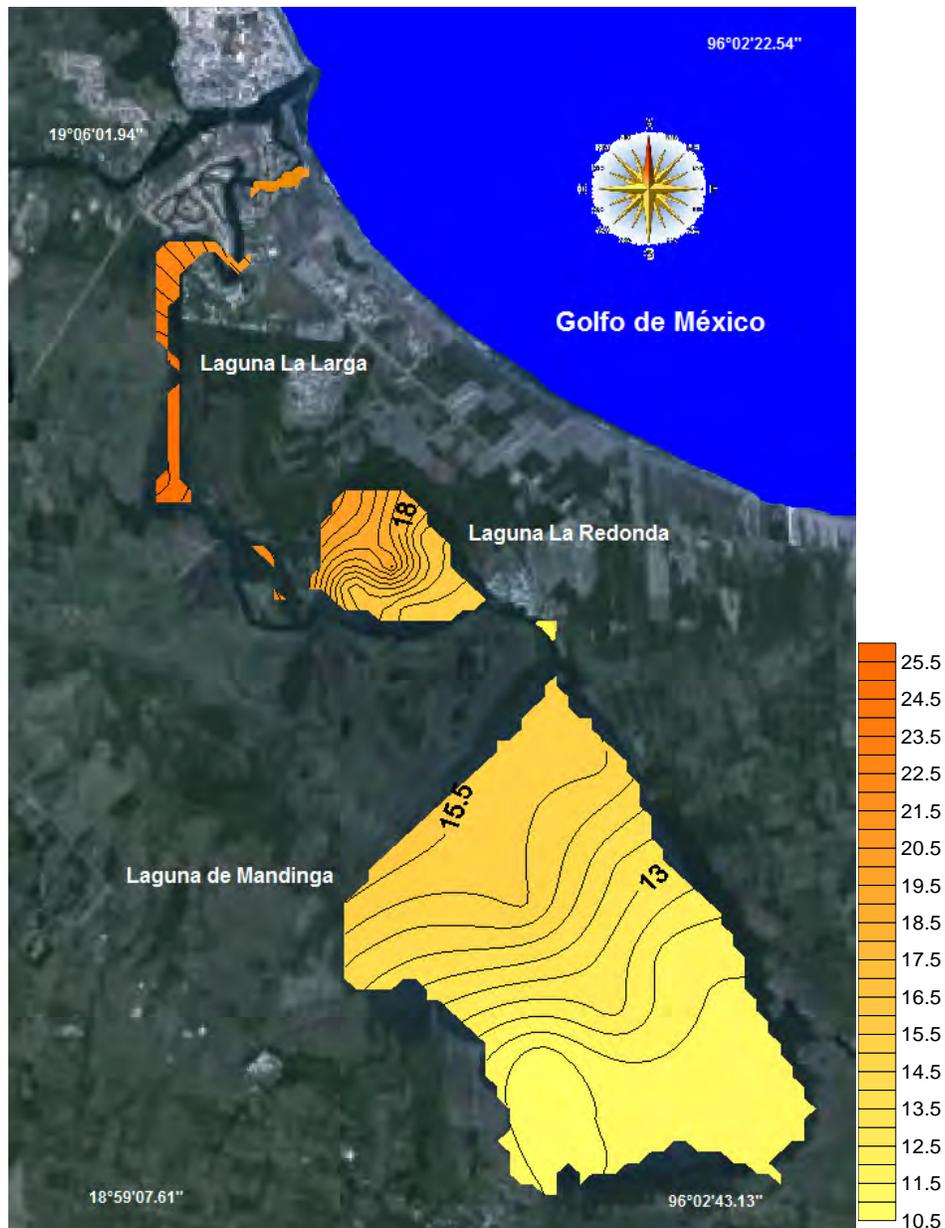


Fig. 50. Salinidad (ups) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

En la temporada climática de lluvias se registró una salinidad de fondo promedio de 16.40 ups con un máximo 25.00 ups y un mínimo de 10.50 ups. Los Esteros Conchal y Horcones, además de la laguna La Larga, registraron los valores más altos en la salinidad del fondo. Los valores medios estuvieron registrados en la laguna La Redonda en la mitad oeste y los valores bajos en la mitad este de esta misma laguna y en el Estero de Mandinga y toda la laguna de Mandinga (Fig. 51).



**Fig. 51. Salinidad (ups) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.**

Para la temporada climática de secas 2009 el promedio obtenido en la salinidad del fondo fue de 28.67 ups con un máximo de 34.80 ups y un mínimo de 25.20 ups, teniendo que las zonas donde se registraron los valores más altos fueron la parte norte de la laguna La Larga y el Estero Conchal; las zonas con valores intermedios se registraron en lo que restó de la laguna La Larga, en el Estero Horcones y la laguna La Redonda. Las zonas con valores más bajos de salinidad estuvieron registradas en esta temporada climática en la laguna de Mandinga (Fig. 52).

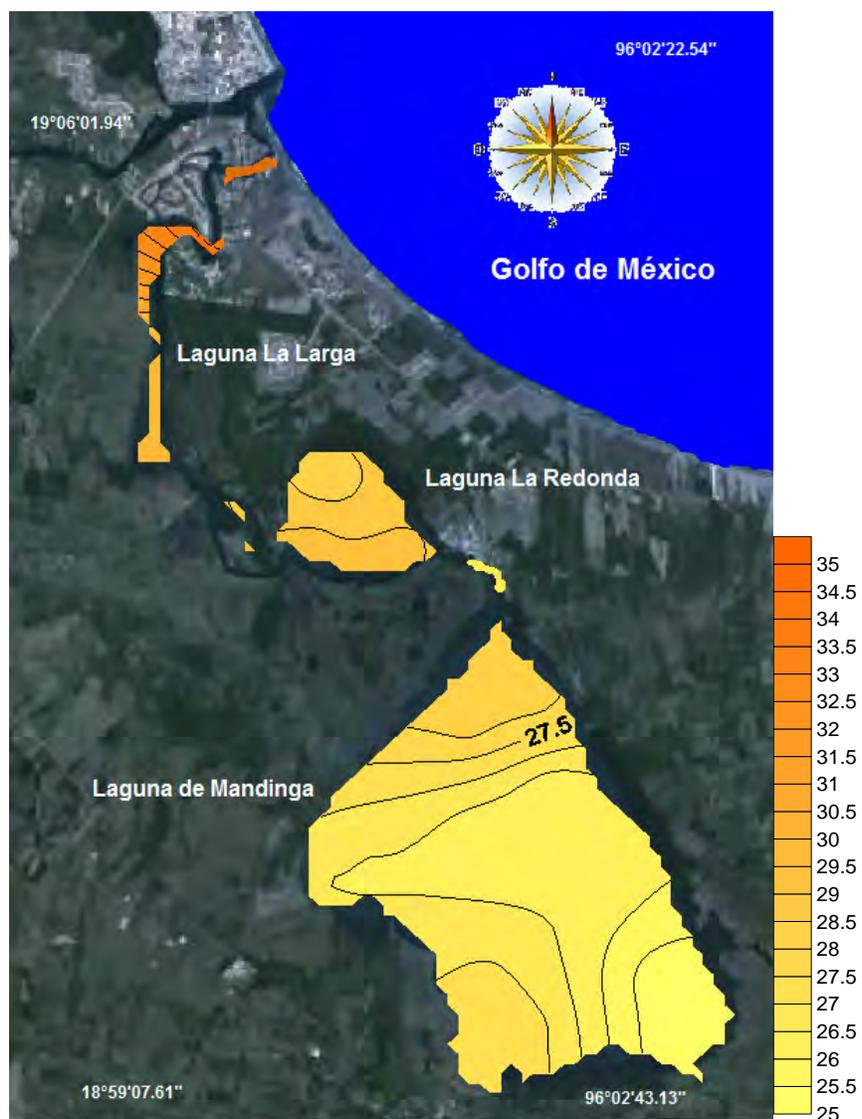
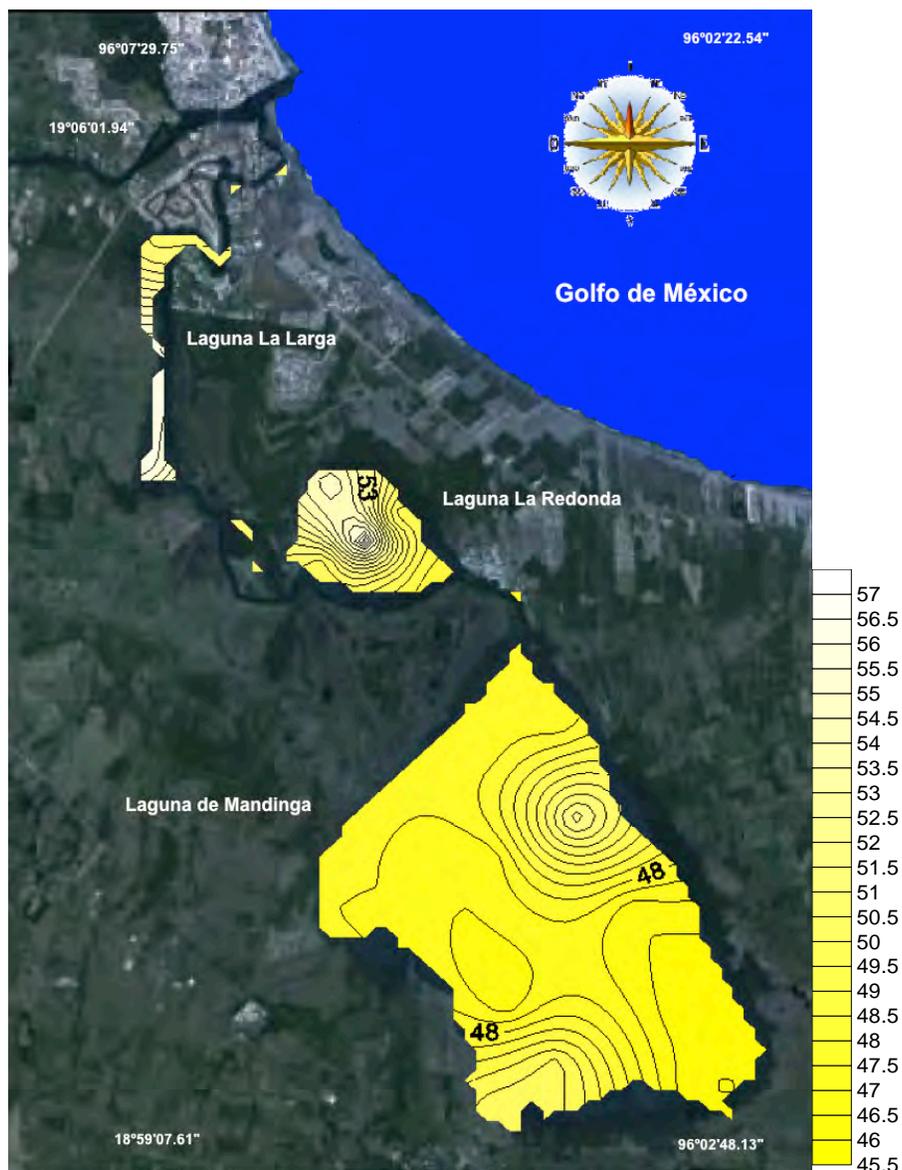


Fig. 52. Salinidad (ups) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

Para la temporada climática de secas 2008 se registró una conductividad superficial promedio de 50.15 mS/cm con un máximo de 56.90 mS/cm y un mínimo de 46.10 mS/cm. Las zonas donde se registraron los valores más altos fueron el centro y norte de la laguna La Redonda y el sur de la laguna La Larga. Los valores intermedios estuvieron localizados en el resto de las lagunas La Larga y La Redonda. De manera general las zonas con el valor más bajo se registraron en la laguna de Mandinga (Fig. 53).



**Fig. 53. Conductividad (mS/cm) superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.**

En la temporada climática de lluvias 2008 se registró un promedio en la conductividad de la superficie del SLM de 25.48 mS/cm con un máximo de 36.60 mS/cm y un mínimo de 17.92 mS/cm. Las zonas con el valor más alto estuvieron localizadas en toda la laguna La Larga y hasta la desembocadura con el mar. Las zonas con valor intermedio de manera general estuvieron situadas en toda la laguna La Redonda. Las zonas donde se registraron los valores más altos nuevamente estuvieron localizados en la laguna de Mandinga (Fig. 54).

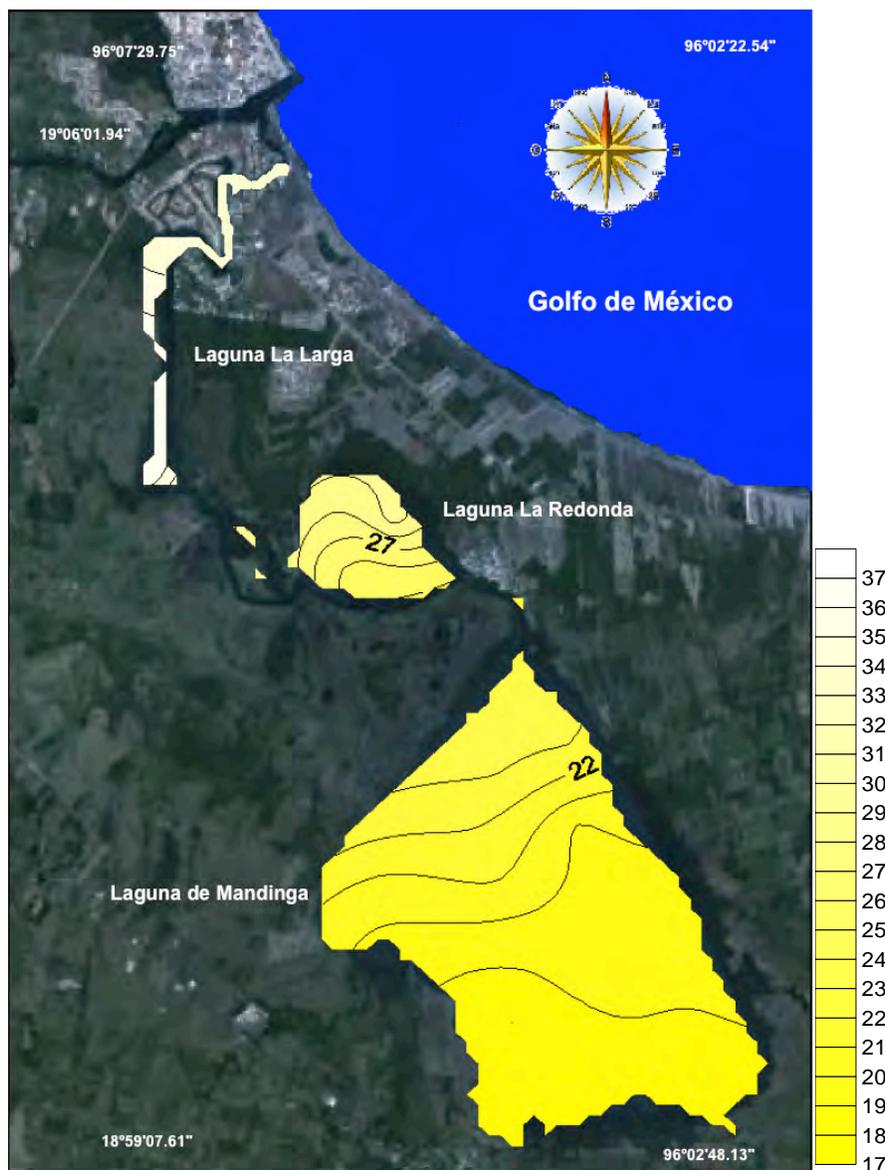


Fig. 54. Conductividad (mS/cm) superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

En la temporada climática de secas 2009 se registró un promedio en la conductividad de la superficie del agua del SLM de 44.69 mS/cm con un máximo de 52.50 y un mínimo de 39.93 mS/cm. Las zonas con valores más altos estuvieron localizados en la desembocadura del SLM con el Golfo de México, los valores medios en la laguna La Larga y los valores bajos en el resto del SLM (Fig. 55).

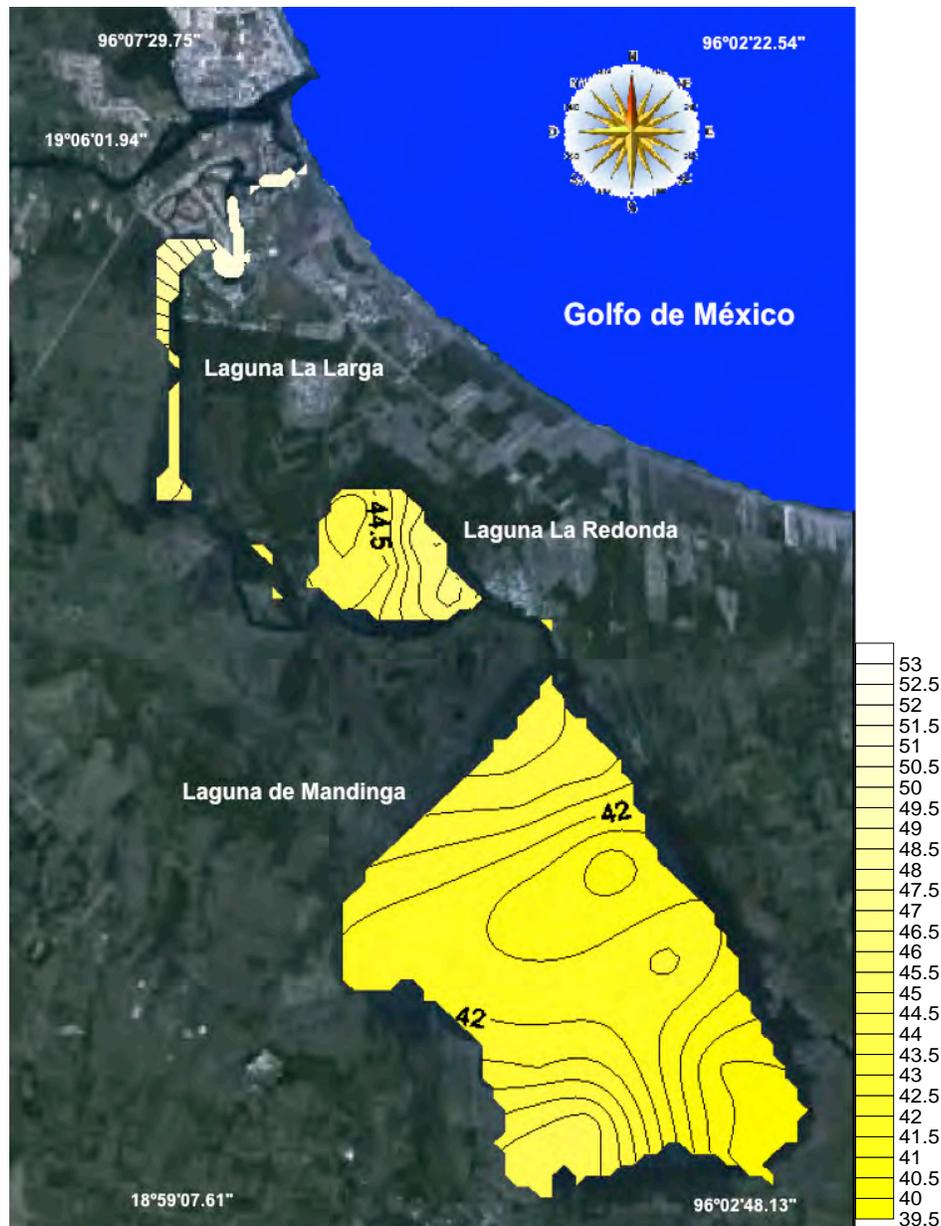


Fig. 55. Conductividad (mS/cm) superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

La conductividad del fondo del SLM para la temporada de secas 2008 registró un promedio de 49.65 mS/cm con un máximo de 55.20 mS/cm y un mínimo de 45.70 mS/cm. Los valores altos estuvieron registrados al norte de la laguna La Larga y hasta la desembocadura con el mar, al sur de la laguna La Redonda y al oeste de la laguna de Mandinga, los valores medios al sur de la laguna La Larga y los valores altos en el resto del SLM (Fig. 56).

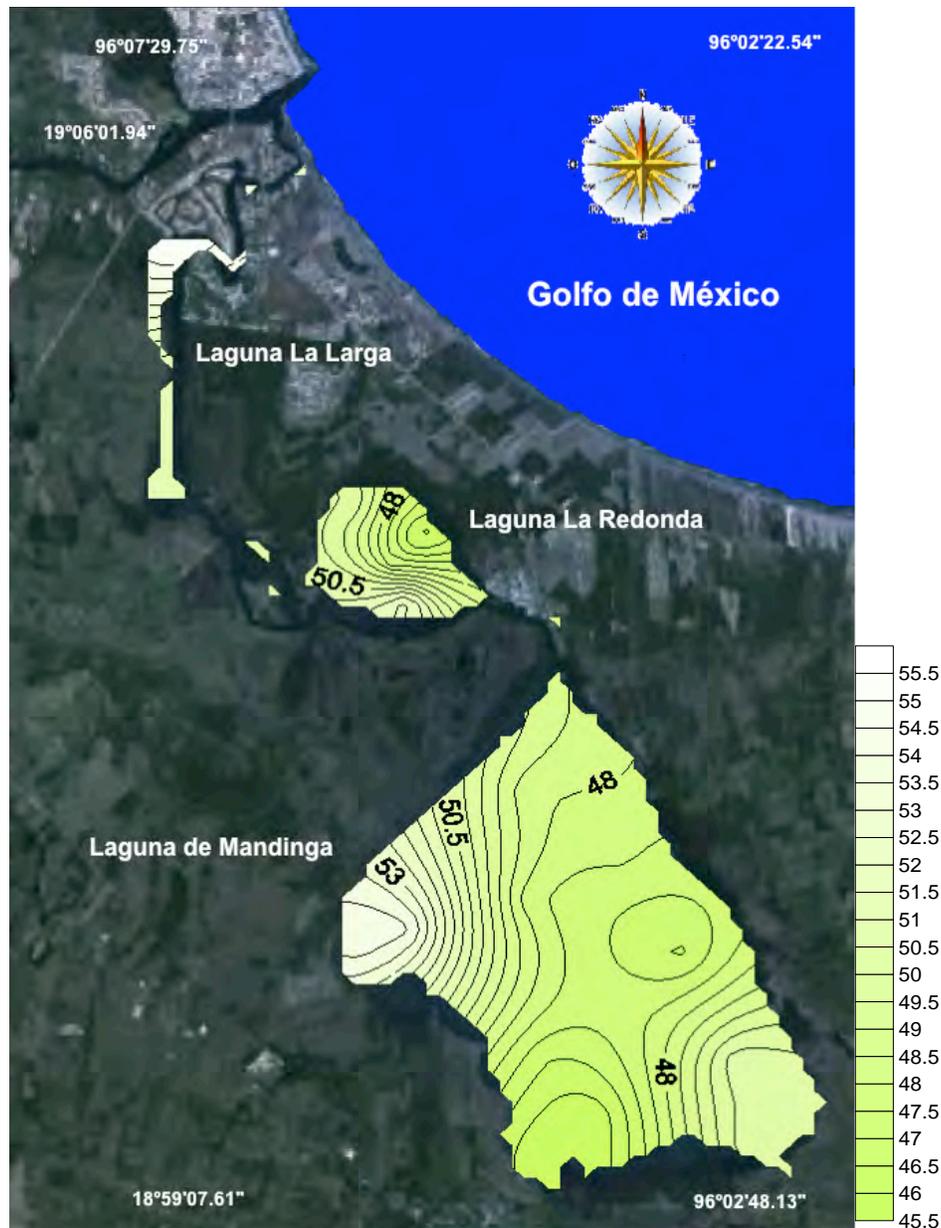


Fig. 56. Conductividad (mS/cm) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

Para la temporada de lluvias 2008 el promedio de la conductividad del fondo para el SLM fue de 25.48 mS/cm con un máximo de 36.60 mS/cm y un mínimo de 17.92 mS/cm. Los registros con mayor valor estuvieron hacia la laguna La Larga y hacia la desembocadura al mar, los valores medios estuvieron localizados hacia la laguna La Redonda y la parte norte de la laguna de Mandinga y los valores más bajos se registraron en el resto de la laguna de Mandinga (Fig. 57).

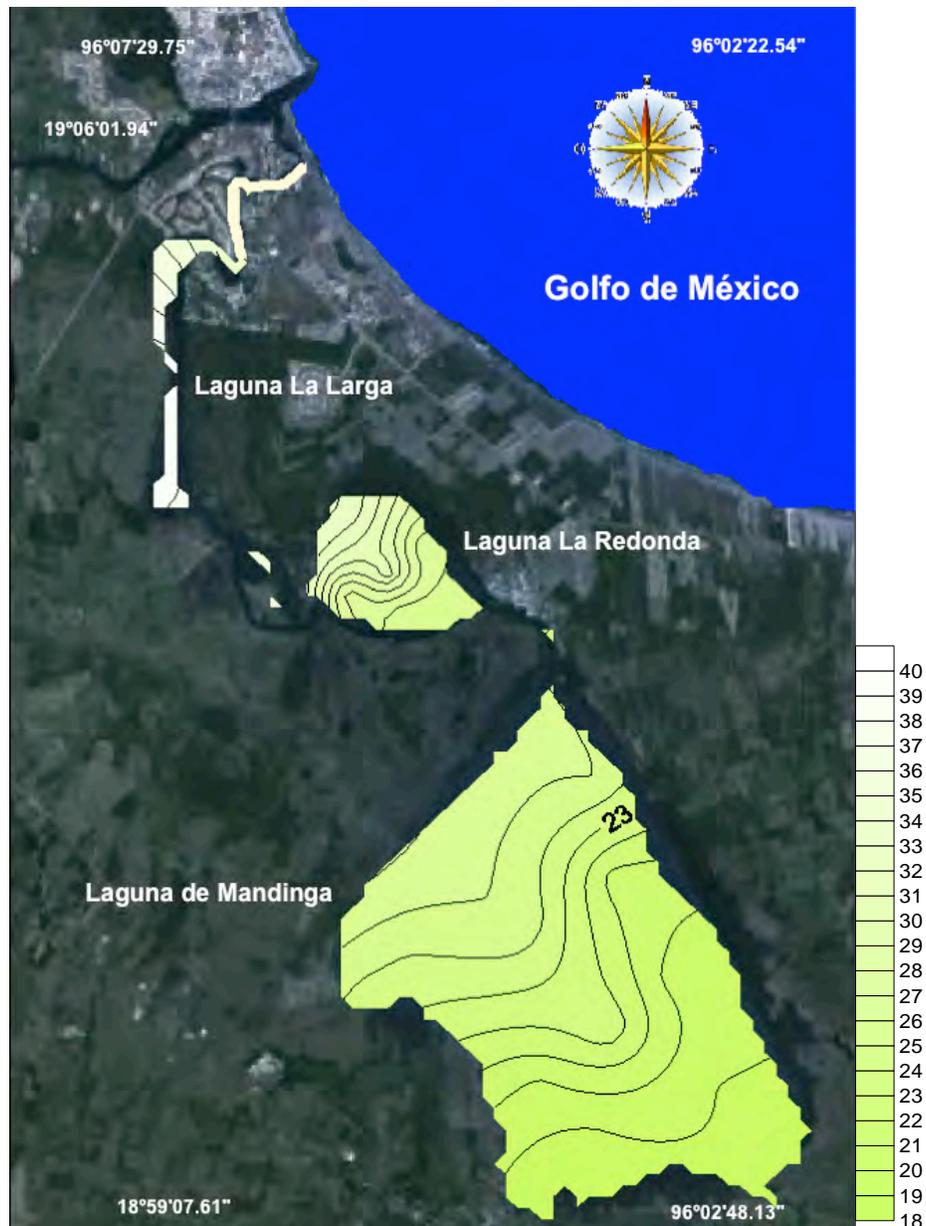


Fig. 57. Conductividad (mS/cm) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

En la temporada de secas 2009 se presentó un promedio en la conductividad del fondo de 44.92 mS/cm registrándose un máximo de 52.90 y un mínimo de 40.42 mS/cm. Para esta temporada nuevamente los valores más altos en lo general se ubicaron en la laguna La Larga y en el Estero Conchal, los valores intermedios se registraron en la laguna La Redonda y al norte de la laguna de Mandinga. Nuevamente los registros con valores más bajos se localizaron en el resto de la laguna de Mandinga (Fig. 58).

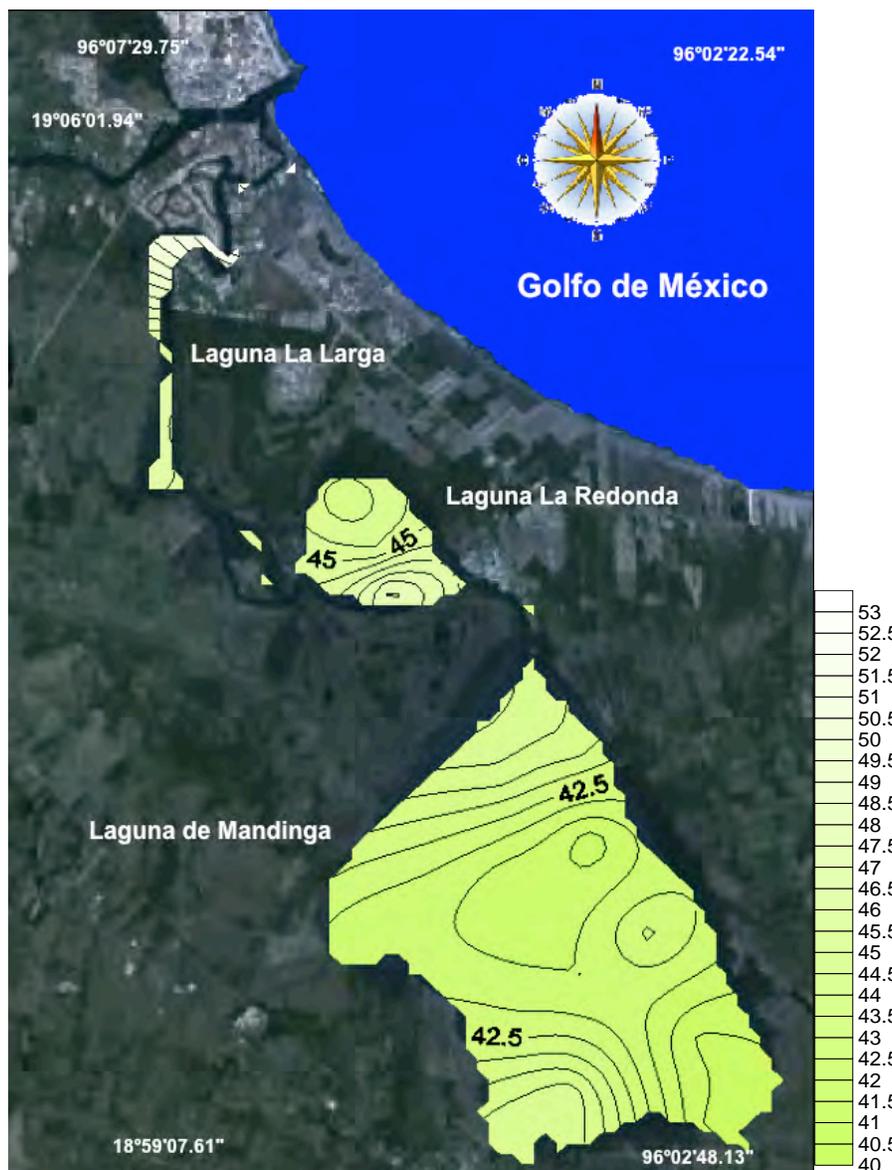


Fig. 58. Conductividad (mS/cm) del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

Para la temporada climática de secas 2008 se registró un promedio en el pH de la superficie de 7.99 con un máximo de 8.40 y un mínimo de 7.40, registrándose los valores más bajos en el Estero Conchal. Los valores medios se distribuyeron en las lagunas La Redonda y La Larga y en suroeste de la laguna de Mandinga. Los valores más altos estuvieron localizados en el resto de la laguna de Mandinga (Fig. 59).

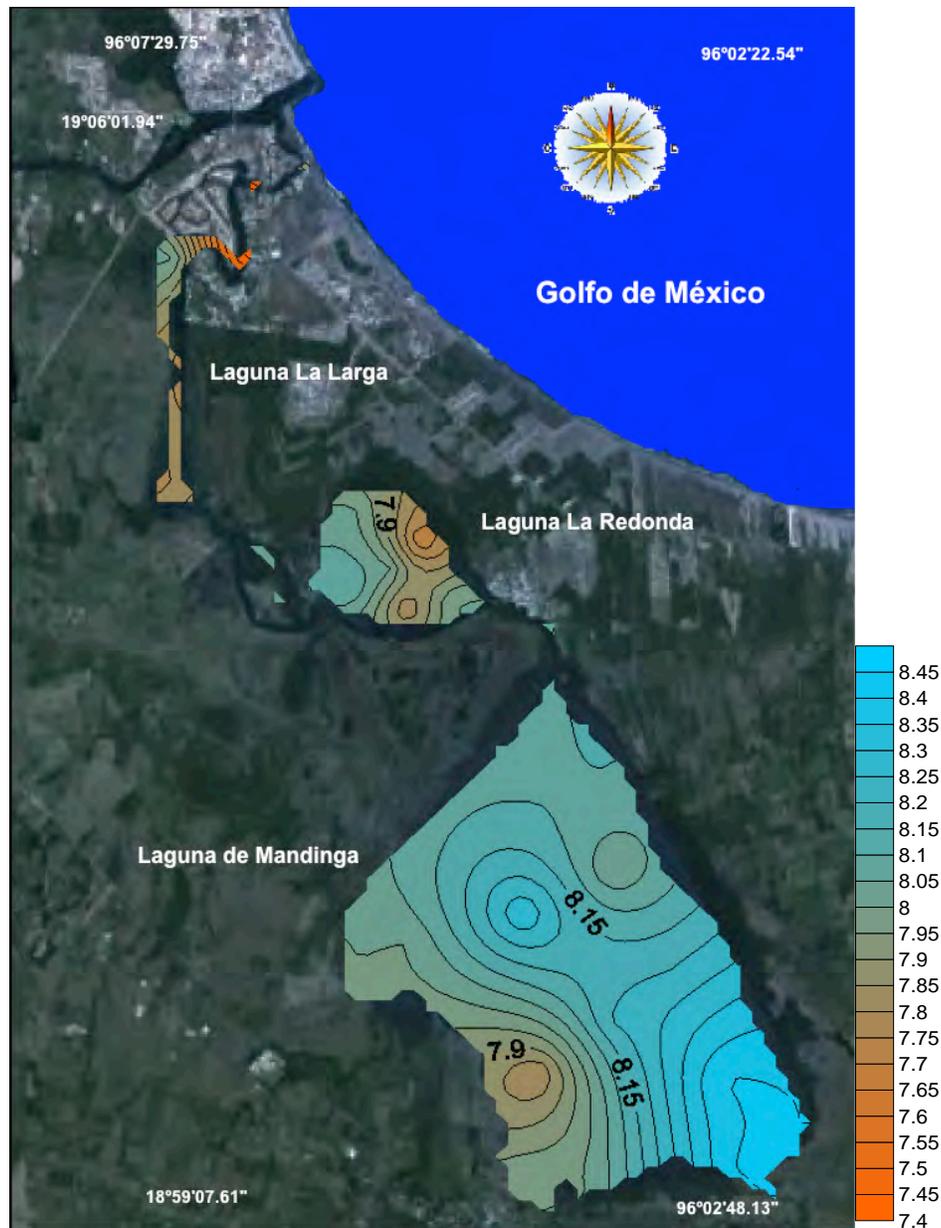


Fig. 59. pH superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

En la temporada climática de lluvias 2008 la distribución del pH en la superficie fue muy heterogénea presentándose un promedio de 7.49 con un máximo de 8.50 y un mínimo de 7.00. La parte sur de la laguna de Mandinga registró los valores más altos de pH, los valores intermedios se registraron en el norte de la laguna La Larga. Los valores más bajos estuvieron representados por la parte norte de la laguna de Mandinga, la laguna La Redonda y el resto de La Larga y el Estero Conchal (Fig. 60).

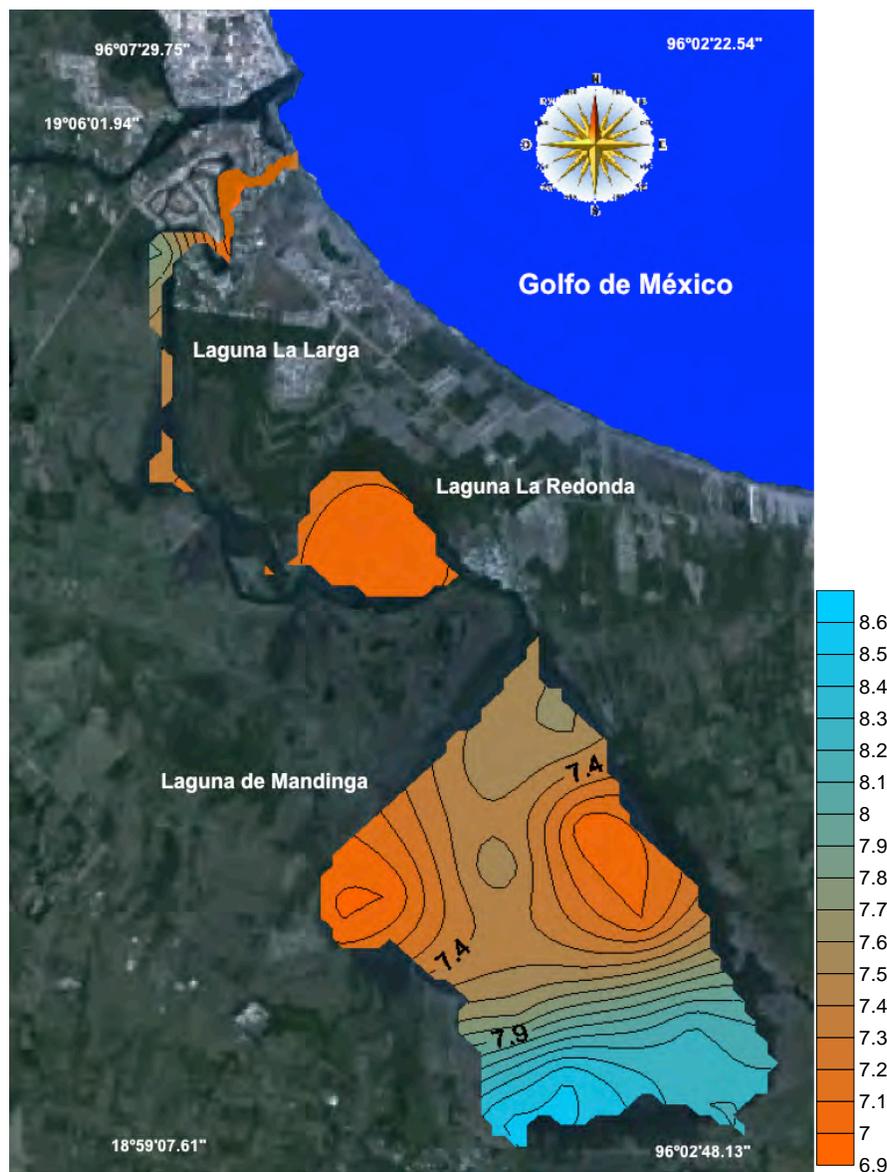


Fig. 60. pH superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

Para la temporada climática de secas 2009 se registró un promedio en el pH de la superficie de 8.14 con un máximo de 8.50 y un mínimo de 7.80. La zona que presentaron un mayor valor en el pH superficial se localizaron en el suroeste de la laguna de Mandinga. Las zonas que presentaron un pH medio fueron la parte central y sureste de la laguna de Mandinga, el sur de la laguna La Redona, el Estero Horcones, la laguna La Larga y el Estero Conchal. Las zonas de menor pH en esta temporada climática se localizaron en el norte de la laguna de Mandinga y en el norte de la laguna La Redonda (Fig. 61).

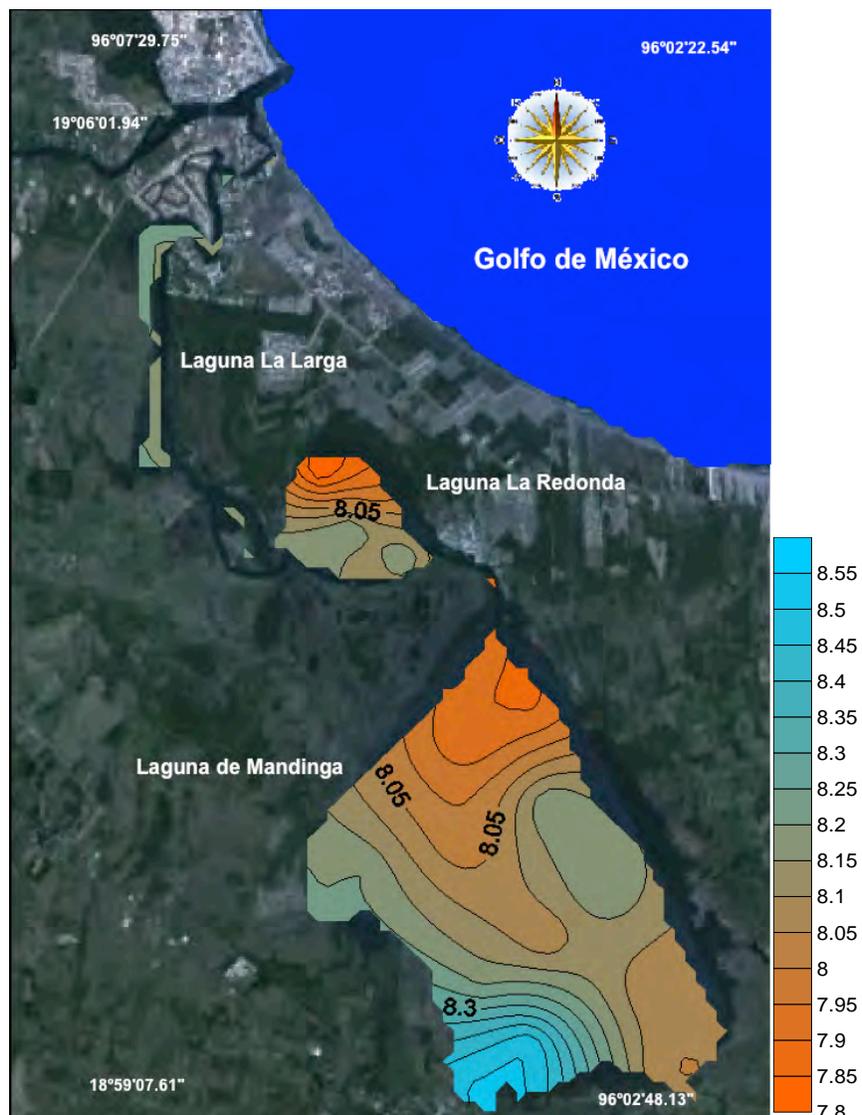


Fig. 61. pH superficial del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

En la temporada climática de lluvias 2008 se obtuvo un promedio en el pH del fondo de 7.47 con un máximo de 8.60 y un mínimo de 6.40. Las zonas con mayor valor de pH fueron el norte y sureste de la laguna de Mandinga. Las zonas que presentaron valores medios fueron la laguna La Redonda y la parte centro de la laguna de Mandinga. Las regiones con baja concentración de pH fueron la laguna La Larga y el oeste y noreste de la laguna de Mandinga (Fig. 62).

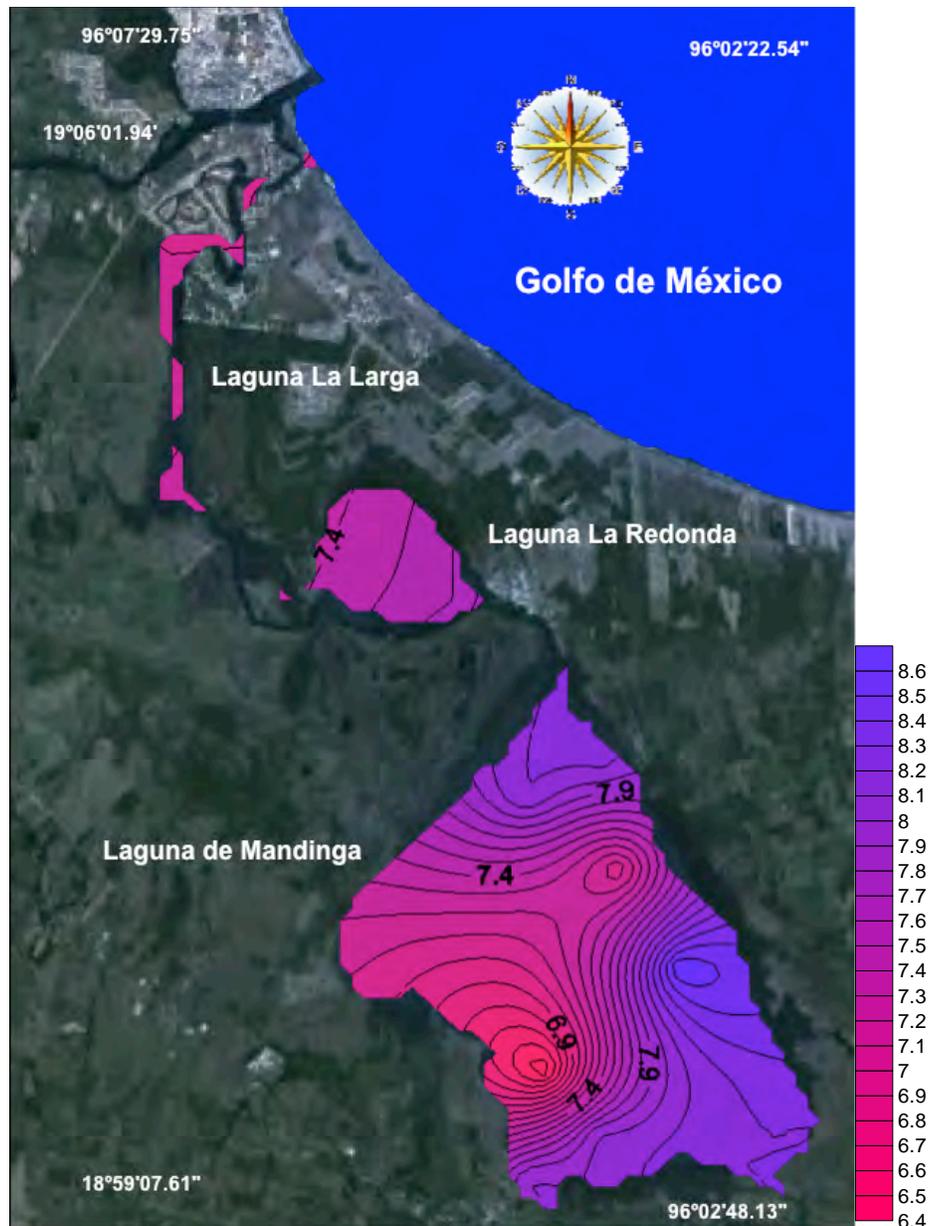


Fig. 62. pH del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

Durante la temporada de secas 2009, el promedio en el pH del fondo fue de 8.08 con un máximo de 8.20 y un mínimo de 7.80. Las zonas con mayor valor se registraron en la laguna La Larga, en el norte de la laguna de Mandinga, el este de la laguna La Redonda y en el Estero de Mandinga. Las de media profundidad se registraron al oeste de la laguna La Redonda y en la parte sur y centro de la laguna de Mandinga. En todo lo que resta del SLM se observan valores menores (Fig. 63).

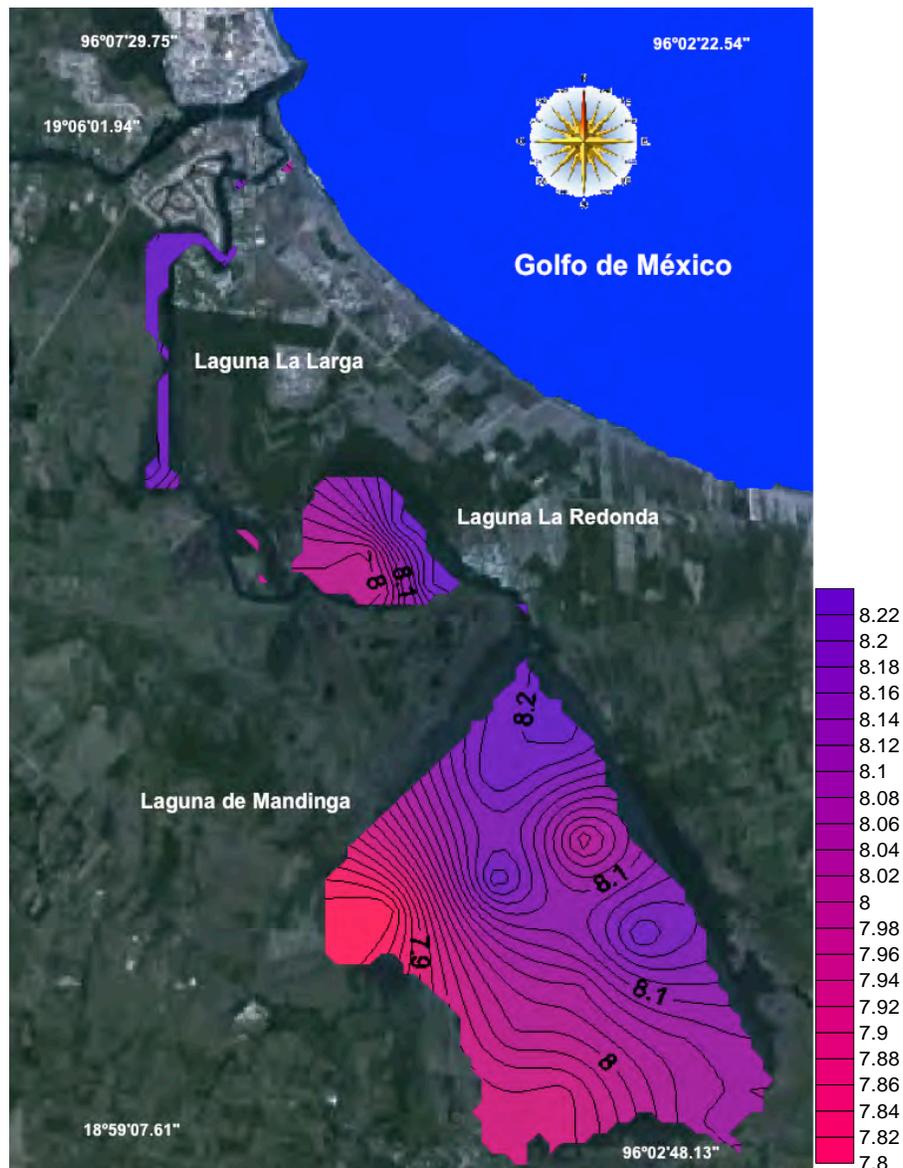


Fig. 63. pH del fondo del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

La textura de los sedimentos en la temporada climática de secas 2008 estuvo mejor representada en la mayoría de las estaciones por areno-gravosas-lodosas y por arena-lodosa.

La laguna de Mandinga, en general, presentó texturas areno-gravosas-lodosas incluyendo, también el sur de La Larga. En La laguna La Redonda se registraron una gran diversidad de texturas representadas por las estaciones 10-15. El Estero Horcones presentó texturas areno-lodosas al igual que la desembocadura del sistema. El norte de la laguna La Larga y el Estero Conchal presentaron lodo-arenoso con huellas de grava (Fig. 64).

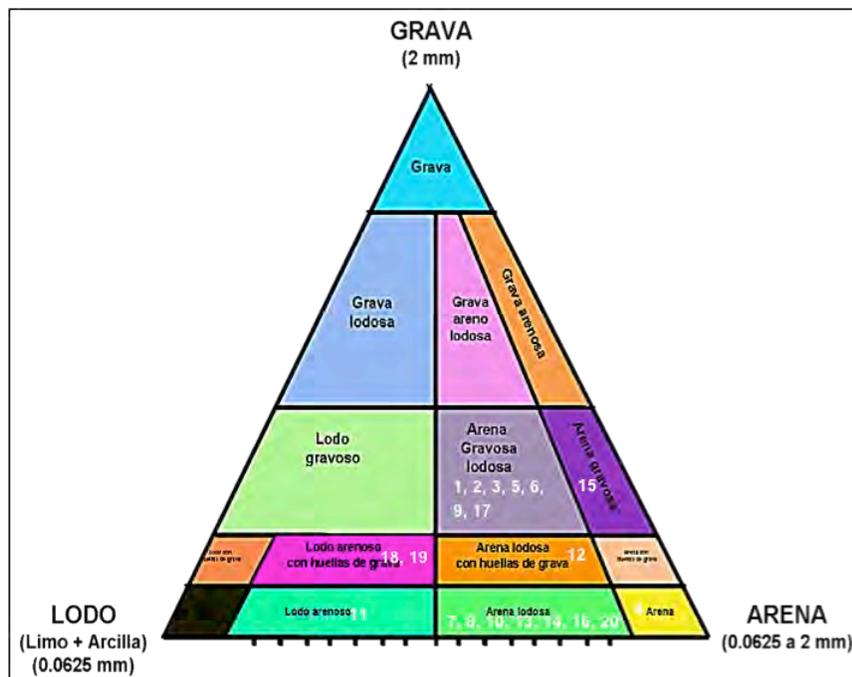


Fig. 64. Textura de los sedimentos en las estaciones muestreadas durante la temporada climática de secas 2008.

La textura de los sedimentos para la temporada climática de lluvias 2008 estuvo mejor representada por arena-gravosa-lodosa y por arena-lodosa con huellas de grava.

La parte sureste de la laguna de Mandinga presentó texturas del tipo arena-gravosa-lodosa, la parte centro, norte y suroeste presentaron arena-lodosa con huellas de grava y el este arena-lodosa.

Nuevamente en esta temporada climática la laguna La Redonda presentó una gran diversidad de textura representadas por las estaciones 10-15. El Estero horcones presentó arenas-lodosas junto con el norte de la laguna La Larga. El sur de ésta y el Estero Conchal presentaron arenas-lodosas con huellas de grava. En la desembocadura se registraron arenas (Fig. 65).

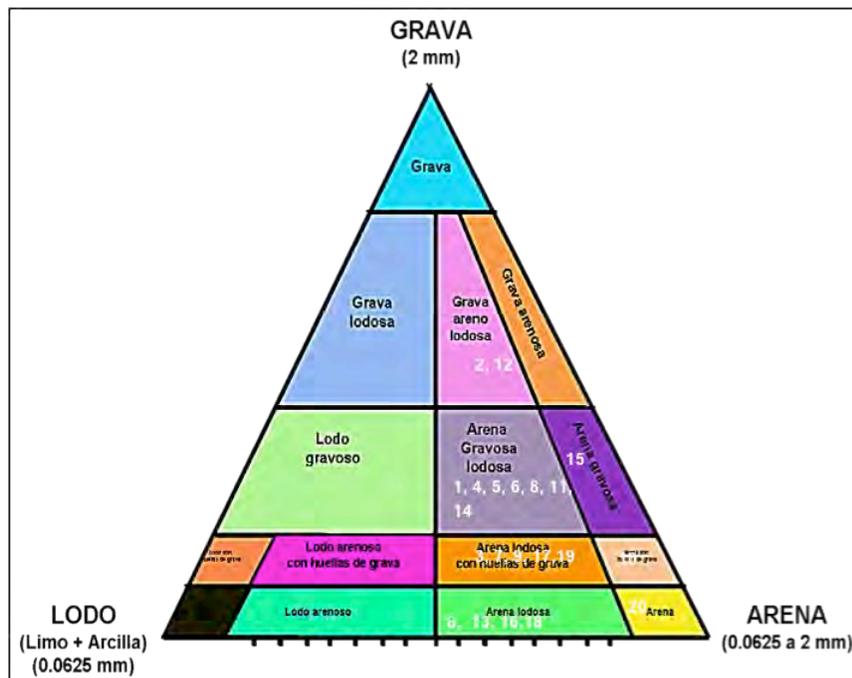
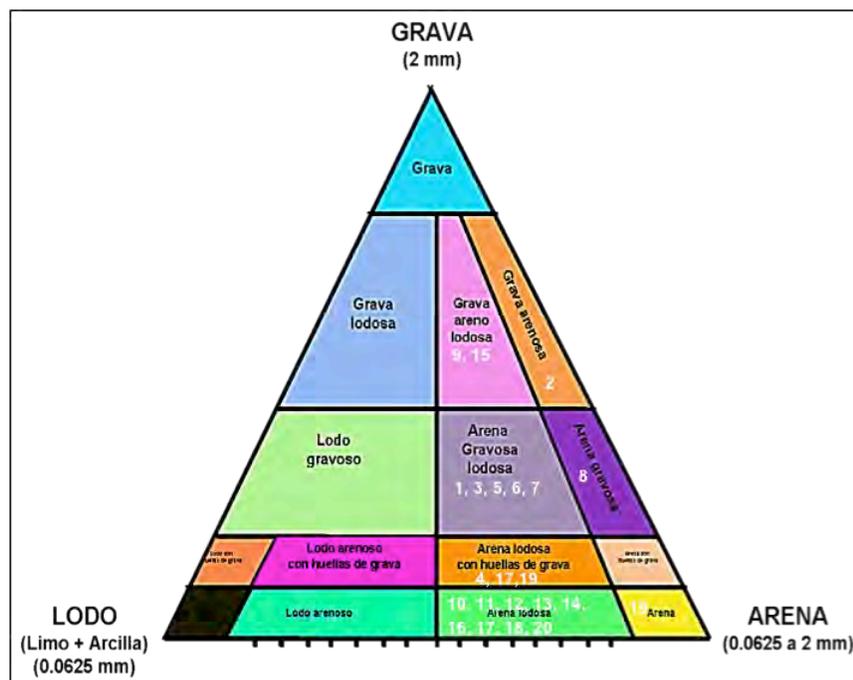


Fig. 65. Textura de los sedimentos en las estaciones muestreadas durante la temporada climática de lluvias 2008.

La textura de los sedimentos para la temporada climática de secas 2009 estuvo mejor representada por arenas-gavosas-lodosas y por arenas-lodosas.

En la laguna de Mandinga, en esta temporada climática, se registraron gran diversidad de texturas representadas por las estaciones 1-9. En esta ocasión la laguna La Redonda fue muy homogénea, registrándose texturas areno-lodosas incluyendo El Estero Horcones, la laguna La Larga y la desembocadura; solo al suroeste hubo grava-areno-lodosa. En el Estero Conchal se registraron arenas-lodosas con huellas de grava (Fig. 66).



**Fig. 66. Textura de los sedimentos en las estaciones muestreadas durante la temporada climática de secas 2009.**

En secas 2008 las gravas presentaron un promedio de 6.38% con un máximo de 22% y un mínimo de 1%. La región donde se registró en mayor y mediana cantidad fue el sur y el este de la laguna de Mandinga, los valores bajos estuvieron localizados en la laguna La Larga. Las regiones donde no se presentaron gravas estuvieron localizados al este de la laguna de Mandinga y en la laguna La Redonda (Fig. 67).

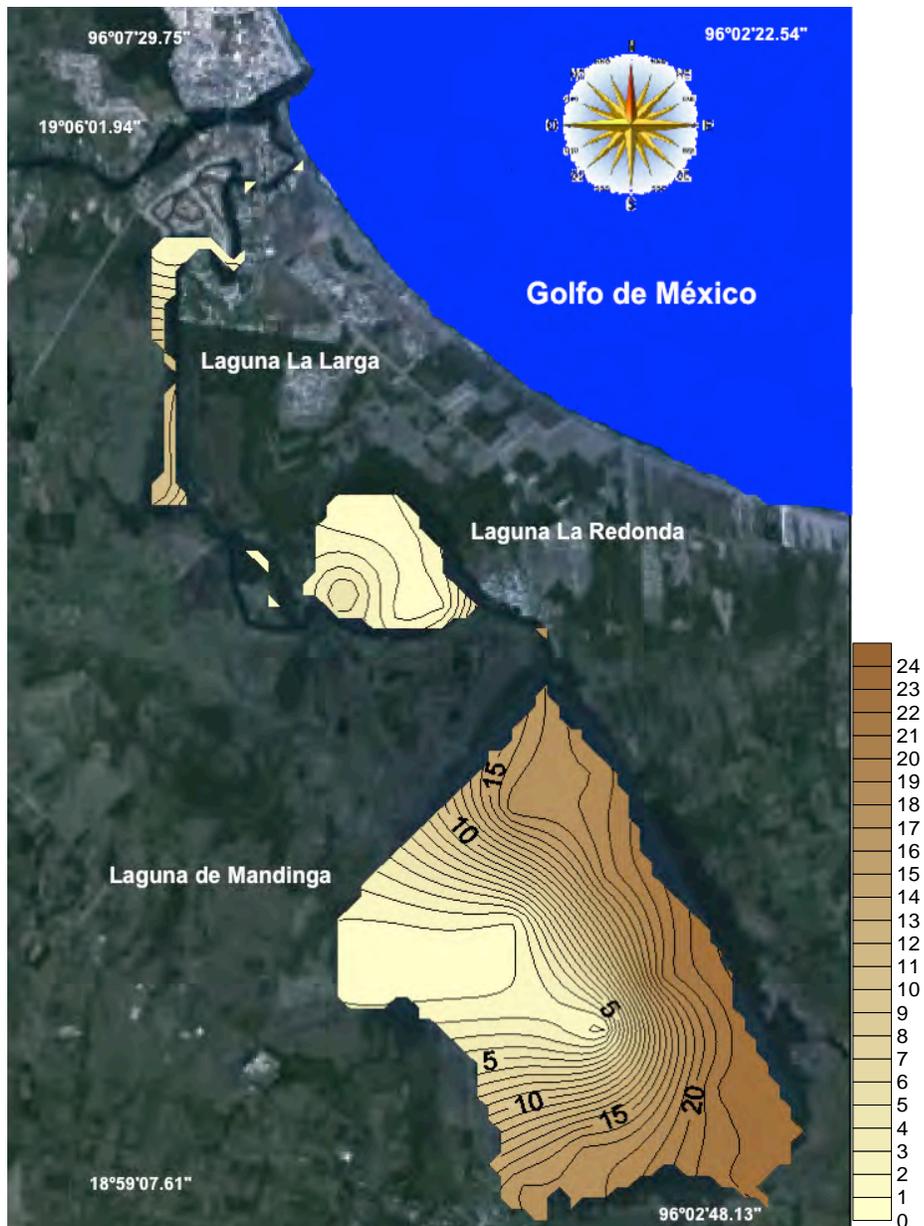


Fig. 67. Sedimentos-Gravas (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

Para la temporada climática de lluvias 2008 las gravas se presentaron en un promedio de 8.20% con un máximo de 30.57% y un mínimo de 1%. Las zonas que presentaron valores altos y medios en gravas fueron el sur y el este de la laguna de Mandinga, los valores bajos se localizaron al este de la laguna de Mandinga y al sur de la laguna La Redonda. Las regiones en donde hubo ausencia de gravas estuvo en el resto del SLM (Fig. 68).

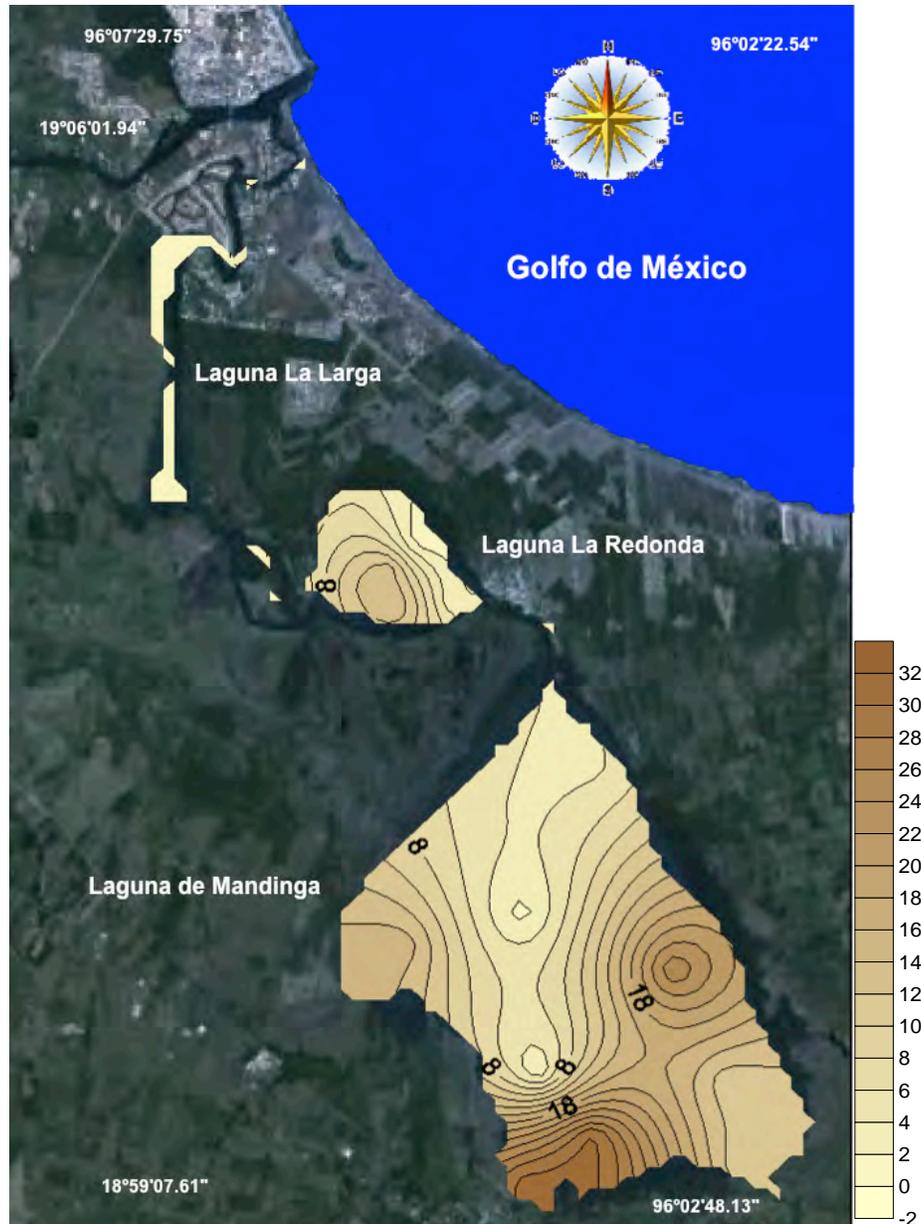


Fig. 68. Sedimentos-Gravas (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

Para la temporada climática de secas 2009 las gravas se presentaron en un promedio de 13.31% con un máximo de 73.53% y un mínimo de 1%. La zona que presentaron valores altos y medios en gravas fue la laguna de Mandinga excepto el centro y los valores bajos estuvieron localizados en el centro de la laguna de Mandinga y al sur de la laguna La Redonda. La ausencia de gravas se presentó en el resto del SLM (Fig. 69).

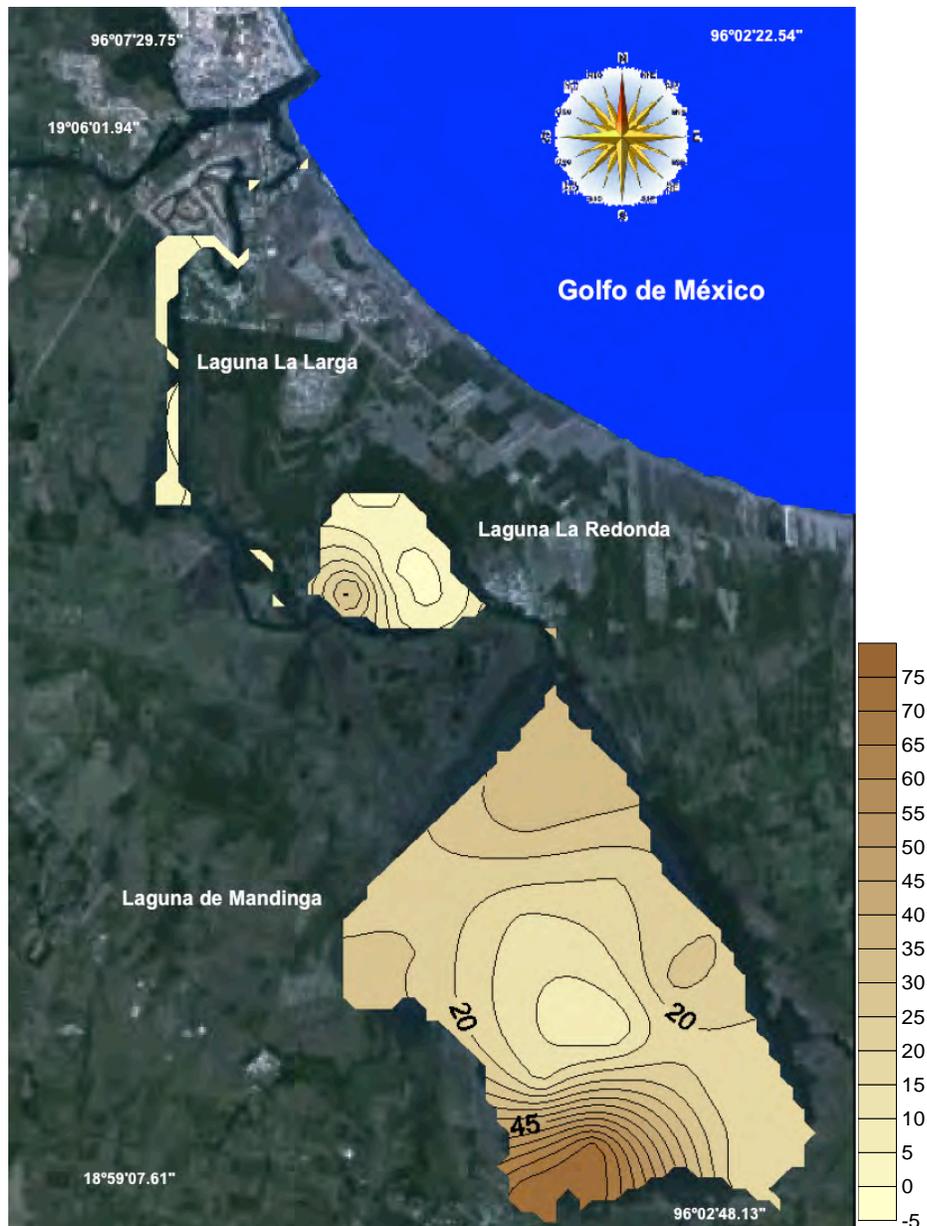


Fig. 69. Sedimentos-Gravas (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

Las arenas en la temporada climática de secas 2008 registraron un promedio de 61.39% con un máximo de 83.09% y un mínimo de 42.29%. Los valores altos estuvieron registrados en el oeste de la laguna La Redonda, los medios practicamente en todo el SLM y los valores bajos estuvieron en el sur y el este de la laguna de Mandinga en el sur de La Redonda y en el norte de La Larga (Fig. 70).

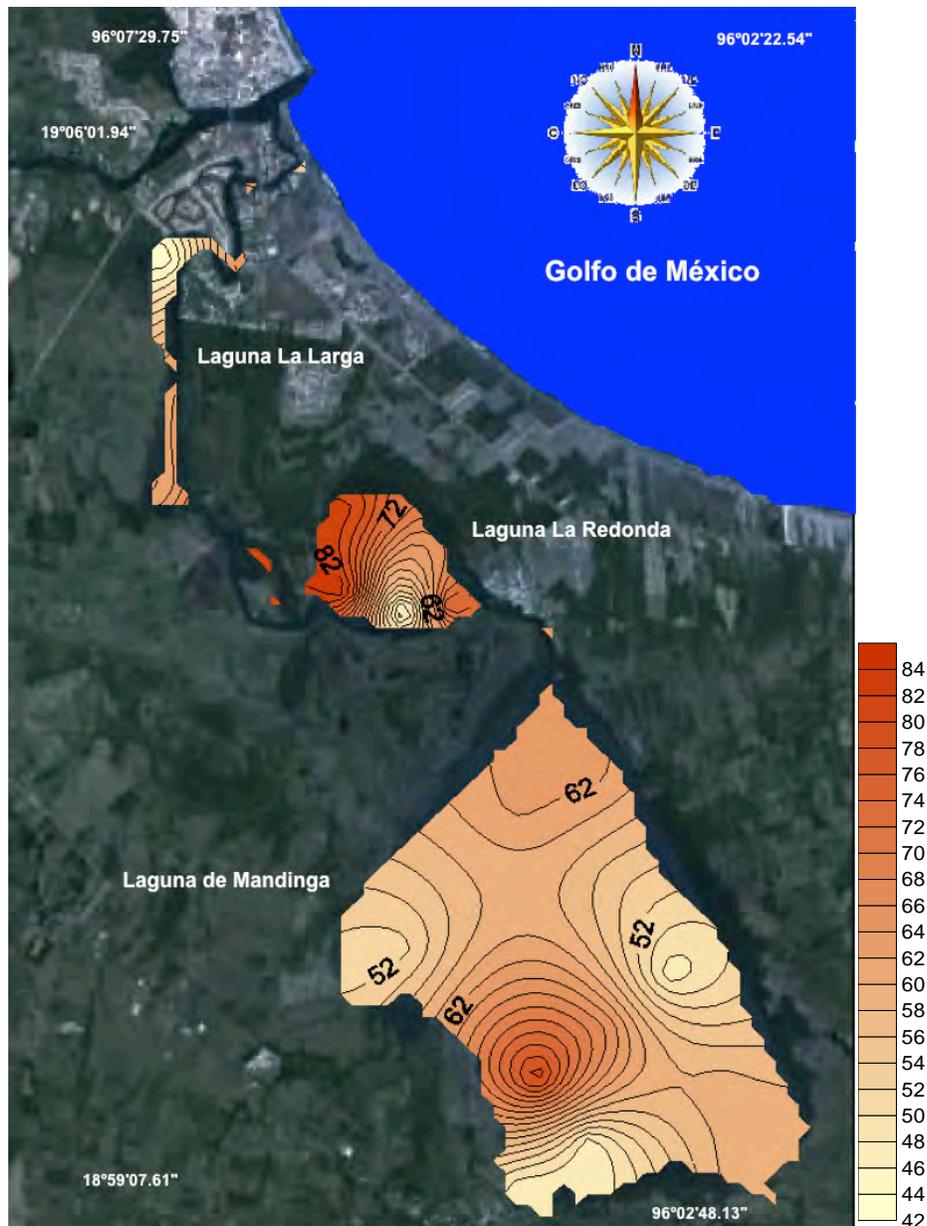
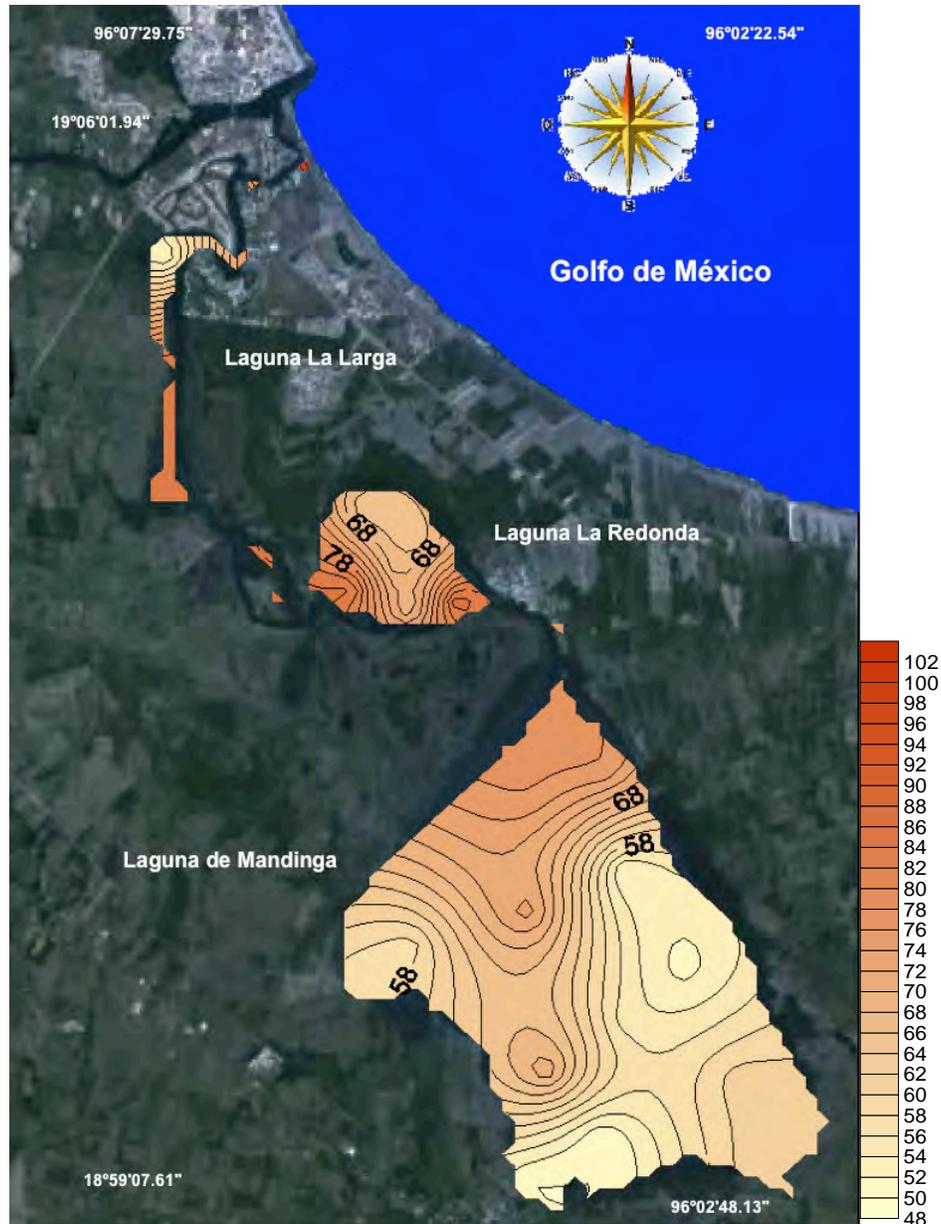


Fig. 70. Sedimentos-Arenas (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

Las arenas en la temporada climática de lluvias 2008 se presentaron con un promedio de 68.69% con un máximo de 100% y un mínimo de 50.14%. Los valores altos y medios se localizaron al norte de la laguna de Mandinga, en la laguna La Redonda, en el sur de La Larga y en el Estero Conchal. Los valores bajos estuvieron al norte de la laguna La Larga y en el oeste, sur y este de la laguna de Mandinga (Fig. 71).



**Fig. 71. Sedimentos-Arenas (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.**

En la temporada climática de secas 2009 las arenas registraron un promedio de 66.50% con un máximo de 100% y un mínimo de 20.37%. Las zonas que registraron valores altos y medios estuvieron en la mayoría del SLM, solo se registraron valores bajos en el norte y sur de laguna de Mandinga (Fig. 72).

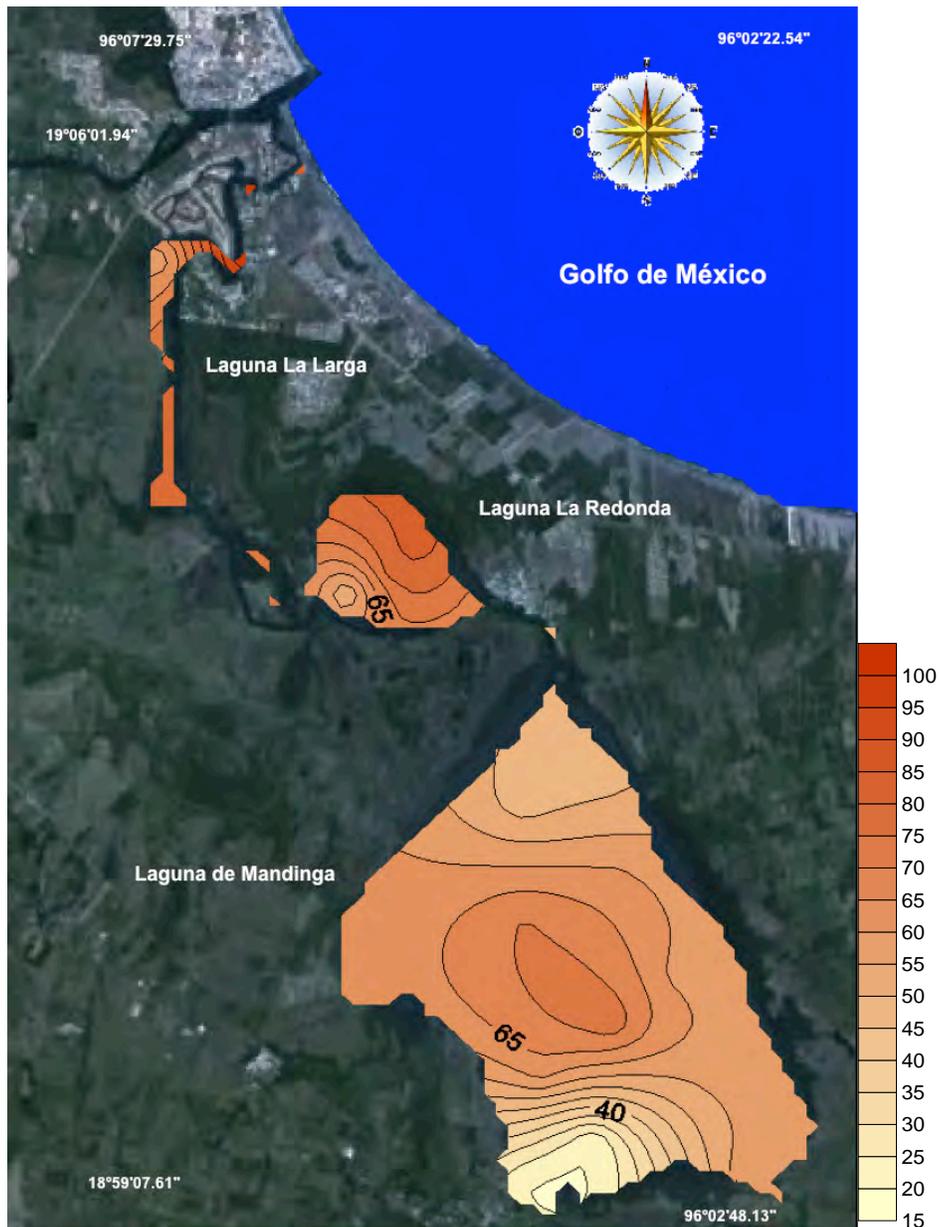


Fig. 72. Sedimentos-Arenas (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

Los lodos para la temporada climática de secas 2008 se presentaron con un promedio de 31.95% con un máximo de 56.55% y un mínimo de 11.99%. Los valores altos se registraron hacia el norte de la laguna La Larga, en el sur de La Redonda y en el este de la laguna de Mandinga. Los valores medios se localizaron en el noreste de la laguna La Redonda y en el centro y sur de la laguna de Mandinga. Los valores bajos estuvieron en el resto del SLM (Fig. 73).

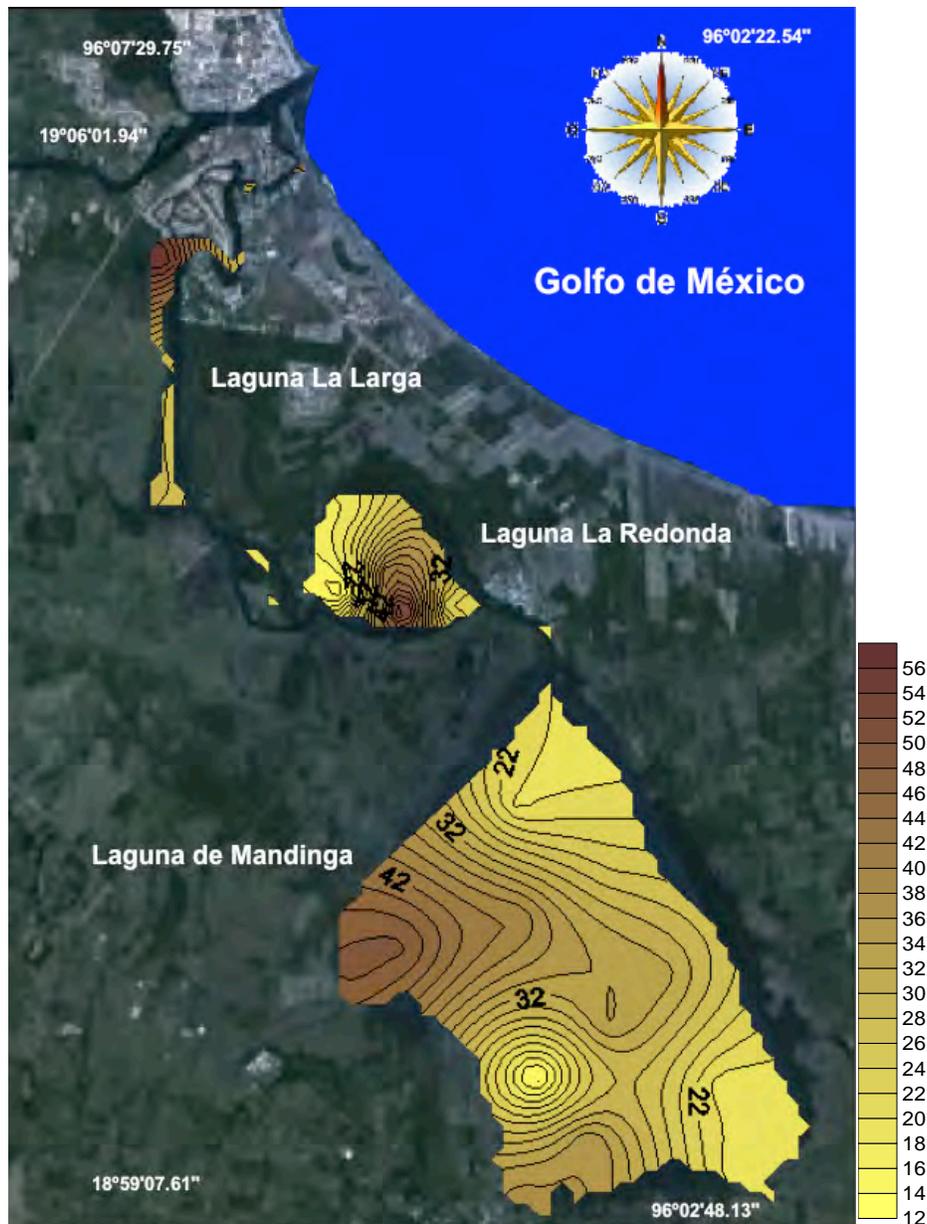


Fig. 73. Sedimentos-Lodos (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

En la temporada climática de lluvias 2008 los lodos se registraron con un promedio de 22.32% con un máximo de 47.30% y un mínimo de 1%. Los valores medios y altos estuvieron en todo el SLM excepto en el sur de la laguna La Redonda, en el Estero Horcones y en la desembocadura del Estero Conchal que presentaron ausencia de lodos. Los valores bajos se localizaron en el sur de la laguna La Larga (Fig. 74).

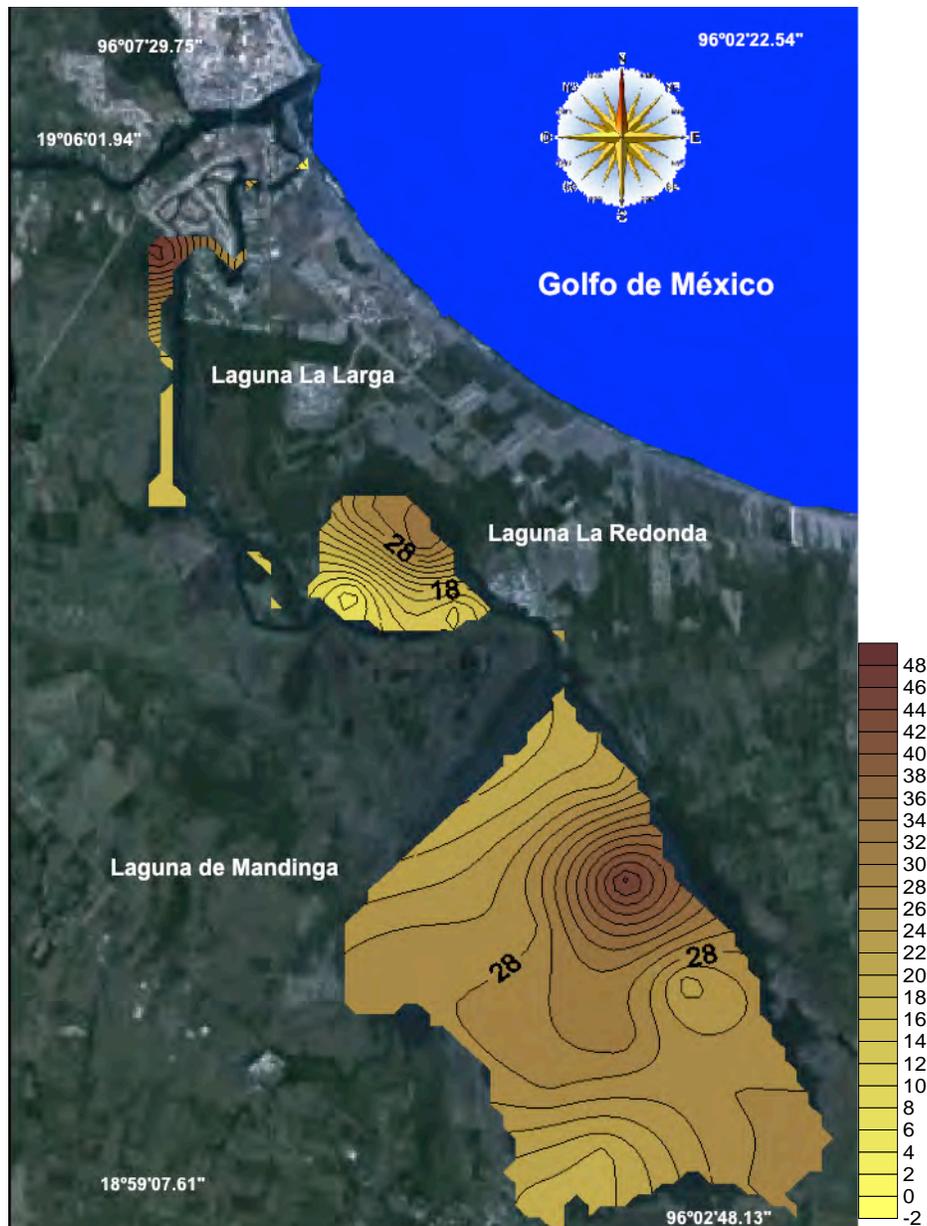


Fig. 74. Sedimentos-Lodos (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

Los lodos en la temporada climática de secas 2009 registraron un promedio de 19.79% con un máximo de 40.27% y un mínimo de 1%. Los valores bajos estuvieron en el sur y en suroeste de la laguna de Mandinga. Los valores altos y medios estuvieron en el resto del SLM. La zona donde existió ausencia de lodos fue en el Estero Conchal pero no hasta su desembocadura (Fig. 75).

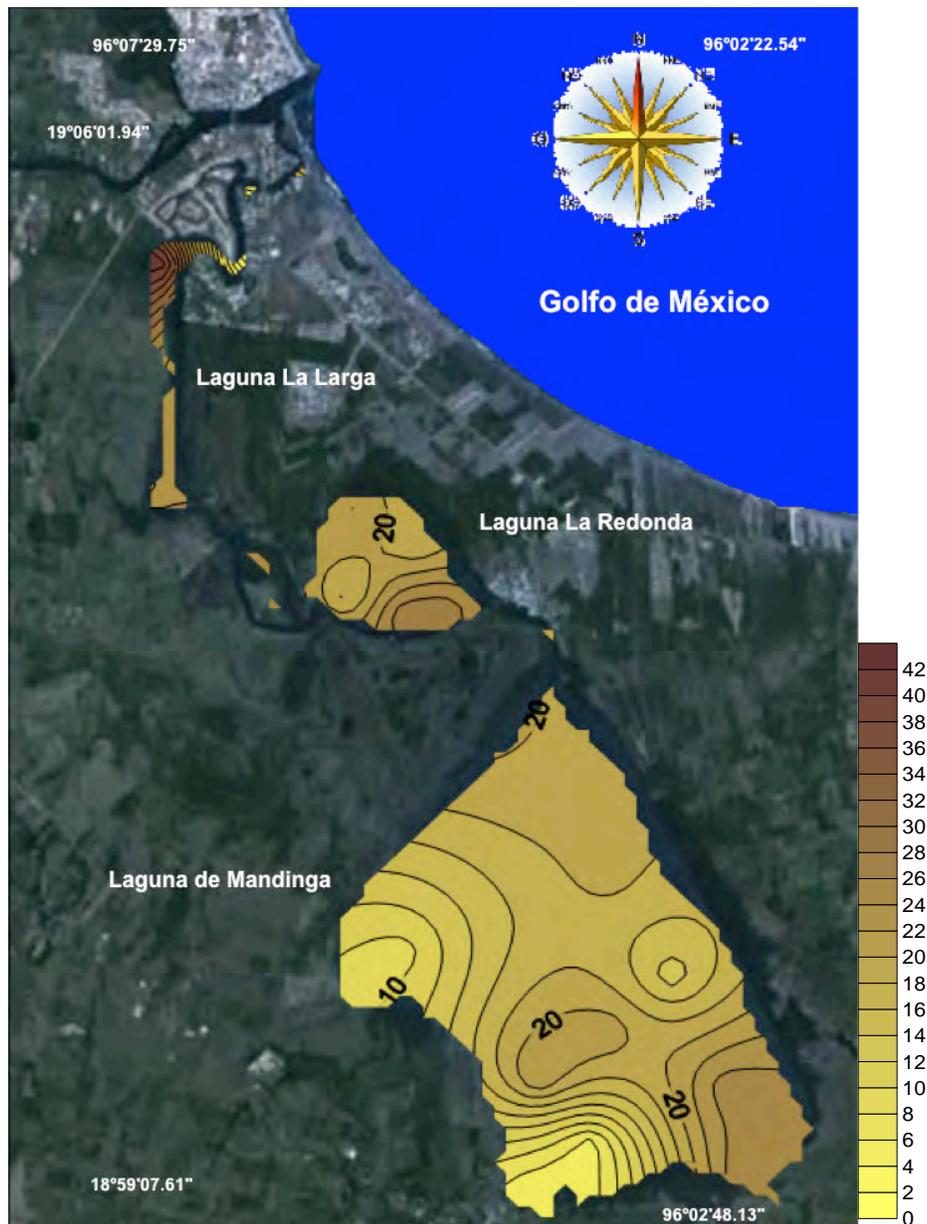


Fig. 75. Sedimentos-Lodos (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

En la temporada de climática de secas 2008 el carbono orgánico total (CO) registró un promedio de 1.22% con un máximo de 2.07 y un mínimo de 0.38%. Las concentraciones más altas se registraron en la laguna La Larga, en el norte de la laguna La Redonda y en el Estero Horcones. Los valores medios estuvieron registrados en el centro y este de la laguna de Mandinga. Los valores bajos se localizaron en el sureste de la laguna La Redonda y en el norte, oeste y sur de la laguna de Mandinga (Fig. 76).

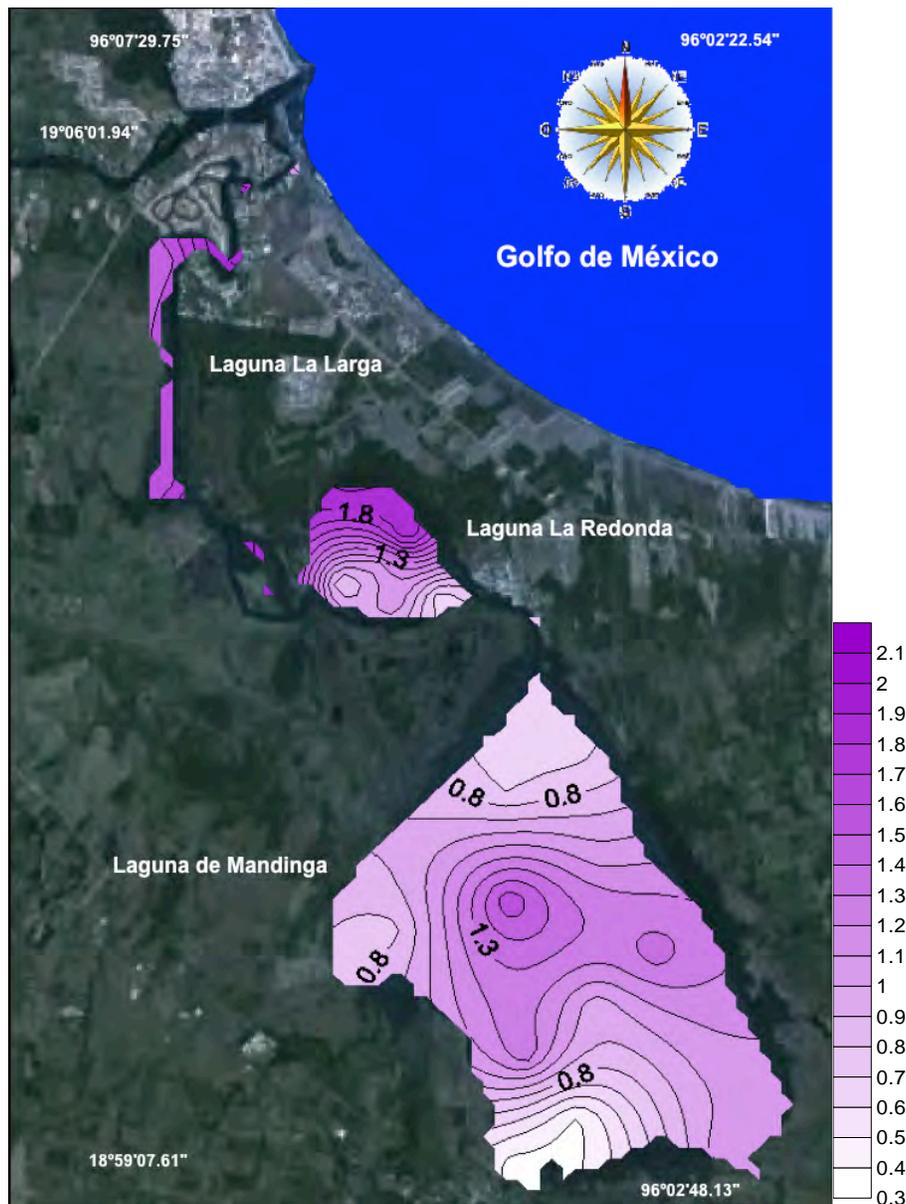


Fig. 76. CO (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2008.

Para la temporada de lluvias 2008 el CO registró un promedio de 0.81% con un máximo de 2.65 y un mínimo, equivalente a la ausencia, de 0%. Las concentraciones más altas en se registraron en el Estero Horcones. Los valores medios y bajos se localizaron prácticamente en todo el SLM distribuyéndose de una manera muy heterogénea (Fig. 77).

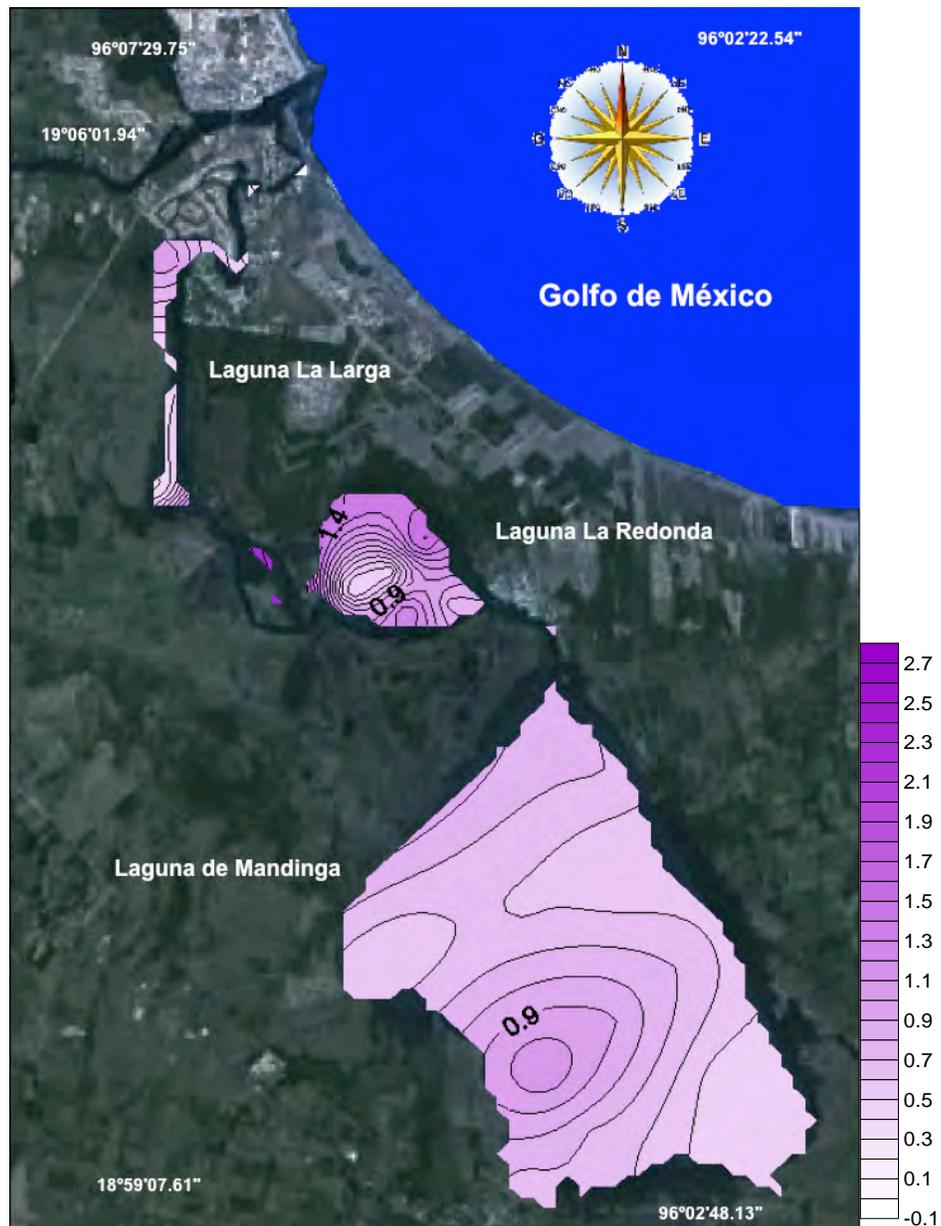


Fig. 77. CO (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de lluvias 2008.

En la temporada de secas 2009 el CO registró un promedio de 0.98% con un máximo de 1.51% y un mínimo, equivalente a la ausencia, de 0%. Las concentraciones altas y medias se registraron prácticamente en toda la laguna teniendo una distribución homogénea. Los valores bajos estuvieron localizados en la desembocadura del SLM hacia el mar (Fig. 78).

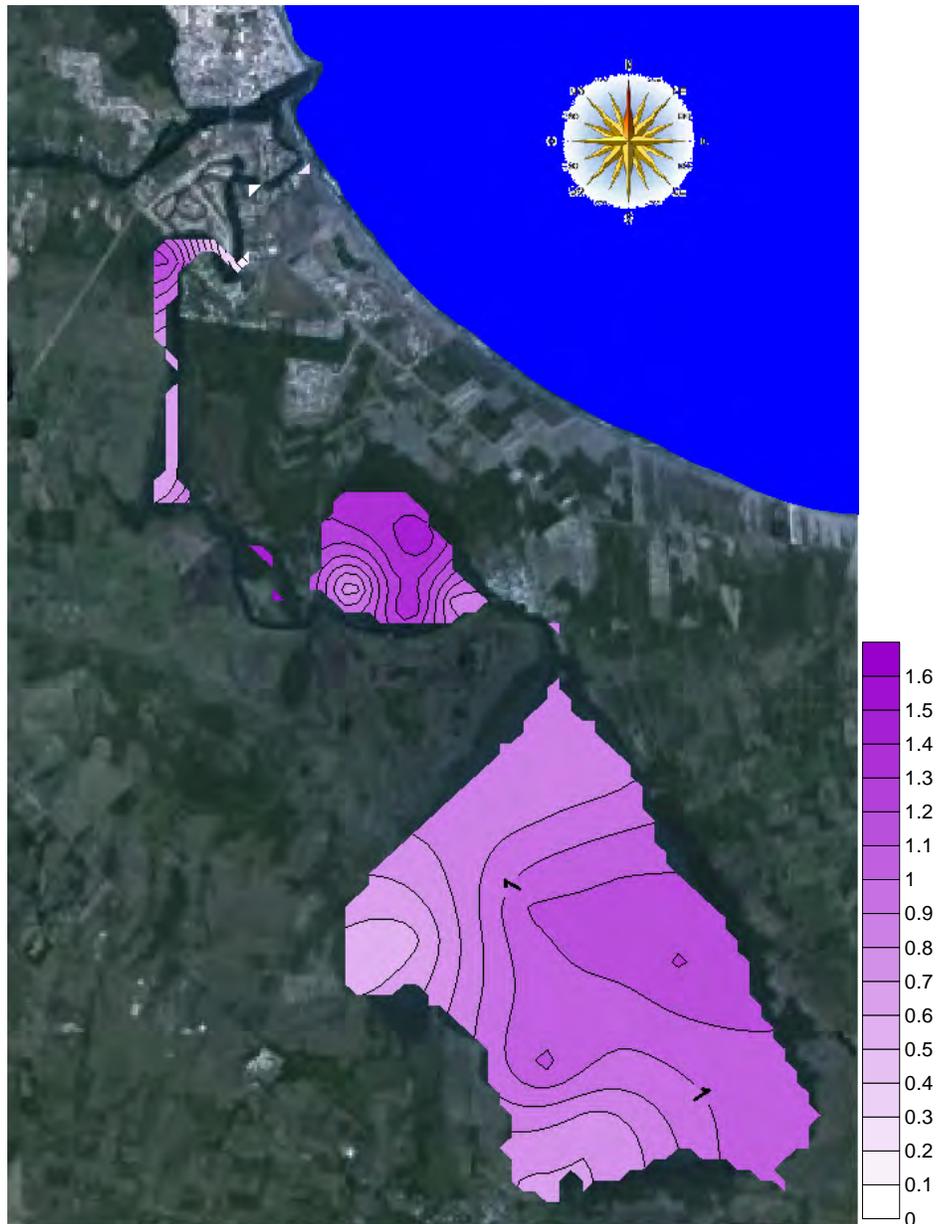


Fig. 78. CO (%) del SLM, Ver., durante la temporada climática de secas 2009.

## **Análisis de Resultados**

Para el análisis de resultados se usó el programa Excel 2007 para los cálculos de la estadística básica descriptiva y los gráficos necesarios, además del análisis de varianza y las pruebas de LSD. El programa Surfer V.8 (Golden Software) para la elaboración del atlas cartográfico donde se observa el comportamiento de cada parámetro analizado.

## **Discusión**

### **Condiciones meteorológicas**

De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (2010), reporta, para el estado de Veracruz en los meses correspondientes a secas 2008, una precipitación media de 111.78 mm; para los meses correspondientes a lluvias 2008 se reportan 241.4 mm y para secas 2009 se reportan 65.4 mm. Esto podría verse reflejado en la profundidad del SLM; sin embargo, solo para lluvias se sigue este patrón, ya que, comparando las 2 temporadas climáticas de secas, existe una diferencia en la profundidad, debido a que, secas 2009 es más profunda, quizás, por el dragado que comenzó en lluvias 2008 y ocasionó aumento en la profundidad específicamente de la laguna La Larga; también, hay que hacer notar la escases de aportes fluviales al sistema lagunar, pues estos son factor primordial para la profundidad de la laguna debido a que son de tipo local. Otro punto importante a considerar es el promedio estatal, ya que, podría consultarse alguna estación meteorológica cercana al SLM para verificar si existen precipitaciones locales que propician el aumento en el nivel de laguna.

La temperatura ambiental, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (2010), para la temporada climática de secas 2008 fue de 24.6 °C como media, mínima de 18.9 °C y máxima de 30.35 °C. En lluvias

2008 fue de 24 °C la media, la mínima de 19.4 °C y la máxima de 28.8 °C. Para la temporada de secas 2009 se tuvo registros de 24.7 °C como medios, de 18.6 °C como mínimo y máximos de 30.8 °C. Comparando estos datos con los registrados en el presente estudio se puede deducir que, la temperatura ambiental depende más de factores locales que estacionales y por supuesto de la radiación solar en el momento del muestreo que depende básicamente de la cantidad de nubes. Al igual que la precipitación, podría consultarse alguna estación meteorológica cercana al SLM para verificar si existen condiciones específicas del lugar que fomenten temperaturas ambientales locales que podrían propiciar el aumento o disminución de la misma.

Por otro lado, el patrón de dirección de la corriente en el SLM se debe, principalmente, a que las lagunas se encuentran en una depresión deltaica (Portilla-Ochoa, 2005), por lo que el agua de mar tenderá a inundar las zonas más bajas. Debido a que la conexión del mar con el SLM se encuentra al norte, es por este sitio donde el agua ingresará a la depresión fluyendo hacia el sur por la laguna La Larga hasta llegar a La Redonda y la laguna de Mandinga.

### **Parámetros hidrológicos**

Aunque la diferencia entre las 3 temporadas climáticas es de 3.35 cm, no existen diferencias significativas entre estas ( $p > 0.05$ ), la batimetría se modificó levemente de acuerdo a la temporada climática prevaleciente, ya que en la temporada climática de lluvias 2008 se presentó la mayor profundidad y en la de secas 2008 la menor, lo que coloca a este SLM como somero (Reguero y García-Cubas, 1993) (Fig. 79).

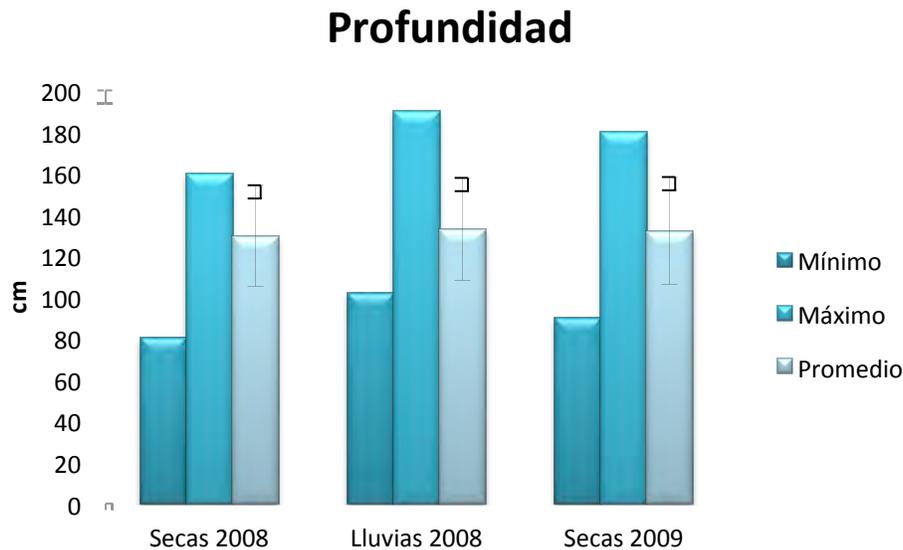
Esto se debe básicamente a la aportación de los arroyos y el drenaje o escurrimiento de las zonas aledañas a causa de las lluvias; además de la infiltración a través de los medanos, que se localizan en la parte sur de la laguna de Mandinga, lo que provocó un aumento en el nivel del agua del SLM. También el

aumento del nivel del agua en la La Larga se debe a la influencia del Rio Jamapa y a la influencia de las mareas que son limitadas y tienen interacción con esta laguna (Reguero y García-Cubas, 1993).

Las zonas de menor profundidad en las tres temporadas climáticas fueron: La laguna La Redonda, el este de la laguna de Mandinga. Las zonas más profundas en las tres temporadas climáticas fueron: La laguna de Mandinga y el canal de comunicación del SLM con el Golfo de México, también llamado el Estero Conchal, lo que es parecido con lo reportado por Contreras (1985) y Arreguín-Sánchez (1982), sin embargo, en este estudio se encontraron profundidades muy variables en la laguna La Larga, posiblemente porque la laguna a cambiado su morfología a lo largo del tiempo y también por el constante dragado que se hace al SLM para mantener el nivel del terreno, adecuado para los diferentes tipos de actividades productivas que ahí se realizan.

Comparando los resultados obtenidos en este estudio con Reguero y García-Cubas (1993), la profundidad ha disminuido en el SLM, debido a que, ellos reportan que el promedio en la profundidad en ese año era de 160 cm para todo el sistema, en cambio, en este estudio el promedio de las diferentes temporadas climáticas en profundidad es de 131.44 cm.

Comparándolo con Contreras (1985), en general, el sistema no es tan profundo en el actual estudio, ya que, éste autor reporta una profundidad para el Estero Conchal de 200 a 300 cm, 100 cm en laguna La Larga, 300 cm en el Estero Horcones, 80 cm en la laguna La Redonda con la parte occidental menos profunda y 160 cm en la laguna de Mandinga, en cambio, en este estudio el Estero Conchal registra profundidades de 132 cm, la laguna La Larga registró un promedio de 135 cm en las diferentes temporadas climáticas, el Estero Horcones registró profundidades de 153 cm, la laguna La Redonda registró un promedio de 117 cm y 138 cm en la laguna de Mandinga.



**Fig. 79. Promedios, máximos y mínimos de profundidad (cm) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

Se registraron valores más altos de la transparencia en la temporada climática de secas 2009 y los más bajos se obtuvieron en la temporada de secas 2008, presentándose un intervalo en las temporadas de 26.24 cm (Fig. 80).

Las temporadas climáticas de secas 2008 y lluvias 2008 son iguales estadísticamente ( $p > 0.05$ ), pero secas 2009, es diferente significativamente ( $p \leq 0.05$ ) a secas 2008, al igual que con lluvias 2008.

Los resultados obtenidos en este estudio son semejantes a los reportados por Arreguín-Sánchez (1976). Estos cambios son ocasionados por el aporte de terrígenos en suspensión en la época de lluvias con el aumento en el caudal de los arroyos, lo cual se manifiesta en el promedio de transparencia (Reguero y García-Cubas, 1993).

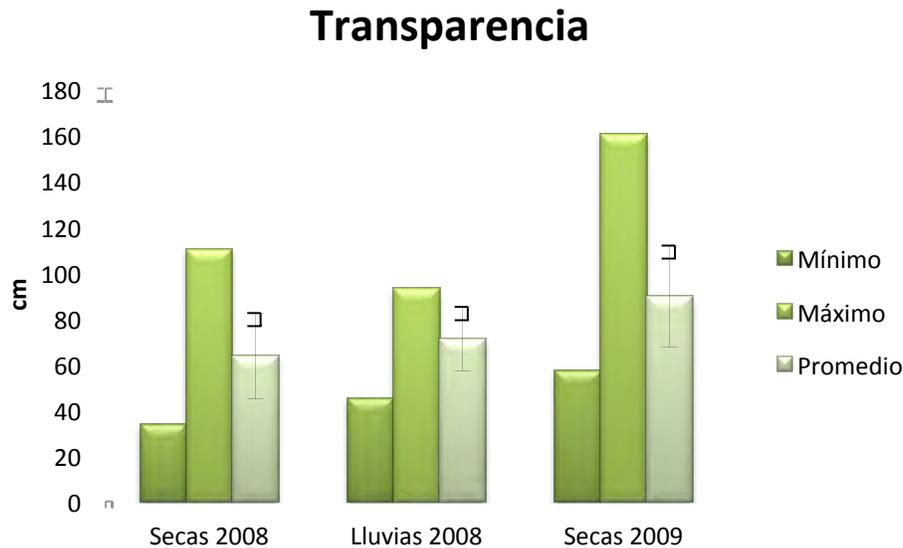
La temporada de secas 2008 presentó valores bajos debido a que se registraron los valores más altos en la velocidad del viento en esta temporada lo que pudo ocasionar la agitación del agua y provocar una la mayor turbidez del agua y disminución de la transparencia.

Reguero y García-Cubas (1993), mencionan que en la época de lluvias la zona de comunicación con el mar registró 20 cm de transparencia, la laguna La Redonda 40 a 60 cm, el sureste de Mandinga 40 a 80 cm, la laguna La Larga 10 a 20 cm y la parte central de Mandinga más de 60 cm. En este estudio, en la época de lluvias, la comunicación con el mar registró una transparencia de 80 cm, la laguna La Redonda 66 cm, el sureste de la laguna de Mandinga 70.5 cm, la laguna La Larga 86 cm y la parte central de Mandinga 79 cm, demostrando con esto que las zonas que cambiaron únicamente valores de transparencia fue la laguna La Larga y la zona de comunicación con el mar.

Rocha (1983), menciona que existen valores de 46.6 a 71.4 cm en lluvias y secas respectivamente y que en lluvias disminuyó a causa de los procesos de mezcla. Como se ve en la Figura 80, en la transparencia registrada en secas y lluvias 2008 y secas 2009 no se presentan valores similares a este autor.

Arregín-Sánchez (1982), registró, en la parte central de Mandinga valores altos. Valores bajos en bordes por taninos de manglar. En la época de secas registró valores menores a causa de los vientos, encontrando efectos marcados en Mandinga. Menciona que en la laguna la Larga y La Redonda la transparencia va de 50 a 100 cm casi todo el año y que en la parte oriental de La Redonda por el acumulo de arcilla va de 25 a 50 cm. En este estudio la laguna de Mandinga solo presentó valores altos en el centro en lluvias 2008. La laguna La Larga presentó valores por arriba de los 100 cm en secas 2008 y 2009. La parte oriental de la laguna La Redonda presentó valores más altos que 50 cm durante las diferentes temporadas climáticas.

Con estas comparaciones se demuestra que existe un cambio a través del tiempo de este factor debido a que es fácilmente influenciado por las descargas de los afluentes y por la acción del viento como se mencionó con anterioridad.



**Fig. 80. Promedios, máximos y mínimos de transparencia (cm) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

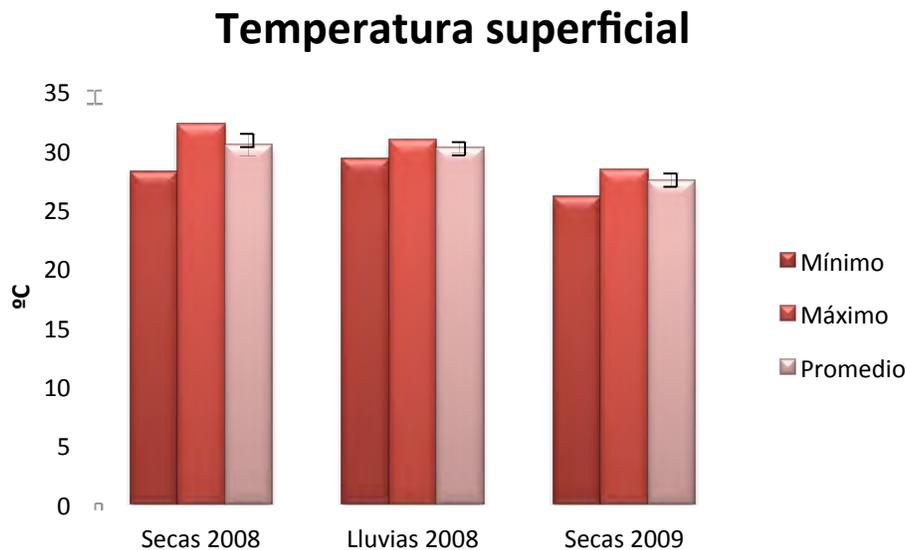
Para la temperatura superficial se registraron mayores valores en la temporada de secas 2008 y menores temperaturas en la temporada de secas 2009 encontrando un intervalo de 3 °C (Fig. 81).

Este parámetro depende directamente de las condiciones meteorológicas registradas en el momento del muestreo, por lo que los valores más altos de temperatura superficial se explican básicamente por la disminución de la nubosidad, el aumento de la incidencia de radiación solar y la profundidad sobre el SLM (De la lanza, 2001). Con esto se explica también la disminución en la temperatura en la temporada climática de secas 2009 debido a que se registró una cantidad importante de nubes y también porque registró el valor más alto en la transparencia por lo que no alcanzó temperaturas altas aún con la presencia de la radiación solar como las otras temporadas climáticas.

Reguero y García-Cubas (1993), reportan una fluctuación en la temperatura de 29 y 33 °C y un promedio de 31 °C. Arreguín-Sánchez (1976), indica una oscilación en la temperatura de 16 y 32 °C. Sánchez-Chávez (1976), indica valores medios

de 27.8 °C para el Estero del Conchal (incluida la laguna La Larga), de 30.2 °C en la Redonda y de 31 °C para la laguna de Mandinga.

Este estudio al igual que los anteriores reflejan la lejanía del SLM con respecto al mar, que por lo general es menos cálido que el cuerpo lagunar, también se demuestra que el SLM es el cuerpo de agua que presenta las mayores temperaturas de todas las lagunas localizadas en Veracruz (Contreras-Espinosa *et al.*, 2002).



**Fig. 81. Promedios, máximos y mínimos de temperatura superficial (°C) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

La temperatura del fondo registró los valores más altos en secas 2008 y los más bajos en secas 2009. Al igual que la temperatura de la superficie, la temperatura del fondo presentó las mismas variaciones en las diferentes temporadas climáticas, siendo muy parecidas las temporadas de secas y lluvias 2008 debido a que el SLM es un cuerpo de agua somero (Fig. 82).

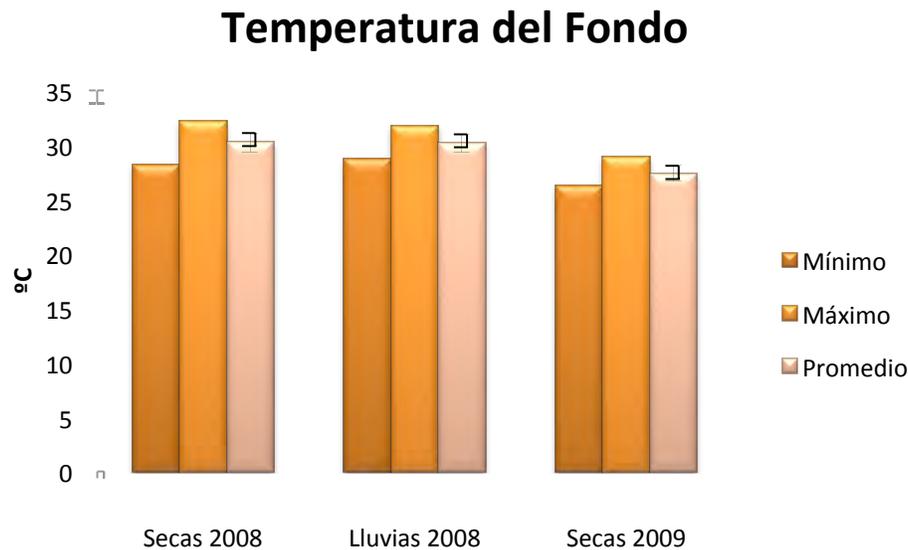
La temporada climática de secas 2009 fue diferente significativamente ( $p \leq 0.05$ ), en los registros superficiales y de fondo, a la de secas y lluvias 2008, pero éstas fueron iguales significativamente ( $p > 0.05$ ).

No existieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los valores superficiales y de fondo de la temperatura entre todas las temporadas climáticas, es decir, no hay estratificación en la columna en las diferentes temporadas climáticas.

Los resultados obtenidos concuerdan con los registrados por Rocha (1983), indicando que las temperaturas a lo largo del año van de 22 °C a 32 °C, y las oscilaciones en la temperatura pueden ser explicadas en función de la dependencia de las variaciones climáticas estacionales, de tal manera que en los meses lluviosos la temperatura tiende a disminuir y de manera contraria en los meses de secas. Esto difiere sólo en la temporada de secas, pero si se toma en cuenta la profundidad y la transparencia, que afecta de manera directa la temperatura, se puede explicar el proceso por el cual esta temporada presenta temperaturas menores.

En contraste con Sánchez-Chávez (1976) y Reguero y García-Cubas (1993), el Estero Conchal (incluida la laguna La Larga) registró un promedio de 29.26 °C en la época de lluvias y no 27.8 °C y 29.4 °C como mencionan respectivamente, en la misma temporada climática. La Redonda 30.28 °C y no 30.2 y 32 °C respectivamente y la laguna de Mandinga 30.49 °C y no 31 °C como los tres autores mencionan en los dos diferentes estudios.

Comparando este estudio con los diferentes autores puede decirse que, el sistema no a cambiado su temperatura a lo largo del tiempo y sigue manteniendo temperaturas entre 16 y 32 °C como Arregín-Sánchez (1982), menciona; además, no hay estratificación de la columna de agua, como este mismo autor añade, aunque un punto importante es que en la parte sur del sistemas lagunar nunca se presentaron temperaturas tan bajas de 16 °C en las diferentes temporadas climáticas quizás por la época climática en que se colectaron las muestras.



**Fig. 82. Promedios, máximos y mínimos de temperatura del fondo (°C) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

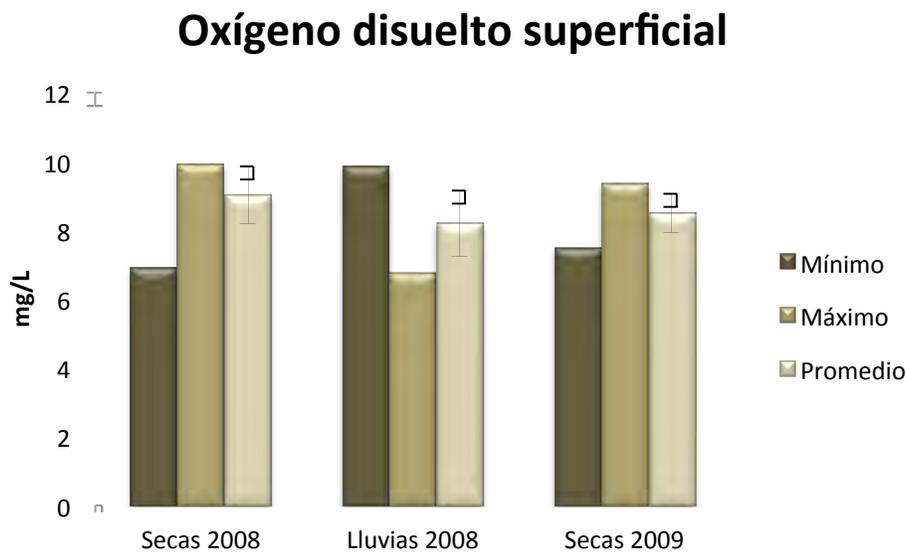
El oxígeno disuelto de la superficie en el SLM registró los valores más altos en la temporada climática de lluvias 2008 mientras que los más bajos se registraron en la temporada de secas 2008 presentando un intervalo de 0.82 mg/L (Fig. 83), debido al batimiento de los vientos que mantienen la mezcla constante de la columna de agua; pero principalmente a la baja concentración de la salinidad en lluvias 2008 que ocasiona que el oxígeno se solubilizce en mayores concentraciones (Wetzel, 1981).

Las temporadas climáticas fueron diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) en la superficie, excepto lluvias 2008 y secas 2009 que fueron iguales.

Contreras-Espinosa *et al.* (2002), indica que el SLM se encuentra con los valores más bajos de oxígeno disuelto de todas las lagunas costeras de Veracruz debido a la temperatura y la salinidad que se encuentran estrechamente relacionados con el oxígeno disuelto, registrando así un promedio de 3.0-4.0 ml/L. El presente estudio difiere de esto, ya que las tres temporadas climáticas presentaron valores por encima de 6 mg/L debido, principalmente, al lapso de tiempo en que se

recopilaron los datos, lo que ubica al sistema como bien oxigenado (De La Lanza & Cacéres, 1994); pero los datos obtenidos en este estudio concuerdan con los reportados por Chávez (1976), registrando un intervalo de 7-14 mg/L en la concentración de oxígeno disuelto.

Los valores altos de oxígeno disuelto demuestran que existe una alta actividad fotosintética del fitoplancton en la superficie y que las variaciones en la concentración son de tipo local y no estacional (Rocha, 1983).



**Fig. 83. Promedios, máximos y mínimos de oxígeno disuelto de la superficie (mg/L) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

El oxígeno disuelto del fondo presentó valores diferentes comparados con los registrados en la superficie. Los valores más altos se registraron en secas 2008 y los más bajos en lluvias 2008 con un intervalo entre las diferentes temporadas climáticas de 1.21 mg/L (Fig. 84).

Las temporadas climáticas en los registros de fondo, resultaron ser diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ), excepto secas 2008 y secas 2009.

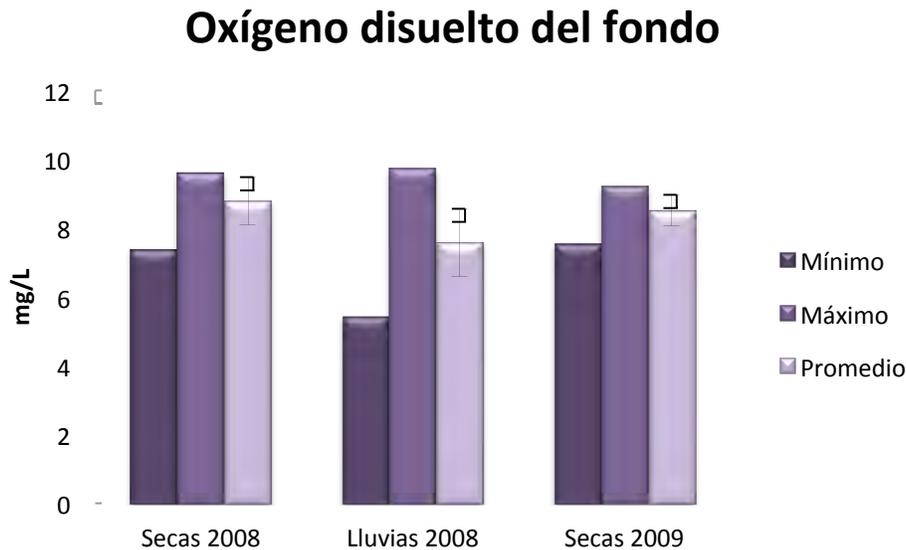
Las temporadas climáticas de secas 2008 y 2009 son iguales, cada una, tanto en el fondo como en la superficie, significativamente ( $p > 0.05$ ), es decir, no cambia

en toda la columna de agua la concentración de oxígeno en las temporadas climáticas mencionadas.

La temporada climática de lluvias resultó ser diferente significativamente ( $p \leq 0.05$ ), tanto en el fondo como en la superficie, por lo que podría esperarse la presencia de una oxiclina bien marcada en la columna de agua.

Esto se puede explicar suponiendo que en la temporada de lluvias hubo una gran cantidad de materia en descomposición en el fondo debido al arrastre de diferentes restos de materia orgánica (Rocha, 1983), a causa de las lluvias; además de la poca vegetación sumergida y la poca transparencia que se presentó en esa temporada climática. Por el contrario en la temporada climática de secas 2008 los valores más altos se deben a la poca materia orgánica en descomposición, a la vegetación sumergida y a la velocidad del viento, ya que en esta temporada se registraron las mayores velocidades de todas; pero no a la transparencia, debido a que esta temporada climática registró el valor más bajo en la transparencia; al igual que la temperatura y la salinidad, siendo esta temporada la que registró las mayores temperaturas y los valores más altos en la concentración de la salinidad de todas la temporadas climáticas, ya que, como Wetzel (1981), menciona una baja transparencia, una alta temperatura y una concentración de salinidad alta nos indica que el cuerpo de agua tiene una baja concentración de oxígeno.

Arregín-Sánchez (1982), menciona que el intervalo de oxígeno disuelto en el SLM es de 0.9 y 20.0 ppm en el fondo y en la superficie y que existen frecuentes registros de 14 ppm y Chávez (1976), como se mencionó con anterioridad, registró un intervalo de 7-14 ml/L, concluyéndo, junto con estos autores, que no existe cambio a lo largo del tiempo de este factor y sigue teniendo los mismos intervalos de concentración de oxígeno disuelto que van de 5.44 hasta 9.9 mg/L, aunque es importante señalar que no se registraron valores tan altos como los registrados por el primer autor y que para él son frecuentes.

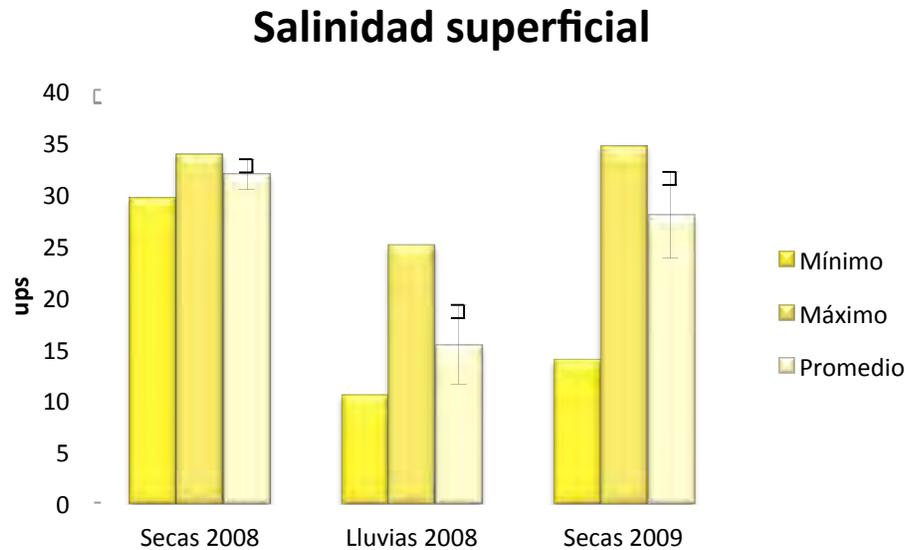


**Fig. 84. Promedios, máximos y mínimos de oxígeno disuelto del fondo (mg/L) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

En la salinidad superficial se registraron los valores más altos en la temporada climática de secas 2008 y los más bajos en la temporada de lluvias 2008 teniendo un intervalo entre las diferentes temporadas climáticas de 16.47 ups (Fig. 85). En todas las temporadas climáticas, los registros superficiales fueron diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

La salinidad varía por la influencia de las épocas de lluvias y estiaje (Contreras-Espinosa *et al.*, 2002), con lo que se explica la variación que hubo en la temporada de lluvias 2008 con respecto las de secas 2008 y 2009, atribuyendo al aporte de agua de los diferentes escurrimientos y la precipitación pluvial la disminución en la concentración de sales y de manera contraria en las temporadas de secas, la ausencia de este tipo de aportes disminuyen, lo que provoca el aumento en la concentración de sales; también depende, en este sistema lagunar, de la región muestreada, lo cual refleja un patrón de distribución horizontal de este parámetro a manera de gradiente de menores valores hacia el sur, representado por la laguna de Mandinga, a mayores valores hacia el noroeste, representado por

el Estero Conchal y la laguna La Larga; esto concuerda con lo registrado por Arreguín-Sánchez (1976) y Sánchez-Chávez (1976). Sin embargo, la prevaencia de valores promedio, ya sea por arriba o por debajo de los considerados normales, es un indicativo de la tendencia general de la laguna (Contreras-Espinosa *et al.*, 2002).



**Fig. 85. Promedios, máximos y mínimos de la salinidad de la superficie (ups) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

La salinidad del fondo registró los valores más altos en secas 2008 y los más bajos en lluvias 2008, presentando un intervalo entre las diferentes temporadas climáticas de 14.93 ups (Fig. 86). Al igual que la salinidad superficial, la salinidad del fondo presentó las mismas variaciones en las diferentes temporadas climáticas, y de maneral general, la zona con menor concentración de sales fue la laguna de Mandinga, lo cual concuerda con lo registrado por Rocha (1983). En todas la temporadas climáticas, los registros de salinidad fueron diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

Cada una de las temporadas climáticas, por separado, fueron iguales significativamente ( $p > 0.05$ ), tanto en la superficie como en el fondo, es decir, hay estratificación de la columna de agua en las diferentes temporadas.

Los valores obtenidos en este estudio concuerdan con los reportados por Contreras-Espinosa *et al.* (2002), en el que se demuestran valores de 20.0 - 30.0 ‰, ya que el indica que, el mantenimiento de valores promedio, ya sea por arriba o por debajo de los considerados normales, es un indicativo de la tendencia general de la laguna. Con esto se puede clasificar al SLM como un cuerpo de agua polihalino (Según Carriker, 1957, citado por De La Lanza, 1994).

La salinidad es probablemente la característica más importante en un ambiente estuarino, esta tiene grandes variaciones ya sea anuales, temporales o incluso por mareas, la salinidad puede variar extensivamente con la profundidad o de un lado a otro del ambiente, esta es importante porque afecta de manera directa a la distribución de los organismos, ya sea directamente o por medio de la distribución de sus alimentos (De Sylva, 1985).

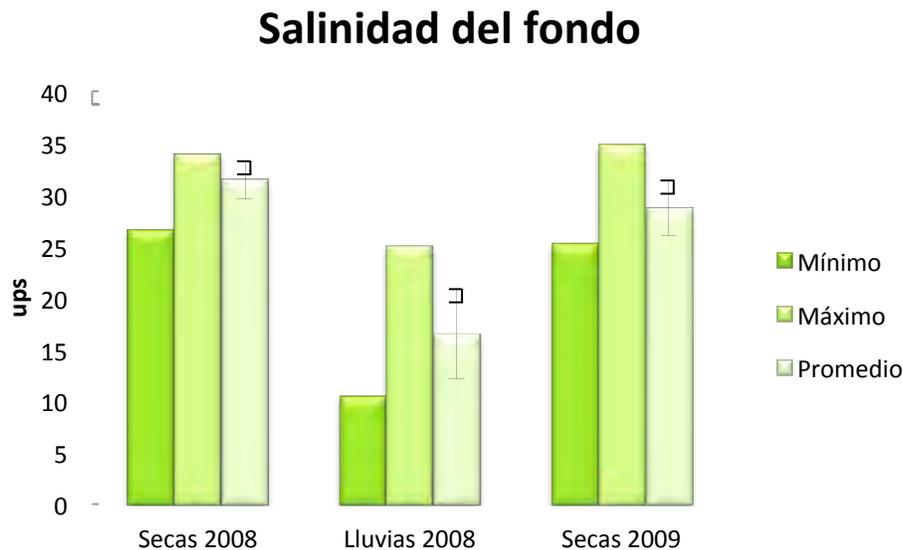
Arreguín-Sánchez (1982), registró 0.5 a 27 ‰ en la superficie y en el fondo 0.9 a 35 ‰. En este estudio las oscilaciones en la superficie son de 10.5 a 34.6 ups y en el fondo de 10.5 a 34.8 ups en las diferentes temporadas climáticas, como se puede ver solo existe variación en la superficie, registrando salinidades más altas que en el anterior estudio.

Luna *et al.* (1982), comentan que los valores en la época de secas en promedio van de 26.9 y 27.6 ‰ en dos tipos de muestreo que hacen en el SLM y hay un descenso en lluvias con valores de 1.6 y 1.8 ‰, además mencionan que en la época de secas existe una influencia marina y se pueden registrar valores hasta de 25.2 ‰. En este estudio la temporada climática de secas registró un promedio de 29.93 ups y la de lluvias 15.9 ups, siendo en ambos casos mayor la salinidad promedio registrada.

También existen diferencias en los resultados obtenidos por Sánchez-Chávez y Reguero y García-Cubas (1993), ya que, en la temporada climática de lluvias ellos reportaron valores de 14.7 y 9.7 ‰ en el Estero Conchal (incluida la laguna La

Larga) respectivamente y en este estudio se registraron valores promedio de 22 ups. En la laguna La Redonda registraron 7.7 y 11.8 ‰ respectivamente, mientras que en este estudio se registró un promedio de 16.6 ups y por último la laguna de Mandinga, en la que ellos registraron 7.1 y 11.4 ‰ respectivamente y en este estudio 12.3 ups.

Básicamente, con este estudio se demuestra que existe un cambio evidente en el aumento de la salinidad a lo largo del tiempo en el SLM, con lo que resultaría necesario llevar a cabo un estudio más a fondo y en un lapso mayor de tiempo para poder definir con precisión los cambios que están ocurriendo en el SLM y comprobar si es verdad que hay un aumento en la salinidad.



**Fig. 86. Promedios, máximos y mínimos de la salinidad del fondo (ups) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

Para la conductividad de la superficie se registraron los valores más altos en promedio en la temporada climática de secas 2008 y los más bajos en lluvias 2008, existiendo una diferencia entre las diferentes temporadas climáticas de 24.67 mS/cm (Fig. 87). En todas las temporadas climáticas, la conductividad superficial, fue diferente significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

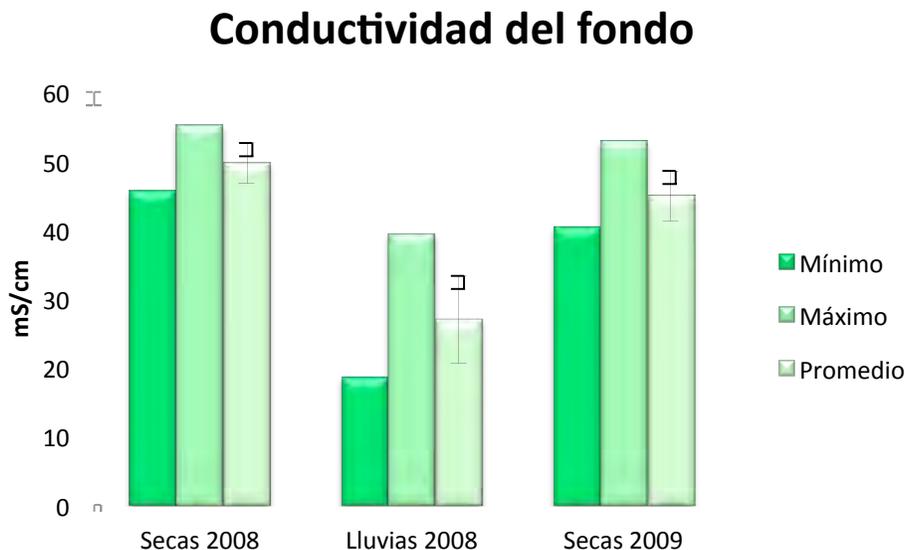
Como se sabe, la conductividad se ve afectada por la cantidad de iones disueltos que puedan alterar la cantidad de corriente eléctrica que pasa en el agua, es por esto que las sales que están presentes en el cuerpo de agua tienen una relación directa con la conductividad. Por lo tanto, en la temporada de lluvias, el aporte fluvial de los diferentes afluentes y escurrimientos motiva a que la concentración de sales en el sistema disminuya y por consiguiente también su conductividad.

Para que exista una concentración determinada de iones disueltos en el agua, también tienen que existir una serie de factores que ayuden a este proceso como es el caso de la temperatura, ya que, a mayor temperatura mayor conductividad (Margalef, 1983), debido a que la solubilidad de los sólidos es mayor conforme aumenta la temperatura. Según Wetzel (1981), la conductividad aumenta alrededor del 2% por cada °C y por supuesto, también puede inferirse el aumento de sus valores a causa de la descomposición de la materia orgánica o en el caso contrario, la disminución de sus valores a causa de los procesos de producción primaria.



**Fig. 87. Promedios, máximos y mínimos de la conductividad de la superficie (mS/cm) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

Para la conductividad del fondo nuevamente los valores más altos en promedio estuvieron registrados en la temporada climática de secas 2008 y los más bajos en lluvias 2008 con un intervalo entre las temporadas climáticas de 22.69 mS/cm (Fig. 88). Al igual que la conductividad superficial, la conductividad del fondo se comportó de la misma manera, reafirmando que, gracias al aporte de agua durante la época de lluvias por los diferentes afluentes, se puede reducir la concentración de iones en el SLM, y por lo tanto, la conductividad en esta época. En todas la temporadas climáticas, los registros de conductividad de fondo, fueron diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ). No existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los valores superficiales y de fondo de la conductividad en todas las temporadas climáticas; es decir, no cambia la conductividad a lo largo de la columna de agua en las diferentes temporadas.



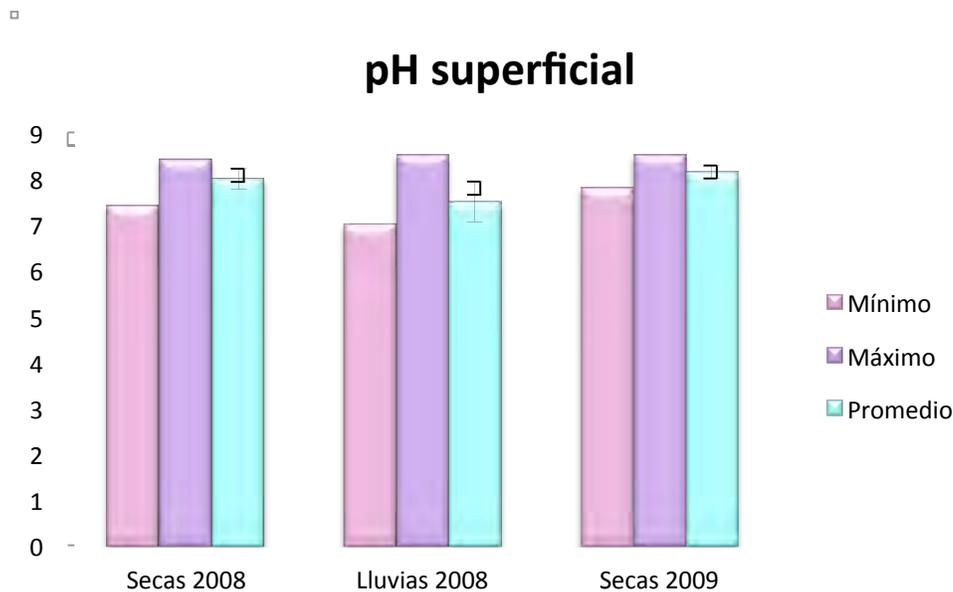
**Fig. 88. Promedios, máximos y mínimos de la conductividad del fondo (mS/cm) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

Los registros de pH superficial mostraron que los valores más altos en promedio fueron para la temporada climática de secas 2009 con un valor promedio de 8.14, seguida por secas 2008 y por último, con un valor promedio de 7.49 la temporada

climática de lluvias 2008 con un intervalo de 0.65 entre las diferentes temporadas climáticas (Fig. 89). Como se puede observar el pH es ligeramente alcalino.

Las temporadas climáticas de secas 2008 y secas 2009, en la superficie, fueron iguales significativamente ( $p > 0.05$ ). Las temporadas climáticas de lluvias 2008 y secas 2008 resultaron ser diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ), al igual que lluvias 2008 y secas 2009.

El pH de la mayoría de aguas dulces resulta de los iones  $H^+$  procedentes de la disociación de  $H_2CO_3$  y de los iones  $OH^-$  debidos a la hidrólisis de los iones bicarbonato. La alcalinidad normalmente es debida a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y, con menos frecuencia en las aguas continentales, a los boratos, silicatos y fosfatos. El  $CO_2$  que se disuelve en el agua reacciona y forma ácido carbónico inestable que tiende a formar carbonatos y bicarbonatos (Margalef, 1983; Wetzel, 1981), lo cual provoca que exista un aumento en el pH. Las concentraciones de pH ligeramente alcalinas del presente trabajo pudieran deberse a la dilución provocada por el agua de menor contenido salino y por contener menor número de iones alcalinos, proveniente de las lluvias y de los afluentes. Normalmente en cuerpos de agua costeros semicerrados como las lagunas costeras el pH puede variar entre 6.5 a 9.5, con pH's alcalinos debido a la asimilación fotosintética diurna del  $CO_2$ . Los pH's ácidos son resultado de la respiración durante la noche, así como por la descomposición de materia orgánica (De La Lanza & Cáceres, 1994). Este tipo de comportamiento del pH en la laguna coincide con lo reportado por Luna *et al.* (1982).



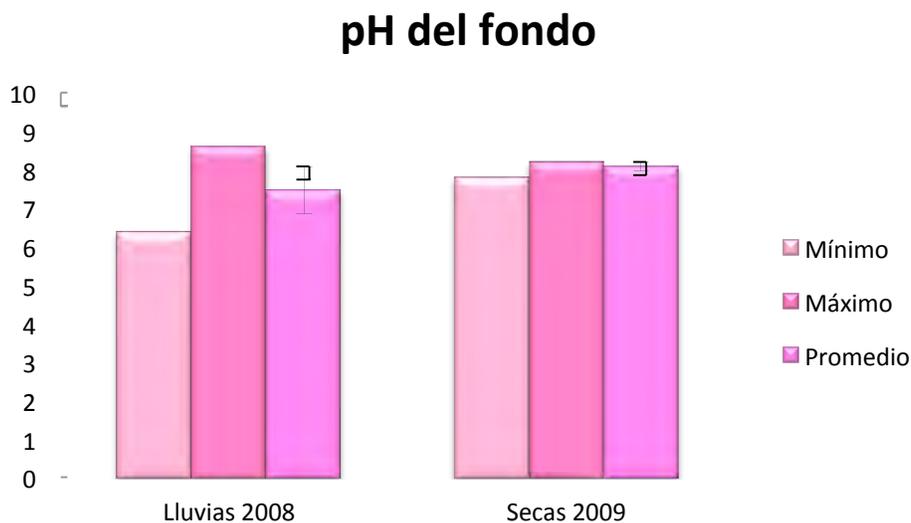
**Fig. 89. Promedios, máximos y mínimos del pH de la superficie ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

Para el pH del fondo solo se tuvieron registradas dos temporadas climáticas lluvias 2008 y secas 2009, siendo la primera temporada donde se registraron los valores más altos en pH y la segunda los más bajos con un intervalo entre estas de 0.61 (Fig. 90). En comparación con el pH de la superficie existen los mismos valores altos en la temporada de secas 2009 en comparación a lluvias 2008.

Las temporadas climáticas de lluvias 2008 y secas 2009 fueron diferentes, significativamente ( $p \leq 0.05$ ), en el fondo. Las dos temporadas climáticas, fueron iguales, cada una, significativamente ( $p > 0.05$ ), en fondo y superficie; es decir, el pH en toda la columna de agua no se modifica.

Abarca (2007), menciona que las variaciones de pH hacia la alcalinidad se deben principalmente a la actividad de organismos que intervienen en el ciclo de  $\text{CO}_2$ , tales como los moluscos y bivalvos que a su muerte, liberan cantidades significativas de carbonatos. Otra causa es la precipitación de  $\text{CaCO}_3$  a partir de los suelos calcáreos y su resuspensión, tal es el caso del SLM en donde existen grandes cantidades de moluscos y bivalvos.

Luna *et al.* (1982), reporta un máximo de 8.24 y 8.30 en el pH para dos tipos de muestreo en la época de secas y un mínimo de 7.51 y 7.54 en la época de lluvias, mencionando, además, que existe una disminución hacia los meses de lluvias; en cambio en este estudio el promedio máximo en la época de secas es de 8.07 y un mínimo de 7.48 en la época de lluvias, notando así que existe una ligera disminución en el pH a través del tiempo, por lo que sería importante analizar este factor mas detalladamente para reafirmar este hecho.



**Fig. 90. Promedios, máximos y mínimos del pH del fondo ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

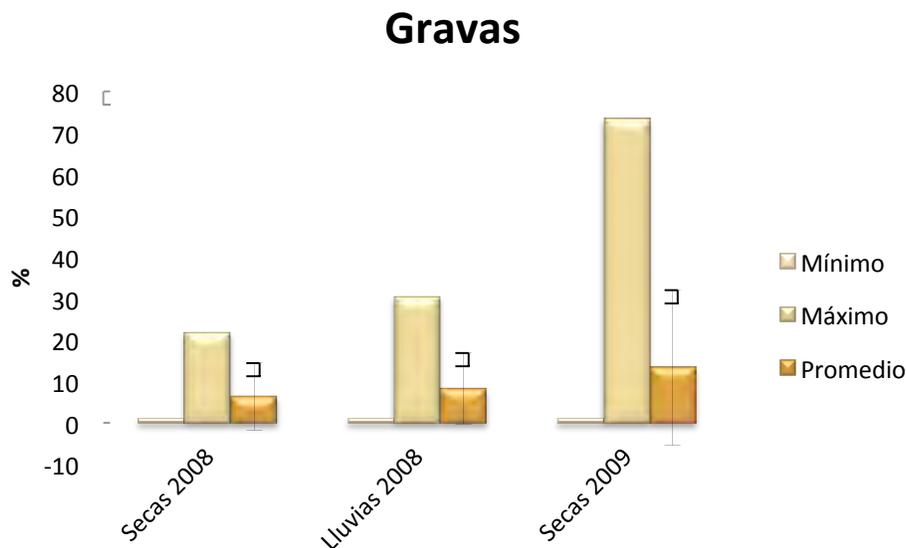
Desde el punto de vista ecológico, los sedimentos son uno de los componentes de mayor importancia ecológica dentro de los ecosistemas acuáticos porque juegan un papel relevante en el intercambio de sustancias químicas entre las fases particulada, disuelta y biológica (DeValls y Conradi, 2000).

Para el caso de las gravas, estas tuvieron su valor promedio más alto en la temporada climática de secas 2009 y el valor más bajo en secas 2008, registrando un intervalo entre las temporadas climáticas de 6.93% (Fig. 91).

Todas las temporadas climáticas resultaron ser iguales significativamente ( $p > 0.05$ ), en cuanto al porcentaje de gravas presentes en el SLM.

Según Arreguín-Sánchez (1982), la parte media de la laguna La Larga (él la llama Estero del Conchal) y gran parte de la laguna de Mandinga se caracterizan por su gran contenido de material gravoso, compuesto por restos de ostión, en el primer caso, y por restos de almejas y mitílicos en el segundo, lo cual, coincide con el presente estudio a excepción de la laguna La Larga, ya que en este estudio presentó escasa o nula presencia de gravas.

El sedimento se constituye o conforma gracias a todo el material que llega y se va depositando. El SLM es un cuerpo de agua cerrado y no recibe aportes de agua de gran relevancia. Debido a esto, no se atribuye a la época de lluvias el aporte de material gravoso, sino que es independiente de la época climática y depende en gran medida de los organismos que ahí habitan y luego pasan a formar parte del sedimento, ya que el valor mas alto de gravas estuvo registrado en secas 2009 y el más bajo en secas 2008, lo cual nos resultaría ilógico, pensando que en lluvias debería existir una mayor cantidad de gravas por el aporte terrígeno de ríos a causa de la escorrentía, tomando en cuenta que en esta época aumenta la turbulencia por la velocidad del flujo de agua y por lo tanto el tamaño de las partículas que se arrastran.



**Fig. 91. Promedios, máximos y mínimos de gravas (%) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

Las arenas registraron su valor más alto en lluvias 2008 y su valor más bajo en secas 2008 presentándose un intervalo entre las diferentes temporadas climáticas de 7.3% (Fig. 92). Todas las temporadas climáticas fueron significativamente iguales ( $p > 0.05$ ), en cuanto al porcentaje de arenas registrado en el SLM.

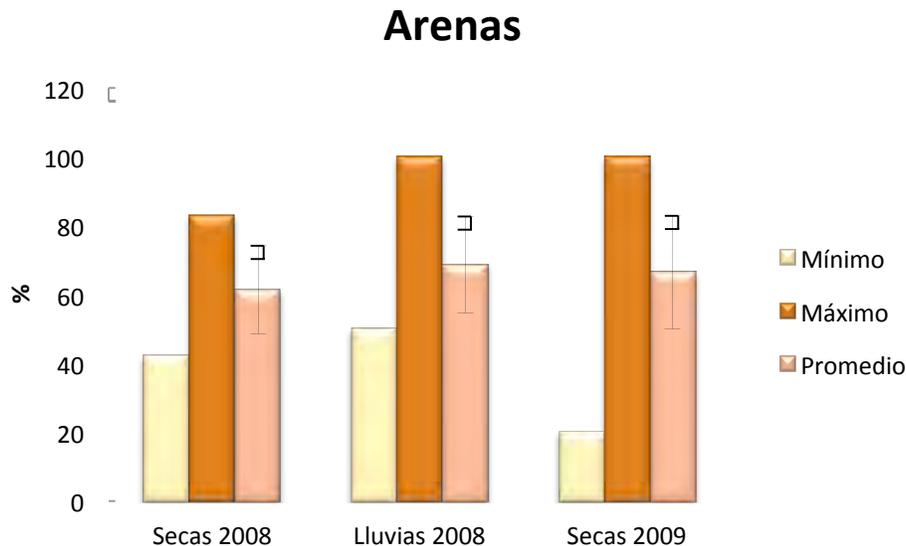
El viento es un factor importante que ayuda a que las arenas y limos viajen hacia los cuerpos de agua y hacia las corrientes, lo que se reitera considerando a los vientos registrados en el momento del muestreo en las diferentes temporadas climáticas. Los valores más altos en la velocidad de los vientos se registraron en las dos temporadas de secas, 2008 y 2009, respectivamente.

Cuando la velocidad de la corriente y la erosión disminuyen, el río ya no posee capacidad para seguir arrastrando su carga, por lo que comienza a depositarla. Los grandes ríos están conformados por partículas pequeñas y finos sedimentos arenosos y arcillosos; tal es el caso de los diferentes ríos que desembocan al mar y los aportes de agua que tiene el SLM, que si no se comparan con el tamaño del Río Jamapa, sí son los suficientemente grandes para transportar este tipo de sedimentos; además, lo lento de la corriente, por desembocar al sistema, hace que estos sedimentos sean depositados a lo largo de todo el sistema de lagunas de Mandinga.

Al igual que las gravas, el depósito de sedimento arenoso no tuvo relación alguna con la temporada climática de lluvias ni al arrastre de sedimentos por la escorrentía en esta temporada.

La distribución que muestran los sedimentos debe, por una parte, al movimiento de las masas de agua, por otra, a la presencia de organismos. En el primer caso se ven afectados los sedimentos finos, los cuales al ser transportados por la acción de las corrientes (de marea y fluviales) y por los vientos van a depositarse en las zonas de calma o bien, se acumulan en aquellos lugares donde se presenta alguna barrera que impida su desplazamiento. En la zona de comunicación con el mar y donde desemboca el arroyo de la laguna de Mandinga los sedimentos están compuestos en más del 90% por arena, observándose esto también al sur de la laguna La Redonda (Arreguín-Sánchez, 1982). Esto

concuerda con este trabajo, mencionando además que, en este estudio durante las diferentes temporadas climáticas, las arenas también se distribuyen en el centro de la laguna de Mandinga y en toda la laguna La Redonda y no sólo en el sur como lo menciona el autor anterior.



**Fig. 92. Promedios, máximos y mínimos de arenas (%) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

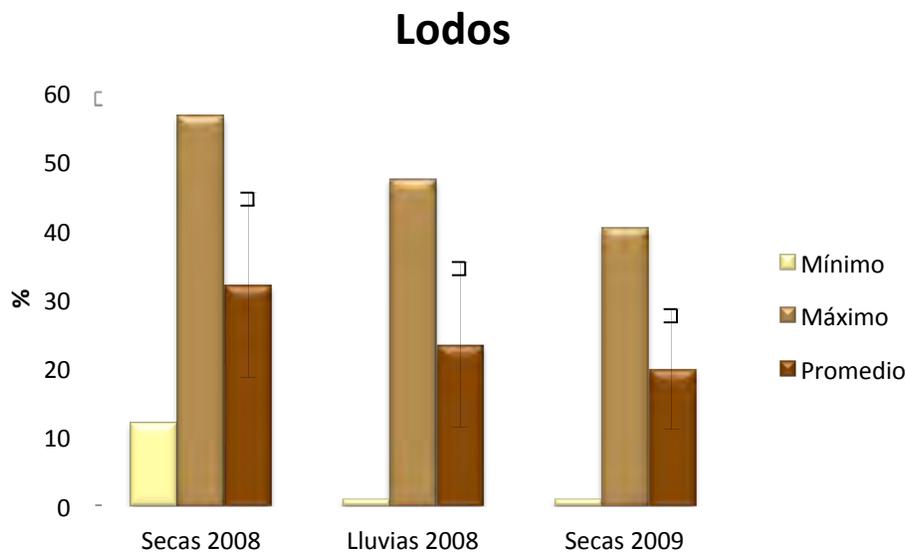
En los lodos se observó que los valores más altos, en promedio, estaban presentes en la temporada climática de secas 2008 seguida de lluvias 2008 y por último, presentando los valores más bajos, secas 2009. Estas temporadas climáticas registraron un intervalo de 12.16% (Fig. 93).

Los lodos, en cuanto a porcentaje, fueron iguales significativamente ( $p > 0.05$ ), en las temporadas climáticas de lluvias 2008 y secas 2009. Las temporadas climáticas de secas 2008 y lluvias 2008 fueron, por lo tanto, diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ), al igual que secas 2008 y secas 2009.

El viento sopla arena y limo hacia las corrientes. Este factor puede incidir directamente en la depositación en este sistema lagunar y se puede explicar gracias a los vientos con mayores velocidad en secas 2008 como en las arenas.

Revisando los sedimentos en las diferentes temporadas climáticas podemos argumentar que la época de lluvias no es importante para definir la cantidad de los mismos durante todo el año.

Hacia la parte norte y noroeste de la laguna La Redonda y en la parte central del borde oriental de la de Mandinga hay gran cantidad de material arcilloso (más del 40%) (Arreguín-Sánchez, 1982), que como sabemos este conforma a los lodos; esto concuerda con los resultados registrados en este trabajo; sin embargo, hay que mencionar que la parte norte de la laguna La Larga y el este de la laguna de Mandinga, presentaron una cantidad elevada de lodos durante las diferentes temporadas climáticas, lo que explica lo dinámicas que pueden ser las lagunas costeras y los estuarios.



**Fig. 93. Promedios, máximos y mínimos de lodos (%) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

El CO en promedio registró los valores más altos en secas 2008 y los más bajos en lluvias 2008 con un intervalo entre las temporadas de 0.41% (Fig. 94).

Las temporadas climáticas de secas 2008 y secas 2009, al igual que lluvias 2008 y secas 2009, fueron iguales significativamente ( $p > 0.05$ ), en cuanto a porcentaje

de contenido de CO. Las temporadas climáticas de secas 2008 y lluvias 2008, por lo tanto, resultaron ser diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

Guo y Santschi (1997) encontraron que el contenido de CO en dos bahías decrece a partir de la zona de los aportes fluviales hacia las aguas marinas, denotando que el CO cambia de componentes principalmente terrestres hacia componentes fitoplanctónicos durante la mezcla estuarina. En contraste Algarsamy (1991), menciona que no existe una variación definida en el contenido de CO en una región estuarina y este es aportado a las zonas costeras principalmente por la materia vegetal ya sea autóctona, como raíces y hojas de pastos; o por la vegetación alóctona que es adyacente al sistema, entre estas las marismas y los manglares. Otra fuente de los compuestos orgánicos mencionados esta constituida por el material de origen terrígeno y el de las aguas residuales que es transportado por medio de los ríos a estos ecosistemas, lo cual es mas parecido como sucede en el SLM, ya que no decrece el contenido de CO de los aportes fluviales hacia las aguas marinas debido a que los diversos afluentes y ríos que descargan al SLM no tienen una descarga importante. Por otro lado las aguas residuales pudieron influenciar de manera muy marcada el contenido de CO, debido a que las comunidades que viven alrededor de la laguna derraman sus desechos directamente a la laguna y como Preston y Prodduturu (1992), reportan, gran cantidad de materiales orgánicos provienen de los aportes domésticos e industriales y llegan por medio de ríos y afluentes a las lagunas costeras.

La concentración y distribución del CO dentro del ecosistema costero están determinadas por diferentes factores como la circulación del agua, el tamaño del grano del sedimento, la productividad biológica y la tasa de mineralización, ya que las concentraciones elevadas de este pueden obedecer a la presencia de compuestos carbonados refractarios, mientras que los lábiles son mineralizados rápidamente (Canfield, 1994).

La temporada climática de lluvias 2008 se caracterizó por una energía hidrodinámica baja (la más baja de todas las temporadas climática) y por la presencia de sedimentos finos que favorecen, también, una mayor presencia de

los componentes orgánicos.

Odum (1984) y Odum *et al.* (1984), mencionan que si la velocidad de las corrientes es inferior a los 20 cm/s las partículas pequeñas (5-10 mm) se sedimentan rápidamente, mientras que, si la velocidad es superior a los 20-40 cm/s las partículas permanecen temporalmente en suspensión. Por consiguiente en donde los procesos dinámicos ejercen una alta energía no se favorece la depositación de sedimentos finos ni de material orgánico (Calva y Torres, 2000). Del mismo modo el tamaño de los sedimentos influye en la cantidad de los materiales orgánicos que están presentes, De La Lanza (1986) y Valette (1993), reportan una relación negativa existente entre la distribución de materia orgánica y el tamaño del grano: a menor tamaño de grano, mayor acumulación de materia orgánica. Las fracciones representadas por el limo y las arcillas tiene de 27-30 veces más contenido de CO que la fracción arenosa, este contenido de CO en las fracciones finas puede ser atribuido al incremento del área superficial en dichas partículas que da como resultado un aumento en su capacidad absorbente (Padmalal y Seralthan, 1995).

Los manglares son un factor que también pudieron haber intervenido en la distribución del CO dentro de la laguna y en menor medida los pastos sumergido, que como lo indica Eatherall *et al.* (1998), los primeros constituyen una entrada alóctona de materia orgánica al sistema y los segundos constituyen una fuente autóctona de CO.

Mann (1972), indica que el aporte de materia orgánica al sedimento en los ecosistemas estuarino-lagunares se favorece por la presencia de macrovegetación (pastos marinos y macroalgas), ya que la mayor parte de su producción se incorpora a la cadena del detrito mas que a la del pastoreo; incluso Pollard y Kogure (1993), citan que en los ecosistemas tropicales las algas bentónicas y las plantas vasculares son la principal fuente de CO Además a lo largo de todo el SLM se ubican abundantes cultivos de ostión, que como reporta Calva-Benítez *et al.* (2006), constituyen una entrada adicional de material orgánico.

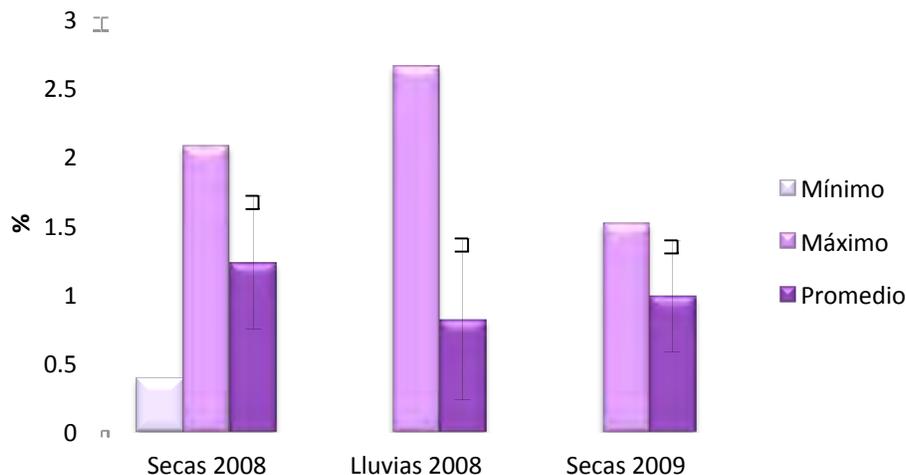
La distribución del CO en el SLM esta relacionada a diversos factores como ha

sido establecido por otros autores (Al-Ghadban *et al.*, 1994), entre los que destacan los patrones de circulación, la distribución de los sedimentos, el tamaño del grano de los mismos y los aportes alóctonos de materia orgánica. Lo anterior indica que la distribución espacial y temporal del CO dentro de la laguna es homogénea, posiblemente a la diferencia hidrodinámica de la misma durante las diferentes temporadas climáticas, ya que en cada laguna y en cada temporada climática, la fuerza y dirección de las corrientes es distinta.

Calva (1998), registró un promedio para el CO del SLM de 1.32%; además Botello *et al.* (2001), registró un promedio de 1.36% con lo que se demuestra que no difieren de los resultados presentados en este estudio; además el porcentaje registrado en la laguna están dentro de los valores normales para un estuario, que va de 0.5% a 5% (De La Lanza, 2001). Se puede decir, además que, estos estudios son recientes y faltaría tomar en cuenta estudios anteriores a estas fechas para ver si el cuerpo de agua en realidad ha cambiado, solo que no existen estudios en los que se aborden características como CO antes de esta época.

□

### Carbono Organico Total



**Fig. 94. Promedios, máximos y mínimos del CO (%) ( $\pm$  d. e.) del SLM, Ver., durante las temporadas climáticas de secas y lluvias 2008 y secas 2009.**

Este tipo de estudios, en el que se aborda el análisis de la dinámica de los

Diferentes factores fisicoquímicos y meteorológicos en diferentes temporadas climáticas, es de suma y vital importancia para saber el cambio que a tenido a través del tiempo este tipo de sistemas, ya que, hoy en día resulta indispensable saber qué tanto ha cambiado un ecosistema para poder definir las causas que han provocado este tipo de sucesos y además poder dar soluciones viables en cuanto a la recuperación del mismo.

Los ecosistemas acuáticos suelen ser mucho más dinámicos y susceptibles de modificación que varios tipos de ecosistemas terrestres, y en muchos casos, los cambios en ecosistemas acuáticos puede llegar a ser drásticos luego de periodos relativamente largos de aparente - y engañosa - resistencia a las alteraciones. En realidad, la fragilidad de los ecosistemas acuáticos tiene que ver con una teoría en desarrollo que involucra la posibilidad de estados sucesivos de estabilidad, la cual, en caso de deterioro de variables importantes, puede generar una “caída” del ecosistema hacia algún otro estado relativa y temporalmente estable pero quizá depauperado en riqueza de especies y de funciones ecosistémicas (véase Hobbs y Norton, 1996). Si el deterioro progresivo continúa, se volverán a vencer la resistencia y la resiliencia del nuevo estado estable, haciendo que el ecosistema acuático descienda más “peldaños”. Si esto ocurre así, cada vez será más difícil retornar el sistema hacia estados similares a alguno de aquellos estables previos con mayor riqueza biótica y de funcionamiento. Mas allá de sus procesos hidrológicos y erosivos, lo que resulta especialmente frágil en los ecosistemas acuáticos es su biodiversidad, pues la biota local ha evolucionado durante miles (o hasta millones) de años conformando comunidades ecológicas únicas (Sánchez, 2007).

Dentro del enfoque biológico, este tipo de estudios ayuda en gran medida a conocer la distribución de muchas especies acuáticas, en el que el conocimiento de la biología de las especies se hace a través de los diferentes factores fisicoquímicos, ya que, de estos se desprenden los intervalos de tolerancia que los diferentes organismos pueden soportar para su reproducción, alimentación, supervivencia, etc.

De todo esto se desprende la preocupación sentida y expresada por los usuarios de agua (por ejemplo, virtualmente todos los humanos), por muchos científicos especialistas, por autoridades, por organizaciones civiles y otros autores sociales, respecto al estado lamentable que guardan la mayor parte de las corrientes y cuerpos estacionarios de agua dulce, de ríos y estuarios, de puertos marítimos y arrecifes, entre otros ecosistemas, y la preocupación por las acciones insuficientes y por los resultados escasos o nulos respecto a su conservación.

La fragilidad de los ecosistemas acuáticos tiene, además, implicaciones de fragilidad social, pues en casos en los que comunidades rurales ven disminuido sus acceso al agua en calidad, cantidad y certeza de su existencia en el futuro, sufrirán problemas de salud y económicos, que terminan por convertirse en focos de inestabilidad social, cuya justificación no podría ser mas clara (Sánchez, 2007).

La multiplicidad de respuestas para cuidar los cuerpos acuáticos requiere de una responsabilidad que no es tarea de un solo grupo sino todo una red de trabajo comunitario que va desde el individuo hasta el gobierno, para asegurar que las futuras generaciones de mexicanos (y desde luego la comunidad mundial) puedan beneficiarse de la riqueza que representa la diversidad de ecosistemas de los humedales y dentro de ellos las lagunas costeras.

El objetivo principal de la conservación es mantener los entornos naturales en un estado óptimo de composición de especies nativas, de estructuración de estas y de funcionalidad homeostática autónoma, considerando las actividades humanas como componente de sus procesos ecológicos.

La evidencia diariamente visible para todos, muestra que la trayectoria que ha seguido el desarrollo económico ha causado daños drásticos en la mayor parte de los ecosistemas acuáticos. Un factor adicional que enfatiza la preocupación respecto a los ecosistemas acuáticos es que, una vez rotos sus periodos naturales de relativa estabilidad, el ritmo de recuperación de algunos de ellos puede ser muy lento, lo cual, sin duda, puede colocar en grave riesgo de extinción a algunas de sus especies o comunidades bióticas mas delicadas, y puede comprometer el bienestar humano.

La evolución de los cuerpos de agua, marinos y dulceacuícolas, lóticos y lénticos, superficiales y subterráneos, a tomado muchos millones de años. Su ritmo natural de cambio es lento. Pero en abierto contraste, la mayoría de los cambios que la civilización humana induce o provoca de modo directo sobre los ecosistemas acuáticos, han ocurrido en la escala de apenas décadas, siglos o milenios. A partir del siglo XX el desarrollo tecnológico agropecuario e industrial, el formidable incremento de tamaño de los asentamientos humanos (de la población humana en general), la enorme cuantía de los desechos que estos generan, y el desdén y abuso con que se han utilizado arroyos, ríos, cenotes, lagos y estuarios como fuente de agua, proveedores de fuerza motriz o como simples drenajes, han causado daños severos en plazos de apenas decenios o años. Muchas de estas alteraciones probablemente ya no son reversibles. En otros casos, aunque los daños sean técnicamente reversibles, las condiciones socioeconómicas prevalecientes son tales que no reducirán la presión sobre los ecosistemas acuáticos en los plazos corto o mediano. Esto genera ciclos viciosos. Urge restaurar cuanto antes muchísimos ecosistemas acuáticos de México, lo cual incluye mucho trabajo para la reducción o eliminación de las causas del deterioro, para el mejoramiento de las aguas, la reducción del abuso de ésta en todas sus formas, la restitución de las funciones ecosistémicas, la eliminación o reducción significativa de la presencia de especies exóticas, la reintroducción de especies nativas de flora y fauna donde sea necesario, y muchos rubros más. En última instancia, además de la preocupación por salvar el patrimonio de biodiversidad acuática de México, se trata de preservar las fuentes de innumerables recursos útiles para el desarrollo humano; incluido el económico. Se trata de mantener en buenas condiciones la fisonomía, la fisicoquímica, la naturaleza y los ritmo de cambio naturales, la biodiversidad biológica nativa (genética, orgánica, poblacional, de especies y de comunidades) y la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos de México. Todo ello es prerequisite para recuperar la disponibilidad permanente, la riqueza y la belleza escénica de las aguas de México (Sánchez, 2007).

Se debe implementar un programa operativo de ordenamiento ecológico, en el cual queden bien definidas las áreas de conservación, protección y desarrollo, y que incluya un esquema de negociación de las áreas con conflicto de intereses, para evitar decisiones sectoriales que pueden obstaculizar la conservación (Flores-Verdugo *et al.*, 2007).

Pero además, de cualquier diseño que se logre construir para la conservación de los ecosistemas terrestres y acuáticos, debe considerar el estilo de vida que desean los habitantes rurales de cada región intentando mantener la vocación natural de cada ecosistema acuático, reintegrando en ella los modelos de vida tradicionales y propios de esas comunidades. Es necesaria una responsabilidad efectiva de la sociedad hacia los ecosistemas acuáticos, la cual pasa por la catalogación y el diagnóstico de los principales problemas que estos presentan, pero no debe limitarse a eso; debe pasar a la acción. Una sociedad responsable debe proyectar su interacción con los distintos ecosistemas acuáticos, a plazos en el futuro. La conservación de los cuerpos de agua y los ecosistemas que contienen depende de que las comunidades humanas, agrícolas, urbanas industriales, reordenen y moderen sus demandas, así como las descargas que hacen sobre los cuerpos de agua, y de que las culturas rurales tradicionales asociadas con los ecosistemas acuáticos, encuentren verdaderos estímulos para continuar con su milenario proceso de interacción con los cuerpos de agua y su biodiversidad (Sánchez, 2007).

Dentro de todo este ámbito un punto importante es aquel en el se aborda la contribución a los esfuerzos para incrementar la conciencia de la comunidad en general, acerca de lo dinámicos de los cuerpos de agua y en especial de las lagunas costeras dejando atrás la idea de que son sistemas inmutables y que duraran, como ahora los vemos, durante muchos años más, además, ayudará a guiar a la comunidad para asegurar que México continúe disfrutando de su amplia diversidad de cuerpos de agua y en consecuencia, de los servicios que proveen a las personas y, desde luego, al planeta.

## Conclusiones

Los parámetros fisicoquímicos cambiaron a consecuencia de las condiciones meteorológicas presentes en los diferentes muestreos, lo que demuestra lo dinámico que pueden ser los sistemas lagunares costeros.

El SLM es un cuerpo de agua somero con una profundidad promedio de 131.4 cm durante las diferentes temporadas climáticas. Es el cuerpo de agua con las mayores temperaturas en todo el estado de Veracruz con un promedio entre las diferentes temporadas climáticas, tanto de la superficie como del fondo, de 29.28 °C como se había establecido en estudios anteriores; además de su situación latitudinal, que refleja la región subtropical, en donde los valores elevados de temperaturas son comunes a lo largo del año con un promedio de 27.81 °C en la temperatura ambiental en las tres temporadas climáticas.

Los cambios de salinidad se ven afectados con la temporada climática existente en el momento del muestreo, encontrando que se puede caracterizar como un cuerpo de agua polihalino con un promedio de 25.26 ups tanto de la superficie como del fondo durante las diferentes temporadas climáticas. La conductividad mantiene una relación directa con la salinidad.

De acuerdo a la cantidad de oxígeno disuelto promedio registrado para las diferentes temporadas climáticas, el cual fue de 8.43 mg/L, tanto de la superficie como del fondo, nos indica que el cuerpo de agua está bien oxigenado y sus variaciones dependen, fundamentalmente, al igual que la transparencia, de las condiciones de tipo locales más que estacionales.

El pH se mostró ligeramente alcalino en las diferentes temporadas climáticas con un promedio de 7.83 tanto de la superficie como del fondo.

La textura y porcentaje de los sedimentos nos indican que la laguna tiene una textura de tipo arena lodosa con huellas de grava.

El CO con un promedio de 1.003%, tanto de la superficie como del fondo, nos indica que la laguna se encuentra dentro del porcentaje normal para una laguna costera.

De acuerdo a la escala de Forel-Ule es un cuerpo de agua productivo.

No existió estratificación en las diferentes temporadas climáticas debido a que es un cuerpo de agua somero, excepto en el oxígeno disuelto en el que se nota un cambio a lo largo de columna de agua.

## Literatura citada

- Abarca, F. J. 2007. Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: Sánchez, O., M. Herzing, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (Eds.). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. SEMARNAT, INE, United States Fish & Wildlife Service, Unidos para la Conservación A. C., Escuela de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 113-118 pp.
- Al-Ghadban, A. N., P. G. Jacob y F. Abdali. 1994. Total organic carbon in the sediments of the Arabian Gulf and Need for biological productivity investigations. *Marine Pollution Bulletin* 28: 356-362.
- Algarsamy, R. 1991. Organic carbon in the sediments of Manovi Estuary, Goa. *Indian Journal of Marine Sciences* 20 (3): 221-222.
- Arellano, G. R. y F. Gutiérrez-Espinosa. 1987. Comportamiento del fósforo en la laguna de Mandinga, Ver., México. *Resúmenes VII Congr. Nal. Oceanogr.* 423 pp.
- Arreguín-Sánchez, F. 1976. Notas preliminares sobre las jaibas (*Porunidae*, *Callinectes* spp.) en las lagunas de Maninga, Ver. *Mem. Reun. Recursos de Pesca Costera de México. Inst. Nal. De Pesca*: 159-171 pp.
- Arreguín-Sánchez, F. 1978. Contribución al conocimiento del la hidrobiología de las lagunas de Mandinga, Ver., México. *Resúmenes VI Congr. Nal. Oceanogr.* 80 pp.
- Arreguín-Sánchez, F. 1982. Contribución al conocimiento de la hidrobiología de las lagunas de Mandinga, Veracruz, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Méx.* 26: 111-134.
- Arroyo, H. J. 1986. Evaluación de algunos aspectos biológicos y poblacionales relacionados con la explotación del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin) en el Sistema Lagunar de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México 8-12, 14-19,42-43 pp.

- Blabber, S. J. M. 2002. Fish in hot water: the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. *Journal of Fish Biology* 61 (Supplement A): 1-20.
- Botello, A. V., L. G. B. Calva y G. V. Ponce. 2001. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from coastal lagoons of Veracruz State, Gulf of Mexico. *Bulletin Environmental Contamination & Toxicology* 67: 889-897.
- Callaway, J. C., Sullivan, J. S. Desmond, G. D. Williams y J. B. Zedler. 2001. Assessment and monitoring. En: J. B. Zedler (Ed.). Handbook for Restoring Tidal Wetlands. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Calva, B. L. G. 1998. Determinación del porcentaje de carbono orgánico y análisis granulométrico de los sedimentos en las lagunas Alvarado y Mandinga, Veracruz. 13-15.
- Calva, B. L. G. y R. Torres A. 2000. Distribución de carbohidratos, carbono y nitrógeno orgánico en sedimentos de tres lagunas del Golfo de México. *Hidrobiológica* 10 (2): 101-114.
- Calva-Benítez L. G., A. Pérez-Rojas y A. Z. Márquez- García. 2006. Contenido de carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del Sistema Costero Lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas. *Hidrobiológica* 16 (2): 127-136.
- Camarena, R. F. 1982. Contribución al conocimiento de la fase postlarvaria del camarón (*Penaeus spp.*), en el sistema de lagunas costeras de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.
- Canfield, D. E. 1994. Factors influencing organic carbon preservation in marine sediments. *Chemical Geology* 114 (3): 315-329.
- Castañeda-Lopez O. y F. Contreras-Espinosa. 1994. Bibliografía comentada sobre Ecosistemas Marinos Mexicanos (Tamaulipas a Veracruz), CONABIO/UAMI/CDELM, Vol. III. 618.
- Cervantes, M. 2007. Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. En: Sánchez, O., M. Herzing, E. Peters, R. Márquez y L.

- Zambrano (Eds.). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. SEMARNAT, INE, United States Fish & Wildlife Service, Unidos para la Conservación A. C., Escuela de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. 64-66 pp.
- Chávez E. A., B. Anguas, F. Arreguín-Sánchez y J. Sánchez. 1976. Prospección ecológica de las lagunas de Mandinga, Ver. *Mem. I Reun. Lat. Cienc. Technol. Ocean.* (México): 140-162 pp.
- Chávez, S. 1980. Elementos de oceanografía. 4ta Ed., Compañía Editorial Continental, S. A., México, 127-136 pp.
- Clark, R. C. 1992. Integrated Management of Coastal Zones. *FAO Fisheries Technical Paper No. 327. Italia.* 167.
- Contreras-Espinosa, F., O. Castañeda-Lopez, E. Barba-Macías y M. A. Pérez-Hernández. 2002. Caracterización e importancia de las lagunas costeras, 31-43 pp. En: Guzmán, A. P., C. Quiroga B., C. Díaz L., D. Fuentes C., C. M. Contreras y G. Silva L. 2002. La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana. México. 434 pp.
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas, Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca, D.F. 253 pp.
- Day, J. W., W. G. Smith, P. R. Wagner y W. C. Stone, 1973. Community structure and carbon budget of a salt marsh and shallow bay estuarine system in Louisiana. Center for Wetland Resources, Louisiana State University, Baton Rouge. 80 pp.
- De La Cruz-Aguero, G. 1993. A preliminary model of Mandinga Lagoon, Veracruz, Mexico. En: V. Christensen and D. Pauly (Eds). Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM, Manila. 193-196 pp.
- De La Lanza, E. G. 1986. Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Camanero; importancia, comportamiento y significado en

- modelos de predicción. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México* 13 (1): 251-286.
- De La Lanza, E. G. 1994. Química de las lagunas costeras y el litoral mexicano. 127-198 pp. En: De La Lanza, E. G. y C. Cáceres M. (Eds.). 1994. Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 534 pp.
- De La Lanza, E. G. 2001. Características físico-químicas de los mares de México. Plaza y Valdes editores, México. 149 pp.
- De La Lanza, E. G. y C. Cáceres M. (Eds.). 1994. Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- DelValls, T. A. y M. Conradi. 2000. Avances en ecotoxicología marina: comparación entre tests de laboratorio y estudios *in situ* para la evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos. *Ciencias Marinas* 26 (1): 39-64.
- De Sylva, D. P. 1985. Nektonic food webs in estuaries. Chap. 11: 233-246 pp. En: A. Yañez-Arancibia (Ed.). 1985. Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration, DR (R) UNAM press. México. 654 pp.
- Eatherall, A., P. S. Naden y D. M. Cooper. 1998. Simulating carbon flux to the estuary: The first step. *Science of the Total Environment* 210 (6): 519-533.
- Flores-Verdugo, F. J., C. M. Agraz-Hernández, D. B. Pardo. 2007. Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. En: Sánchez, O., M. Herzing, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (Eds.). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. SEMARNAT, INE, United States Fish & Wildlife Service, Unidos para la Conservación A. C., Escuela de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 158 pp.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (*Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*). 4a. ed., Ed. Enriqueta García de Miranda, México, D. F. 220 pp.

- García, E. 1990. Carta de Climas. *Atlas Nacional de México*. Instituto de Geografía, UNAM.
- Guo, L. D. y P. H. Santschi. 1997. Isotopic and elemental characterization of colloidal organic matter from the Chesapeake Bay and Galveston Bay. *Marine Chemistry* 59 (2): 1-15.
- Guzmán-García, X., G. Barrera-Escorcía e I. Wong-Chang. 2005. Efectos del almacenamiento en la calidad sanitaria del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. 525-534 pp. En: A. V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias. 2a ed., Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Itsmo Americana, Gobierno del Estado de Veracruz-COEPSA y H. Ayuntamiento de Coatzacoalcos, Veracruz. 696 pp.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification. En: M. Wiley (ed.). Estuarine processes, circulation, sediments and transfer of materials in the estuary. Academic Press, Inc., Nueva York, 2:182-215 pp.
- Luna, R. M. M., D. Martínez A. y F. J. Ramos D. 1982. Estudio preliminar de algunos parámetros hidrológicos de las lagunas de Mandinga, Ver., México durante dos épocas climáticas diferentes. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza. UNAM. 68 pp.
- Mann, K. H. 1972 Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters. *Mem. Inst. Ita. Hidrobiol.* 29: 353-386 pp.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, España. 39-46, 58-72 pp.
- Martosubroto, P. y N. Naamin. 1977. Relation between tidal forest (mangrove) and commercial shrimp production in Indonesia. *Mar. Res. Indonesia* (18): 81-85.

- Odum, W. E. y E. J. Heald. 1975. Mangrove forest and aquatic productivity. Cap 5. En: An introduction to land-water interaction. Spinge-Verlag Ecological Study Series, Nueva York. 135 pp.
- Odum, W. E. 1984. Dual-gradient concept of detritus transport and processing in estuaries. *Bulletin of Marine Science* 35 (3): 510-521 pp.
- Odum, W. E., S. J. Fisher y J. C. Pickral. 1979. Factors controlling the flux of particulate organic carbon from estuarine wetlands. En: R. J. Livingston (Comp.). *Ecological Processes in coastal and marine systems*. Plenum Press. New York. 447 pp.
- Padmal, D. y P. Seralathan. 1995. Organic carbon and phosphorus loading in recently deposited riverine and estuarine sediments, a granulometric approach. *Indian Journal of Earth Sciences* 22: 21-28.
- Pollard, P. C. y K. Kogure. 1993. Bacterial decomposition of detritus in a tropical seagrass (*Syringodium isoetifolium*) ecosystem, measured with [Methyl-3H] thymidine. *Australian Journal Freshwater Research* 44 (1-2): 155-172.
- Portilla, O. E. 2005. Lagunas costeras de Veracruz. Primer encuentro de experiencias de manejo colectivo de los recursos costeros. Instituto de Investigaciones Biológicas. Universidad Veracruzana. México. 22 pp.
- Preston, M. R. y P. Prodduturu. 1992. Tidal variations of particulate carbohydrates in the Mersey Estuary. *Estuarine, Coastal and Marine Science* 34: 37-48.
- Reguero, M. y García-Cubas, C. A. 1993. Moluscos de complejo lagunar Larga-Redonda-Mandinga, Veracruz, México: Sistemática y ecología, *Hidrobiológica*, UAM-Iztapalapa, México. 3 (1-2): 41-70.
- Rocha, R. A. 1983. Distribución y abundancia del ictioplancton del sistema lagunar de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura (Biología), Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 2-9, 13-20, 54-55 pp.
- Sánchez-Chávez, J. 1976. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de las lagunas de Mandinga, Ver. Méx. *Mem. I Reun. Lat. Cienc. Tec. Méx.*: 110-162 pp.

- Servicio Meteorológico Nacional. 2010. Climatología, Temperatura y precipitación mensual. Comisión Nacional del Agua. México. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/>. Fecha de acceso: Octubre 2011.
- Smith, R. L. 1980. Ecology and field biology. 3ª ed. Harper & Row, Nueva York.
- Valette, S. N. 1993. The use of sediment cores to reconstruct historical trends in contamination of estuarine and coastal sediments. *Estuaries* 16 (3B): 577-588.
- Vázquez, G. F. 1983. La fisicoquímica de la laguna de Mandinga, el río Jamapa y su zona de mezcla, Ver., México. Tesis de doctorado. UNAM. 203 pp.
- Wetzel, R. G. 1981. Limnología. Ediciones Omega, S. A., Barcelona, España. 112-139 pp.
- Whittaker, R. H. y G. E. Linkens. 1975. The Biosphere and man. En: H. Lieth y R. H. Whittaker (eds.). Primary productivity of the Biosphere. Springer-Verlag, Nueva York, 21 pp.