

# **UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## **TESIS**

**CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA  
BATIMETRÍA, PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y  
SEDIMENTOS DEL SISTEMA LAGUNAR MAR  
MUERTO, OAXACA-CHIAPAS, MÉXICO**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTAN

**SERGIO ALFREDO RÍOS TOLEDO**

**ISAIAS PÉREZ LUJAN**



Tonalá, Chiapas

Junio, 2018

# **UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## **TESIS**

**CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA  
BATIMETRÍA, PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS  
Y SEDIMENTOS DEL SISTEMA LAGUNAR MAR  
MUERTO, OAXACA-CHIAPAS, MÉXICO**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTAN

**SERGIO ALFREDO RÍOS TOLEDO**

**ISAIAS PERÉZ LUJAN**

Director

**M. en C. JOSÉ REYES DÍAZ GALLEGOS**

Asesora

**M en C. JOANNA ACOSTA VAZQUEZ**



## **AGRADECIMIENTOS**

**De la manera más atenta agradecemos a cada una de aquellas personas que contribuyeron en la realización de esta tesis, especialmente a:**

El cuerpo académico del Centro de Investigaciones Costeras (CEICO) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) con sede en Tonalá, Chiapas, por sus aportes en nuestra formación académica.

Nuestro director de tesis M. en C. José Reyes Díaz Gallegos, por la confianza y motivación recibida en el proceso de planeación, realización y revisión de la presente tesis. Por su valiosa amistad, consejos y enseñanzas académicas transmitidas, ¡gracias maestro! Por ser ejemplo a seguir.

La comisión revisora de esta tesis, M. en C. Alexis Fanuel Velasco Ortiz, M. en C. Ignacio Díaz Galdámez y M. en C. José Reyes Díaz Gallegos, por su valuable tiempo y preocupación por optimizar la redacción de la presente investigación.

El M. en C. Arkady Uscanga Martínez, encargado del Laboratorio de Sanidad y Nutrición Acuícola del Centro de Investigaciones Costeras (CEICO) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), por facilitar los aparatos multiparametricos encargados de registrar los datos de los parámetros fisicoquímicos analizados en la presente tesis.

El Biol. William Rodríguez Valencia, técnico del Área de Reproducción Acuicultura del Centro de Investigaciones Costeras (CEICO) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), por su apoyo en la calibración y uso de los aparatos multiparametricos utilizados en esta investigación.

La Biol. Yessica Noemí Velázquez López, encargada del Laboratorio de Docencia (B), por facilitar el equipo necesario para el análisis de las muestras de sedimento.

Biol. Luis Alberto Altamirano Pérez, por su valioso apoyo en los muestreos y asesoría en la elaboración de los mapas temáticos que se presentan en esta tesis.

Nuestros amigos Osmar Vicente Villatoro, Juan Daniel Vázquez García, María Estefany Gordillo Martínez y Cecilia Gabriela Reyes Toledo, por su apoyo técnico en los muestreos, gracias por tomar el riesgo que esto significo.

Nuestros familiares que hicieron posible con su apoyo económico la realización de los muestreos, parte esencial en la elaboración de esta tesis.

# DEDICATORIA

**Sergio Alfredo Ríos Toledo**

Este logro académico está especialmente dedicado a la memoria de mis padres, el Sr. José Luis Ríos Martínez † y Sra. María Antonieta Toledo Medina†, por regalarme la vida, por sus sabios consejos y por cada uno de los esfuerzos que realizaron para proveerme el derecho a la educación, donde quiera que ustedes se encuentren  
gracias ¡esta va por ustedes viejos!

A mi esposa María Guadalupe López Amaya e hija Limne Guadalupe Ríos López por ser las principales motivaciones para la culminación de esta tesis, por su valioso apoyo, confianza y cariño incondicional.

A mis hermanos Sandra Jessica Ríos Toledo, José Luis Toledo Medina y a todo el resto de la familia Toledo Medina y Ríos Martínez, por creer en mí y apoyarme en las buenas y en las malas.

A mis suegros el Sr. Alejo López Santos y Sra. Zoila Esmeralda Amaya Natarén por su apoyo moral e incondicional.

**Isaías Pérez Lujan**

**A Dios;**

Por haberme permitido llegar hasta este momento de vida y lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

**A mi madre Martha;**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, que me ha permitido ser una persona de bien, gracias por llevarme en tus oraciones.

**A mi padre Nicolás +;**

Por los ejemplos de perseverancia, constancia y por ser un padre que me enseñó valores para salir adelante.

**A mis familiares;**

Agradezco infinitamente el apoyo moral y económico a mis hermanos; Olber, Floribel, Dora Lety, Jovanna, en la realización de la presente tesis, así también agradezco a mi Esposa Sury Saday e hijo Jecksón por su apoyo incondicional.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCION .....	18
II. MARCO TEORICO .....	22
2.1 Las lagunas costeras y sus múltiples importancias .....	22
2.2 Principales agentes en la dinámica de lagunas costeras.....	23
2.2.1 Las mareas y sus orígenes.....	23
2.2.2 Tipos de mareas .....	24
2.2.3 Descargas de agua dulce por afluentes .....	25
2.2.4 Esfuerzo del Viento .....	26
2.3 Parámetros fisicoquímicos en lagunas costeras y sus variaciones.....	26
2.3.1 Temperatura.....	27
2.3.2 Salinidad .....	27
2.3.3 Oxígeno Disuelto .....	27
2.3.4 Potencial de hidrogeno .....	28
2.4 Batimetría.....	28
2.5 Los sedimentos en lagunas costeras .....	29
2.5.1 Distribución de sedimentos en lagunas costeras .....	30
2.5.2 Importancia de la caracterización de los sedimentos en lagunas costeras .....	30
2.6. Enfoque ecológico en el estudio de lagunas costeras.....	31
III. ANTECEDENTES .....	32
IV. OBJETIVOS.....	35
4.1 Objetivo General .....	35
4.2 Objetivos Específicos .....	35
V. AREA DE ESTUDIO .....	36
5.1 Clima.....	36
5.2 Características físicas .....	36
5.3 Características químicas .....	38
5.4 Flora.....	40
5.5 Fauna.....	40
VI. MATERIALES Y METODOS.....	41
6.1. Diseño del plan de muestreo .....	41

6.2 Trabajo de campo .....	43
6.2.1 Determinación de la batimetría .....	43
6.2.2 Medición de los parámetros fisicoquímicos en superficie y fondo .....	44
6.2.3 Obtención de sedimentos.....	45
6.3 Trabajo de laboratorio .....	46
6.4 Análisis de datos .....	48
6.4.1 Análisis de distribución de frecuencias .....	48
6.4.2 Análisis factorial por medio del análisis de componentes principales (ACP). .....	48
6.4.3 Comparación de medias, mediante la prueba T para muestras relacionadas. ....	49
6.4.4 Trabajo de gabinete. ....	49
<b>VII RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
7.1 Parámetros ambientales.....	52
7.2 División del Sistema Lagunar Mar Muerto .....	53
7.3 Batimetría del SLMM en la temporada de seca .....	55
7.4 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del SLMM en la temporada de seca. .....	60
7.4.1 Temperatura .....	60
7.4.2 Salinidad .....	65
7.4.3 Oxígeno disuelto.....	70
7.4.4 Potencial de Hidrógeno .....	75
7.5 Análisis estadístico de la profundidad y los parámetros fisicoquímicos del SLMM en la temporada de seca. ....	78
7.5.1 Análisis de componentes principales .....	78
7.5.2 Prueba T para dos muestras relacionadas.....	82
7.6 Batimetría del SLMM en la temporada de lluvia .....	84
7.7 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del SLMM en la temporada de lluvia .....	88
7.7.1 Temperatura.....	88
7.7.2 Salinidad .....	93
7.7.3 Oxígeno disuelto.....	98
7.7.4 Potencial de Hidrógeno .....	103
7.8 Análisis estadístico de la profundidad y los parámetros fisicoquímicos del SLMM en la temporada de lluvia.....	107

7.8.1 Análisis de componentes principales .....	107
7.8.2 Prueba T para dos muestras relacionadas.....	110
<b>7.9 Comparación de los parámetros fisicoquímicos en las temporadas de seca y lluvia. .</b>	<b>112</b>
7.9.1 Temperatura Superficial .....	112
7.9.2 Temperatura Fondo.....	116
7.9.3 Salinidad Superficial.....	120
7.9.4 Salinidad de Fondo .....	124
7.9.5 Oxígeno disuelto Superficial .....	129
7.9.6 Oxígeno Disuelto de Fondo .....	132
7.9.7 Potencial de Hidrógeno Superficial y fondo .....	136
<b>7.10. Caracterización y distribución espacial de los sedimentos, en el SLMM, según su textura. ....</b>	<b>140</b>
7.10.1 Porcentaje de conchas (restos de moluscos y bivalvos muertos) en sedimentos .....	143
<b>7.11 Análisis estadístico de la batimetría, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM. ....</b>	<b>145</b>
7.11.1 Análisis de componentes principales (ACP temporada de seca .....	145
7.11.2 Análisis de Componentes Principales (ACP) de temporada de lluvia .....	147
<b>VIII. DISCUSIÓN .....</b>	<b>150</b>
<b>IX. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>166</b>
<b>X. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>169</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>171</b>
<b>XII. ANEXOS .....</b>	<b>177</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Metodología utilizada en la determinación de los parámetros morfométricos del SLMM (citado en Herrera, 2002). .....	51
Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de los datos de profundidad (valor mínimo, máximo, media y desviación estándar) del SLMM, temporada de seca, año 2015. ....	55
Cuadro 3. Distribución de frecuencia de la profundidad del SLMM, en la temporada de seca del año 2015. ....	58
Cuadro 4. Estadísticos descriptivos de los datos de temperatura superficial y de fondo del SLMM, del periodo de secas del año 2015. ....	60
Cuadro 5. Distribución de frecuencia de la temperatura superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	63
Cuadro 6. Distribución de frecuencia de la temperatura de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	64
Cuadro 7. Estadístico descriptivo de la salinidad superficial y de fondo del SLMM, del periodo de seca del año 2015.....	65
Cuadro 8. Análisis de distribución de frecuencia de la salinidad superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	68
Cuadro 9. Distribución de frecuencia de la salinidad de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	69
Cuadro 10. Estadístico descriptivo del oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, del periodo de seca del año 2015.....	70
Cuadro 11. Distribución de frecuencia del oxígeno disuelto superficial del SLMM, del periodo de seca del año 2015.....	73
Cuadro 12. Distribución de frecuencia del oxígeno disuelto de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	74
Cuadro 13. Estadístico descriptivo del potencial de Hidrógeno del SLMM, del periodo de seca del año 2015. ....	75
Cuadro 14. Distribución de frecuencia del potencial de Hidrógeno del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	77
Cuadro 15. Matriz de correlación de los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca, del año 2015. ....	79
Cuadro 16. Varianza total explicada de cada uno de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de seca del año 2015. ....	80
Cuadro 17. Matriz de componentes rotados (Varimax con Kaiser) del ACP, con datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca del año 2015. ....	81
Cuadro 18. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de los Parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca del año 2015. ....	82

Cuadro 19. Prueba de muestras relacionadas de los datos de los Parámetros físicoquímicos del SLMM de la temporada de seca del año 2015. ....	83
Cuadro 20. Estadísticos descriptivos de los datos de profundidad (valor mínimo, máximo, media y desviación estándar) de la temporada de lluvia del SLMM en el año 2015. ....	84
Cuadro 21. Distribución de frecuencia de la profundidad del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	86
Cuadro 22. Estadísticos descriptivos de los datos de temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	88
Cuadro 23. Distribución de frecuencia de la temperatura superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	91
Cuadro 24. Distribución de frecuencia de la temperatura de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	92
Cuadro 25. Estadísticos descriptivos de los datos de la salinidad superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	93
Cuadro 26. Distribución de frecuencia de la Salinidad superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	96
Cuadro 27. Distribución de frecuencia de la Salinidad de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia de año 2015. ....	97
Cuadro 28. Estadísticos descriptivos de los datos del Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	98
Cuadro 29. Distribución de frecuencia del Oxígeno disuelto superficial del SLMM, en el periodo de lluvia de año 2015. ....	101
Cuadro 30. Distribución de frecuencia del Oxígeno disuelto de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia de año 2015. ....	102
Cuadro 31. Estadísticos descriptivos de los datos de Potencial de hidrógeno superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	103
Cuadro 32. Resultado del análisis de distribución de frecuencia del potencial de Hidrógeno del SLMM, en el periodo de lluvia de año 2015. ....	106
Cuadro 33. Matriz de correlación de los datos de profundidad y parámetros físicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia, del año 2015. ....	107
Cuadro 34. Varianza total explicada de cada uno de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad y parámetros físicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015. ....	108
Cuadro 35. Matriz de componentes rotados (Varimax con Kaiser) del ACP, de los datos de profundidad y parámetros físicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015. ....	109
Cuadro 36. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de los Parámetros físicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015. ....	110
Cuadro 37. Prueba de muestras relacionadas de los datos de Parámetros físicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015. ....	111

Cuadro 38. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de temperatura superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	112
Cuadro 39. Prueba de muestras relacionadas de los datos de temperatura superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	113
Cuadro 40. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de temperatura de fondo del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	116
Cuadro 41. Prueba de muestras relacionadas de los datos de temperatura de fondo del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	116
Cuadro 42. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de salinidad superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	120
Cuadro 43. Prueba de muestras relacionadas de los datos de salinidad superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	120
Cuadro 44. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de salinidad de fondo del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	124
Cuadro 45. Prueba de muestras relacionadas de los datos de salinidad de fondo del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	125
Cuadro 46. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de oxígeno disuelto superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	129
Cuadro 47. Prueba de muestras relacionadas de los datos de oxígeno disuelto superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	129
Cuadro 48. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de oxígeno disuelto del SLMM, de fondo de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	132
Cuadro 49. Prueba de muestras relacionadas de los datos de oxígeno disuelto del SLMM, de fondo de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	133
Cuadro 50. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos del potencial de hidrogeno del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	136
Cuadro 51. Prueba de muestras relacionadas de los datos de potencial de hidrogeno del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015. ....	137
Cuadro 52. Matriz de correlación de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de seca, del año 2015. ....	145
Cuadro 53. Varianza total explicada de cada uno de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de seca del año 2015. ....	146
Cuadro 54. Matriz de componentes rotados (Varimax con Kaiser) del ACP, de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de seca del año 2015. ....	147
Cuadro 55. Matriz de correlación de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de lluvia, del año 2015. ....	148

Cuadro 56. Varianza total explicada de cada uno de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.....	148
Cuadro 57. Matriz de componentes rotados (Varimax con Kaiser) del ACP, de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.....	149
Cuadro 58. Lagunas costeras con mayor superficie del territorio mexicano (Contreras, 2001).....	150

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica del Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. ....	37
Figura 2. Comportamiento de la temperatura superficial del SLMM. Subsistema hidrológico de la Laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México (Tapia <i>et al.</i> , 2011).....	38
Figura 3. Comportamiento de la salinidad superficial del SLMM. Subsistema hidrológico de la Laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México (Tapia <i>et al.</i> , 2011).....	39
Figura 4. Trabajo de recolección de datos batimétricos, parámetros fisicoquímicos y sedimentos en el SLMM en las dos temporadas (seca y lluvias) el año 2015....	41
Figura 5. Mapa de distribución de las estaciones de muestreo, establecidas a cada 2 kilómetros de distancia dentro del Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México, en el año 2015.....	42
Figura 6. Estatal graduado. ....	43
Figura 7. Determinación de la profundidad. ....	43
Figura 8. GPS Garmin 60csx.....	43
Figura 9. Multiparametrico YSI 85, medidor de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. ....	44
Figura 10. Potenciómetro, Thermo Scientific, Orion 3 star pH portátil.....	44
Figura 11. Draga Van Veen.....	45
Figura 12. Tamizador de laboratorio Ro-Tap.....	46
Figura 13. Mufra (Horno de secado).....	46
Figura 14. Balanza digital. ....	46
Figura 15. Juego de tamices utilizados en el análisis granulométrico. ....	47
Figura 16. Operación del Tamizador de laboratorio Ro-Tap. ....	47
Figura 17. Elaboración de los mapas temáticos de cada una de las variables analizadas.....	50

Figura 18. Datos de precipitación y temperatura del año 2015, de la estación climatológica Los Sergios, Tonalá, Chiapas, México.....	52
Figura 19. Mapa de la división del SLMM en pampas, considerando la cercanía con las pesquerías y el conocimiento de los pescadores locales.....	54
Figura 20. Comportamiento de la profundidad del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México, en la temporada de seca. ....	56
Figura 21. Comportamiento de la profundidad en cada una de las estaciones de muestreo del SLMM, en la temporada de seca del año 2015.....	56
Figura 22. Mapa de distribución de las diferentes profundidades (Batimetría) del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México, en la temporada de seca del año 2015.....	57
Figura 23. Histograma de frecuencia de la profundidad del SLMM, en la temporada de seca del año 2015. ....	58
Figura 24. Descripción y comportamiento de la dirección y velocidad de los vientos en una zona cercana a el SLMM, durante el periodo de muestreo (seca), por medio de la rosa de los vientos, elaborada con datos de la estación climatológica Los Sergios, pertenecientes a la red de estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2015).	59
Figura 25. Graficas de cajas de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	60
Figura 26. Comportamiento de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	61
Figura 27. Mapa del comportamiento de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, Oaxaca-Chiapas, en el periodo de seca del año 2015. ....	62
Figura 28. Histograma de frecuencia relativa de la temperatura superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015. ....	63
Figura 29. Histograma de frecuencia relativa de la temperatura de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015. ....	64
Figura 30. Grafica de caja de la salinidad superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	66
Figura 31. Comportamiento de la salinidad superficial y de fondo del SLMM, del periodo de seca del año 2015.....	66
Figura 32. Mapa del comportamiento de la Salinidad superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de seca del año 2015.....	67
Figura 33. Histograma de frecuencia relativa de la salinidad superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	68
Figura 34. Histograma de frecuencia relativa de la salinidad de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	69
Figura 35. Grafica de caja del oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, del periodo de seca del año 2015.....	70
Figura 36. Comportamiento del oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	71

Figura 37. Mapa del comportamiento del Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de seca del año 2015. ....	72
Figura 38. Histograma de frecuencia relativa del oxígeno disuelto superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	73
Figura 39. Histograma de frecuencia relativa del oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.....	74
Figura 40. Grafica de caja del potencial de Hidrógeno del SLMM, del periodo de seca del año 2015.....	75
Figura 41. Mapa del comportamiento del Potencial de Hidrógeno del SLMM, en la temporada de seca del año 2015. ....	76
Figura 42. Histograma de frecuencia relativa del potencial de Hidrógeno del SLMM, en el periodo de seca del 2015.....	77
Figura 43. Gráfico de sedimentación de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca del año 2015. ....	81
Figura 44. Grafica de caja de la profundidad del SLMM, del periodo de lluvia del año 2015.....	84
Figura 45. Mapa de distribución de las diferentes profundidades (Batimetría) del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México en la temporada de lluvia del año 2015. ....	85
Figura 46. Histograma de frecuencia relativa de la profundidad del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015.....	86
Figura 47. Descripción y comportamiento de la dirección y velocidad de los vientos en una zona cercana a el SLMM, durante el periodo de muestreo (Lluvia), por medio de la rosa de los vientos, elaborada con datos de la estación climatológica Los Sergios, pertenecientes a la red de estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2015). 87	
Figura 48. Graficas de cajas de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.....	88
Figura 49. Comportamiento de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.....	89
Figura 50. Mapa del comportamiento de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de lluvia del año 2015.....	90
Figura 51. Histograma de frecuencia relativa de la temperatura superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	91
Figura 52. Histograma de frecuencia relativa de la temperatura de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	92
Figura 53. Graficas de cajas de la Salinidad superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.....	93
Figura 54. Comportamiento de la Salinidad superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.....	94

Figura 55. Mapa del comportamiento de la Salinidad superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de lluvia del año 2015. ....	95
Figura 56. Histograma de frecuencia relativa de la Salinidad superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015. ....	96
Figura 57. Histograma de frecuencia relativa de la Salinidad de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015. ....	97
Figura 58. Graficas de cajas del Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	98
Figura 59. Comportamiento del Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	99
Figura 60. Mapa del Comportamiento de Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de lluvia del año 2015. ....	100
Figura 61. Histograma de frecuencia relativa del Oxígeno disuelto superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015. ....	101
Figura 62. Histograma de frecuencia relativa del Oxígeno disuelto de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015. ....	102
Figura 63. Graficas de cajas del Potencial de hidrógeno superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	103
Figura 64. Comportamiento del potencial de hidrógeno del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015. ....	104
Figura 65. Mapa del Comportamiento del Potencial de hidrogeno del SLMM, en la temporada de lluvia del año 2015. ....	105
Figura 66. Histograma de frecuencia relativa del Potencial de hidrogeno superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015. ....	106
Figura 67. Gráfico de sedimentación de los componentes del ACP aplicado a los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015. ....	109
Figura 68. Comparación de la temperatura superficial de las temporadas de seca y lluvia del SLMM, en el año 2015. ....	113
Figura 69. Comportamiento de la temperatura superficial (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015. ....	114
Figura 70. Mapa del comportamiento de la salinidad de fondo (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015. ....	115
Figura 71. Comparación de la temperatura de fondo de las temporadas de seca y lluvia del SLMM, en el año 2015. ....	117
Figura 72. Comportamiento de la temperatura de fondo (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015. ....	118
Figura 73. Mapa del comportamiento de la temperatura de fondo (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015. ....	119
Figura 74. Comparación de la salinidad superficial de las temporadas de seca y lluvia del SLMM, en el año 2015. ....	121

Figura 75. Comportamiento de la salinidad superficial (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.....	122
Figura 76. Comportamiento de la salinidad superficial (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.....	123
Figura 77. Comparación de la salinidad de fondo de las temporadas de seca y lluvia del SLMM, en el año 2015.....	125
Figura 78. Comportamiento de la salinidad de fondo (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.....	127
Figura 79. Comportamiento de la salinidad de fondo (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.....	128
Figura 80. Comportamiento del Oxígeno disuelto superficial (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.....	129
Figura 81. Comportamiento del Oxígeno disuelto superficial (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.....	130
Figura 82. Comportamiento del Oxígeno disuelto superficial (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.....	131
Figura 83. Comportamiento del Oxígeno disuelto de fondo (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.....	133
Figura 84. Comportamiento del Oxígeno disuelto de fondo (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.....	134
Figura 85. Comportamiento del Oxígeno disuelto de fondo (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.....	135
Figura 86. Comportamiento del Potencial de hidrogeno (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.....	137
Figura 87. Comportamiento del Potencial de hidrogeno (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.....	138
Figura 88. Comportamiento del Potencial de hidrogeno (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.....	139
Figura 89. Tipos, frecuencia y superficie de sedimentos dentro del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México.....	140
Figura 90. Distribución espacial de los sedimentos del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México, en el año 2015.....	142
Figura 91. Porcentaje de concha en sedimentos del SLMM, Oaxaca-Chiapas, en el año 2015.....	144
Figura 92. Gráfico de sedimentación de los componentes del ACP aplicado a los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de seca del año 2015.....	146
Figura 93. Gráfico de sedimentación de los componentes del ACP aplicado a los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.....	149

Figura 94. Imagen de Google Earth (año 2015) que describe la presencia del canal que comunica a los sistemas lagunares Mar Muerto, con Laguna Superior e inferior de Oaxaca. ....	155
Figura 95. Imagen de Google Earth (año 1993) que describe la ausencia del canal que en la actualidad comunica a los sistemas lagunares Mar Muerto y Laguna Superior e inferior de Oaxaca. ....	156
Figura 96. Comparación de niveles de precipitación entre los años 2013, 2014 y 2015. Datos obtenidos de la estación climatológica Los Sergios, Tonalá, Chiapas, México, (Inifap, 2015). ....	158
Figura 97. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar para el año de 1992 (NOAA, 2015). ....	159
Figura 98. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar, para el año 2015 (NOAA, 2015).....	160

## RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar, evaluar el comportamiento y la variación espacio-temporal de la batimetría, parámetros fisicoquímicos y sedimentos dentro del Sistema Lagunar Mar Muerto (SLMM), Oaxaca-Chiapas, México, se estableció una cuadrícula de 157 puntos de muestreo, los cuales se efectuaron en abril-mayo y septiembre-octubre del año 2015, en cada estación de muestreo se registraron los datos de profundidad (batimetría) mediante el método de la sondaleza, la temperatura, salinidad y el oxígeno disuelto se midieron en superficie y fondo con un multiparamétrico YSI 85, el potencial de hidrogeno se obtuvo por medio de un Potenciómetro, Thermo Scientific, Orion 3 star pH portátil; mientras que el sedimento fue extraído con una draga Van Veen. Los datos batimétricos y de parámetros fisicoquímicos se analizaron mediante las técnicas estadísticas de distribución de frecuencia, componentes principales (ACP) y comparación de medias con dos muestras deferentes, las muestras de sustratos se examinaron utilizando el método de Tamizado propuesto por Folk (1969), así mismo, se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) para elaborar todos los mapas del SLMM usando la técnica de polígonos de Thiessen.

Basados en el ACP para la batimetría y los parámetros fisicoquímicos de la época de seca, se determinó que la mayor variabilidad correspondió a la temperatura, profundidad, oxígeno disuelto de superficie y fondo, revelando que las zonas con mayor temperatura y oxígeno disuelto son las de menor profundidad; para el periodo de lluvia la variabilidad más grande perteneció a la relación positiva en superficie y fondo tanto de la salinidad como del potencial de hidrogeno. Al analizar en conjunto por medio del ACP a la batimetría, parámetros fisicoquímicos, sedimentos y el porcentaje de restos de conchas (moluscos y bivalvos) que contienen estos sustratos, se estableció que en el periodo de estiaje la mayor variabilidad correspondió al porcentaje de concha en sedimentos, potencial de hidrogeno de superficie y fondo, así como el tipo de sedimento, comprobando que los valores altos de potencial de hidrogeno se localizan en sitios que presentan sedimentos de arenas gruesas con alto contenidos de restos de conchas y bivalvos, debido a la liberación de carbonato de calcio. Para la temporada de lluvia esta variabilidad estuvo definida por la salinidad, potencial de hidrogeno en superficie y fondo, además del porcentaje de concha en sedimento, lo que explica que los sitios con mayor salinidad, muestran valores altos de potencial de hidrogeno a causa de altos contenidos de restos de moluscos y bivalvos en sedimentos. La comparación de medias determinó que el SLMM no registró una marcada estacionalidad en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos, lo cual puede estar relacionado con la presencia del fenómeno oceanográfico El Niño (ENOS), el cual generó anomalías en los regímenes de lluvia, además se demostró que espacial y temporalmente de acuerdo a la distribución vertical de la temperatura, salinidad y potencial de hidrogeno, la columna de agua muestra un comportamiento homogéneo, a diferencia del oxígeno disuelto que presentó diferencias de hasta 2.5 mg/l., con altos valores en superficie. Finalmente se demuestra que este ecosistema lagunar costero mantuvo un comportamiento que difiere de lo reportado por otros autores en diferentes fechas, determinando que la presencia del fenómeno El Niño origina vulnerabilidad para el SLMM.

**Palabras clave:** Monitoreo parámetros ambientales, Cartografía batimétrica, Suelos lagunares, Bahía de Paredón

## I. INTRODUCCION

Las lagunas costeras son depresiones en la zona costera que tienen una conexión permanente o efímera con el mar, pero del cual están protegidas por algún tipo de barrera (Lankford, 1974, citado en Rendón *et al.*, 2011). En este tipo de ecosistemas acuático se lleva a cabo una mezcla de dos tipos de agua, una dulce de origen continental y otra del océano por efecto de las mareas (Contreras & Castañeda, 2004).

La variabilidad observada en los sistemas lagunares costeros se lleva a cabo en escalas de tiempo cortos conocidos como procesos diurnos y semidiurnos, mismos que se relaciona con la dinámica del sistema, desmineralización de nutrientes, turbidez provocada por el viento y efecto de mareas (Acosta-Ruiz y Lara-Lara, 1978; Millán-Núñez *et al.*, 1981; Álvarez-Borrego y Álvarez-Borrego. 1982, citado en Valdez, 1994).

Las lagunas costeras brindan importantes servicios ambientales al hombre, un ejemplo de estos son, la regulación de desequilibrios y perturbaciones, el reciclaje de nutrientes, hábitats de refugio de diversos organismos, de los cuales un número considerable reviste interés comercial, aunado a la belleza paisajística de estos ecosistemas y sus condiciones naturales, son utilizados como centros de recreación y esparcimiento, esto indica que dichos ecosistemas son de gran importancia ambiental, económica y social (Marín, 2000).

Los servicios ambientales que suministran estos ecosistemas están amenazados por la interacción con las zonas continentales, las descargas domésticas e industriales, escurrimiento superficial, transporte y contaminación del suelo, ampliación y construcción de caminos costeros, la extracción petrolera, desarrollo turístico y sobre todo su fragilidad ante los impactos de los fenómenos hidrometeorológicos, crean una amenaza mayor en comparación con las actividades que se desarrollan dentro de estos mismos ecosistemas (Lara *et al.*, 2010).

México cuenta con un litoral de 11 592.77 Km<sup>2</sup>, en los cuales se encuentran más de 100 lagunas costeras, que ocupan un área de 15 000 Km<sup>2</sup> (Lara *et al.*, 2010). El litoral del estado de Chiapas posee aproximadamente 250 km y más de 50, 000 ha están cubiertas por lagunas costeras, de las cuales sobresalen cuatro sistemas lagunares: Mar Muerto, La Joya Buenavista, Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola (INE, 1999).

En particular el SLMM, Oaxaca-Chiapas, posee una gran relevancia económica debido a que sus pesquerías representan gran importancia, registrando valores relativamente altos de captura (Romero & Castro, 1983). Dicho ecosistema está constituido por 65 especies, 44 géneros y 29 familias (Tapia & Gracia, 1997). Toda esta riqueza de peces favorece a los asentamientos humanos que se encuentran en los alrededores de este sistema lagunar, los cuales tienen como principal actividad económica la pesca ribereña, basada en la captura de camarón (*Lilopenaeus vannamei*), liza (*Mugil cephalus*), robalo (*Centropomus undecimalis*), jaiba (*Callinectes sapidus*), etc.

Una de las principales problemáticas que el SLMM presenta es la contaminación de la laguna de Paredón, por medio de la descarga de aguas negras de la misma comunidad de Paredón, la cual no cuenta con un sistema de recolección de basura y tratamiento de aguas residuales, además se le suma la descarga de aguas residuales de la cabecera municipal Tonalá, la cual hace más grave el tema de la contaminación de las aguas, creando una aceleración en la eutrofización de esta zona del sistema lagunar (IHNE, 2003).

Otro caso similar sucede en la pesquería La Gloria, municipio de Arriaga, localizada en la orilla norte del SLMM, donde las descargas de aguas negras son directas a la laguna, cerca de la mitad de la población no cuenta con agua potable ni drenaje, el fecalismo al aire libre es una práctica común y además en la orilla de este poblado se acumula grandes cantidades de basura, de la cual gran parte de esta finaliza en la laguna, indicando que existe fuerte contaminación para los recursos pesqueros tanto en el agua como en sedimento (Anzures *et al.*, 1995).

Aunado a lo anterior, el SLMM presenta la misma situación pesquera que la mayoría de los sistemas lagunares costeros del estado de Chiapas, quienes enfrentan una problemática muy grande, ocasionada por el sobre esfuerzo pesquero, debido al incremento de la población, el aumento de artes y equipos de pesca no registrados, como los copos camaroneros, redes y atarrayas con luz de malla muy pequeña (Orozco, 2004).

En efecto el origen de los problemas que están afectando a este ecosistema son de origen antropogénicos, por lo cual es importante que se genere estrategias que ayuden a mitigar dichos problemas, mismos que amenazan la calidad ambiental de este ecosistema lagunar costero y la calidad de vida de las comunidades que dependen directamente de los recursos pesqueros que se encuentran dentro de este complejo ecosistema acuático.

El sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, ha sido investigado desde la perspectiva de la diversidad y la abundancia de los recursos acuáticos y las descripciones socio-económicas de las pesquerías, así como algunos aspectos ecológicos básicos (Montes *et al.*, 1999, Ramos, 1993, Ramos, 1996 Tapia *et al.*, 2011, Castillo *et al.*, 2009).

Se puede considerar que el conocimiento generado en este sistema lagunar, es aún muy limitado, por lo que permanece la necesidad de generar información científica, precisa y actualizada que describa el comportamiento del sistema lagunar Mar Muerto Oaxaca-Chiapas.

Debido a las variaciones y las dinámicas tan complejas que las lagunas costeras, presentan y a la falta de información confiable y la necesidad de conocer el comportamiento de los sistemas lagunares de Chiapas, se considera socialmente necesaria la realización de una investigación, que aporte conocimientos básicos sobre la *Caracterización y distribución de la Batimetría, Parámetros Físicoquímicos y Sedimentos del sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca y Chiapas*, la cual permita obtener una perspectiva integral sobre el comportamiento espacio-temporal que este importante sistema lagunar presenta.

El trabajo de campo consistió en la recolección de datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos, y sedimentos en 157 estaciones de muestreo, en cada una de las temporadas del año (secas y lluvia) 2015 dentro del SLMM, Oaxaca-Chiapas.

Asimismo se realizó un análisis estadísticos de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos mediante tres técnicas, un análisis de distribución de frecuencia el cual nos permitió ordenar los datos, un análisis de componentes principales para obtener la variabilidad y las correlaciones que existan entre dichas variables, finalmente se realizó un análisis de comparación de medias mediante la prueba T para muestras relacionadas, que permitió comparar los datos de superficie y fondo de cada variable en las dos temporadas (seca y lluvia).

Los resultados de esta investigación son relevantes porque servirán de base científica para un adecuado manejo y uso de los recursos acuáticos del SLMM. Además será de gran utilidad durante el proceso de toma de decisiones frente a las probables obras hidráulicas que se planeen ejecutar dentro de este sistema lagunar, evitando severas perturbaciones que modifiquen la dinámica y estabilidad natural de este sistema lagunar.

Además la comparación con resultados generados por diferentes autores en diferentes fechas, permitirá conocer la dinámica que este ecosistema está presentando a través del tiempo. Así también se contribuirá al conocimiento científico, una base de datos actualizada, que sirva de base a investigaciones futuras que tengan como objetivo el análisis específico del sistema lagunar Mar Muerto.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Las lagunas costeras y sus múltiples importancias

Las lagunas costeras son unidades morfológicas acuáticas de baja profundidad, que se desarrollan en la interface entre los ecosistemas terrestres y marinos (Sánchez, 2007).

Los sistemas lagunares son importantes por varias razones, de las cuales Contreras, (2001) resalta las siguientes:

1. Son áreas utilizadas comúnmente para protección, alimentación y reproducción de muchos organismos marinos, por lo que gran número de pesquerías litorales dependen de la conservación de estos ecosistemas.
2. En su gran mayoría son sistemas ecológicos en donde existe una sobretasa de energía, lo que los convierte en recursos potenciales, para tener una acuicultura bien planificada.
3. Por sus características hidrológicas y ecológicas, son áreas con hábitats ricos y que además manifiestan variaciones estacionales significativas. Esto reviste una gran importancia desde la perspectiva de la investigación científica y de la conservación de la biodiversidad.

Dentro de estos ecosistemas se lleva a cabo la pesca ribereña, la cual representa el 31.03% de la captura total del país con 262,485 toneladas, su valor económico representa el 75.9% del total nacional, debido a que este tipo de pesca se basa en la captura de organismos de alta importancia económica como, el abulón, camarón, langosta, robalo, etc. por lo cual este tipo de actividad posee una gran importancia socio-económica (Contreras & Castañeda, 2004).

Estos cuerpos de agua son una parte esencial del desarrollo humano, su preservación, restauración y mejoramiento serán elementos esenciales para mejorar las condiciones de vida de la población del país y podrá ser utilizado para superar las condiciones de pobreza y la desigualdad regional existente (Sánchez, 2007).

## **2.2 Principales agentes en la dinámica de lagunas costeras**

Los estuarios y lagunas costeras son diferentes entre sí, estas diferencias fundamentales incluyen forma, tamaño, rango de mareas, escurrimiento o arroyos, tributarios, clima, número y tamaño de las bocas y tipo de aporte sedimentario (Yáñez, 1987).

Las fuerzas principales que controlan la circulación en lagunas costeras son la descarga fluvial en la cabecera y las variaciones diarias del nivel del mar en la entrada (MacCready, 1999, citado en Arche 2010).

Las variaciones en las características hidrológicas de los sistemas lagunares de México, se deben a las fluctuaciones climáticas estacionales (Ahumada & Ruiz 2008). Este tipo de ecosistema cuenta con volúmenes variables dependiendo de los niveles de precipitación, evaporación, escurrimiento, filtración y mareas, los cuales crean diferenciaciones en los valores de salinidad y temperatura (Ortuzar, 1978, citado en Arancibia, 1986). Esto demuestra que estos ecosistemas son variables y regulados por efectos y condiciones externas.

### **2.2.1 Las mareas y sus orígenes**

La marea es un cambio estacional en la posición de la materia en una parte de un astro, causado por un cambio temporal de la fuerza gravitacional que ejercen sobre ella otros astros, y que en el océano se manifiesta como un cambio regular del nivel del mar, estas variaciones del nivel del mar son, adicionalmente, afectadas por turbulencias, efectos internos, y efectos locales (Godín, 1972, citado en Ferraras, 2006).

Los principales fenómenos causantes de las mareas en las lagunas costeras son (Ferraras, 2006).

1. Astronómicos: interacción de fuerzas gravitacionales de planetas y astros sobre la masa de agua, de las lagunas costeras. Este fenómeno es periódico y predecible, siendo este el más importante en cuanto a la magnitud de las mareas.

2. Meteorológicos: vientos y gradientes de presión atmosférica en la región local o en zonas oceánicas adyacentes, evaporación y precipitación. Lo periódico y aperiódico es característica de este fenómeno por lo cual posee menor importancia en comparación al primer fenómeno.
3. Gradientes de densidad: producto de gradientes de salinidad y de temperatura horizontal o vertical. Por ser aperiódica su importancia en las mareas es de menos significado.

### **2.2.2 Tipos de mareas**

Las órbitas de la Luna y el Sol sobre la esfera celeste no se localizan exactamente sobre el mismo plano y cada uno de estos astros tarda un tiempo diferente en circular su órbita (un año el Sol y un mes la Luna), resultará que existirán momentos en que la suma de ambas atracciones es más efectiva o la compensación de ambas es más completa (Maderos, 2009). Se distinguen así entre mareas vivas y mareas muertas.

La Luna, al estar más cerca de la Tierra que el Sol, es la fuente principal de las mareas. Cuando la Luna está justa encima de un punto dado de la zona terrestre, ejerce una fuerza de atracción del agua, que, por lo tanto, se eleva sobre su nivel normal. El agua que cubre la porción de Tierra más lejana de la Luna también está sometida a atracción; se forma así otra elevación que proporciona el fundamento de una segunda onda. La cresta de onda situada bajo la Luna se llama marea directa, y la del lado opuesto de la Tierra se llama marea opuesta (Maderos, 2009).

De acuerdo a la cantidad de pleas y bajamares que se produzcan durante un día lunar, en un lugar específico, se distinguen los siguientes tipos de mareas.

Semidiurna: cuando se producen diariamente dos altas y dos bajas, con relativa igualdad de altura entre correspondientes altas y bajas. Este tipo de marea se produce en prácticamente toda la costa de los Océanos, que no tienen accidentes geográficos muy notables. Diurna: Cuando en un día se produce sólo un alta y una bajamar. Y por último la Mixta, este tipo de mareas se caracteriza por grandes

desigualdades de altura entre altas o bajas consecutivas. Es posible que se produzcan dos altas y dos bajas el mismo día, pero en determinadas épocas pasan a ser diurnas (Ferraras, 2006).

Dentro de las lagunas costeras las mareas son la variación temporal en la posición vertical de la superficie libre del agua, con respecto a un nivel de referencia arbitrario (datum), causada por cualquier fenómeno o conjunto de fenómenos internos o externos (Ferraras, 2006).

Las lagunas costeras transforman su ambiente y ecología, gracias a las características de los fenómenos hidrodinámicos de la propia laguna, la región marítima costera y de los regímenes de transporte de sedimento, tales modificaciones dependen directamente de la dimensión de dichos fenómenos y su distribución espacial y temporal (Contreras, 1993, citado en Vergara, 2007).

Las mareas juegan un papel muy importante en el comportamiento y bienestar de las lagunas costeras, en el bajamar sus aguas salen con gran velocidad al océano, creando una limpieza y profundización de causes, posteriormente con los pleamares las aguas de las lagunas costeras se renuevan con la proveniente del océano (Ferraras, 2006). Este tipo de procesos demuestran que las lagunas costeras son influenciadas en gran medida por los océanos a efecto de las mareas oceánicas.

### **2.2.3 Descargas de agua dulce por afluentes**

Las descargas fluviales dentro de las lagunas costeras producen una circulación estratificada en 2 capas verticales, agua dulce en la parte superficial y salada en el fondo, además, influyen en la rapidez de renovación del agua de las laguna costeras (Ferraras, 2006).

Los estuarios en cuña salina se desarrollan cuando un río descarga sus afluentes directamente en un estuario o laguna costeras, el cual virtualmente no tiene marea, entre el agua dulce y el agua salina hay fuertes gradientes de salinidad y densidad, se desarrolla una haloclina y las dos masas de agua no se mezclan fácilmente, la posición de la cuña salina depende del flujo fluvial, cuando la descarga

es baja, la cuña salina puede penetrar hacia tierra, sólo aquellos ríos con muy baja tasa de descarga forman estuarios en cuña salina, si la descarga es alta, entonces tiende a acumularse el sedimento y construir un delta (Jay & Smith, 1990, citado en Arche, 2010).

Dentro de las lagunas costeras existen 3 fuentes naturales que determinan la variación de la cantidad de agua dulce dentro de estos ecosistemas: evaporación, precipitación y descargas de afluentes (Ferraras, 2006).

#### **2.2.4 Esfuerzo del Viento**

Dentro de las lagunas costeras los vientos producen efectos locales como ascenso en la evaporación, apilamiento del agua en sentido de la dirección hacia la cual sopla el viento y la formación de olas (Ferraras, 2006).

Los sistemas lagunares se caracterizan por ser cuerpos de agua someros, originando que la acción del viento cause un proceso de mezclado en la columna de agua que por lo general alcanza hasta el fondo de las lagunas, por lo cual, las lagunas muestran una estructura vertical homogénea (Carbajal, 2009).

### **2.3 Parámetros fisicoquímicos en lagunas costeras y sus variaciones**

Los parámetros fisicoquímicos son importantes ya que caracterizan el agua, además, son parámetros que afectan la vida en ella, (Waterkeepers 2014). Los cuales pueden variar de un punto a otro dentro del mismo sistema por efecto de la topografía, tipo de sedimento, vegetación presente, etc. (Millán *et al.*, 1981, citado en Valdez & Martínez, 1993).

Las lagunas costeras poseen un funcionamiento muy complejo, la variabilidad de las condiciones físicas (iluminación, temperatura, turbidez, pH, corriente), químicas (oxígeno disuelto, minerales, residuos industriales) y biológicas (densidad de las poblaciones, presencia de plancton y necton inconstantes, etc.), son las principales características de este ecosistema y que en su conjunto presentan cambios en cuanto a su distribución espacial y temporal (Marín, 2000), a continuación se describe el origen de sus posibles variaciones.

### **2.3.1 Temperatura**

Para todos los organismos acuáticos es el factor más importante, junto con la salinidad, determina la solubilidad del oxígeno en el agua, influye en la tasa de producción primaria y en las reacciones metabólicas de la reproducción y el crecimiento de las especies (Alié, 1994, citado en CONANP, 2011).

La radiación solar en onda corta y la radiación remitida por las nubes, la atmósfera, y el vapor de agua, ya deducida la fracción reflejada en la superficie del agua de la laguna, incrementa la temperatura del agua en las lagunas costeras (Ferraras, 2006).

### **2.3.2 Salinidad**

“Los valores de salinidad en las lagunas costeras se modifican en relación a la época climática, esto es, durante la época de lluvias el dominio dulceacuícola aumenta considerablemente propiciando hábitats predominantemente oligohalinos, la permanencia de estas características está en función de la cantidad de los aportes de agua dulce y la intensidad de las lluvias locales, el descenso de las lluvias es concomitante con el de los aportes de ríos, propiciando el paulatino aumento de la influencia marina por medio de las mareas” (Contreras, 2001).

La temperatura es el parámetro que hace cambiar la salinidad ya que si esta es elevada provoca una evaporación intensa y por lo tanto un incremento de salinidad resultante de la concentración de sales (Ferreras, 2006).

### **2.3.3 Oxígeno Disuelto**

Esta variable en el agua es un factor primordial para la existencia de la biota acuática, en el caso de los ecosistemas lagunares éste procede principalmente de dos fuentes: de la atmosférica y de su generación por productores primarios (Contreras, 2001).

El oxígeno disuelto disminuye a medida que la temperatura del agua aumenta o la concentración de compuestos orgánicos que consumen oxígeno aumenta, por lo tanto, las bajas concentraciones de oxígeno disuelto pueden resultar de

temperaturas elevadas o altas concentraciones de materia y nutrientes orgánicos (NOM001-ECOL, 1996, citado en CONANP, 2011).

### **2.3.4 Potencial de hidrogeno**

La acidez y alcalinidad del agua se identifica a través valores de pH, para valores mayores a 8.5 se debe a la presencia de moluscos y bivalvos, que liberan fuertes cantidades de carbonatos, así también la presencia de sedimentos en suspensión de origen calcáreo, para pH menores a 7 hacia la acidez, se deben a la descomposición de materia orgánica y liberación de ácidos causada por el vertido o arrastre de sustancias tóxicas de origen industrial o agrícola (Vergara, 2007).

Las extensiones cubiertas y asociadas a bosques de manglar, comúnmente reflejan valores bajos ocasionados principalmente por el contenido de ácidos húmicos disueltos en el agua que provienen precisamente de esta vegetación (Contreras, 2001).

## **2.4 Batimetría**

Batimetría es la ciencia que mide las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar, o de una laguna costera, con la aplicación de un método específico (Cárdenas, 2007).

El principal cometido en la realización de cartografía marina, es la obtención de cartas de navegación, es describir las características de la superficie subacuática para hacer posible la navegación por terrenos invisibles” (INEGI, 2008).

El equipo de más alta precisión en los levantamientos batimétricos son los ecosondas, las cuales carecen de precisión a menos de dos metros de profundidad (Arocena & Conde, 1999). Tomando en cuenta que las Lagunas Costeras se caracteriza por ser cuerpos de agua someros (Day *et al.*, 1989, citado en López *et al.*, 2012). El levantamiento batimétrico en este tipo de ecosistema es posible, con métodos simples, como el de la sondaleza, el cual, utiliza un estadal o cuerda atada a un plomo, ambas graduadas para medir la profundidad y un GPS para posicionar cada uno de los puntos del levantamiento batimétrico (Arocena & Conde, 1999), la

utilización de esta metodología, hace posible el levantamiento batimétrico en cuerpos de agua someros, reduciendo los costos del mismo.

## **2.5 Los sedimentos en lagunas costeras**

Los sedimentos son partículas procedentes de las rocas o suelos, las cuales son acarreadas por las aguas que escurren, todos estos materiales, después de cierto acarreo finalmente son depositados a lo largo de los propios cauces, en lagos, en presas de almacenamiento, en la planicie y hasta el mar (Arche, 2010).

Los sedimentos son un factor fundamental en el control de los ambientes costeros ya que generalmente presentan concentraciones considerables de elementos traza y nutrientes (Calva & Torres, 2011).

El origen de los sedimentos en lagunas costeras, se debe a los aportes del mar y las aguas dulces que escurren en su cuenca de captación (Escofet, 2004, citado en Rendón *et al.*, 2011). Los ríos son sistemas de transferencia que recogen y transportan sedimentos hasta las grandes cuencas lacustres o marinas, una gran parte de las precipitaciones que caen sobre la superficie de la tierra, forma cursos de agua, permanentes, o efímeros, que drenan hacia las zonas más bajas y de menor energía potencial (Sopeña & Sánchez, 2010, citado en Arche, 2010).

Debido a estos permanentes fenómenos estos cuerpos de agua presentan poca profundidad y una rápida renovación de nutrientes (Nixon, 1981, citado en Rendón *et al.*, 2011). Los sedimentos en las lagunas costeras son de mucho valor, suministra grandes cantidades de nutrientes y materia orgánica a estos cuerpos de agua, lo que hace que este tipo de ecosistemas sean uno de los más productivos a nivel mundial (Estuardo & Valdovinos, 1989).

### **2.5.1 Distribución de sedimentos en lagunas costeras**

Existe una zonación en las lagunas costeras, en base a los tipos de sedimentos 1) parte interna (proximal o cabecera) o sector fluvial dominada por la energía del río, que induce una sedimentación gruesa transportada aguas abajo; 2) parte central con energía mínima, donde se equilibra la influencia marina y fluvial, y se depositan sedimentos más finos, y 3) parte externa (distal o boca) o sector marino dominado por las corrientes de las olas o de las mareas, que inducen una sedimentación gruesa (arenas), que proviene del Mar (Dalrymple, 1992, citado en Arche, 2000).

En cuanto las corrientes disminuyen su velocidad, las partículas más grandes de sedimento comienzan a depositarse, mientras que las de menos tamaño y peso siguen en el flujo de transporte (Arche, 2000).

Los limos y arcillas realizan su sedimentación en la transición fluvio-marina este proceso se efectúa cuando el sedimento fino en suspensión, principalmente limo y arcilla, acarreado por el río ingresa en la zona de agua salobre, se activa el mecanismo de floculación y tienden a sedimentarse (Dyer, 1995, citado en Arche, 2000).

Dependiendo de las características morfológicas, batimétricas, material sedimentario y los agentes dinámicos, se generan respuestas diferenciadas en la distribución del sedimento y por tanto en cambios batimétricos y morfológicos (Chaves & Alvares, 2006).

### **2.5.2 Importancia de la caracterización de los sedimentos en lagunas costeras**

La composición granulométrica del sedimento en un sistema Lagunar, es un factor de importancia en la determinación de los patrones de distribución de organismos y estructura de comunidades de macroinvertebrados bentónicos (Callisto & Esteves, 1996, citado en Ramírez & Noreña, 2004).

La caracterización del sustrato sedimentario de las lagunas costeras permite inferir en los procesos y el nivel de energía para el transporte y depósitos de sedimentos (Chávez & Álvarez, 2006).

## **2.6. Enfoque ecológico en el estudio de lagunas costeras**

El enfoque ecológico toma en cuenta las características físicas, químicas y biológicas, las fuerzas y procesos que forman y mantienen estos ecosistemas lagunares costeros, por ejemplo gradientes de salinidad, la depresión de la cuenca, el clima, los organismos vivientes de la comunidad y los movimientos de la materia y energía entre las lagunas y el mar, a través de los sistemas costeros (Yáñez-Arancibia, 1986). En efecto, este tipo de enfoque caracteriza los factores bióticos, abióticos y analiza sus interacciones en un determinado tiempo y espacio buscando con esto la conservación de los recursos que se encuentran dentro de estos ecosistemas.

### III. ANTECEDENTES

La importancia de las Lagunas Costeras es de alto valor ecológico, económico y social, lo cual hace que las investigaciones que tengan como principal objeto la descripción y el comportamiento de estos cuerpos de agua, tengan una importante relevancia. Además México, cuenta con poco más de 123 sistemas lagunares, los cuales necesitan ser estudiadas para conocer sus comportamientos y características principales (Contreras, 1988, citado en Peguero, 2000).

Este tipo de investigaciones son muy escasas en nuestro país, las que existen han sido objeto de variados estudios con diferentes fines; el análisis y descripción de la hidrodinámica de lagunas costeras, la cual ocupa todo un libro en la descripción del comportamiento hidrodinámico de estos ecosistemas, la “hidrodinámica de lagunas costeras” (Ferrerías, 2004).

Asimismo existen investigaciones que describen determinados fenómenos en una laguna costera, tal es el caso de la hidrodinámica y transporte de masa en el sistema lagunar bahía magdalena–bahía almejas, baja california sur, México (Sánchez, 2004), modelación hidrodinámica de la laguna costera el Colorado, Ahome, Sinaloa (Cárdenas, 2007), basada en la representación del movimiento físico de las aguas de dicha lagunas costeras, por medio de las mareas y corrientes, a partir de programas computacionales especializados.

Los estudios que tratan del análisis de parámetros fisicoquímicos en lagunas costeras, son esenciales en la descripción del comportamiento ecológico que estos ecosistemas presentan, algunos ejemplos de este tipo de investigación son las realizadas en las siguientes lagunas, Variabilidad de algunos parámetros fisicoquímicos y productividad primaria en la laguna La Cruz, Sonora, México (Valdez & Martínez, 1993), Características fisicoquímicas de la laguna Pastoría, Oaxaca, México (Ahumada & Ruiz, 2008), Variación espacio-temporal de los parámetros físico-químicos, clorofila-a y nutrientes, Tampamachoco, Veracruz (Gutiérrez, 2010).

Así mismo la evaluación estacional de las variables fisicoquímicas del agua de la laguna Tampamachoco, Veracruz, México, realizada por (López *et al.*, 2012), estas investigaciones describe el comportamiento que estas lagunas presentan, tomando en cuenta algunos parámetros fisicoquímicos específicos como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, además con estas se puede tener una perspectiva más detallada de las condiciones que cada laguna costera presenta.

Tomando en cuenta el comportamiento fisicoquímico, se han realizado investigaciones que comparan el comportamiento de estos parámetros en dos ambientes lagunares costeros distintos, tal es el caso de la investigación denominada Comparación Fisicoquímica de las lagunas Alvarado y Términos (de la Lanza & Lozano, 1999).

En los ecosistemas lagunares costeros del estado de Chiapas este tipo de investigaciones son más escasas, de las pocas que existen se destacan las realizadas en los sistemas lagunares Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola, la cual tuvo como objetivo la caracterización estacional fisicoquímica y de productividad fitoplanctonica, de estos dos importantes sistemas lagunares (Gutiérrez, Varona y Contreras, 2006).

Otra investigación relevante es la Batimetría y Análisis Morfométrico de las Lagunas Chantuto y Panzacola, Chiapas (Herrera, 2002) la cual tuvo como objetivo la descripción de la batimetría del sistema lagunar, así como el volumen, longitud máxima, mínima, anchura máxima, mínima y su línea de costa.

En el sistema lagunar Mar Muerto, también se han realizado una serie de estudios que describen el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos, por ejemplo el realizado por Tapia, *et al.*, el cual se denomina, Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México, esta investigación se realizó con base en 13 muestreos, en 34 estaciones de muestreos dentro de este sistema lagunar, dichos muestreos se llevaron a cabo entre los años 1991 y 1993.

Según Tapia *et al.* (2011), los resultados de esta investigación demuestran que la laguna Mar Muerto se divide en tres subsistemas hidrológicos. El subsistema eurihalino ubicado en la parte más interna de la laguna con alta turbidez, y grandes variaciones de salinidad. El subsistema marino que está en contacto directo con el mar a través de la Boca de Tonalá y tiene la mayor profundidad con menores variaciones de salinidad, temperatura, y baja turbidez. El subsistema de transición constituye la parte media de la laguna y representa una unidad de transición entre el subsistema eurihalino y el subsistema marino.

Según la investigación realizada por Castillo *et al.* (2009), la cual se denomina Regionalización en base a indicadores ambientales en cuatro áreas marinas de México, basada en una recopilación bibliográfica, teniendo como resultado para el sistema lagunar Mar Muerto que la textura de los sedimentos cambia en las diferentes épocas de año. Durante la época de secas hay arenas medias a muy finas (textura mixta arenoso-lodosa) formando el sedimento de la laguna, en temporada de lluvias se encuentran desde arenas muy gruesas hasta arenas muy finas (textura lodosa) mientras que en tiempo de ciclones la composición va de arenas gruesas hasta limos gruesos.

Según Castillo *et al.* (2009), El comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en el sistema lagunar Mar Muerto, sigue un patrón estacional, que corresponde con los periodos de secas y lluvias, la distribución espacial la salinidad fue en función a los períodos de lluvia y estiaje, además de la relación existente entre la cabeza y boca. La temperatura presenta una variación estacional con dos temporadas, la de secas y la lluviosa.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Caracterización y distribución de la Batimetría, Parámetros Físicoquímicos y Sedimentos del sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca y Chiapas, México.

### **4.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar y cartografiar la distribución batimétrica del Sistema Lagunar Mar Muerto.
2. Conocer y caracterizar la distribución de los parámetros físicoquímicos del Sistema Lagunar Mar Muerto.
3. Analizar el comportamiento espacio-temporal de los parámetros físicoquímicos en el Sistema Lagunar Mar Muerto.
4. Identificar y cartografiar la distribución de los diferentes tipos de sedimentos que se encuentran en el Sistema Lagunar Mar Muerto.
5. Analizar la relación entre la batimetría, parámetros físicoquímicos y sedimentos del Sistema Lagunar Mar Muerto.

## V. AREA DE ESTUDIO

El Sistema Lagunar Mar Muerto (SLMM) se localiza a los 15° 58' y 16° 17' de latitud norte y los 93° 50' y 94° 25' de longitud oeste (Figura 1) y posee una extensión territorial de aproximadamente 60, 000 hectáreas, correspondiendo más de 35 000 ha al estado de Oaxaca y 21 000 ha a Chiapas (Sagarpa, 2004). Este cuerpo de agua pertenece a las Regiones Hidrológicas No. 22 (Tehuantepec) y 23 (Costa de Chiapas), los principales Ríos que desembocan en este sistema lagunar son, Cabrestrada, Guadalupe, Tapanatepec, Zanatenco, Novillero, Lagartero y Tiltepec (INEGI; 1999; D.O.F. 28 agosto, 2000, citado en Castillo *et al.*, 2009).

### 5.1 Clima.

La región en donde se ubica el SLMM, tiene el tipo de clima cálido subhúmedo con dos estaciones bien definidas, una de lluvias de abril a octubre y una deseca de noviembre a marzo, también conocida como “Nortes” ó “Tehuanos”, la época de lluvias es perturbada principalmente por la acción y efectos del Océano Pacifico Tropical y la temporada de secas está definida por la formación de un anticiclón en el Golfo de México, que produce fuertes vientos procedentes del Norte (Medina-Reyna, 1991, citado en Castillo *et al.*, 2009).

### 5.2 Características físicas

El SLMM es clasificado como Tipo III-A. Plataforma de barrera interna tipo Gilbert Beaumont, la cual tiene barreras arenosas externas, escurrimiento ausente o muy localizado, forma y batimetría modificadas por la acción de las mareas, oleaje tormentoso, arena traída por vientos y presencia de corrientes locales que tienden a segmentar las lagunas (Carranza-Edwards, 1975, citado en Castillo *et al.*, 2009).

Como se puede ver en la Figura 2, las temperaturas más baja se registran en el mes de diciembre con 21.5 °C y la más alta en mayo con poco más de 38 °C los promedios más bajos de temperatura se encuentran de noviembre a marzo, a partir de estos mes se detectan incrementos, hasta alcanzar los valores máximos de mayo a agosto, para posteriormente disminuir (Tapia *et al.*, 2011).

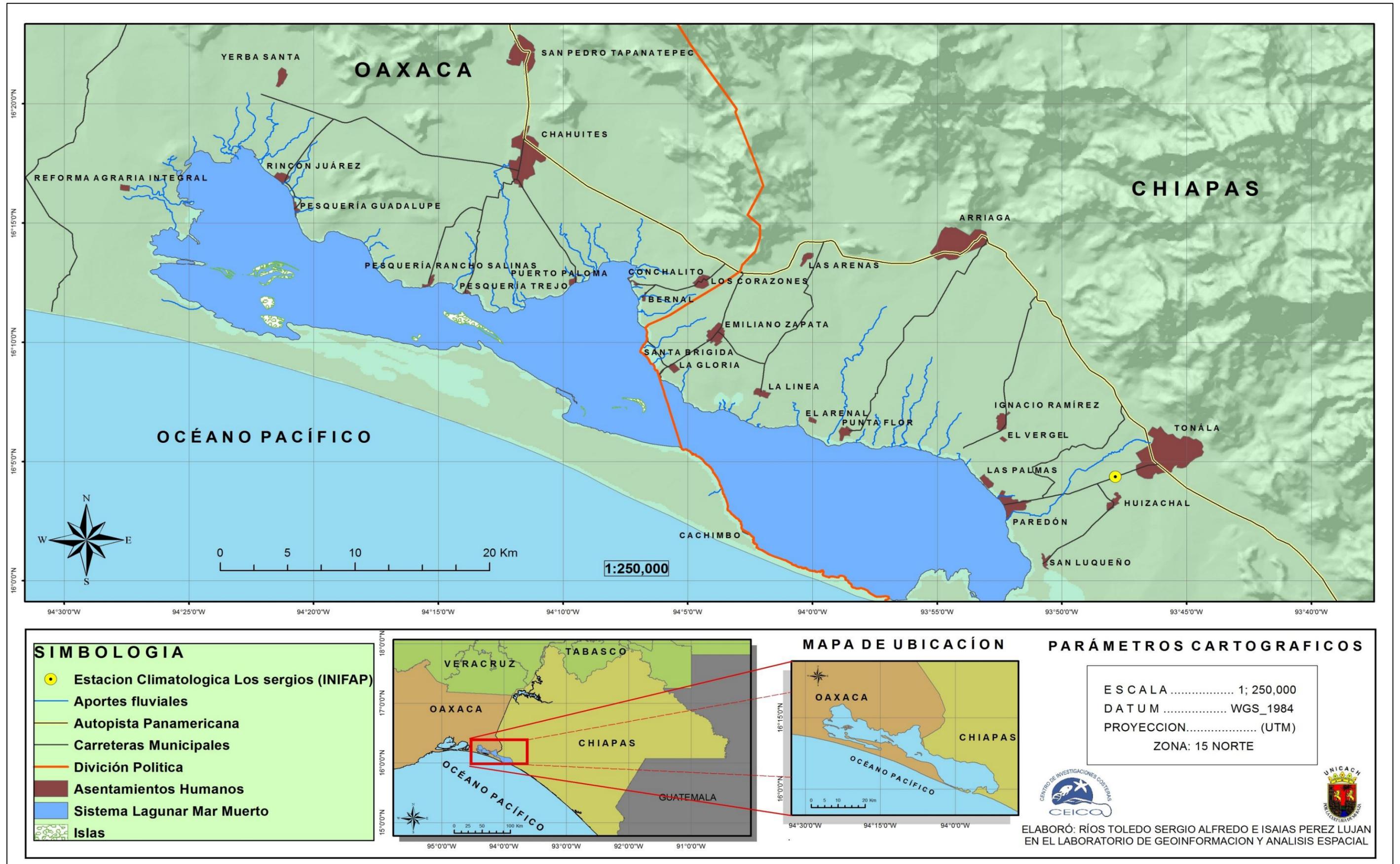


Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica del Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México.

### 5.3 Características químicas

En el SLMM el oxígeno disuelto presenta valores óptimos que alcanzan hasta los 8.11 mg/l, a diferencia del mes de marzo en que se registran los valores más bajos de todo el año los cuales son menores a 2 mg/l, a causa de los altos niveles de salinidad que esta laguna presenta, además en los meses de “Nortes” se alcanzan los valores máximos de este gas (Castillo *et al.*, 2009).

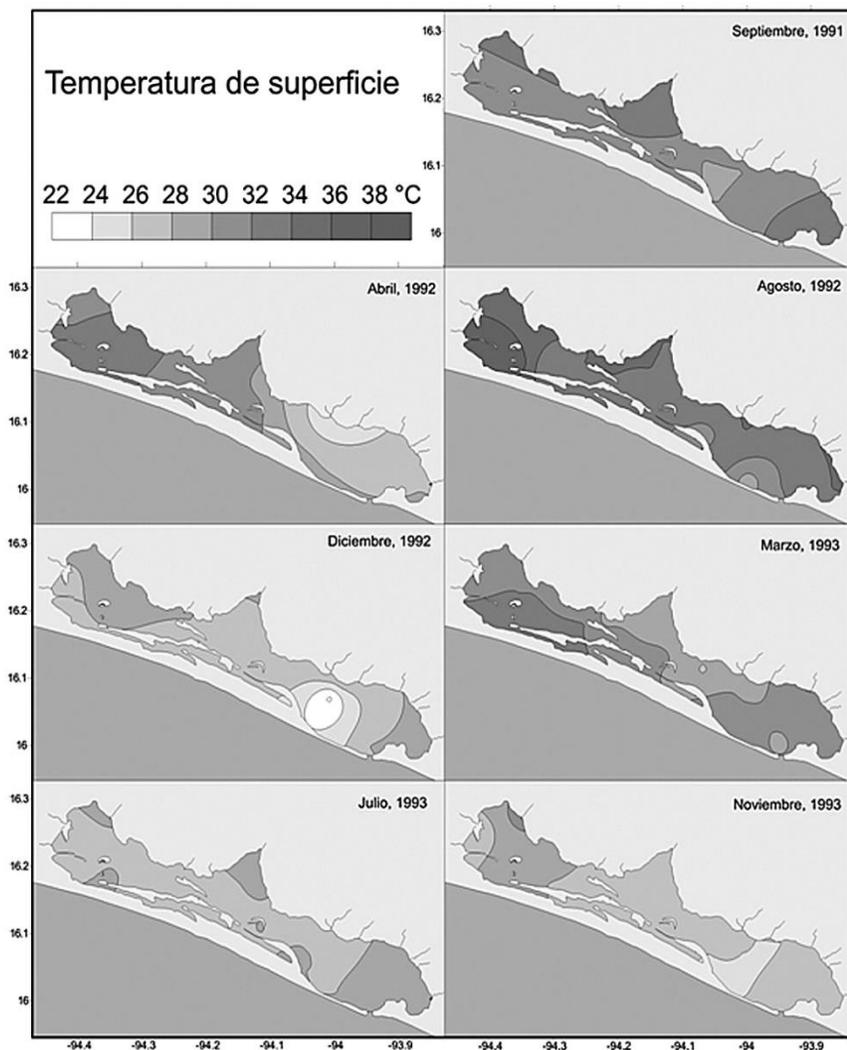


Figura 2. Comportamiento de la temperatura superficial del SLMM. Subsistema hidrológico de la Laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México (Tapia *et al.*, 2011).

La salinidad del área de estudio presenta una variación de 13 ups en noviembre hasta 90 ups en mayo, los promedio más bajos se presentan de junio a noviembre, los cuales corresponden a la época de lluvia y los valores más altos se presentan de diciembre a mayo correspondientes a la temporada de seca, (Figura 3).

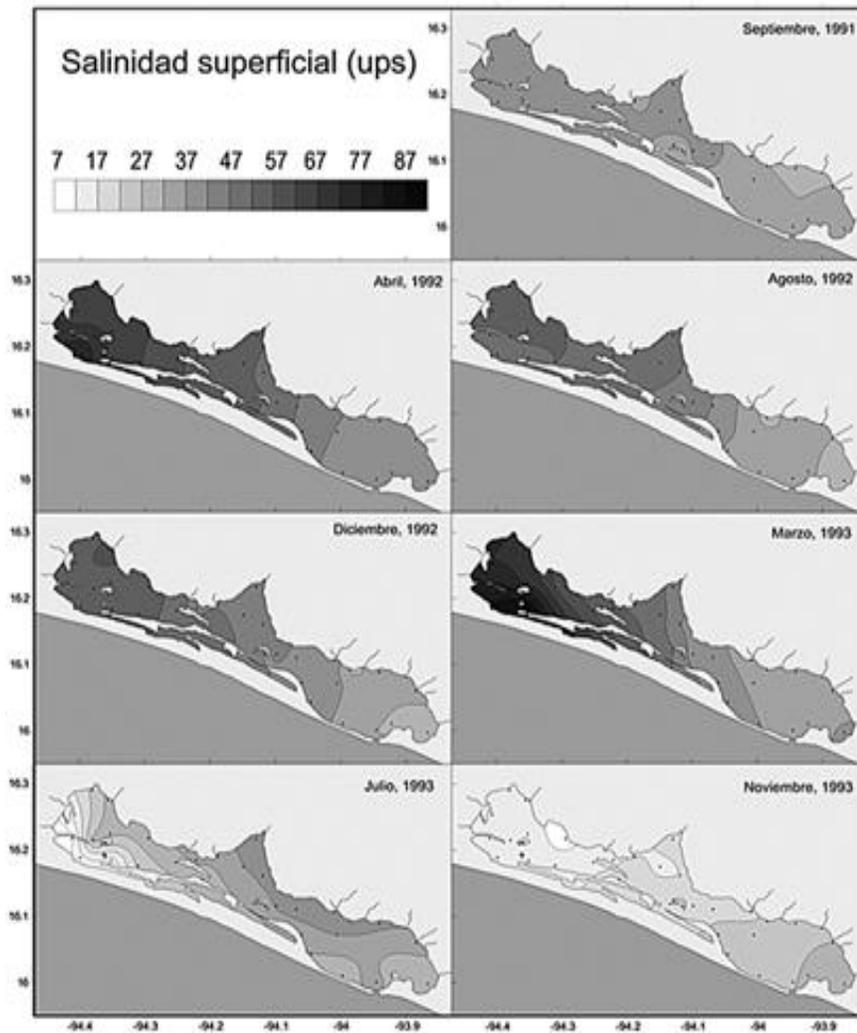


Figura 3. Comportamiento de la salinidad superficial del SLMM. Subsistema hidrológico de la Laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México (Tapia *et al.*, 2011).

## 5.4 Flora

La vegetación que se encuentra dentro del sistema lagunar Mar Muerto, está dominada por *Avicennia germinans* (*Mangle negro* o *Madre sal*), como se dijo anteriormente, que se asocian al gradiente longitudinal que deriva de las altas salinidades y temperaturas, mismas que aumentan de sur a norte. Además de esta especie, es posible encontrar *Rhizophora mangle* (*Mangle rojo*), *Laguncularia recemosa* (*Mangle blanco*) y *Conocarpus erectus* (*Botoncillo*) (Lugo y Snedaker, 1974, citado en Castillo *et al.*, 2009).

## 5.5 Fauna

El sistema lagunar Mar Muerto cuenta con 43 especies determinadas, de las cuales 20 especies representan más del 90% de la abundancia, las especies más abundantes en número de individuos son *Diapterus peruvianus*, *Lile stolifera*, *Anchoa mundeola*, *Anchoa lucida*, *Anchovia macrolepidota* y *Kirtlandia pachylepis*.

Además las especies más abundantes en peso son *Diapterus peruvianus*, *Batrachoides pacifici*, *Anchoa mundeola*, *Mugil curerna*, *Lile stolifera*, *Centropomus robalito*, *Pomadasys macracanthus* y *Anchovia macrolepidota*, asimismo este sistema lagunar es utilizado por un gran número de peces como zona de alimentación, protección y crianza por algunas de las especies de la plataforma continental adyacente (Tapia & Gracia, 1997).

## VI. MATERIALES Y METODOS

Se planeó y se ejecutó la recolección de los datos de batimetría, parámetros fisicoquímicos, y sedimentos en el Sistema Lagunar Mar Muerto, efectuando dos muestreos en un periodo anual, en el año 2015. Uno en estiaje (28 de Abril al 02 de Mayo) y otro en lluvias (28 de Septiembre al 03 de Octubre), la recaudación de datos se realizó entre las 07:00 y las 18:00 horas de cada día.

Los datos de las variables anteriores son de suma importancia en el proceso de análisis para conocer el comportamiento y la dinámica que el SLMM está presentando. Por lo cual fue necesario aplicar las siguientes metodologías.

### 6.1. Diseño del plan de muestreo

Se estableció una cuadrícula con 157 estaciones de muestreo distribuidas en todo el sistema lagunar, con un intervalo de distancia de 2 km entre cada cuadrante, las coordenadas centrales se determinaron con un sistema de información geográfica (Google Earth), posteriormente se cargaron a un GPS Garmin 60csx, el cual sirvió de ayuda en la navegación y ubicación precisa de cada estación durante los muestreos. El recorrido se realizó en una Lancha de 25 pies, con un motor marca Yamaha de 75hp (Figura 4 y 5).



Figura 4. Trabajo de recolección de datos batimétricos, parámetros fisicoquímicos y sedimentos en el SLMM en las dos temporadas (seca y lluvias) el año 2015.

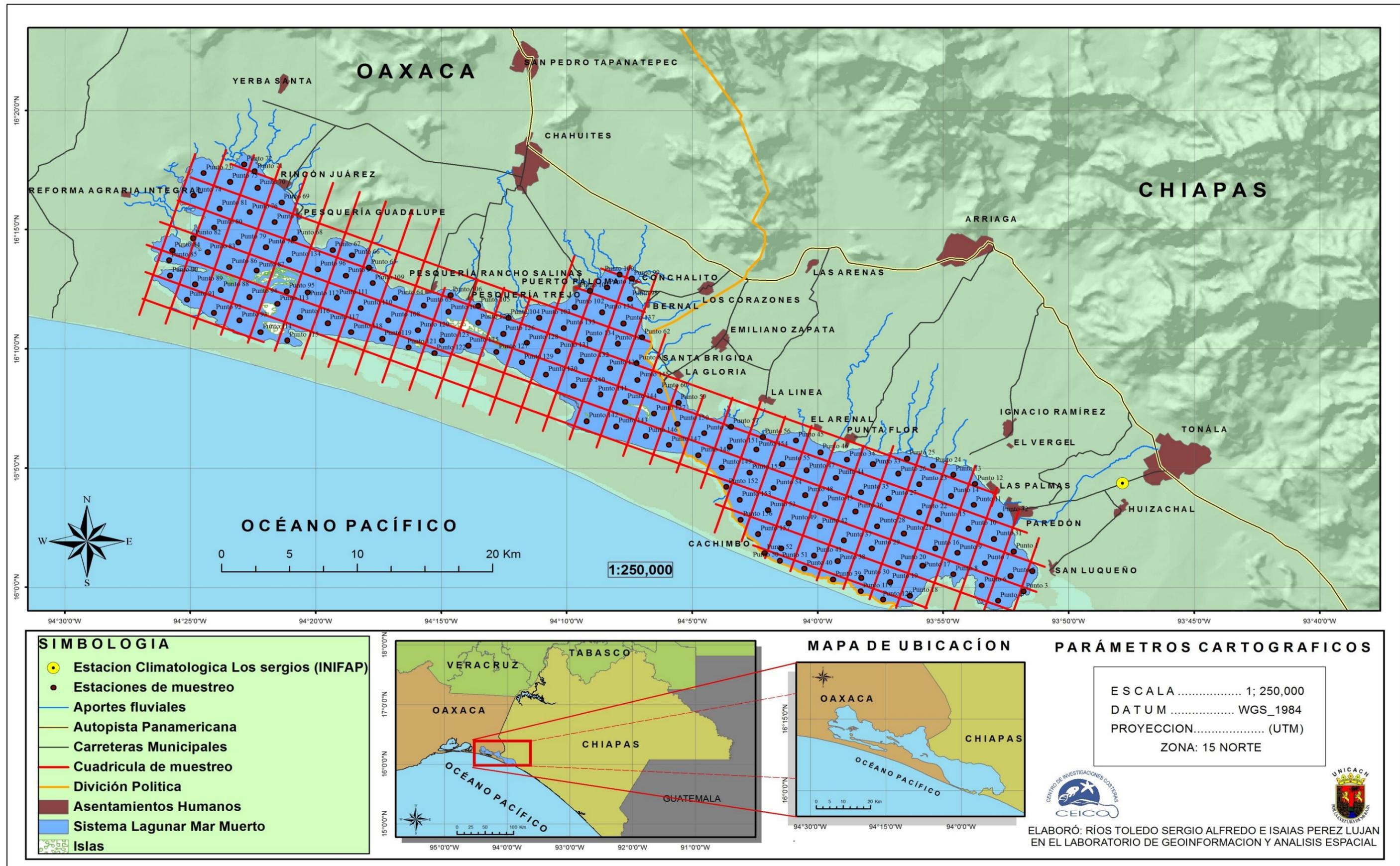


Figura 5. Mapa de distribución de las estaciones de muestreo, establecidas a cada 2 kilómetros de distancia dentro del Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México, en el año 2015.

## 6.2 Trabajo de campo

### 6.2.1 Determinación de la batimetría

El levantamiento batimétrico se realizó utilizando el método de la sondaleza, el cual según Arocena & Conde (1999), es posible y viable utilizarlo en lagunas costeras, tomando en cuenta que la utilización de equipo sofisticado como la ecosonda, presenta problemas operativos principalmente en cuerpos de agua con poca profundidad.

Para la recolección de los datos batimétrico se utilizó un estadal graduado, una cuerda con cabo, una cinta métricas de 10 metros y un GPS 60csx. La determinación de la profundidad en cada una de las estaciones de muestreo se realizó introduciendo la cuerda con cabo o el estadal hasta tener contacto con el fondo, posteriormente esta se extrajo para medir el tirante de agua con ayuda de la cinta métrica, además cada punto del levantamiento batimétrico se georreferencio con el GPS (Figuras 6, 7 y 8), finalmente para su posterior análisis todos los registros de profundidad se anotaron en la libreta de campo.



Figura 6. Estadal graduado.



Figura 7. Determinación de la profundidad.



Figura 8. GPS Garmin 60csx.

## 6.2.2 Medición de los parámetros fisicoquímicos en superficie y fondo

Tomando en cuenta la metodología de Waterkeepers (2014) basada en muestreos de parámetros fisicoquímicos en lagunas costeras, la determinación de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, en superficie se realizó a 30 centímetros de profundidad del espejo de agua y para el fondo se efectuó a 30 centímetros antes de tener contacto con el sedimento.

Para la determinación de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mg/l) se utilizó un aparato YSI 85 (Figura 9), el cual se calibró con base en el manual del usuario (YSI incorporate, 1999).



Figura 9. Multiparametrico YSI 85, medidor de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

El potencial de Hidrógeno, se determinó utilizando un potenciómetro, Thermo Scientific, Orion 3 star pH portátil (Figura 10), calibrado con base en el manual (Thermo Scientific Orion Star and Star Plus Meter User Guide).

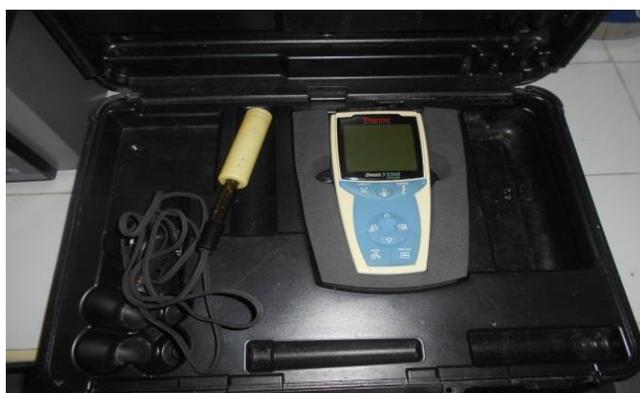


Figura 10. Potenciómetro, Thermo Scientific, Orion 3 star pH portátil.

La totalidad de los datos obtenidos en la medición de los anteriores parámetros fisicoquímicos, en superficie y fondo, se registraron en una libreta de campo para su protección y su posterior análisis.

### **6.2.3 Obtención de sedimentos**

Para la extracción del sustrato se utilizó una draga Van Veen (Figura 11), la cual según Downing (1984), es una de las dragas más utilizadas en los estudios de sedimentos y bentos, (citado en Arocena & Conde, 1999).

En sitios donde se presentaron dificultades en el uso de la draga debido a las fuertes corrientes la extracción de sedimento se realizó de manera manual por los auxiliares técnicos. Una vez obtenido el sedimento en cada una de las estaciones de muestreo, las muestras se guardaron en bolsas herméticas para su posterior análisis.



Figura 11. Draga Van Veen.

### 6.3 Trabajo de laboratorio

Las muestras de sedimentos recolectadas durante el muestreo fueron sometidas a un análisis granulométrico, por medio del método de Tamizado, el cual según Folk (1969), puede realizarse para sedimentos con diámetros que van de los 30 a 0.05 mm.

Para el análisis granulométrico se utilizó 100 gramos de sedimento, un tamizador de laboratorio Ro-Tap (a 5 minutos de agitación), una mufla (a 60°C), para el secado de las muestras, una balanza digital para determinar el peso total de la cantidad de muestra retenida en cada uno de los tamices (Figuras 12, 13 y 14). Los anteriores equipos se utilizaron dentro del Laboratorio de Docencia "B" del Centro de Investigaciones Costeras (CEICO) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Tonalá, Chiapas.



Figura 12. Tamizador de laboratorio Ro-Tap.



Figura 13. Mufla (Horno de secado).



Figura 14. Balanza digital.

A continuación se muestran los diámetros de cada una de las mallas del Tamizador de laboratorio Ro-Tap (Figura 15 y 16):

1. Malla 1= 0.0197 pulgadas = 0.50038 mm. Retiene arena gruesa
2. Malla 2= 0.0098 pulgadas = 0.24892 mm. Retiene arena media
3. Malla 3= 0.0041 pulgadas = 0.10414 mm. Retiene arena fina
4. Malla 4= 0.0025 pulgadas = 0.0635 mm. Retiene arena muy fina



Figura 15. Juego de tamices utilizados en el análisis granulométrico.



Figura 16. Operación del Tamizador de laboratorio Ro-Tap.

Así también se utilizaron platos de unicel para pesar la cantidad de sustrato retenido en cada tamiz. Tomando en cuenta que la metodología propuesta por Folk (1969) no determina los lodos (limo y arcilla) se realizó una adaptación a dicha metodología la cual consistió en pesar el total del sedimento que logró pasar por todas las mallas del Tamizador, el peso retenido en cada malla del tamizador se registró para determinar el tipo de sedimento para cada estación de muestreo.

## 6.4 Análisis de datos

### 6.4.1 Análisis de distribución de frecuencias

Se realizó un análisis de distribución de frecuencia basado en la metodología propuesta por Guarín (1995), el cual interpretó la información cruda de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos, comenzando por la clasificación y ordenación, consignando la información en tablas inteligibles que denominamos distribuciones de frecuencias, este análisis aportó las siguientes variables de cada uno de los parámetro ambiental permitiendo la clasificación y ordenación de la totalidad de los datos.

1. Número de intervalos de clases
2. El ancho de cada intervalo
3. La frecuencia de cada uno de los intervalos, etc.

Sturges:  $K=1+3.322 \log(n)$   
Donde  $n$ = al número de datos

$t_i = \text{Dato mayor} - \text{dato menor} / \text{intervalo de clase}$

### 6.4.2 Análisis factorial por medio del análisis de componentes principales (ACP).

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), este método agrupa una serie de procedimientos de análisis multivariantes (Manly, 1994, citado en Arriaza, 2006) que analiza la correlación mutua entre variables, permitiendo estudiar la interdependencia entre un conjunto de variables, aunque el ACP no se basa en ningún modelo estadístico, este tiene como elemento principal la transformación de los datos sin necesidad de satisfacer ningún supuesto matemático

La idea fundamental del ACP fue analizar la correlación existente entre los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y potencial de hidrogeno) y sedimentos, buscando la reducción de la

información proporcionada por las variables observadas, con la menor pérdida de información, en un número inferior de variables no observadas.

#### **6.4.3 Comparación de medias, mediante la prueba T para muestras relacionadas.**

Este análisis estadístico permitió comparar y analizar las diferencias que los parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y potencial de Hidrogeno) presentaron en superficie y fondo, además de la diferencia entre temporadas (seca y lluvia), lo cual generó una perspectiva del comportamiento espacial y temporal de cada una de las variables analizadas.

Esta prueba permite contrastar hipótesis sobre igualdad entre dos medias relacionadas ( $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ ). Es decir se tiene una población de diferencias con media, resultado de restar las puntuaciones de un mismo grupo en dos variables diferentes o en la misma variable en dos momentos diferentes si  $p \leq 0.05$  se rechaza la hipótesis y si  $p \geq 0.05$  esta es aceptada (Moreno, 2008).

Los anteriores análisis estadísticos (Distribución de frecuencia, Análisis de Componentes Principales y la Comparación de medias) se realizaron mediante el programa SPSS 15.0.

#### **6.4.4 Trabajo de gabinete.**

La elaboración de los mapas temáticos (Batimétricos, de parámetros fisicoquímicos y de sedimentos) se realizaron en la estación de trabajo, Workstation Dell T 7500, con la licencia del programa ArcMap 10, del laboratorio de Geoinformación y Análisis Geoespacial del Centro de Investigaciones Costeras (CEICO) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Tonalá, Chiapas, utilizando la herramienta de Creación de Polígonos de Thiessen (Figura 17).

El método de Polígonos de Thiessen se basa en asignar una ponderación representativa en función de la superficie de cada estación de muestreo inserta en el área de estudio. Por lo cual, es preciso ubicar las estaciones de muestreo en un plano cartográfico, mediante puntos representativos, los cuales se unen a través de

líneas rectas. Posteriormente, se trazan las mediatrices a cada una de estas rectas, las cuales, en conjunto con los límites del área en estudio, definen la superficie de influencia de cada estación de muestreo (UNESCO, 2006).



Figura 17. Elaboración de los mapas temáticos de cada una de las variables analizadas.

Cada uno de los mapas temáticos fue sometido a una transformación mediante las siguientes herramientas, las cuales permitieron generar mapas detallados y de calidad:

1. Se utilizó la herramienta dissolve, la cual agrupó los datos que pertenecían a un mismo intervalo de clase y eliminó las líneas que dividían a los polígonos de Thiessen pertenecientes a este mismo intervalo.
2. Así mismo se utilizó la herramienta Merge, la cual nos permitió unir en una misma capa el comportamiento de las variables (capa de polígonos de Thiessen) y la ubicación de las islas que se encuentran dentro del SLMM (capa de islas).
3. Finalmente la herramienta smooth polygon, nos permitió suavizar las líneas de los polígonos de Thiessen, para tener una mejor presentación de los mapas.

Para tener un mejor análisis del comportamiento de cada variable (Batimetría, parámetros fisicoquímicos y sedimentos) del SLMM, dentro de los mapas se introdujeron gráficos que contienen la frecuencia y la superficie de cada rango de

cada variable, por lo cual fue necesario calcular el área de cada intervalo de clase, de cada una de las variables antes mencionadas

Además se calcularon los parámetros morfométricos del SLMM tomando en cuenta la metodología de los siguientes autores (citado en Herrera, 2002), los cuales sirven para identificar los procesos físicos, químicos y biológicos dentro de los sistemas lagunares (Cuadro 1).

Cuadro 1. Metodología utilizada en la determinación de los parámetros morfométricos del SLMM (citado en Herrera, 2002).

PARAMETRO MORFOMETRICO	DESCRIPCION	DETERMINACION
<b>Area (A)</b>	Es la superficie de la laguna que se encuentra cubierta por agua (Torres-Orozco y García-Calderón, 1995)	El cálculo del área de cada laguna se realizó mediante la utilización de un planimetro digital, marca PLACOM P45, llevando el puntero del mismo, a lo largo de todo el contorno de cada laguna sobre los mapas batimétricos. Este procedimiento se realizó tres veces y después se obtuvo la media de los datos. Posteriormente los valores obtenidos, fueron extrapolados con la escala gráfica de cada mapa, trazando un cuadro de área conocida para hacer la extrapolación.
<b>Volumen (V)</b>	Es la cantidad de agua contenida dentro de la laguna. (Torres-Orozco y García-Calderón, 1995)	Una vez que se determinó que el perfil de ambas cuencas presentaban una forma cóncava (a partir del desarrollo de volumen $D_v$ ), se utilizó la fórmula propuesta por Naumman (1959), para la obtención del volumen de un senoide elíptico: $V = 4\left(1 - \frac{2}{\pi}\right)cdZ_m ; V = 1.453cdZ_m$ Donde c y d, son la longitud y anchura máximas de la laguna.
<b>Profundidad máxima (Z<sub>m</sub>)</b>	Es la distancia mayor que existe entre la superficie y el fondo de una laguna. (Torres-Orozco y García-Calderón, 1995)	Se utilizó el registro máximo de profundidad para cada laguna.
<b>Longitud máxima (l)</b>	Es la longitud de la línea que conecta la mayor distancia entre los dos puntos más alejados y opuestos de la laguna, sin atravesar tierra. (Welch, 1948)	Sobre el mapa de cada laguna y con la ayuda de una regla, se determinó la longitud de los dos puntos más alejados dentro de cada cuenca y después se procedió a extrapolar los valores a las escalas gráficas correspondientes de cada mapa.
<b>Anchura máxima (b)</b>	Es la longitud de la línea que conecta la distancia mayor entre dos puntos opuestos y que es perpendicular a la longitud máxima.	Se procedió de igual forma que en el caso anterior, pero en esta ocasión, el trazo para la anchura máxima quedó en ángulo recto a la longitud máxima.
<b>Anchura media (<math>\bar{b}</math>)</b>	Es el área de la laguna dividida entre su longitud máxima. (Welch, 1948)	Se dividió el área de cada cuenca entre su longitud máxima correspondiente: $\bar{b} = A / l$
<b>Línea de Costa (L)</b>	Es la longitud del contorno de la cuenca lagunara. (Torres-Orozco y García-Calderón, 1995)	Se determinó por medio de la técnica del hilo. Un hilo de grosor medio fue pegado sobre el contorno de cada laguna y después la longitud del hilo utilizado en cada una, fue extrapolado nuevamente a las escalas gráficas de cada mapa.
<b>Profundidad Media (<math>\bar{z}</math>)</b>	Es el cociente que resulta de dividir el volumen de la laguna entre su área superficial. (Welch, 1948)	Al no contar con datos de volumen para la determinación de la profundidad media, se tuvo que utilizar el método propuesto por Naumman (1959): una vez que se identificó la longitud y anchura máximas de cada laguna, en cada uno de los datos de esos ejes, se determinó la profundidad en el punto situado a 1/6 de la orilla, obteniendo así cuatro datos por laguna. El promedio de los datos correspondientes, nos proporcionó la profundidad media de las mismas.

## VII RESULTADOS

### 7.1 Parámetros ambientales.

Tomando en cuenta los datos de temperatura y precipitación que se obtuvieron de la estación climatológica Los Sergios, en el municipio de Tonalá, Chiapas, localizada a los 16° 4' 22" latitud norte y 93° 47' 51.05" longitud oeste, la cual forma parte de la red de estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2015), se demostró que en el año 2015, la temporada de lluvia en esta zona inició en el mes de Abril (38 mm) y culminó en Noviembre (20 mm), teniendo un total de 994 mm de lluvia en toda la temporada, los meses con mayor registro de precipitación fueron septiembre con 312 mm y junio con 208 mm (Figura 18).

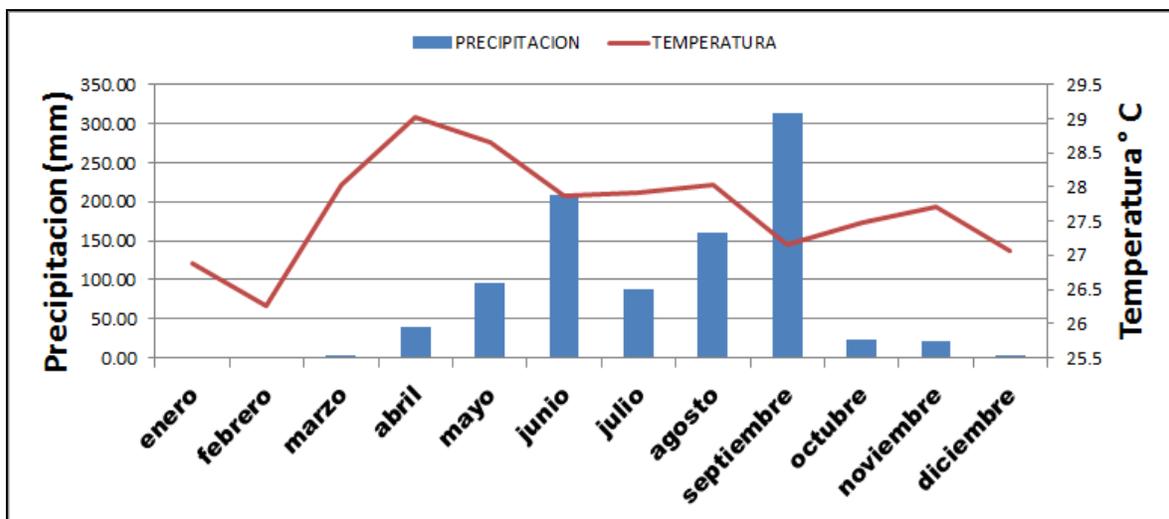


Figura 18. Datos de precipitación y temperatura del año 2015, de la estación climatológica Los Sergios, Tonalá, Chiapas, México.

En cuanto a la temperatura ambiente, los meses que registraron menos temperatura, fueron enero (26.8 °C) y febrero (26.2 °C). Posteriormente los meses más cálidos de este año fueron abril (29.0 °C) y mayo (28.6 °C), el resto del año de junio a diciembre, la temperaturas del aire no presento una variación muy marcada, presentando un promedio de 27.6 °C, el mes de diciembre presento el menor valor (27.0 °C) y agosto el más elevado (28.0 °C).

En la parte del estado de Oaxaca, se carece de información actualizada de los datos de precipitación y temperatura, por lo que se tomaron en cuenta los promedios mensuales de la estación climatológica Zanatepec, Oaxaca, perteneciente a la base de datos de la red de estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2003), localizada a los 16° 15'00" latitud norte y a los 94°22'04" longitud oeste, esta base de datos guarda registro de variables ambientales de los años 1981 a 2010.

Del total de la información contenida en esta base de datos se extrajeron los datos que corresponden a los meses de muestreo de la presente investigación, mostrando registros de precipitación y temperatura para abril de 17.9 mm y 28.8 °C, para mayo, 122.8 mm y 29.3 °C, posteriormente para los meses de septiembre y octubre se registraron 323.4 mm, 27°C y 133.1 mm, 27.4°C., respectivamente.

## **7.2 División del Sistema Lagunar Mar Muerto**

Localmente los pescadores del SLMM (Sistema Lagunar Mar Muerto), dividen a este sistema lagunar en tres Pampas (Porciones de la Bahía), las cuales son: Paredón, Rancho Salinas y Rincón Juárez, además utilizan nombres comunes para referirse a sitios específicos dentro de estas pampas. Esta subdivisión se utilizó en la presente investigación para una mejor explicación del comportamiento batimétrico, de parámetros fisicoquímicos y sedimentos de este ecosistema lagunar costero (Figura 19).

- 
- La palabra Pampa se refiere al territorio llano que carecen de árboles y vegetación densa (Gran Diccionario de la Lengua Española, 2016).

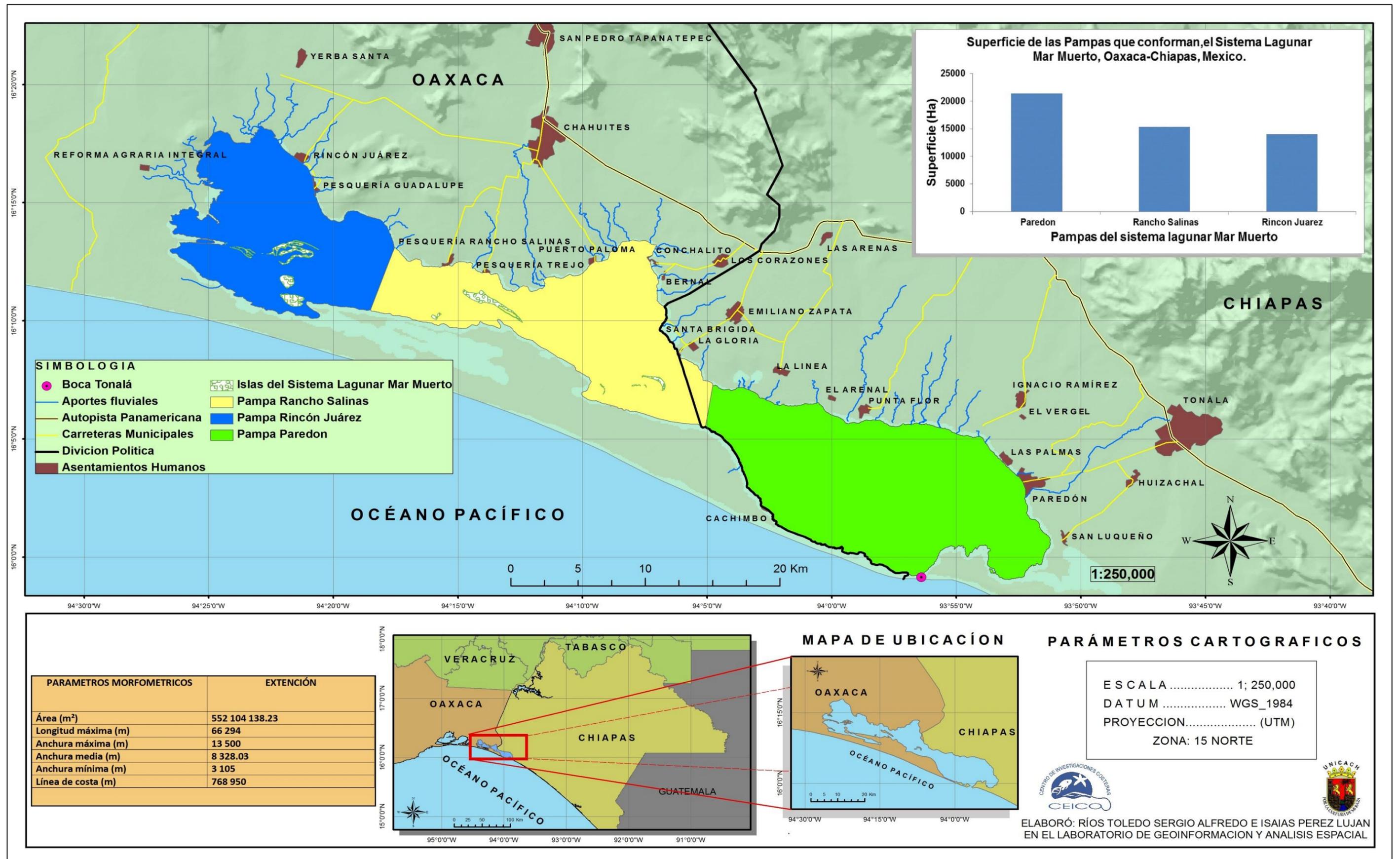


Figura 19. Mapa de la división del SLMM en pampas, considerando la cercanía con las pesquerías y el conocimiento de los pescadores locales.

### 7.3 Batimetría del SLMM en la temporada de seca

El SLMM, presentó una superficie total aproximada de 55 210.4 Ha (552, 000, 000 m<sup>2</sup>), con un volumen de poco más de 1 070 000 000 m<sup>3</sup>, una longitud máxima de alrededor de 66 km, una anchura máxima de 13.5 km, una anchura media cercana a los 8 km y una mínima de 3.1 km., además cuenta con una línea de costa de 768.95 Km (768 950 metros).

Este Sistema Lagunar, registró una profundidad promedio cercana a los 2 metros, con poco más de 0.2 metros de valor mínimo y un máximo de casi 4.50 metros y una desviación estándar de 0.99 (Cuadro 2 y Figuras 20 y 21).

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de los datos de profundidad (valor mínimo, máximo, media y desviación estándar) del SLMM, temporada de seca, año 2015.

Batimetría del periodo de seca	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
Profundidad en la temporada de seca	157	0.21	4.45	1.80	0.99
N válido (según lista)	157				

La Pampa Paredón en el sur, rumbo a la orilla oeste y en “La Covachona” presenta profundidades mínimas que van de 0.20 a 1.82 metros, posteriormente en el centro, norte y oeste de esta pampa se registraron profundidades que van de 1.82 a 3.98 metros. El sitio con mayor profundidad dentro del SLMM se localizó en el canal de la Boca Tonalá con un valor de 4.45 metros, el cual permite el ingreso y salida de agua para este sistema lagunar costero.

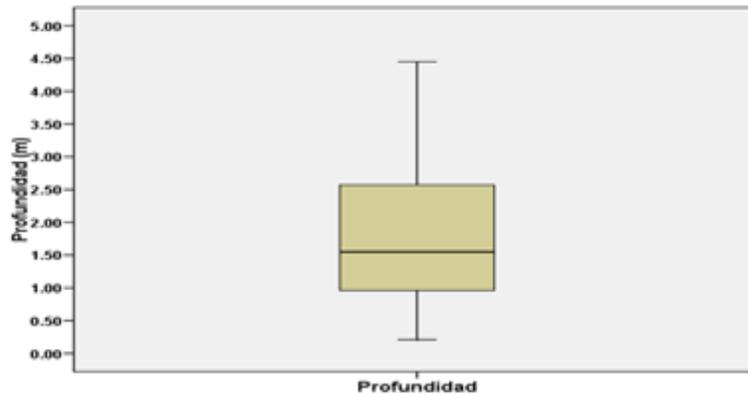


Figura 20. Comportamiento de la profundidad del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México, en la temporada de seca.

La zona media o Pampa Rancho Salina, registró al sureste y oeste profundidades mínimas de 0.20 a 1.82 metros, en el centro de esta Pampa se localiza “La Pampona” la cual representó la zona más grande en cuanto a profundidad dentro del SLMM, con intervalos que van de 1.82 a 3.98 metros.

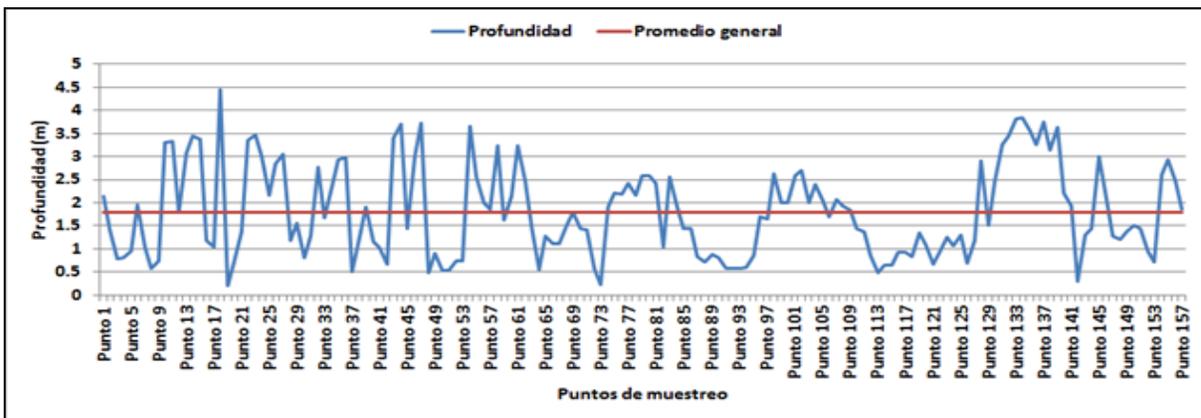


Figura 21. Comportamiento de la profundidad en cada una de las estaciones de muestreo del SLMM, en la temporada de seca del año 2015.

Dentro de la Pampa Rincón Juárez, predominaron profundidades que van de 0.20 a 1.82 metros, las cuales se encontraron ubicadas en el sur y sureste, alcanzando la orilla norte de dicha pampa, esta pampa presentó las menores profundidades de todo el SLMM (Figura 22).

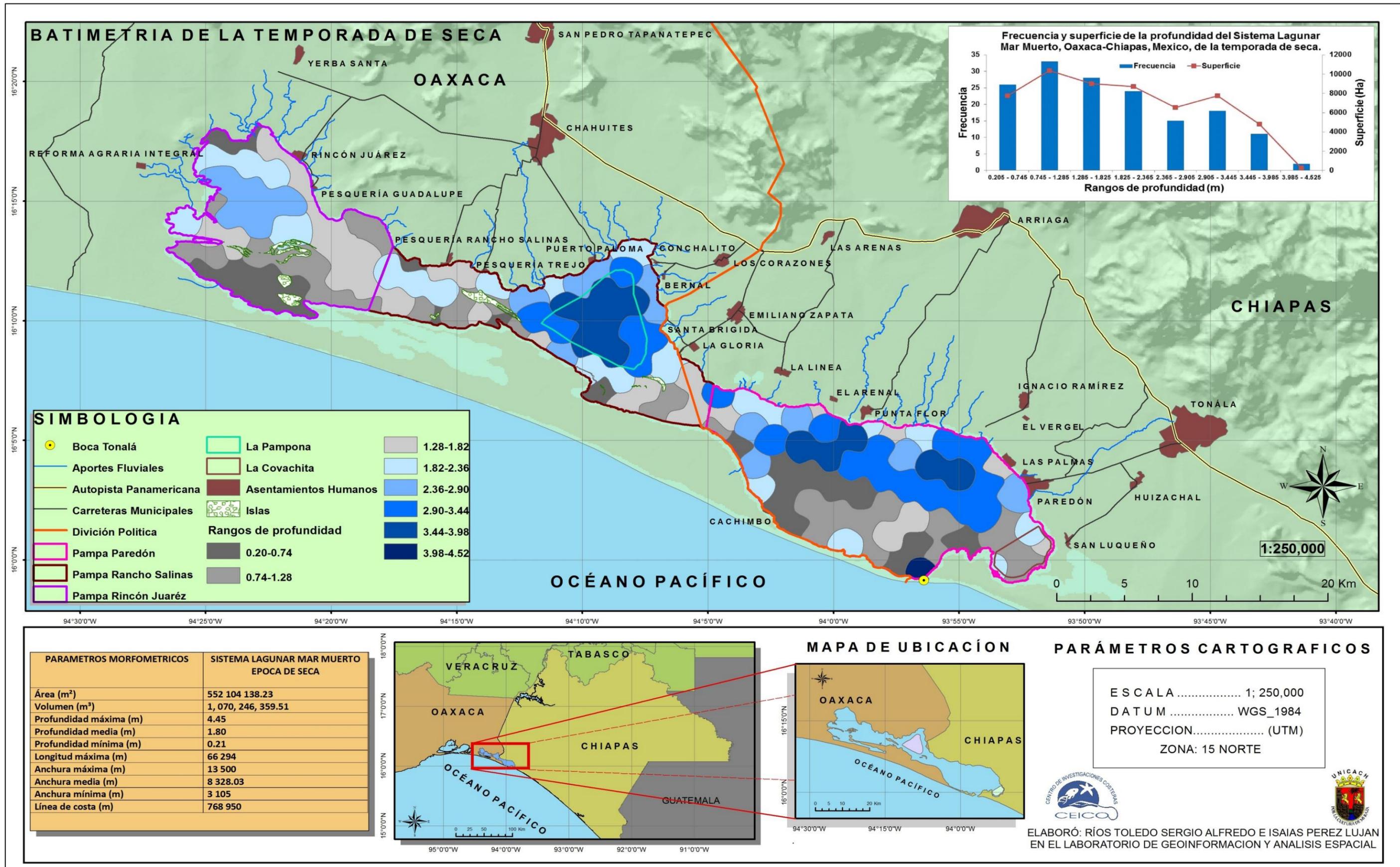


Figura 22. Mapa de distribución de las diferentes profundidades (Batimetría) del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México, en la temporada de seca del año 2015.

Los resultados registrados del análisis batimétrico realizado en el SLMM se muestran en el Cuadro 3 y Figura 23. La distribución de frecuencia indicó que del total de la muestra de profundidad (157 estaciones de muestreo) predominaron con un 21% profundidades con intervalos de 0.74 a 1.28 metros, con 17% las que van de 1.28 a 1.82 metros, posteriormente con 16% las profundidades que presentan de 0.20 a 0.74 metros y finalmente con 15% profundidades con intervalos de 1.82 a 2.36 metros. Los sitios que presentan profundidades entre 2.36 y 4.52 metros se encuentran con menor frecuencia dentro de este sistema lagunar.

Cuadro 3. Distribución de frecuencia de la profundidad del SLMM, en la temporada de seca del año 2015.

Clases	Intervalos de clases	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	0.205 - 0.745	26	0.475	26	16.56%
2	0.745 - 1.285	33	1.015	59	21.01%
3	1.285 - 1.825	28	1.555	87	17.83%
4	1.825 - 2.365	24	2.095	111	15.28%
5	2.365 - 2.905	15	2.635	126	9.55%
6	2.905 - 3.445	18	3.175	144	11.46%
7	3.445 - 3.985	11	3.715	155	7%
8	3.985 - 4.525	2	4.255	157	1.27%
		157			100.00%

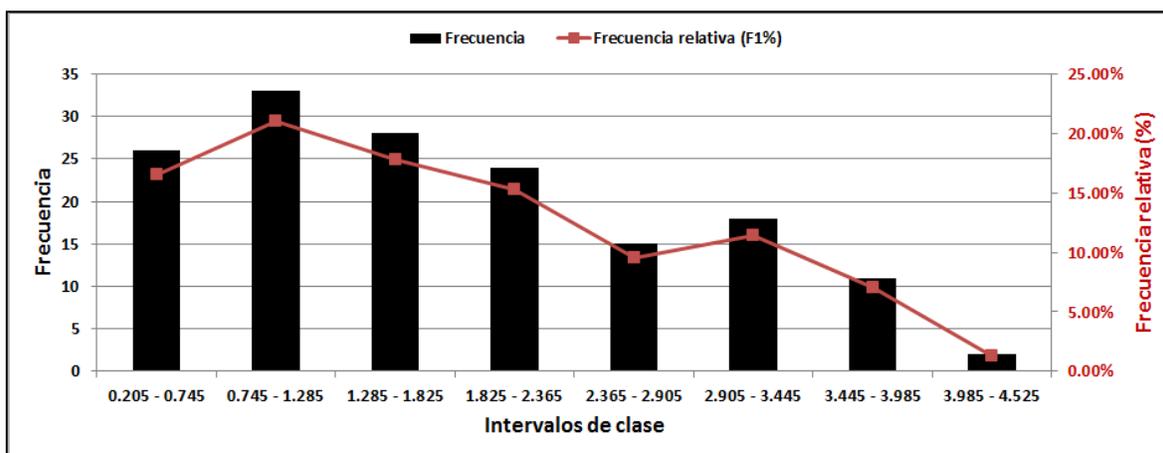


Figura 23. Histograma de frecuencia de la profundidad del SLMM, en la temporada de seca del año 2015.

Los vientos que predominaron en la zona del SLMM en el periodo de muestreo arribaron del noroeste con una velocidad de 5 km/h (primer día) y del este con 4.6 y 4.6 km/h (segundo y tercer día), los cuales fueron de baja intensidad, posteriormente el primero y segundo día de mayo los vientos fueron más intensos, de 9.9 km/h (cuarto día) a 6 km/h (quinto día) (Figura 24).

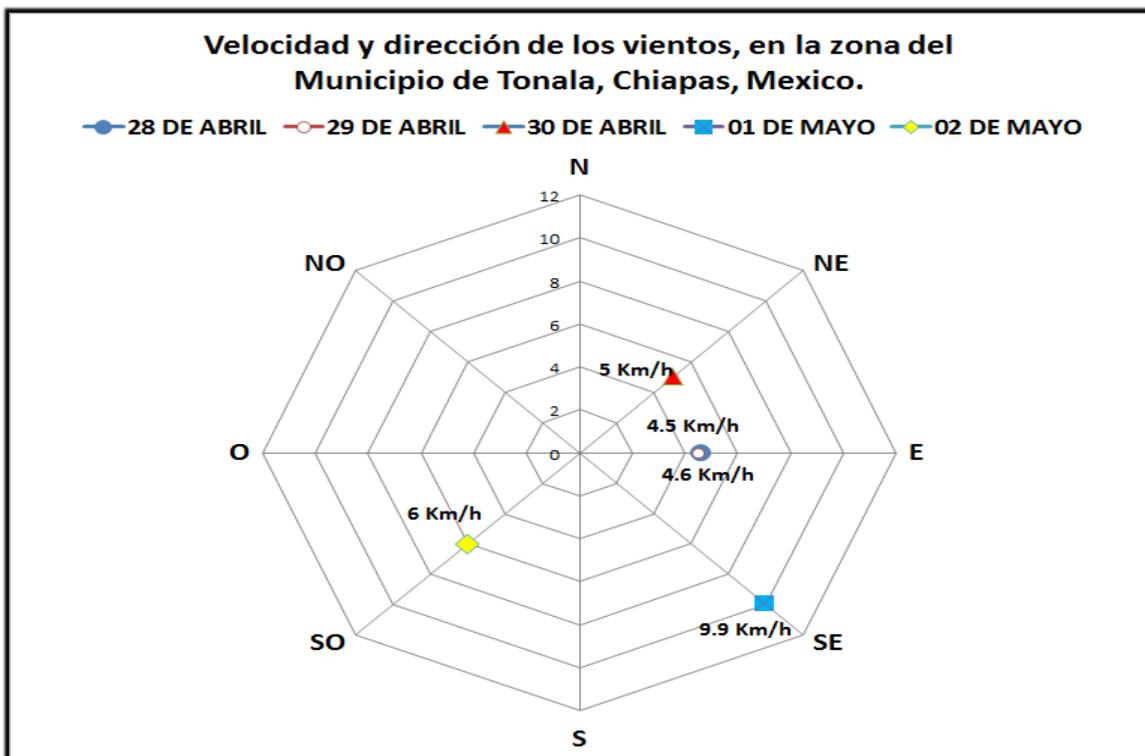


Figura 24. Descripción y comportamiento de la dirección y velocidad de los vientos en una zona cercana a el SLMM, durante el periodo de muestreo (seca), por medio de la rosa de los vientos, elaborada con datos de la estación climatológica Los Sergios, pertenecientes a la red de estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2015).

## 7.4 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del SLMM en la temporada de seca.

### 7.4.1 Temperatura

En la temporada de seca el SLMM registró un promedio general de temperatura de 32.7 °C, con un promedio de temperatura superficial de 32.8 °C, con un valor mínimo de poco más de 28 °C y un máximo de cerca de 36 °C, además una desviación estándar de 1.13. En el fondo el promedio de temperatura, valores mínimo y máximo fueron iguales que en superficie, con una desviación estándar de 1.17 (Cuadro 4, Figura 25).

Cuadro 4. Estadísticos descriptivos de los datos de temperatura superficial y de fondo del SLMM, del periodo de secas del año 2015.

Temperaturas del periodo de seca	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Temperatura superficial	157	28.4	36.2	32.8	1.13
Temperatura de fondo	157	28.4	36.2	32.7	1.17
N válido (según lista)	157				

En la Pampa Paredón se registraron las aguas con menor temperatura de este sistema lagunar, las cuales provienen directamente del Océano Pacifico y se introducen a través del canal de la Boca Tonalá, con valores de 28.3 a 29.3 °C, en la mayor parte de esta pampa la temperatura del agua aumenta registrando 33.2 °C, en la orilla suroeste la temperatura aumenta a un más alcanzando los 36.2 °C.

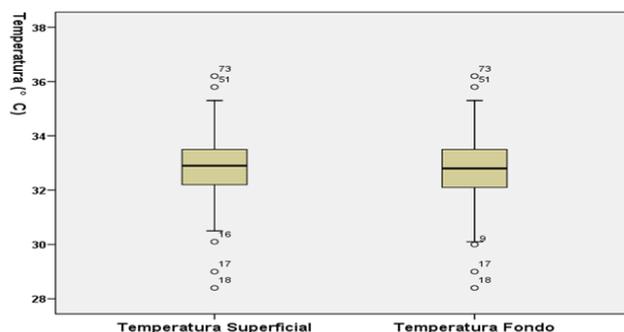


Figura 25. Gráficas de cajas de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

En la Pampa Rancho Salinas, sobre la zona centro, orilla norte y orilla sureste predominaron temperaturas que van de los 32.2 a 33.2 °C. Posteriormente se presentó un aumento en toda la orilla norte de la primera parte estrecha y en la orilla sur de la segunda parte estrecha de esta pampa, registrando valores de 33.2°C a 36.2 °C, los cuales se extendieron por toda la orilla sur y parte del centro de la Pampa de Rincón Juárez, el resto de esta pampa presentó temperaturas que oscilaron entre los 32.3 a 33.2 °C.

La temperatura del fondo no demostró rangos muy grandes de variación con respecto a la temperatura superficial, las variaciones más representativas fueron de 0.5 a 1.0 °C, (Figura 26). Además esta última Pampa, presenta las aguas con mayor temperatura, debido a la lejanía de la Boca Tonalá, la poca profundidad y la baja circulación de agua que existe en esta zona (Figura 27).

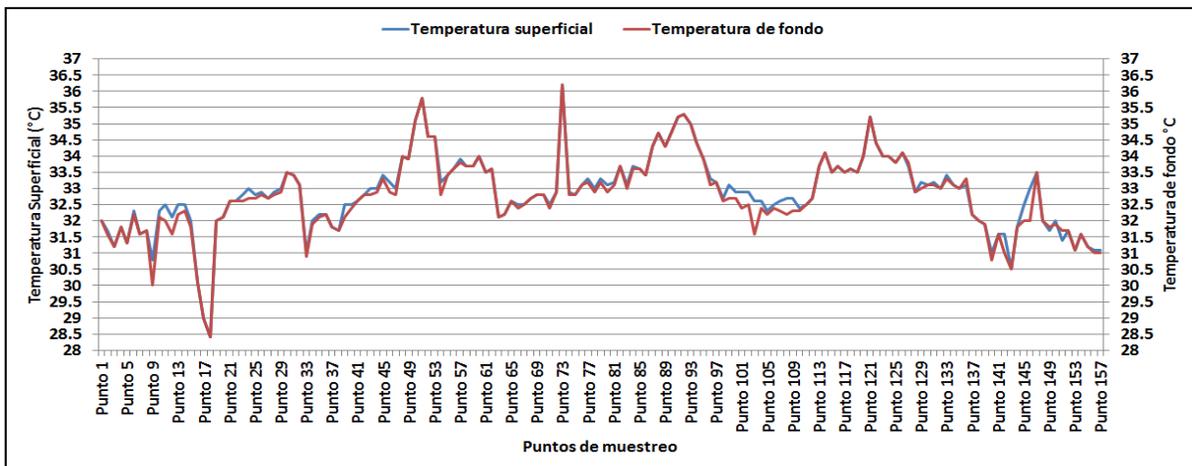


Figura 26. Comportamiento de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

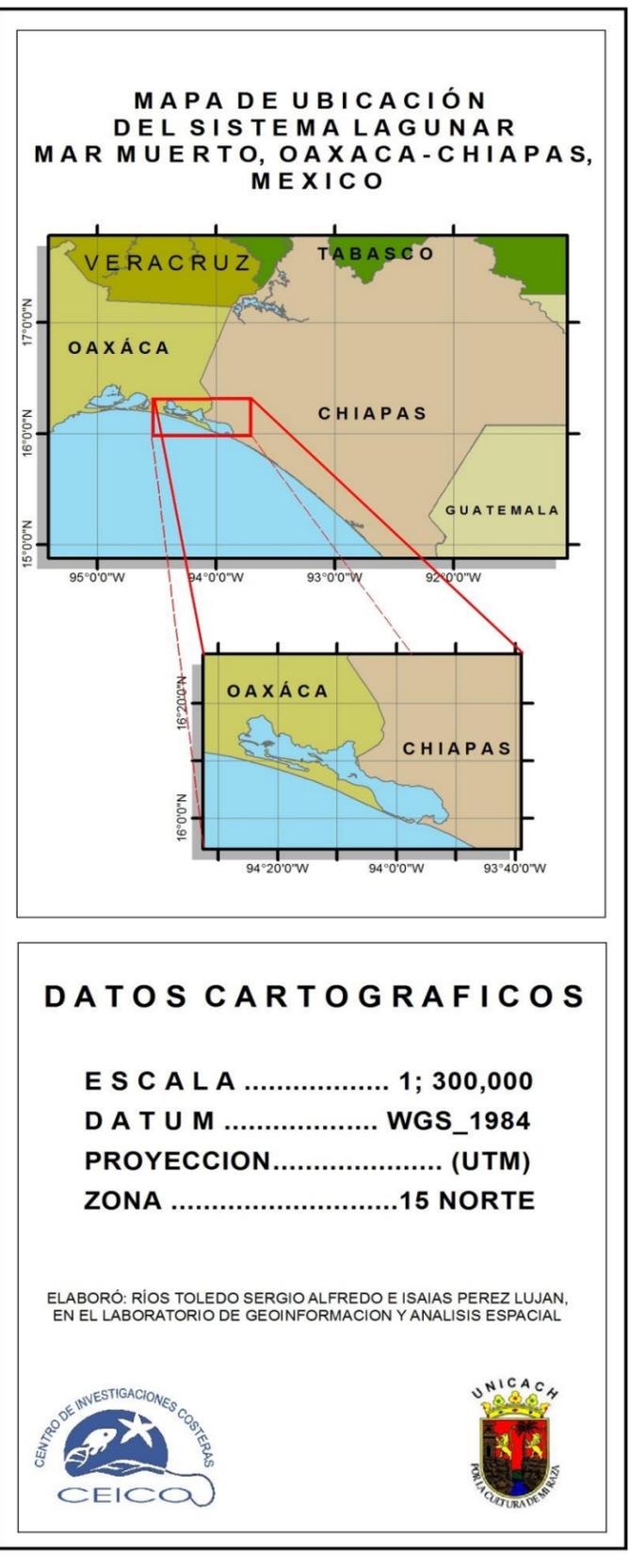
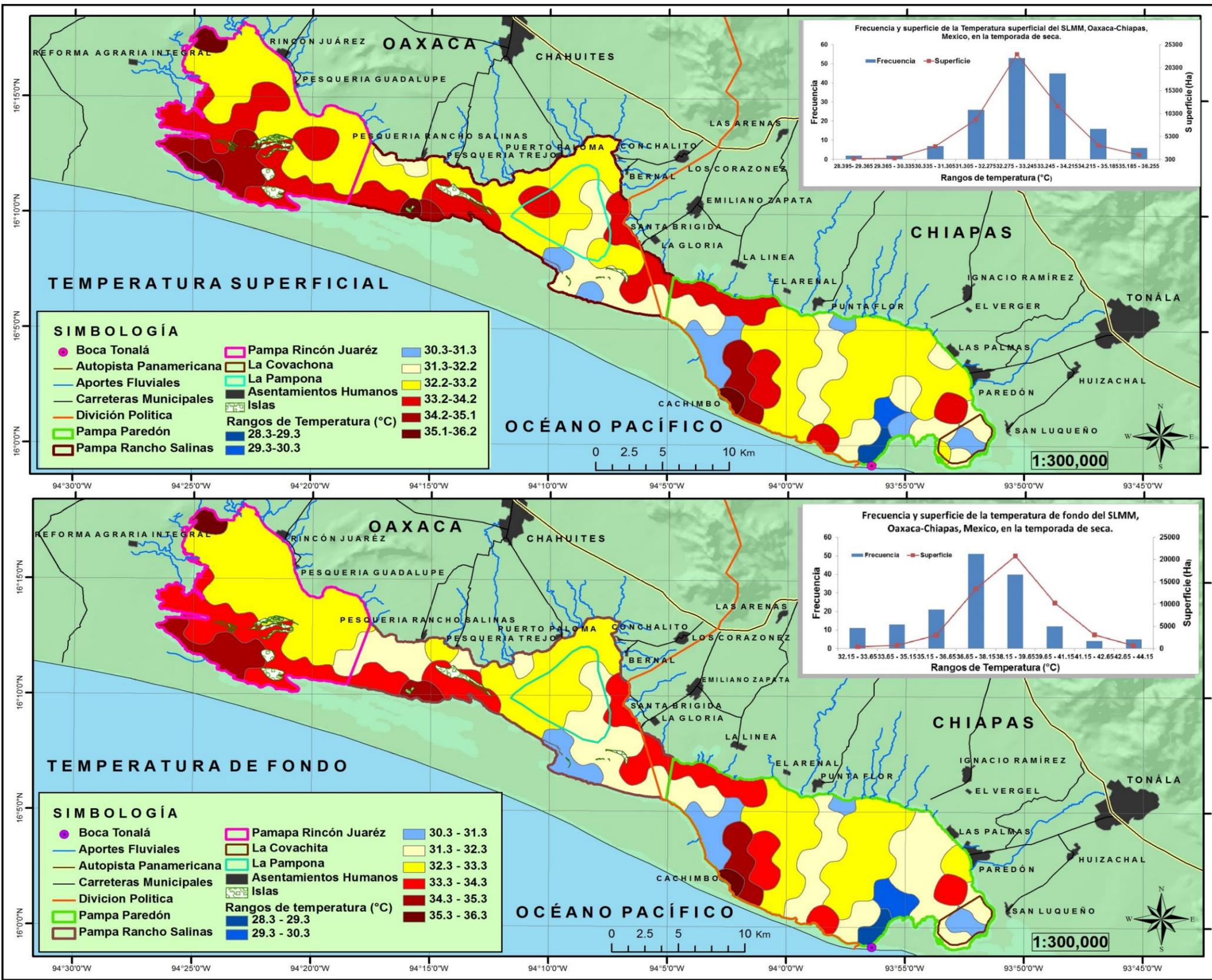


Figura 27. Mapa del comportamiento de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, Oaxaca-Chiapas, en el periodo de seca del año 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia aplicado a los datos de temperatura superficial del SLMM se pueden observar en el Cuadro 5 y Figura 28. Donde se determina que del total de las muestras (n=157) las temperaturas que están en el intervalo de 32.2°C a 33.2°C, fueron las más predominantes con un 33.7%, seguido con un 28.6% los sitios que se encuentran entre el intervalo de los 33.2°C a 34.2°C y finalmente con un 16.5% se encontraron zonas con temperaturas entre los 31.3°C. y 32.2°C.

Cuadro 5. Distribución de frecuencia de la temperatura superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	28.3- 29.3	2	28.86	2	1.27%
2	29.3 - 30.3	2	29.79	4	1.27%
3	30.3 - 31.3	7	30.72	11	4.45%
4	31.3 - 32.2	26	31.65	37	16.56%
5	32.2 - 33.2	53	32.58	90	33.75%
6	33.2 - 34.2	45	33.51	135	28.66%
7	34.2 - 35.1	16	34.44	151	10.19%
8	35.1 - 36.2	6	35.37	157	3.82%
		157			99.97%

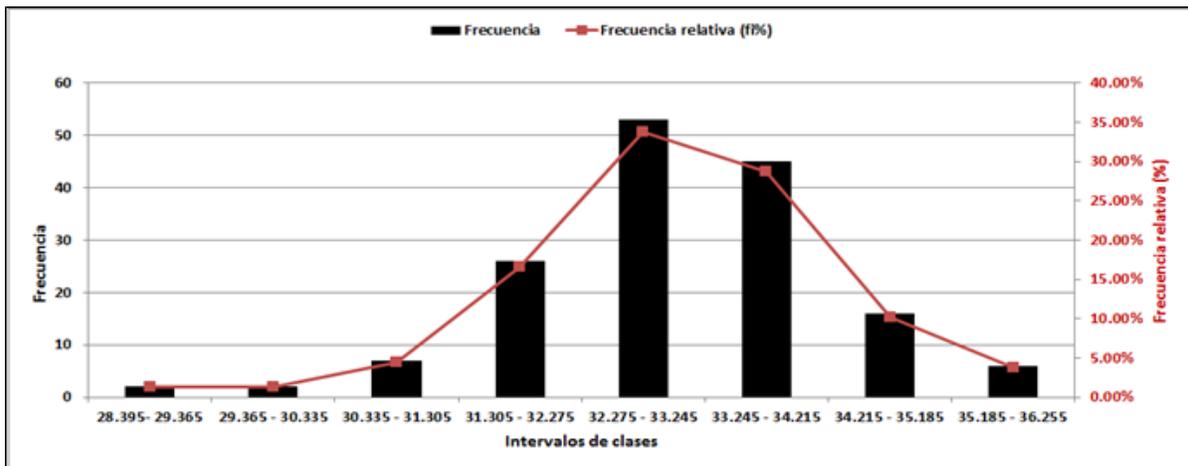


Figura 28. Histograma de frecuencia relativa de la temperatura superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia aplicado a los datos de temperatura de fondo del SLMM se muestran en el Cuadro 6 y Figura 29. En donde se estableció que del total de las muestras (n=157) predominaron con un 35% las temperaturas que están en el intervalo de 32.2°C a 33.2°C, con un 28.6% sitios con intervalos de temperaturas entre los 33.2°C a 34.2°C y últimamente con un 26.7% se encontraron zonas con temperaturas entre los 31.3°C. y 32.2°C.

Cuadro 6. Distribución de frecuencia de la temperatura de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi %)
1	28.35 - 29.35	2	28.85	2	1.2%
2	29.35 - 30.35	2	29.85	4	1.2%
3	30.35 - 31.35	10	30.85	14	6.3%
4	31.35 - 32.35	42	31.85	56	26.7%
5	32.35 - 33.35	55	32.85	111	35.0%
6	33.35 - 34.35	33	33.85	144	21.0%
7	34.35 - 35.35	11	34.85	155	7.0%
8	35.35 - 36.35	2	35.85	157	1.2%
		157			100.0%

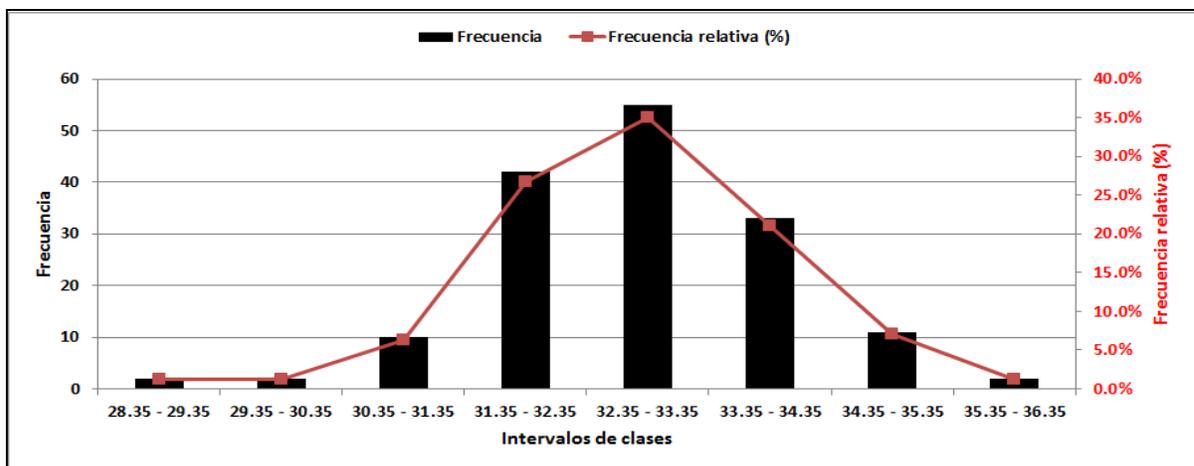


Figura 29. Histograma de frecuencia relativa de la temperatura de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

#### 7.4.2 Salinidad

En temporada de seca, la salinidad dentro del SLMM presentó un promedio general de 37.5 ups., tanto en la superficie como en el fondo se presentaron los mismos promedios (37.5 ups) con valores mínimos de poco más de 32 ups y máximos de 44.1 ups., los cuales también fueron repetitivos. En la superficie se presentó una desviación estándar de 2.26 y en el fondo 2.24 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estadístico descriptivo de la salinidad superficial y de fondo del SLMM, del periodo de seca del año 2015.

Salinidades en la temporada de secas	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Salinidad superficial	157	32.2	44.1	37.5	2.26
Salinidad de fondo	157	32.2	44.1	37.5	2.24
N válido (según lista)	157				

Lo anterior nos dice que la salinidad superficial, no representa una variación considerable con respecto a la salinidad de fondo, esto establece que la columna de agua del SLMM no presento gradientes de salinidad considerable (Figura 30).

La Pampa Paredón presento condiciones marinas en la Boca Tonalá, con salinidades de 35.1 ups, hacia el centro de esta Pampa estos valores aumentaron alcanzando los 38.1 ups, otra zona que registro aumento fue “La Covachona” localizada al sureste de esta pampa, con intervalos que van de los 38.1 a 39.6 ups., algo similar sucede en los límites con la Pampa de Rancho Salinas, en donde se encuentran las aguas con mayor contenido de salinidad oscilando entre los 38.1 a 44.1 ups.

Posteriormente la Pampa Rancho Salinas, en la parte más amplia presentó salinidades entre los 36.6 ups y 39.6 ups, además en los límites entre las dos pampas se registraron valores máximos, de 39.6 ups a 44.1 ups.

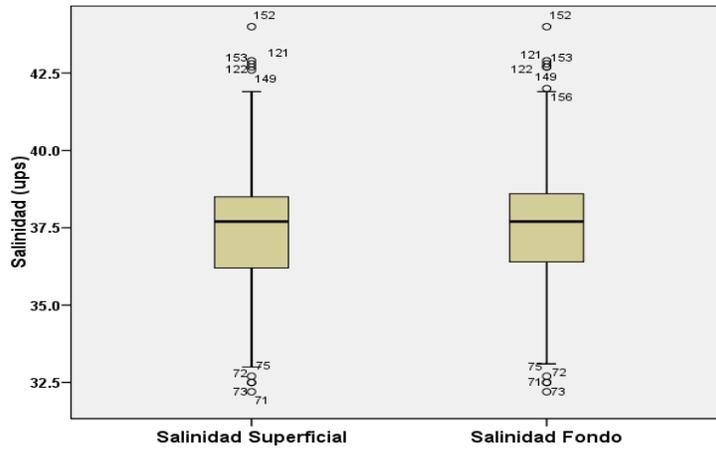
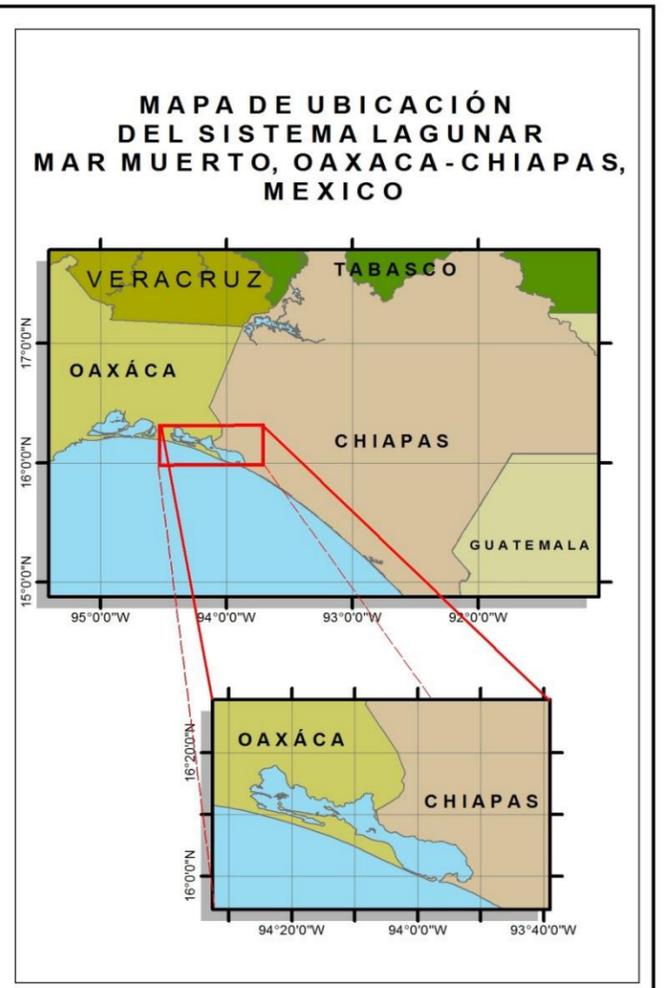
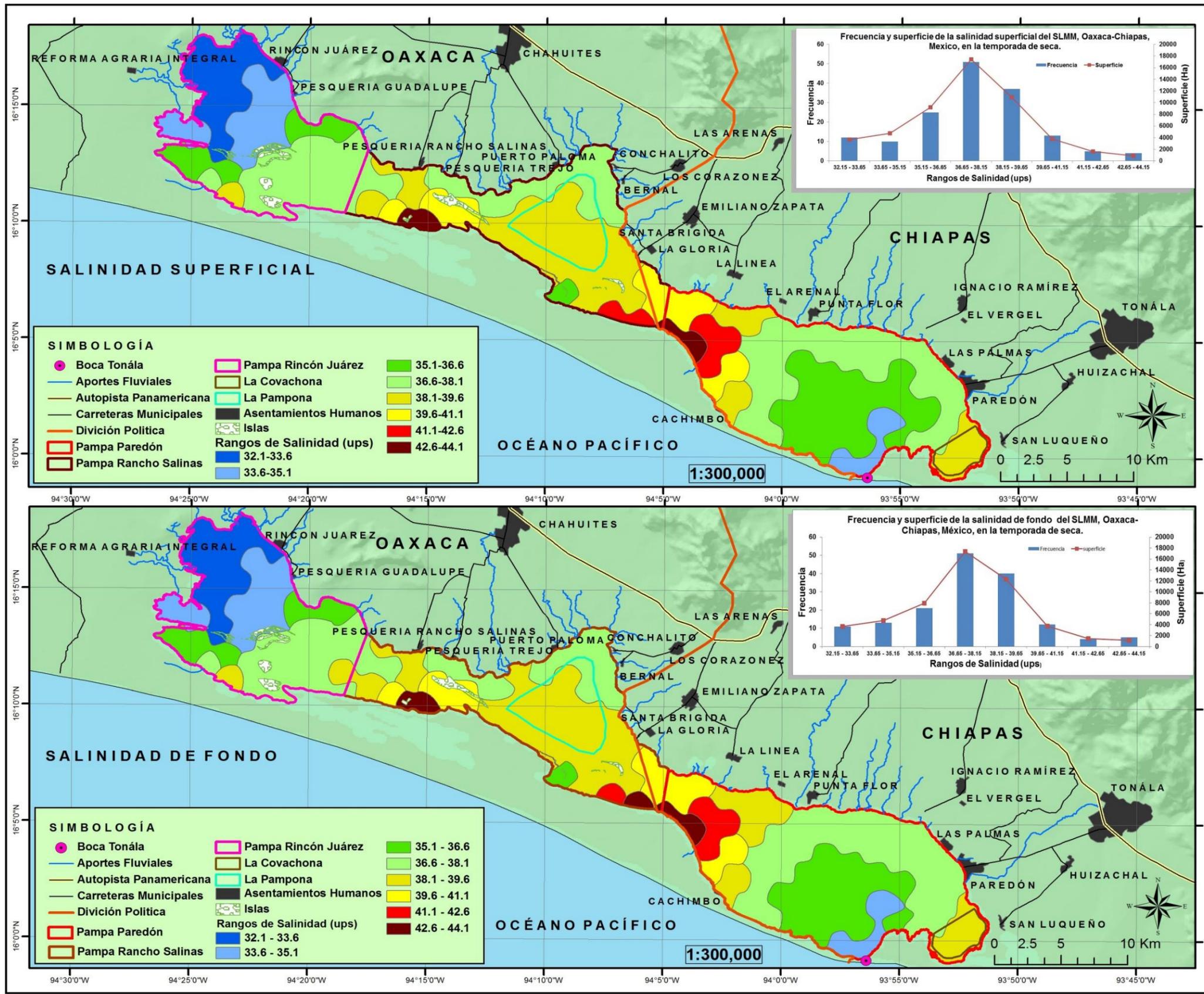


Figura 30. Grafica de caja de la salinidad superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

La Pampa Rincón Juárez, manifestó en la zona norte y centro las salinidades más bajas de este sistema lagunar, con valores que van de los 32.1 ups a 35.1 ups, en el resto de esta Pampa la variable se comportó entre los 35.1 ups a 38.1 ups (Figura 31 y 32).



Figura 31. Comportamiento de la salinidad superficial y de fondo del SLMM, del periodo de seca del año 2015.



### DATOS CARTOGRAFICOS

**ESCALA** ..... 1; 300,000  
**DATUM** ..... WGS\_1984  
**PROYECCION**..... (UTM)  
**ZONA** .....15 NORTE

ELABORÓ: RÍOS TOLEDO SERGIO ALFREDO E ISAIAS PEREZ LUJAN,  
 EN EL LABORATORIO DE GEOINFORMACION Y ANALISIS ESPACIAL

Figura 32. Mapa del comportamiento de la Salinidad superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de seca del año 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia, para la salinidad superficial se muestran en el Cuadro 8 y Figura 33. Se determinó que las salinidades que más predominaron dentro del SLMM fueron las que se encontraron dentro del intervalo de 36.6 y 38.1 ups., representando un 32.4% de la muestra total (n=157), posteriormente con un 23.5% se encontraron salinidades entre 38.1 ups y 39.6 ups., finalmente con un 15.9% se presentaron sitios con salinidades que van de los 35.1 a 36.6 ups, respectivamente.

Cuadro 8. Análisis de distribución de frecuencia de la salinidad superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi %)
1	32.15 - 33.65	12	32.9	12	7.64%
2	33.65 - 35.15	10	34.4	22	6.36%
3	35.15 - 36.65	25	35.9	47	15.92%
4	36.65 - 38.15	51	37.4	98	32.48%
5	38.15 - 39.65	37	38.9	135	23.56%
6	39.65 - 41.15	13	40.4	148	8.28%
7	41.15 - 42.65	5	41.9	153	3.18%
8	42.65 - 44.15	4	43.4	157	2.54%
		157			99.96%

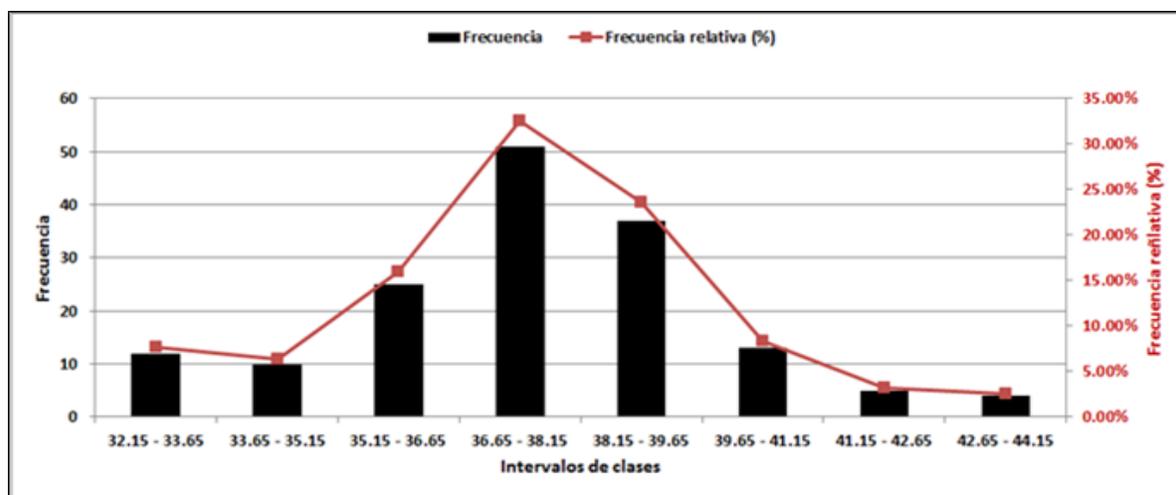


Figura 33. Histograma de frecuencia relativa de la salinidad superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

En el Cuadro 9 y Figura 34 se muestran los resultados del análisis de distribución de frecuencia de la salinidad de fondo del SLMM, los cuales establecen que las salinidades que más predominan en el fondo son las que se encontraron dentro del intervalo de 36.6 y 38.1 ups, determinando un 37.5% de la muestra total (n=157), seguido de un 25.4% salinidades entre 38.1 ups y 39.6 ups, finalmente con un 8.2% las salinidades que van de los 35.1 ups a 36.6 ups.

Cuadro 9. Distribución de frecuencia de la salinidad de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	32.15 - 33.65	11	32.9	11	7.00%
2	33.65 - 35.15	13	34.4	24	8.28%
3	35.15 - 36.65	21	35.9	45	8.28%
4	36.65 - 38.15	51	37.4	96	37.57%
5	38.15 - 39.65	40	38.9	136	25.47%
6	39.65 - 41.15	12	40.4	148	7.64%
7	41.15 - 42.65	4	41.9	152	2.57%
8	42.65 - 44.15	5	43.4	157	3.18%
		157			99.99%

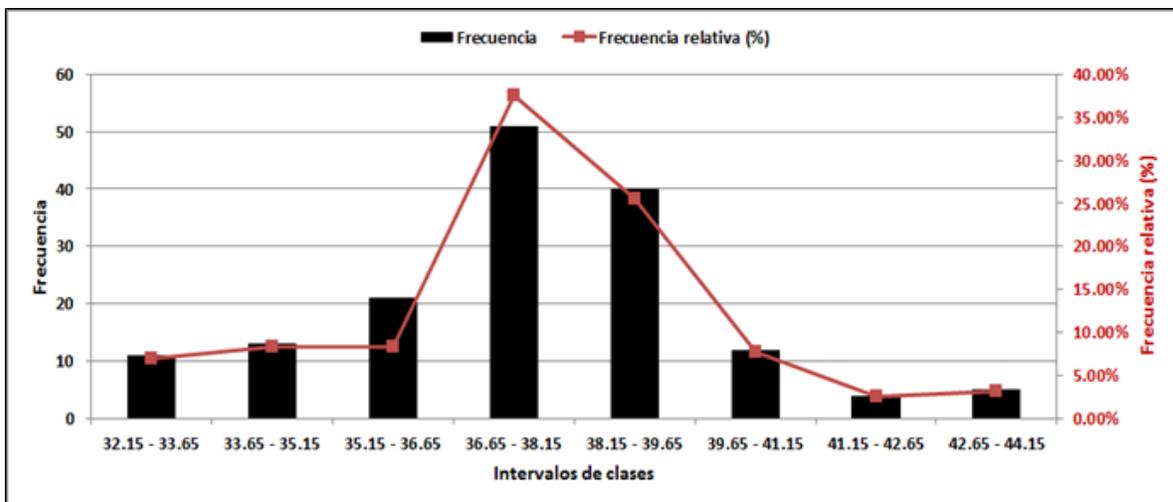


Figura 34. Histograma de frecuencia relativa de la salinidad de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

### 7.4.3 Oxígeno disuelto

Dentro del SLMM, el oxígeno disuelto manifestó un promedio general de 5.6 mg/l; en la superficie fue de poco más de 5.5 mg/l y en el fondo de 5.4 mg/l, con 2.5 mg/l como valor mínimo y 8.6 mg/l máximo, además presento 0.98 y 1.10 de desviación estándar respectivamente (Cuadro 10 y Figura 35).

Cuadro 10. Estadístico descriptivo del oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, del periodo de seca del año 2015.

Oxígeno disuelto en la temporada de seca	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Oxígeno disuelto superficial	157	2.5	8.6	5.7	0.98
Oxígeno disuelto de fondo	157	2.5	8.6	5.4	1.10
N válido (según lista)	157				

Las zonas con menor oxígeno disuelto se encontraron en la llamada “La Covachona” en la Pampa de Paredón y en la orilla norte de la Pampa Rincón Juárez, con valores que fluctuaron entre los 2.4 mg/l y los 4.0 mg/l de oxígeno disuelto. En gran parte de las Pampas, Paredón, Rancho Salinas y Rincón Juárez, el comportamiento del oxígeno disuelto prevalece entre los 4.0 a 6.4 mg/l.

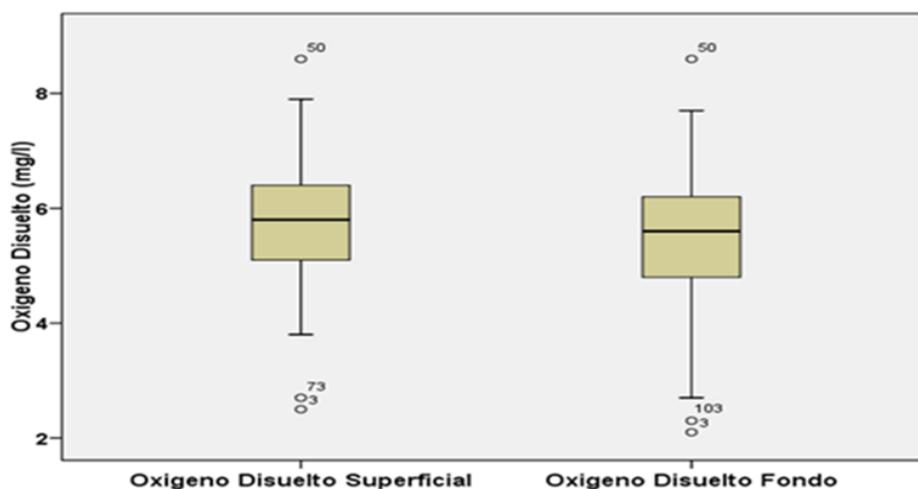


Figura 35. Grafica de caja del oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, del periodo de seca del año 2015.

Esta variable, es el parámetro que presenta mayor variación en la columna de agua del SLMM, en casi toda la laguna se encuentra una diferencia de 1 a 2 mg/l, por cada una de las estaciones de muestreos, solo en casos extremos existe una variación de 3 mg/l, de oxígeno disuelto, (Figura 36).

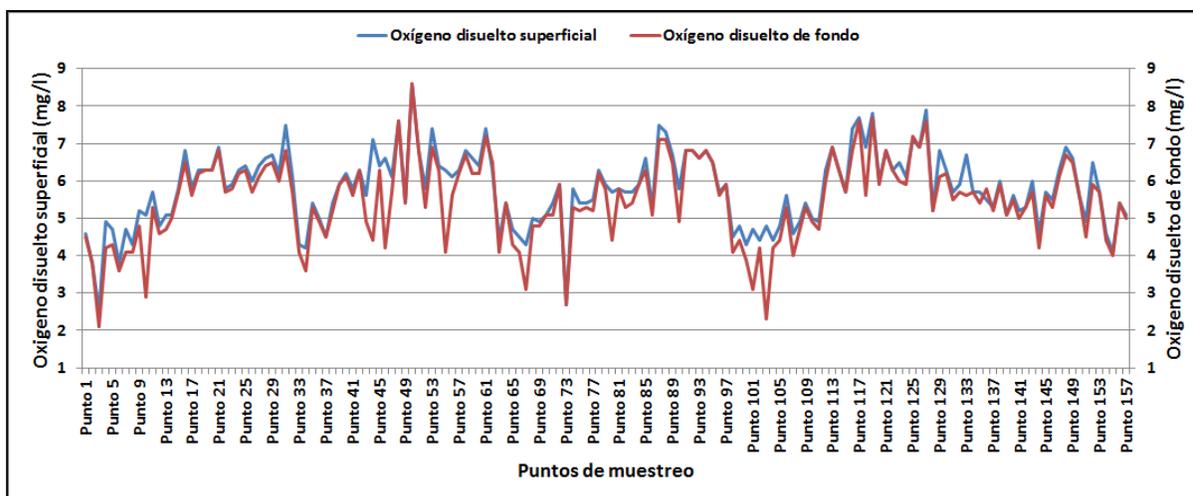
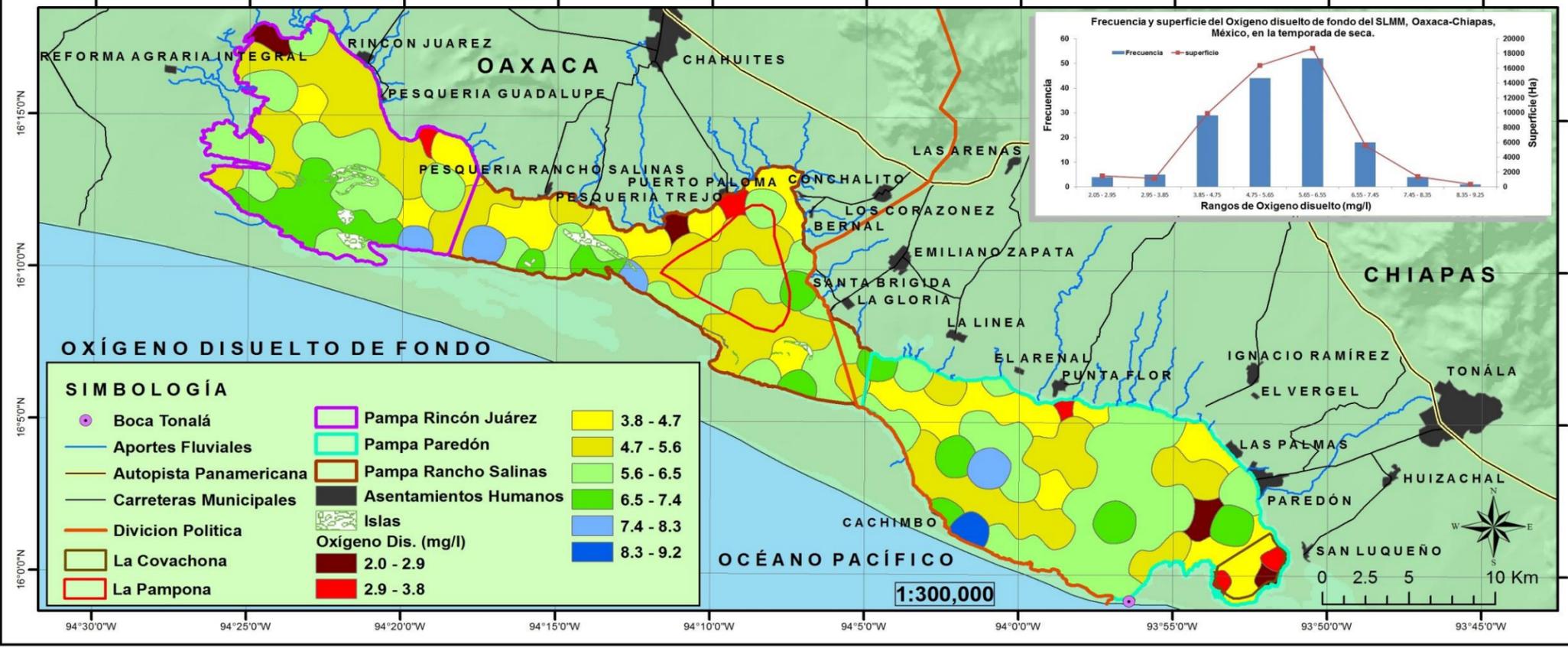
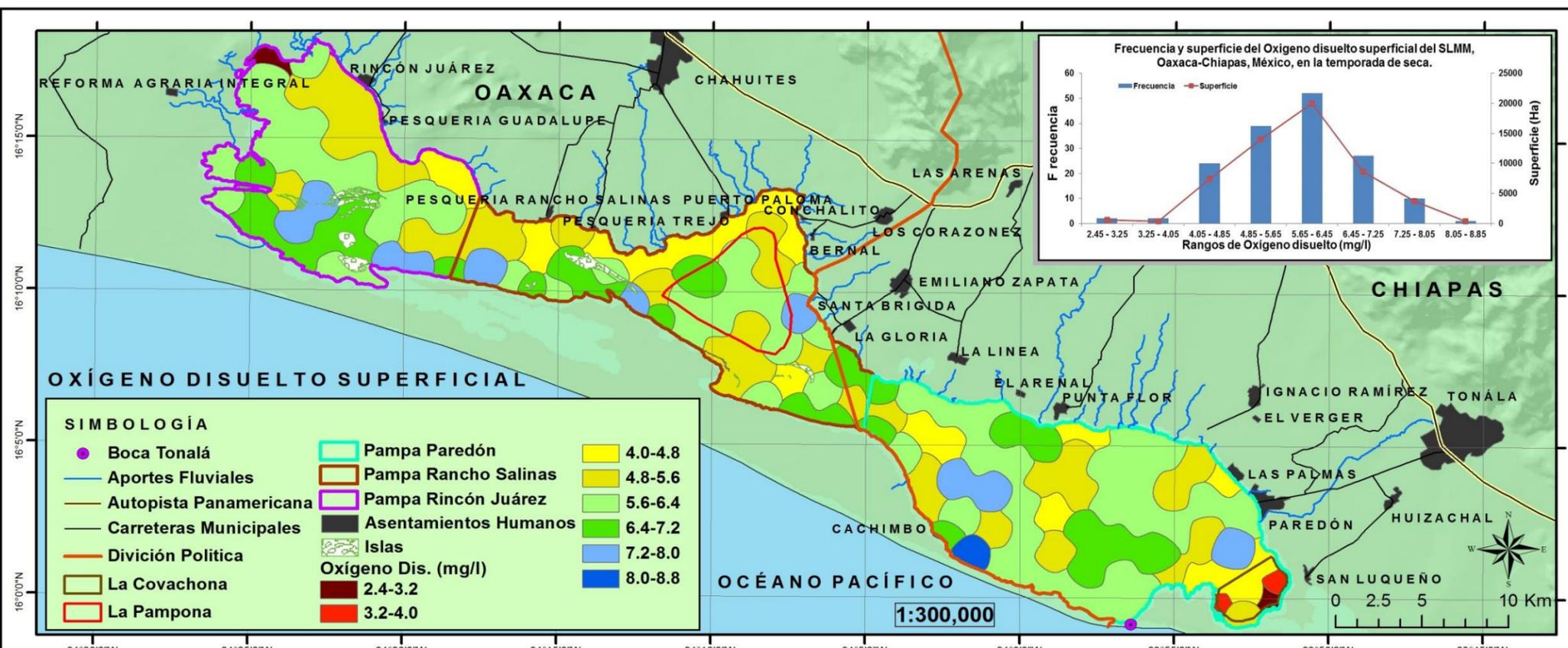


Figura 36. Comportamiento del oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Los valores más óptimos de oxígeno disuelto dentro del SLMM fueron de 6.4 a 8.6 mg/l, los cuales se encontraron en la parte sur de la Pampa Rincón Juárez, la orilla sur y en el centro de la Pampa Rancho Salinas, además de la zona noroeste, suroeste, sureste y centro de la Boca Tonalá, en la Pampa Paredón (Figura 37).



**DATOS CARTOGRAFICOS**

ESCALA ..... 1; 300,000  
 DATUM ..... WGS\_1984  
 PROYECCION..... (UTM)  
 ZONA .....15 NORTE

ELABORÓ: RÍOS TOLEDO SERGIO ALFREDO E ISAIAS PEREZ LUJAN, EN EL LABORATORIO DE GEOINFORMACION Y ANALISIS ESPACIAL

Figura 37. Mapa del comportamiento del Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de seca del año 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia para el oxígeno disuelto superficial se muestran en el Cuadro 11 y Figura 38. En donde se muestra que en el SLMM se encontraron con una mayor frecuencia sitios que presentaron entre 5.6 y 6.4 mg/l de oxígeno disuelto, representando un 33.1% de la muestra total (n=157), posteriormente con un 24.8% se encuentran zonas entre 4.8 mg/l y 5.6 mg/i., seguido con un 17% los sitios que presentan entre 6.4 mg/l y 7.4 mg/l de oxígeno disuelto, finalmente con 15% se presentaron sitios entre los 3.8 mg/l a 4.8 mg/l de oxígeno disuelto respectivamente.

Cuadro 11. Distribución de frecuencia del oxígeno disuelto superficial del SLMM, del periodo de seca del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	2.45 - 3.25	2	2.85	2	1.27%
2	3.25 - 4.05	2	3.65	4	1.27%
3	4.05 - 4.85	24	4.45	28	15.28%
4	4.85 - 5.65	39	5.25	67	24.84%
5	5.65 - 6.45	52	6.05	119	33.12%
6	6.45 - 7.25	27	6.85	146	17.19%
7	7.25 - 8.05	10	7.65	156	6.36%
8	8.05 - 8.85	1	8.45	157	0.63%
		157			100.00%

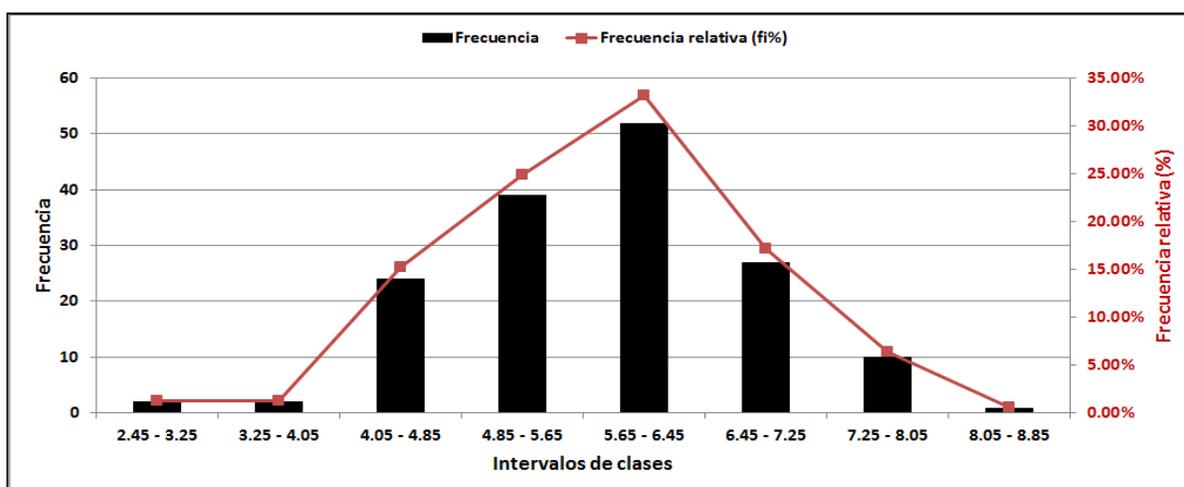


Figura 38. Histograma de frecuencia relativa del oxígeno disuelto superficial del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia para el oxígeno disuelto de fondo se muestran en el Cuadro 12 y Figura 39. En donde se determinó que en el SLMM se encontraron con una mayor frecuencia sitios que presentaron entre 5.6 mg/l y 6.4 mg/l de oxígeno disuelto, representando un 33.1% de la muestra total (n=157), posteriormente con un 28% se encontraron zonas que presentaron entre 4.8 mg/l y 5.6 mg/i., seguido de sitios que presentan entre 6.4 mg/l y 7.4 mg/l de oxígeno disuelto los cuales representan un 11%, finalmente con 18% se presentaron sitios que contienen entre 3.8 mg/l y 4.8 mg/l de oxígeno disuelto respectivamente.

Cuadro 12. Distribución de frecuencia del oxígeno disuelto de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	2.05 - 2.95	4	2.5	4	2.54%
2	2.95 - 3.85	5	3.4	9	3.18%
3	3.85 - 4.75	29	4.3	38	18.47%
4	4.75 - 5.65	44	5.2	82	28.02%
5	5.65 - 6.55	52	6.1	134	33.12%
6	6.55 - 7.45	18	7	152	11.46%
7	7.45 - 8.35	4	7.9	156	2.54%
8	8.35 - 9.25	1	8.8	157	0.63%
		157			99.96%

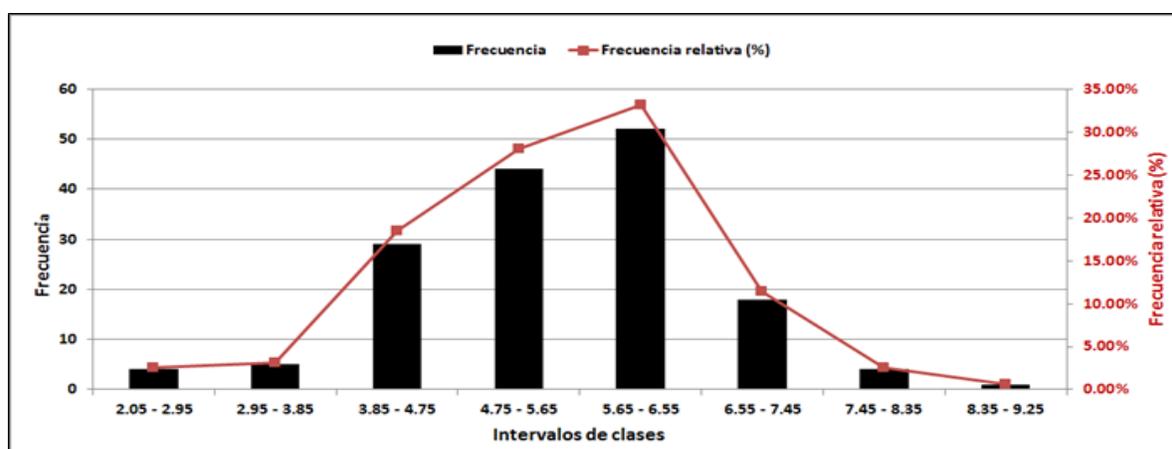


Figura 39. Histograma de frecuencia relativa del oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

#### 7.4.4 Potencial de Hidrógeno

El comportamiento del potencial de Hidrógeno dentro del SLMM, presentó una dinámica homogénea en su columna de agua, mostrando un promedio de poco más de 8 con un valor mínimo de 7.5 y un máximo de casi 9, además de una desviación estándar de 0.17, (Cuadro 13 y Figura 40).

Cuadro 13. Estadístico descriptivo del potencial de Hidrógeno del SLMM, del periodo de seca del año 2015.

Potencial de Hidrógeno de la temporada de seca	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
pH superficial	157	7.5	8.8	8.2	0.17
pH de fondo	157	7.5	8.8	8.2	0.17
N válido (según lista)	157				

Este ecosistema lagunar costero se comportó neutro en zonas como “La Covachona” que se localiza en la Pampa de Paredón y enfrente de la localidad de “Cachimbo”, en la orilla sur de este sistema lagunar, en donde los valores oscilaron entre los 7.5 y 8.0. Además en la entrada de la Boca Tonalá y en gran parte de la Pampa de Paredón, se presentaron valores básicos de 8.0 a 8.3.

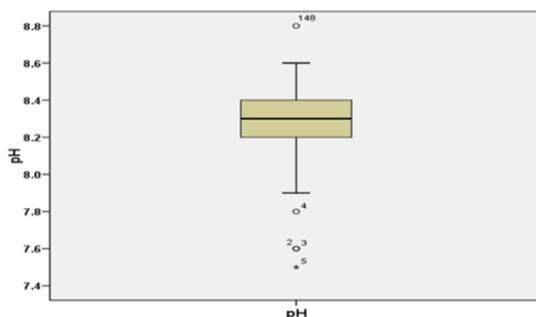


Figura 40. Grafica de caja del potencial de Hidrógeno del SLMM, del periodo de seca del año 2015.

El comportamiento del potencial de Hidrógeno después de la Pampa de Paredón, en el resto del SLMM, hacia la parte de Oaxaca, pasando por las Pampas de Rancho Salinas y Rincón Juárez, se comportó entre los valores 8.3 a 8.8, (Figura 41).

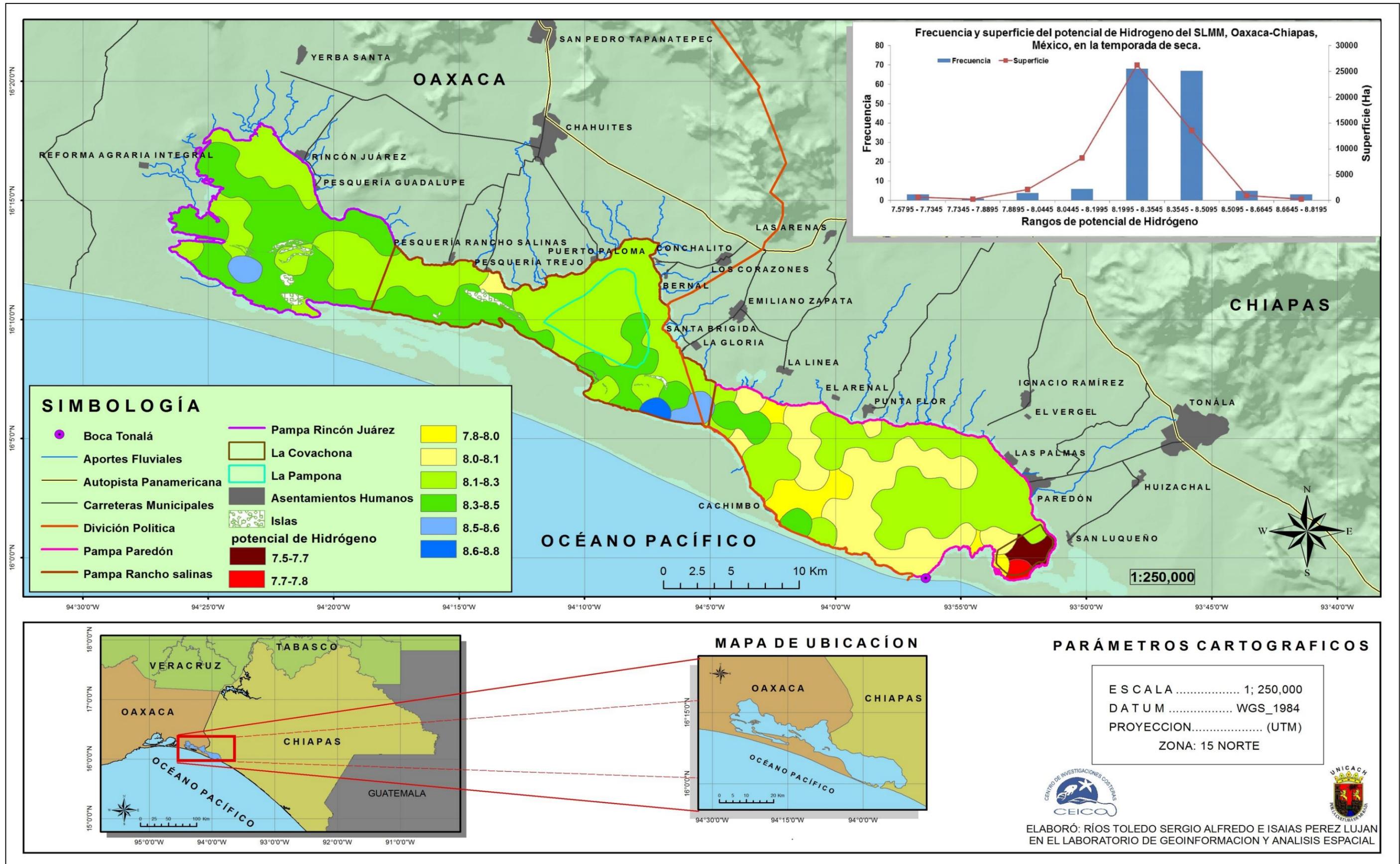


Figura 41. Mapa del comportamiento del Potencial de Hidrógeno del SLMM, en la temporada de seca del año 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia para el potencial de hidrógeno del SLMM se muestran en el Cuadro 14 y Figura 42. Que demuestran que del total de la muestra (n=157) el 40.7% de los puntos de muestreos presentaron de 8.3 a 8.5 de potencial de hidrogeno, el 30.5% presentaron entre 8.1 y 8.3 de potencial de hidrógeno y finalmente con un 18.4% los sitios presentaron de 8.0 a 8.1 de pH.

Cuadro 14. Distribución de frecuencia del potencial de Hidrógeno del SLMM, en el periodo de seca del año 2015.

Clase	Intervalo de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	7.5 - 7.7	3	7.657	3	1.91%
2	7.7 - 7.8	1	7.812	4	0.63%
3	7.8 - 8.0	4	7.967	7	1.91%
4	8.0 - 8.1	6	8.122	36	18.47%
5	8.1 - 8.3	68	8.277	84	30.57%
6	8.3 - 8.5	67	8.432	148	40.76%
7	8.5 - 8.6	5	8.587	155	4.45%
8	8.6 - 8.8	3	8.742	157	1.27%
		157			99.97%

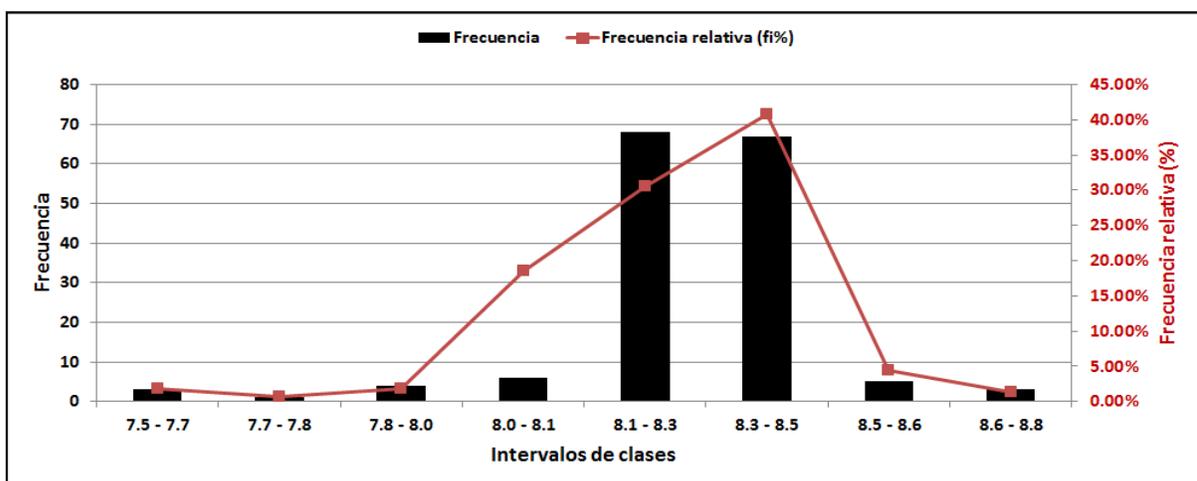


Figura 42. Histograma de frecuencia relativa del potencial de Hidrógeno del SLMM, en el periodo de seca del 2015.

## **7.5 Análisis estadístico de la profundidad y los parámetros fisicoquímicos del SLMM en la temporada de seca.**

### **7.5.1 Análisis de componentes principales**

El análisis de componentes principales generó una matriz de correlación donde se muestran las relaciones que existen entre las diferentes variables.

La profundidad se relacionó negativamente con la temperatura y oxígeno disuelto de superficie y fondo. La temperatura de superficie y fondo se correlaciono de manera positiva con el oxígeno disuelto y el potencial de Hidrógeno de superficie y fondo, además exhibe una relación negativa con la variable profundidad.

La salinidad de superficie y fondo no presentó alguna relación realmente significativa con las otras variables analizadas, caso contrario con el oxígeno disuelto superficial y de fondo, el cual se correlaciono de manera positiva con la temperatura y el potencial de Hidrógeno de superficie y fondo, además esta misma variable se relacionó de manera negativa con la profundidad, finalmente el potencial de Hidrógeno se relacionó positivamente con el oxígeno disuelto y la temperatura de superficie y fondo (Cuadro 15).

Cuadro 15. Matriz de correlación de los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca, del año 2015.

<b>Variables de la temporada de seca</b>	<b>Profundidad secas</b>	<b>Temperatura superficial</b>	<b>Salinidad superficial</b>	<b>Oxígeno disuelto superficial</b>	<b>pH superficial</b>	<b>Temperatura de fondo</b>	<b>Salinidad de fondo</b>	<b>Oxígeno disuelto de fondo</b>	<b>pH de fondo</b>
<b>Profundidad</b>	1.000	-.239	-.012	-.130	-.050	-.265	.009	-.200	-.056
<b>Temperatura superficial</b>	-.239	1.000	-.021	.427	.313	.988	-.028	.388	.314
<b>Salinidad superficial</b>	-.012	-.021	1.000	.086	.013	-.007	.999	.085	.018
<b>Oxígeno disuelto superficial</b>	-.130	.427	.086	1.000	.406	.446	.083	.904	.409
<b>pH superficial</b>	-.050	.313	.013	.406	1.000	.320	.007	.396	.997
<b>Temperatura de fondo</b>	-.265	.988	-.007	.446	.320	1.000	-.017	.423	.322
<b>Salinidad de fondo</b>	.009	-.028	.999	.083	.007	-.017	1.000	.075	.013
<b>Oxígeno disuelto de fondo</b>	-.200	.388	.085	.904	.396	.423	.075	1.000	.397
<b>pH de fondo</b>	-.056	.314	.018	.409	.997	.322	.013	.397	1.000

El Análisis de Componentes Principales demostró que los primeros cuatro componentes representaron y explicaron el 89.16% de la varianza total (Cuadro 16 y Figura 43).

Cuadro 16. Varianza total explicada de cada uno de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de seca del año 2015.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3.549	39.430	39.430	3.549	39.430	39.430	2.085	23.170	23.170
2	2.017	22.406	61.836	2.017	22.406	61.836	2.084	23.150	46.320
3	1.434	15.932	77.768	1.434	15.932	77.768	2.001	22.230	68.550
4	1.025	11.392	89.160	1.025	11.392	89.160	1.855	20.610	89.160
5	.869	9.655	98.814						
6	.093	1.030	99.845						
7	.011	.117	99.962						
8	.003	.033	99.995						
9	.000	.005	100.000						

El primer componente representa poco más de 39% de la varianza total, resaltando a la temperatura, profundidad y oxígeno disuelto, como las variables de mayor importancia de acuerdo a sus variabilidades, este componente muestra la relación inversa que la profundidad presenta sobre el oxígeno disuelto y la temperatura de la columna de agua del SLMM.

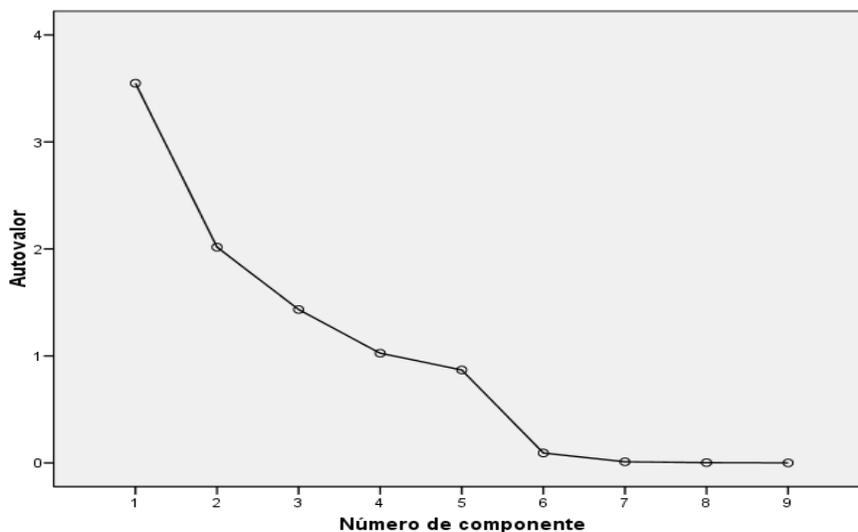


Figura 43. Gráfico de sedimentación de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca del año 2015.

El segundo componente expresa un poco más del 22% de la varianza total, el cual está formado por las variables, pH, temperatura y oxígeno disuelto, las cuales mostraron una correlación positiva entre ellas, indicando que un aumento del pH involucra un aumento de temperatura y oxígeno disuelto. El 15% de la varianza total es explicado por el tercer componente, el cual presenta únicamente a la salinidad, lo que indicó que esta variable no está correlacionada con ninguna otra (Cuadro 17).

Cuadro 17. Matriz de componentes rotados (Varimax con Kaiser) del ACP, con datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca del año 2015.

	Componentes			
	1	2	3	4
<b>Profundidad</b>	-.486			
<b>Temperatura superficial</b>	.928	.235		
<b>Salinidad superficial</b>			.999	
<b>Oxígeno disuelto superficial</b>	.235	.221		.916
<b>pH superficial</b>		.968		
<b>Temperatura de fondo</b>	.930	.233		
<b>Salinidad de fondo</b>			.999	
<b>Oxígeno disuelto de fondo</b>	.224			.929
<b>pH de fondo</b>		.967		.201

El cuarto y último componente, muestra la relación positiva que presenta el pH y el oxígeno disuelto, diciendo que un aumento en los valores de pH involucra un aumento en los niveles de oxígeno disuelto y viceversa, esta correlación representa 11% de la varianza total.

### 7.5.2 Prueba T para dos muestras relacionadas

Mediante esta prueba estadística se muestran las medias de la temperatura, salinidad, el oxígeno disuelto y potencial de Hidrógeno (Cuadro 18) las cuales presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 18. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de los Parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca del año 2015.

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Temperatura superficial	32.80	157	1.130	.091
	Temperatura de fondo	32.7000	157	1.17000	.09384
Par 2	Salinidad superficial	37.4900	157	2.26000	.18037
	Salinidad de fondo	37.5500	157	2.24000	.17931
Par 3	Oxígeno disuelto superficial	5.7800	157	.98000	.07862
	Oxígeno disuelto de fondo	5.4800	157	1.10000	.08795
Par 4	pH superficial	8.2500	157	.17000	.01389
	pH de fondo	8.2500	157	.17000	.01390

La comparación de medias entre la temperatura superficial y de fondo, presento un nivel crítico bilateral muy pequeño (0.00), lo cual rechazo la hipótesis de igualdad de medias, lo que nos llevó a concluir que la temperatura superficial (32.86 °C) es significativamente mayor que la temperatura de fondo (32.76 °C), mostrando una diferencia de 0.088 °C en favor de la temperatura superficial.

La salinidad presentó el mismo nivel crítico bilateral (0.00) de la temperatura, determinando que se trata de medias totalmente diferentes y que la salinidad de fondo (37.55 ups) es mayor que la salinidad superficial (37.49 ups), presentando una diferencia de 0.062 ups en favor de la salinidad de fondo (Cuadro 19).

Cuadro 19. Prueba de muestras relacionadas de los datos de los Parámetros fisicoquímicos del SLMM de la temporada de seca del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error tít. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
<b>Par 1</b> Temperatura superficial - Temperatura de fondo	.08854	.18115	.01446	.05998	.11709	6.124	156	.000
<b>Par 2</b> Salinidad superficial - Salinidad de fondo	-.06242	.09227	.00736	-.07697	-.04787	-8.476	156	.000
<b>Par 3</b> Oxígeno disuelto superficial - Oxígeno disuelto de fondo	.30191	.47210	.03768	.22749	.37634	8.013	156	.000
<b>Par 4</b> pH superficial - pH de fondo	.00191	.01373	.00110	-.00025	.00408	1.743	156	.083

Asimismo el oxígeno disuelto, de acuerdo a este análisis de comparación de medias, obtuvo un nivel crítico bilateral de 0.00 determinando con esto, que se trata de medias diferentes, en donde el oxígeno disuelto superficial (5.78 mg/l), es mayor que el oxígeno disuelto del fondo (5.48 mg/l), con una diferencia de 0.30 mg/l en favor del oxígeno disuelto superficial.

Finalmente el potencial de Hidrógeno (pH) de superficie y fondo, no mostraron una diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ), lo que demuestra que la columna de agua del SLMM presenta una homogeneidad en cuanto al comportamiento de esta variable.

## 7.6 Batimetría del SLMM en la temporada de lluvia

El SLMM, presentó una superficie total de aproximadamente 55 210.41 Ha (552 000, 000 m<sup>2</sup>), con un volumen de poco más de 1 150 000 000.00 m<sup>3</sup>, una longitud máxima de alrededor de 66 000 m. una anchura máxima de 13 500, una anchura media cercana a los 8 000 y una mínima de 3 105 metros, además cuenta con una línea de costa de 768 950 metros (768.95 Km).

Para la temporada de lluvia el SLMM, registró una profundidad promedio cercana a los 2 metros, con 0.34 metros de valor mínimo y un máximo de casi 5.20 metros y una desviación estándar de 1.00 (Cuadro 20 y Figura 44).

Cuadro 20. Estadísticos descriptivos de los datos de profundidad (valor mínimo, máximo, media y desviación estándar) de la temporada de lluvia del SLMM en el año 2015.

Batimetría del periodo de lluvia	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Profundidad de la temporada de lluvia	157	0.34	5.15	1.98	1.00
N válido (según lista)	157				

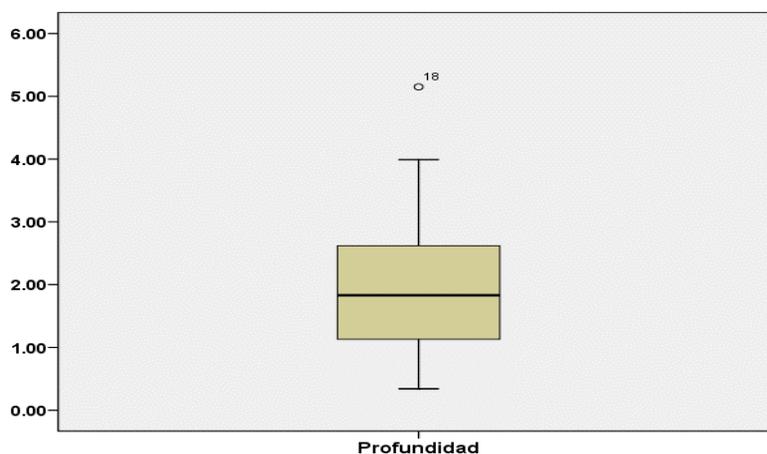
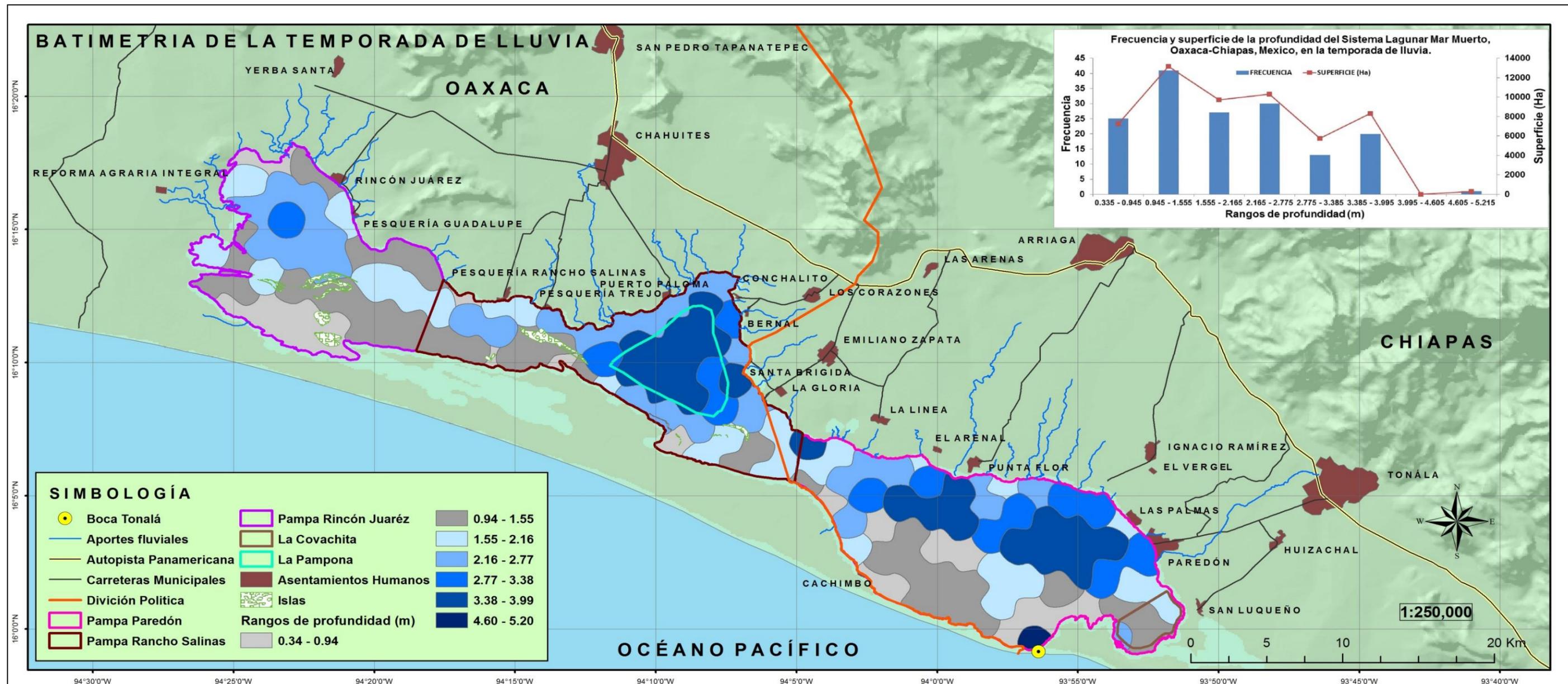
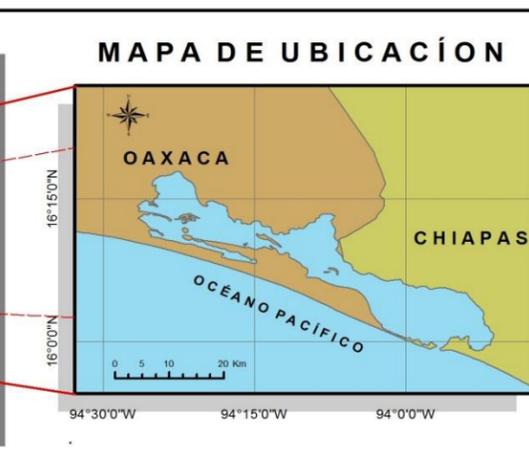
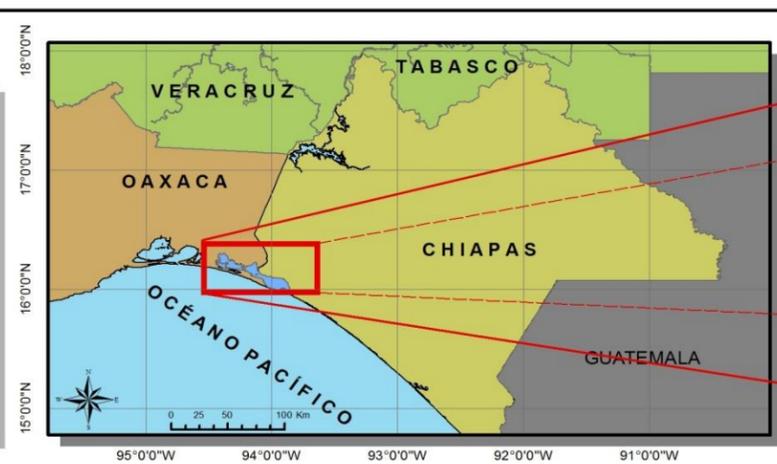


Figura 44. Grafica de caja de la profundidad del SLMM, del periodo de lluvia del año 2015.

La mayoría de las estaciones de muestreo de este sistema lagunar presentaron un aumento de 0.15 metros en comparación con la temporada de seca, este aumento de profundidad esta creado principalmente por las mareas y precipitaciones presentes en esta época del año (Figura 45).



PARAMETROS MORFOMETRICOS	SISTEMA LAGUNAR MAR MUERTO EPOCA DE LLUVIA
Área (m <sup>2</sup> )	552 104 138.23
Volumen (m <sup>3</sup> )	1, 150, 266, 392.26
Profundidad máxima (m)	5.15
Profundidad media (m)	1.98
Profundidad mínima (m)	0.34
Longitud máxima (m)	66 294
Anchura máxima (m)	13 500
Anchura media (m)	8 328.03
Anchura mínima (m)	3 105
Línea de costa (m)	768 950



**PARÁMETROS CARTOGRAFICOS**

ESCALA ..... 1; 250,000  
 DATUM ..... WGS\_1984  
 PROYECCION..... (UTM)  
 ZONA: 15 NORTE

CEICO  
 UNICACH

ELABORÓ: RÍOS TOLEDO SERGIO ALFREDO E ISAIAS PEREZ LUJAN EN EL LABORATORIO DE GEOINFORMACION Y ANALISIS ESPACIAL

Figura 45. Mapa de distribución de las diferentes profundidades (Batimetría) del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México en la temporada de lluvia del año 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia de la profundidad del SLMM se muestran en el Cuadro 21 y Figura 46. Revelando que del total de las muestras de profundidades (157 estaciones de muestreo) predominaron con un 26.11% profundidades con intervalos de 0.94 a 1.55 metros, con 19.10% las que van de 2.16 a 2.77 metros, posteriormente con 17.19% las profundidades que presentan de 1.55 a 2.16 metros y finalmente con 15.92% profundidades con intervalos de 0.33 a 0.94 metros.

Cuadro 21. Distribución de frecuencia de la profundidad del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	0.335 - 0.945	25	0.64	25	15.92%
2	0.945 - 1.555	41	1.25	66	26.11%
3	1.555 - 2.165	27	1.86	93	17.19%
4	2.166 - 2.775	30	2.47	123	19.10%
5	2.785 - 3.385	13	3.08	136	8.28%
6	3.395 - 3.995	20	3.69	156	12.73%
7	3.995 - 4.605	0	4.3	156	0%
8	4.605 - 5.215	1	4.91	157	0.63%
		157			99.96%

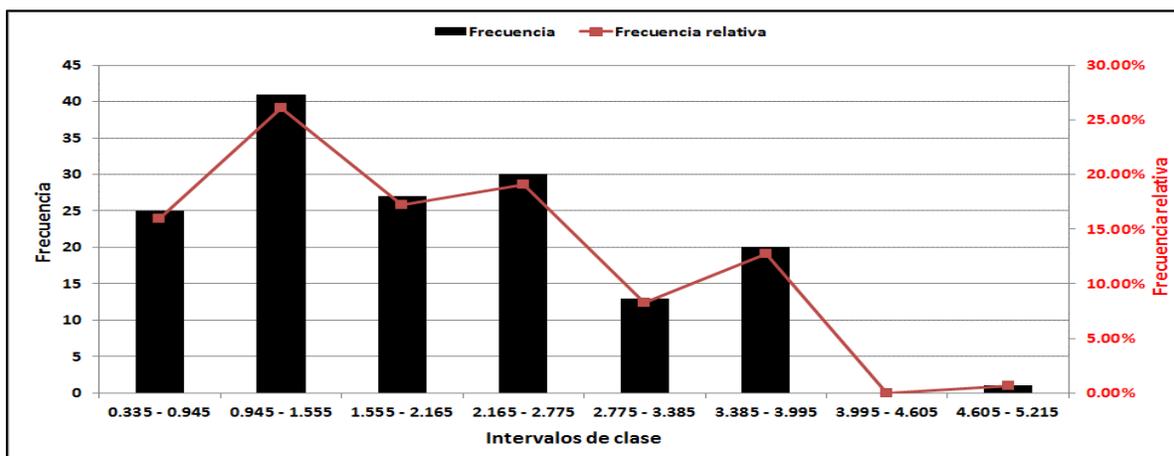


Figura 46. Histograma de frecuencia relativa de la profundidad del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015.

En los primeros dos días del periodo de muestreo de esta temporada los vientos en la zona se presentaron con poca intensidad (de 4.8 a 5.6 Km/h), posteriormente los últimos tres días de este muestreo la intensidad de los vientos incrementaron de 10.2 Km/h en el tercer día, a 14.9 Km/h el cuarto y en el quinto día, se presentaron los vientos con mayor intensidad de este muestreo alcanzando los 32.5 Km/h (Figura 47).

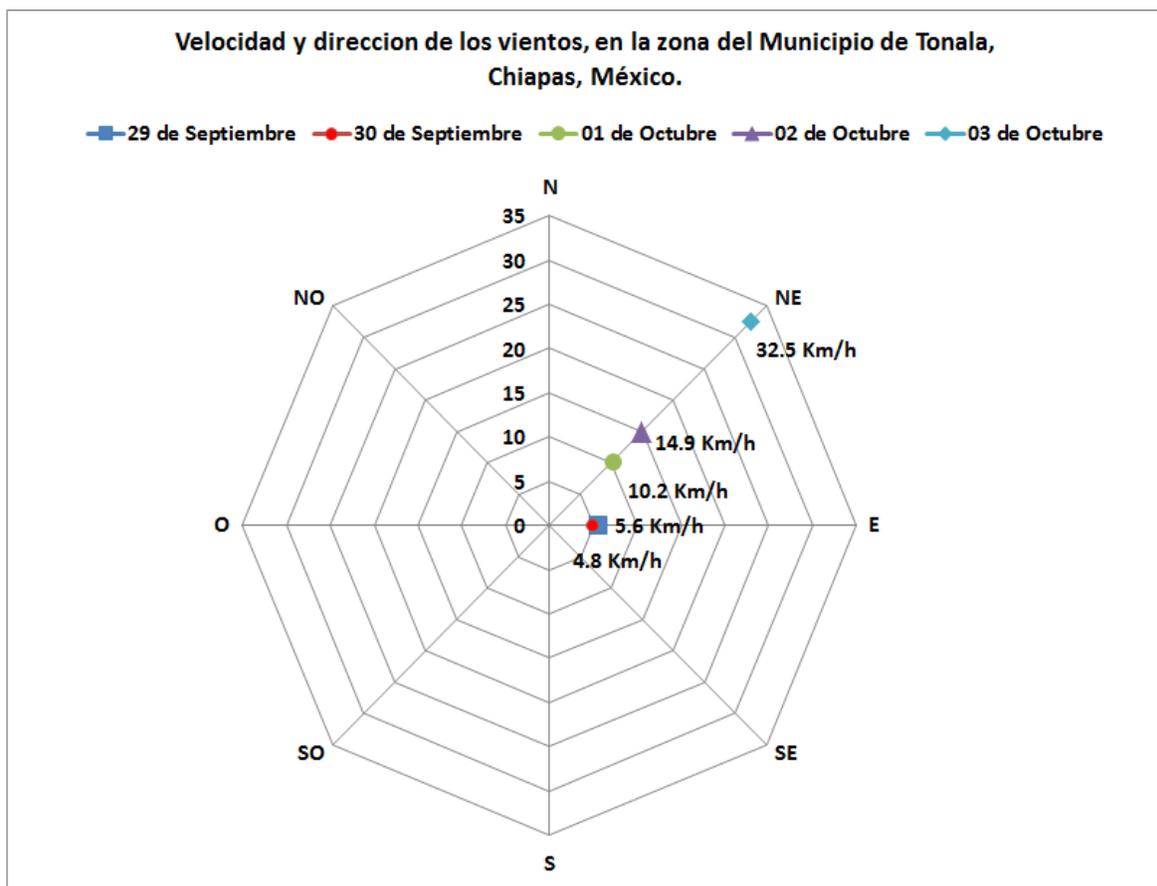


Figura 47. Descripción y comportamiento de la dirección y velocidad de los vientos en una zona cercana a el SLMM, durante el periodo de muestreo (Lluvia), por medio de la rosa de los vientos, elaborada con datos de la estación climatológica Los Sergios, pertenecientes a la red de estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2015).

## 7.7 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del SLMM en la temporada de lluvia

### 7.7.1 Temperatura

En esta temporada el SLMM registró una temperatura promedio general de 31.0°C, con un promedio de temperatura superficial de poco más de 31.0°C, con un valor mínimo de 27.0°C y un máximo de 34.8°C, con 1.69 de desviación estándar. En el fondo se obtuvo un promedio de casi 31°C, con un valor mínimo de 26.8°C y un máximo de 34.8°C, además de una desviación estándar de 1.74 (Cuadro 22 y Figura 48).

Cuadro 22. Estadísticos descriptivos de los datos de temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Temperatura del periodo de lluvia	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Temperatura superficial	157	27.0	34.8	31.2	1.69
Temperatura de fondo	157	26.8	34.8	30.9	1.74
N válido (según lista)	157				

Las aguas con menor temperatura superficial de este sistema lagunar se registraron en la zona norte, centro y oeste de la Pampa Paredón. Además del norte y sureste de la Pampa Rancho Salinas, con valores que van de los 27.0°C a 30.9°C, en el fondo se registraron variaciones en la zona norte de esta última Pampa y en la parte norte de la Pampa Paredón, en donde la temperatura de fondo registró una disminución de <1°C, con respecto a la temperatura superficial.

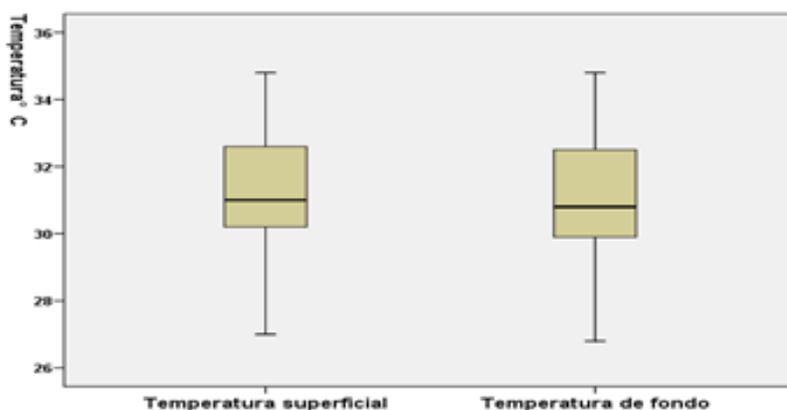


Figura 48. Gráficas de cajas de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

En la zona sureste de la Pampa Paredón, la temperatura oscilo entre los 30.9°C y 32.8°C, a consecuencia de los aportes de agua por medio del Océano Pacifico, asimismo estos valores se encontraron en la parte oeste y centro de la Pampa Rancho Salinas, la cual presentó un aumento de temperatura frente a la pesquería Rancho Salinas, fluctuando entre los 33.8°C y 34.8°C, estas mismas temperaturas se registraron en la zona suroeste de la Pampa Rincón Juárez, siendo así estas las zonas con mayor temperatura dentro de este sistema lagunar.

La columna de agua del SLMM presento un comportamiento homogéneo de temperatura, debido a que las variaciones entre la superficie y fondo no son lo suficientemente diferentes como para producir una estratificación de temperatura (Figura 49).

El resto de la Pampa Rincón Juárez se comportó con intervalos de temperaturas que van de 31.8°C a 33.8°C, en estas zonas la temperatura de fondo mantuvo variaciones de <1°C, con respecto a la superficial, la cual tiene que ver directamente con la batimetría y los efectos de la radiación solar (Figura 50).

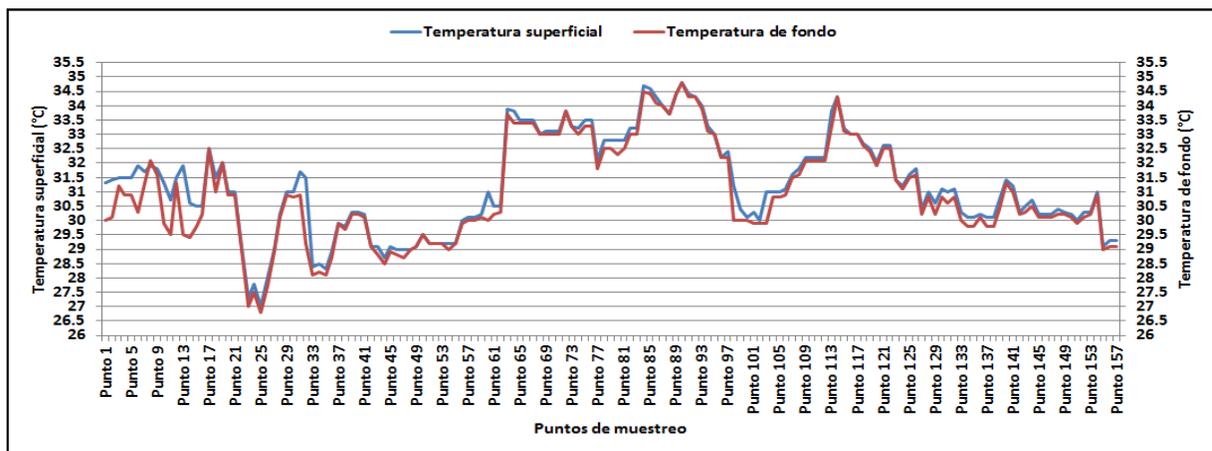
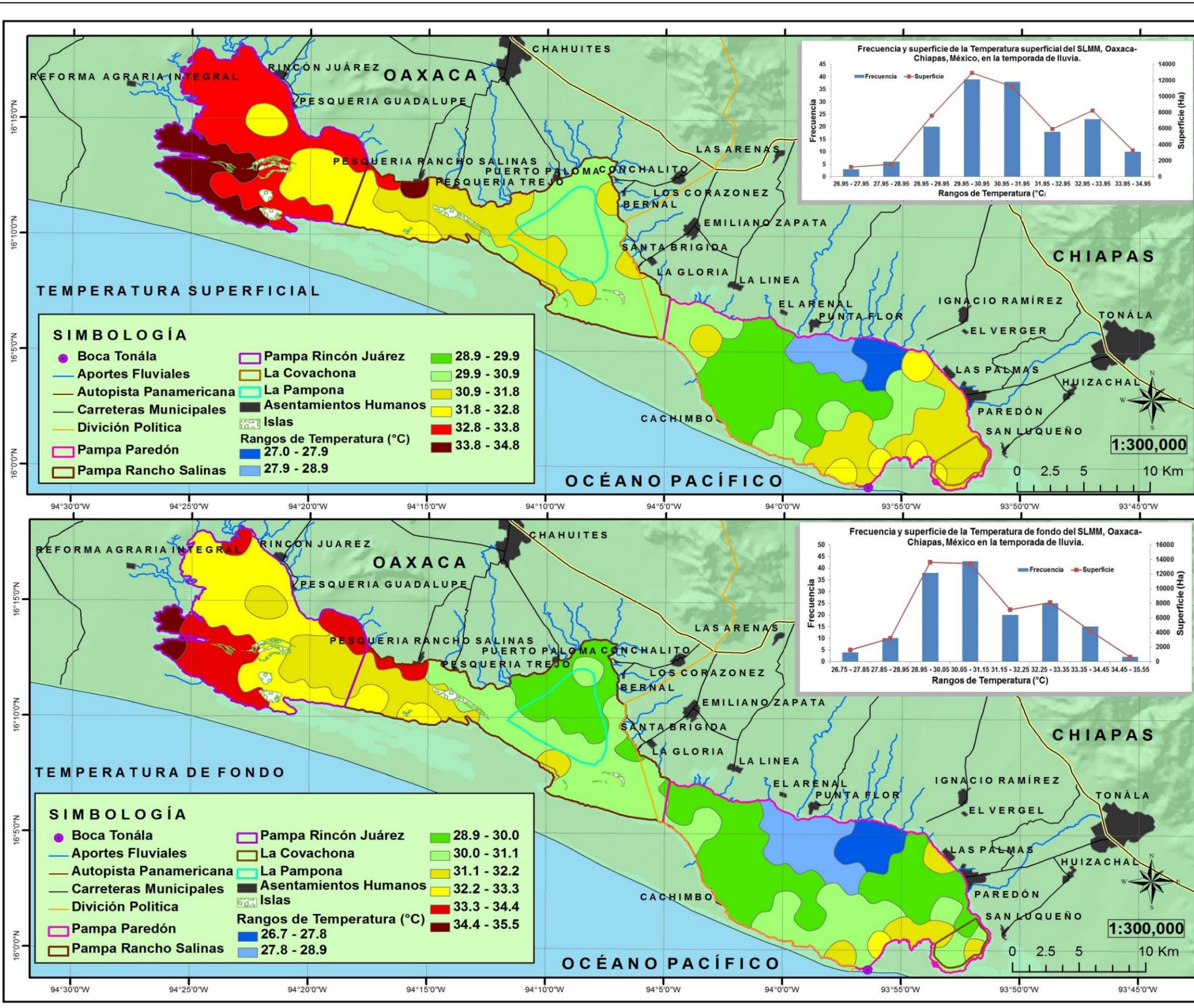


Figura 49. Comportamiento de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.



**DATOS CARTOGRAFICOS**

ESCALA ..... 1; 300,000  
 DATUM ..... WGS\_1984  
 PROYECCION..... (UTM)  
 ZONA .....15 NORTE

ELABORÓ: RÍOS TOLEDO SERGIO ALFREDO E ISAIAS PEREZ LUJAN, EN EL LABORATORIO DE GEOINFORMACION Y ANALISIS ESPACIAL

Figura 50. Mapa del comportamiento de la temperatura superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de lluvia del año 2015.

El análisis de distribución de frecuencias para los datos de temperatura superficial muestran que del total de la muestra, (n=157) los sitios que se encuentran entre el intervalo de 29.9°C a 31.1°C representan un 24.8% de la muestra total, posteriormente un 24.2% está formado por lugares que presentan entre 30.9°C y 32.2°C, asimismo las zonas que presentan entre 32.9°C y 34.4°C constituyen un 14.6%, finalmente los lugares que presentaron entre 28.9°C y 30.0°C forman un 12.7% (Cuadro 23 y Figura 51).

Cuadro 23. Distribución de frecuencia de la temperatura superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	26.95 - 27.95	3	27.45	3	1.91%
2	27.95 - 28.95	6	27.95	9	3.82%
3	28.95 - 29.95	20	29.45	29	12.73%
4	29.95 - 30.95	39	30.45	68	24.84%
5	30.95 - 31.95	38	31.45	106	24.2%
6	31.95 - 32.95	18	32.45	124	11.46%
7	32.95 - 33.95	23	33.45	147	14.64%
8	33.95 - 34.95	10	34.45	157	6.36%
		157			99.96%

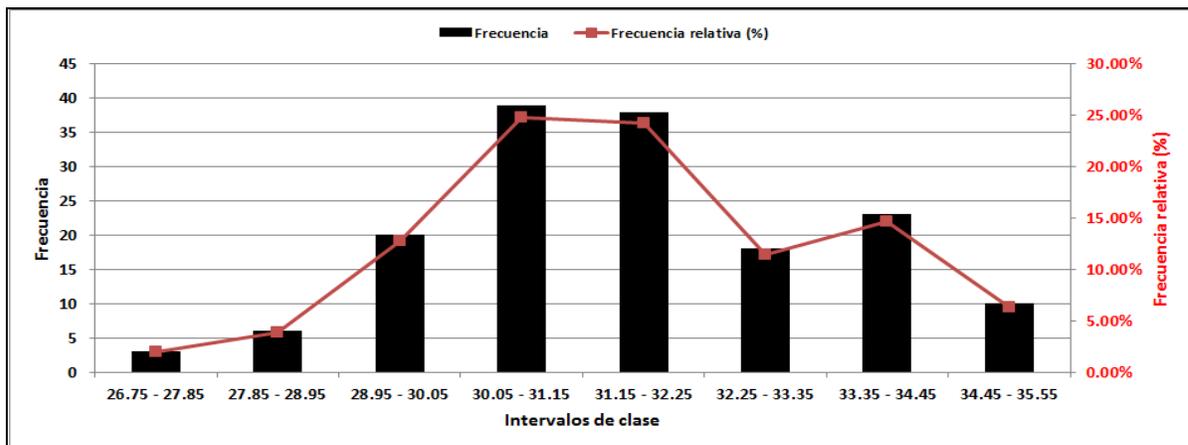


Figura 51. Histograma de frecuencia relativa de la temperatura superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

El análisis de distribución de frecuencias para los datos de temperatura de fondo manifiestan que del total de la muestra, (n=157) las áreas que presentaron entre 29.9°C y 31.1°C representan un 27.3%, posteriormente un 12.7% está formado por zonas que mostraron entre 30.9°C y 32.2°C de temperatura. Asimismo los sitios que presentaron temperaturas entre 32.9°C y 34.4°C establecen un 9.5%, finalmente un 24.2% albergo espacios que presentaron entre 28.9°C y 30.0°C (Cuadro 24 y Figura 52).

Cuadro 24. Distribución de frecuencia de la temperatura de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Clases	Intervalos de clase	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	26.75 - 27.85	4	27.3	4	2.54%
2	27.85 - 28.95	10	28.4	14	6.36%
3	28.95 - 30.05	38	29.5	52	24.20%
4	30.05 - 31.15	43	30.6	95	27.38%
5	31.15 - 32.25	20	31.7	115	12.73%
6	32.25 - 33.35	25	32.8	140	15.92%
7	33.35 - 34.45	15	33.9	155	9.55%
8	34.45 - 35.55	2	35	157	1.27%
		157			99.95%

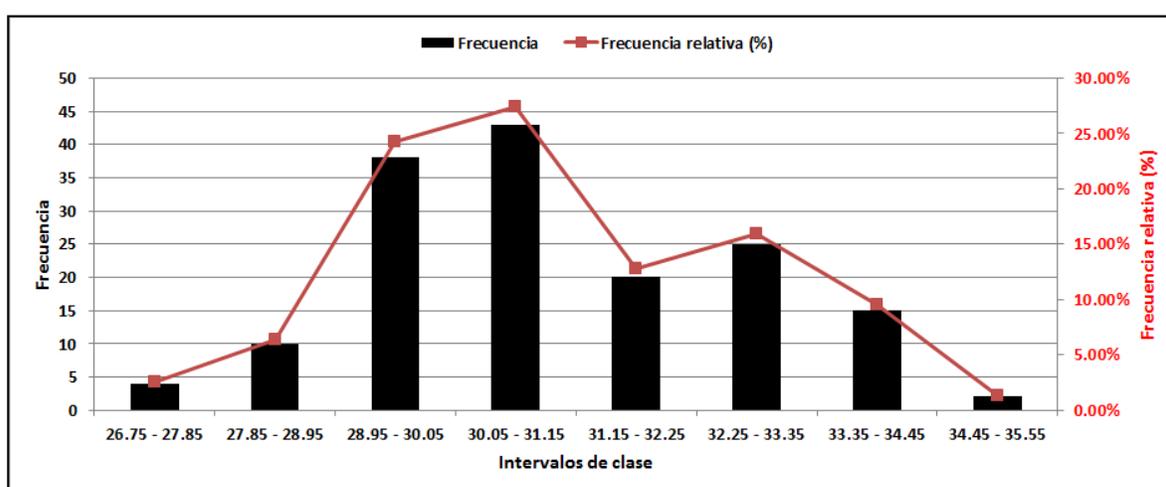


Figura 52. Histograma de frecuencia relativa de la temperatura de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

### 7.7.2 Salinidad

El SLMM presentó un promedio general de salinidad de 37.3 ups; en la parte superficial fue de poco más de 37 ups, con valores mínimo y máximo que oscilaron entre los 27 ups y 42 ups, en el fondo el promedio también se mantuvo ligeramente mayor que 37 ups., con casi 29 ups de valor mínimo y 42.0 ups como máximo, presentando una desviación estándar de 3.35 y 3.07 respectivamente (Cuadro 25 y Figura 53).

Cuadro 25. Estadísticos descriptivos de los datos de la salinidad superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Salinidad del periodo de lluvia	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Salinidad superficial	157	27.3	42.0	37.2	3.35
Salinidad de fondo	157	28.7	42.0	37.4	3.07
N válido (según lista)	157				

Dentro de este sistema lagunar las menores salinidades se registraron en la Pampa de Paredón, localizadas en la parte sureste de esta Pampa, llamada “La Covachona”, con intervalos de 27.2 ups a 32.9 ups.

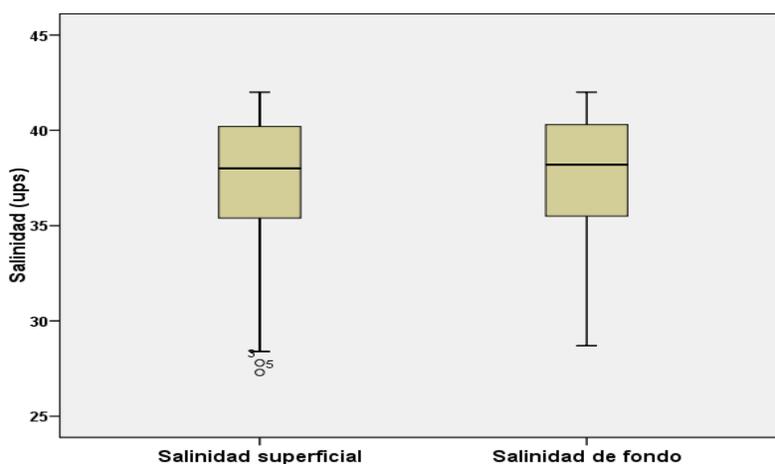


Figura 53. Gráficas de cajas de la Salinidad superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Posteriormente la parte noroeste de la Pampa Paredón junto con la Pampa Rancho Salinas, son las zonas que registraron los valores más altos de salinidad de todo este sistema lagunar, con un intervalo que va de los 38.6 ups a 42.4 ups, en este intervalo se encontró la covacha de la “Pampona”, en donde los valores altos de salinidad se deben a la escasa circulación del agua, originando un mayor calentamiento del agua propiciando un aumento en la evaporación y con esto un aumento de salinidad.

La parte centro de la Pampa Paredón desde la Boca Tonalá, hasta la orilla norte presento condiciones marinas con salinidades que van de los 32.9 ups a 36.7 ups. En la Pampa Rancho Salinas es donde la salinidad de fondo reveló la mayor variación con respecto a la superficial, (diferencia de 1 a 2 ups en favor de la salinidad de fondo). Finalmente en la cabeza o Pampa Rincón Juárez, la mayor parte se comporta entre los, 36.7 ups y 38.6 ups (Figura 54 y 55).

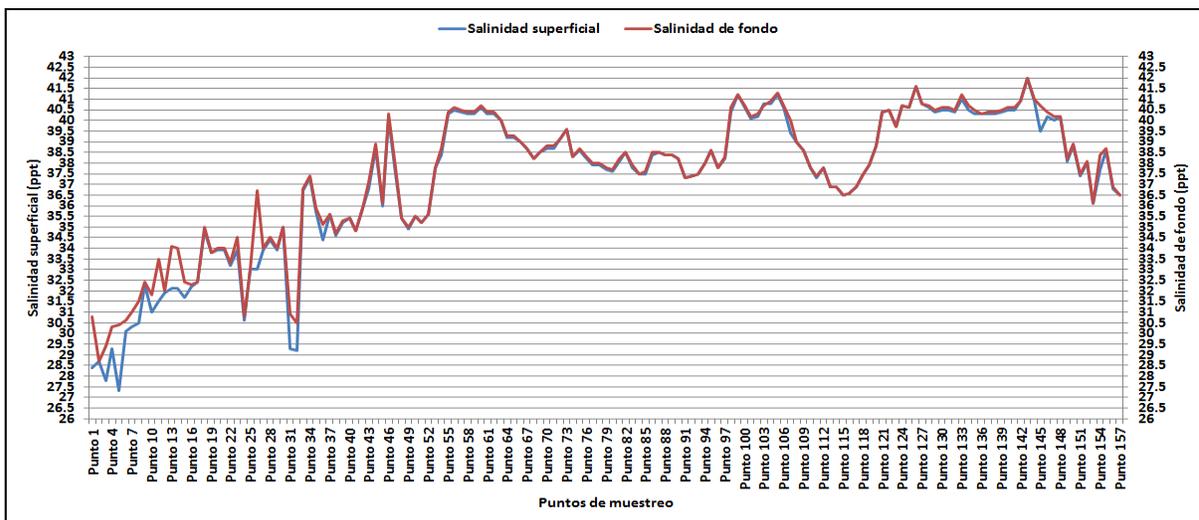
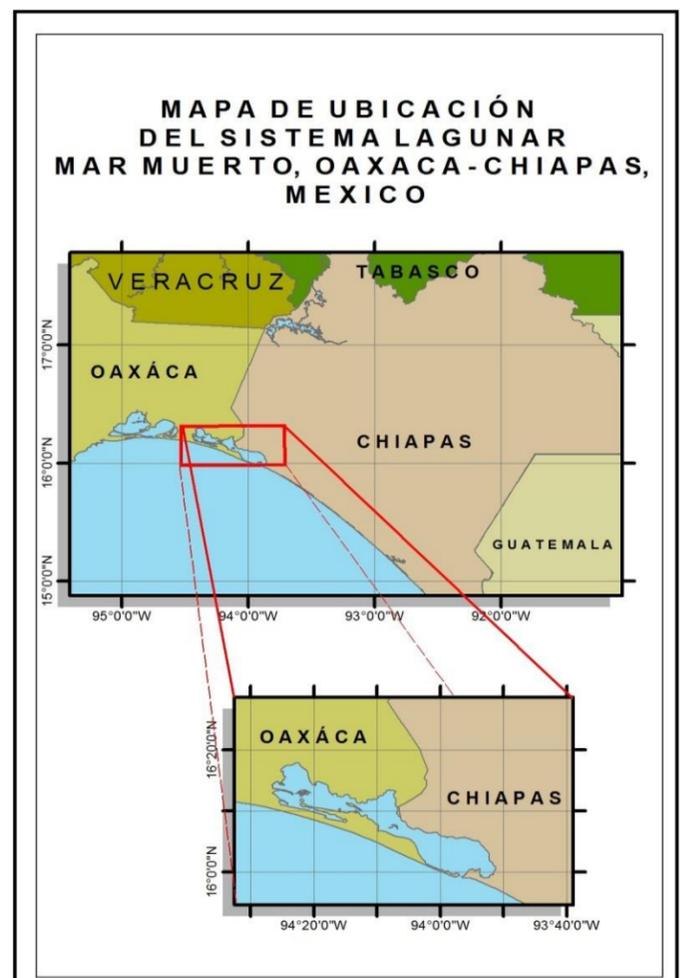
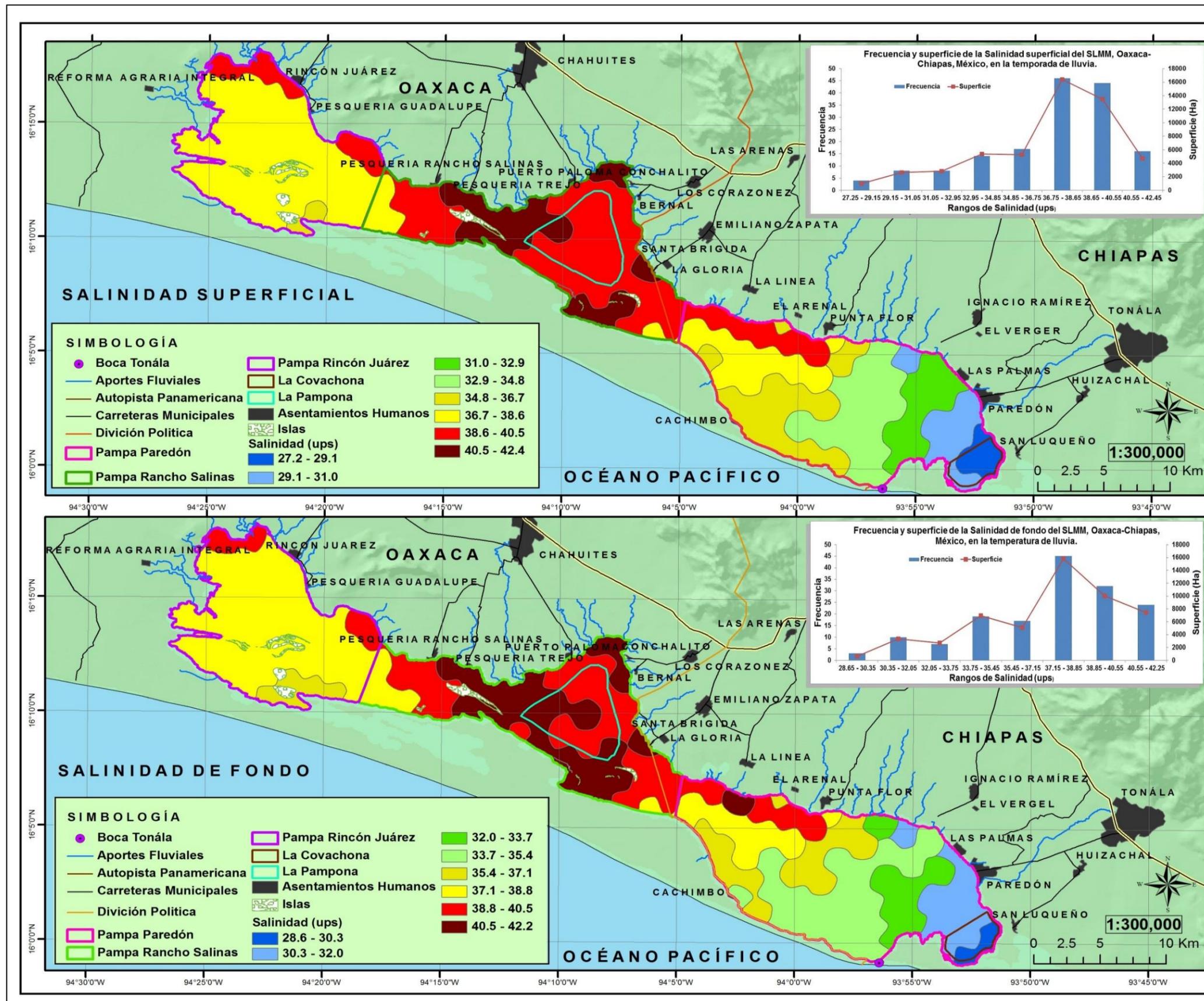


Figura 54. Comportamiento de la Salinidad superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.



**DATOS CARTOGRAFICOS**

ESCALA ..... 1; 300,000  
 DATUM ..... WGS\_1984  
 PROYECCION..... (UTM)  
 ZONA .....15 NORTE

ELABORÓ: RÍOS TOLEDO SERGIO ALFREDO E ISAIAS PEREZ LUJAN, EN EL LABORATORIO DE GEOINFORMACION Y ANALISIS ESPACIAL

Figura 55. Mapa del comportamiento de la Salinidad superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de lluvia del año 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia aplicado a los datos de salinidad superficial del SLMM, presentan una muestra total de  $n=157$  y establece que los sitios que presentan entre 36.7 ups a 38.8 ups, representan un 29.2%, posteriormente un 28.0% está conformado por zonas que presentan de 38.6 ups a 40.5 ups, asimismo lugares que poseen entre 34.8 ups a 37.1 ups, de salinidad representan un 10.8%, finalmente con 10.1% se presentan las áreas que poseen entre 40.5 ups y 42.2 ups (Cuadro 26 y Figura 56).

Cuadro 26. Distribución de frecuencia de la Salinidad superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Clases	Intervalos de clases	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	27.25 - 29.15	4	28.2	4	2.54%
2	29.15 - 31.05	8	30.1	12	5.09%
3	31.05 - 32.95	8	32	20	5.09%
4	32.95 - 34.85	14	33.9	34	8.91%
5	34.85 - 36.75	17	35.8	51	10.82%
6	36.75 - 38.65	46	37.7	97	29.29%
7	38.65 - 40.55	44	39.6	141	28.02%
8	40.55 - 42.45	16	41.5	157	10.19%
		157			99.95%

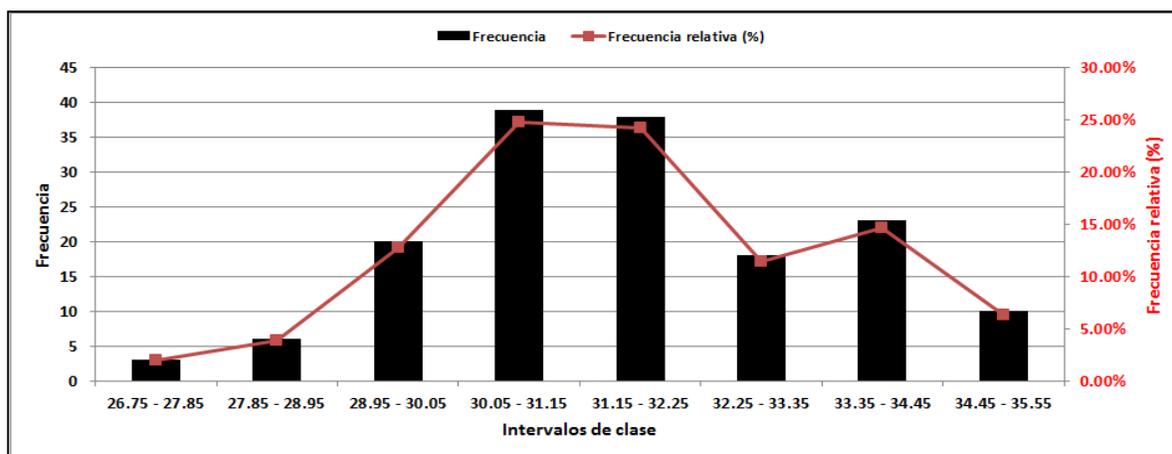


Figura 56. Histograma de frecuencia relativa de la Salinidad superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015.

Los resultados del análisis de distribución de frecuencia aplicado a los datos de salinidad de fondo del SLMM (Cuadro 27 y Figura 57) los cuales presentan una muestra total de n=157. Dichos resultados determinan que los sitios que presentan entre 36.7 ups a 38.8 ups, representan un 28.6%, seguidos de un 20.3% que están conformado por zonas que presentan de 38.6 ups a 40.5 ups, asimismo lugares que poseen entre 34.8 ups a 37.1 ups, significan un 10.8% y finalmente con 15.2% se muestran las áreas que poseen entre 40.5 ups y 42.2 ups.

Cuadro 27. Distribución de frecuencia de la Salinidad de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia de año 2015.

Clases	Intervalos de clases	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	28.65 - 30.35	3	29.5	3	1.91%
2	30.35 - 32.05	10	31.2	13	6.36%
3	32.05 - 33.75	7	32.9	20	4.45%
4	33.75 - 35.45	19	34.6	39	12.10%
5	35.45 - 37.15	17	36.3	56	10.82%
6	37.15 - 38.85	45	38	101	28.66%
7	38.85 - 40.55	32	39.7	133	20.38%
8	40.55 - 42.25	24	41.4	157	15.28%
		157			99.96%

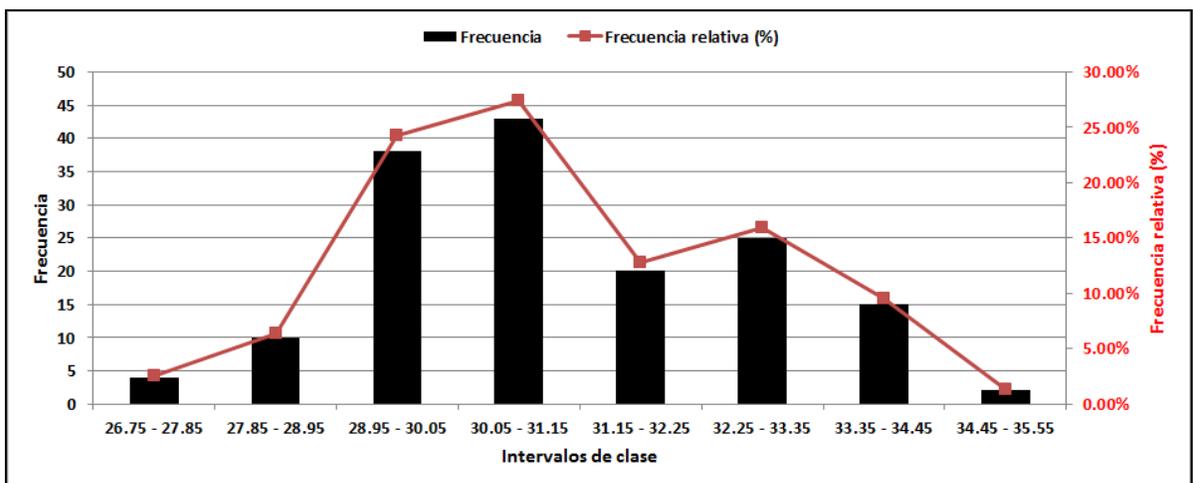


Figura 57. Histograma de frecuencia relativa de la Salinidad de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015.

### 7.7.3 Oxígeno disuelto

El SLMM reveló un promedio general de oxígeno disuelto cercano a los 6 mg/l, con un promedio de poco más de 6 mg/l en superficie, 2.2mg/l de valor mínimo y 8.3 mg/l como máximo, en el fondo el promedio fue de 5.7mg/l, con los mismos valores mínimo y máximo que los de la superficie y una desviación estándar de 0.83 y 0.86 respectivamente, (Cuadro 28 y Figura 58).

Cuadro 28. Estadísticos descriptivos de los datos del Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Oxígeno disuelto del periodo de lluvia	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Oxígeno disuelto de superficie	157	2.2	8.3	6.2	.83
Oxígeno disuelto de fondo	157	2.2	8.3	5.7	.86
N válido (según lista)	157				

Como se puede observar el oxígeno disuelto de este sistema lagunar presenta una diferencia espacial en cuanto a su comportamiento, los valores más bajos que van de 2.1mg/l a 4.5mg/l se encontraron en la orilla noroeste de la Pampa Rincón Juárez y frente a la pesquería de Cachimbo, en la Pampa Paredón, sobre la orilla suroeste.

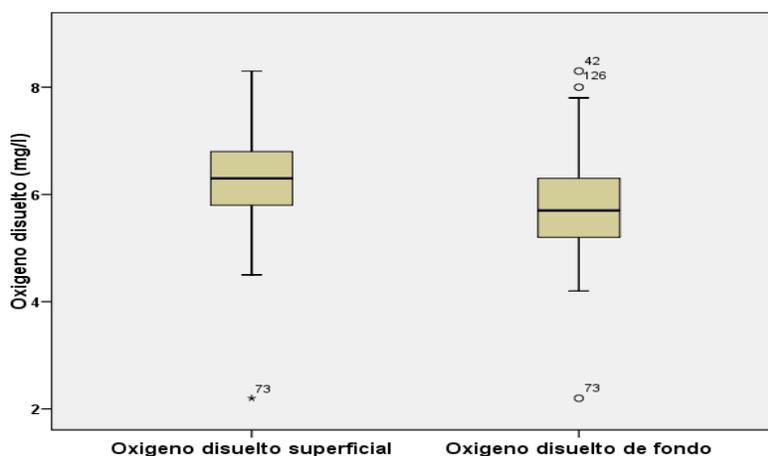


Figura 58. Gráficas de cajas del Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Los valores de oxígeno disuelto que más predominaron dentro de este sistema lagunar van de los 4.5mg/l a 6.9mg/l y se ubicaron en la mayor parte de las Pampas Paredón, Rancho Salinas y la zona noroeste de Rincón Juárez.

Los valores más altos de oxígeno disuelto dentro de este sistema lagunar fluctuaron entre los 6.0mg/l a 8.3mg/l, ubicados, en el centro, oeste y sur de “La Covachona” en la Pampa Paredón, en la zona norte de “La Pampona” y oeste de la Pampa Rancho Salinas y la zona sur, centro y este de la Pampa Rincón Juárez, estas cantidades de oxígeno disuelto están relacionadas con la producción de O<sup>2</sup> por medio de algas que se encuentran en dichas zonas y los efectos de los vientos locales.

El oxígeno disuelto fue la variable que presentó la mayor variación en la columna de agua del SLMM presentando diferencias hasta de 2.5 mg/l de oxígeno disuelto, estas variaciones están directamente relacionadas con zonas de mayor profundidad, degradación de grandes cantidades de materia orgánica proveniente de los manglares y las descargas de aguas residuales (Figura 59 y 60).

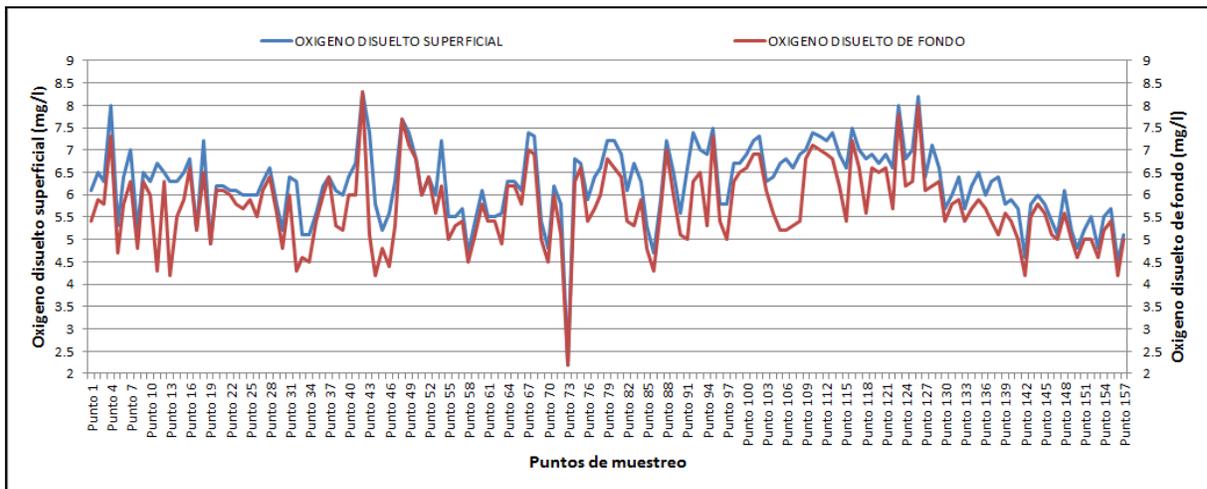
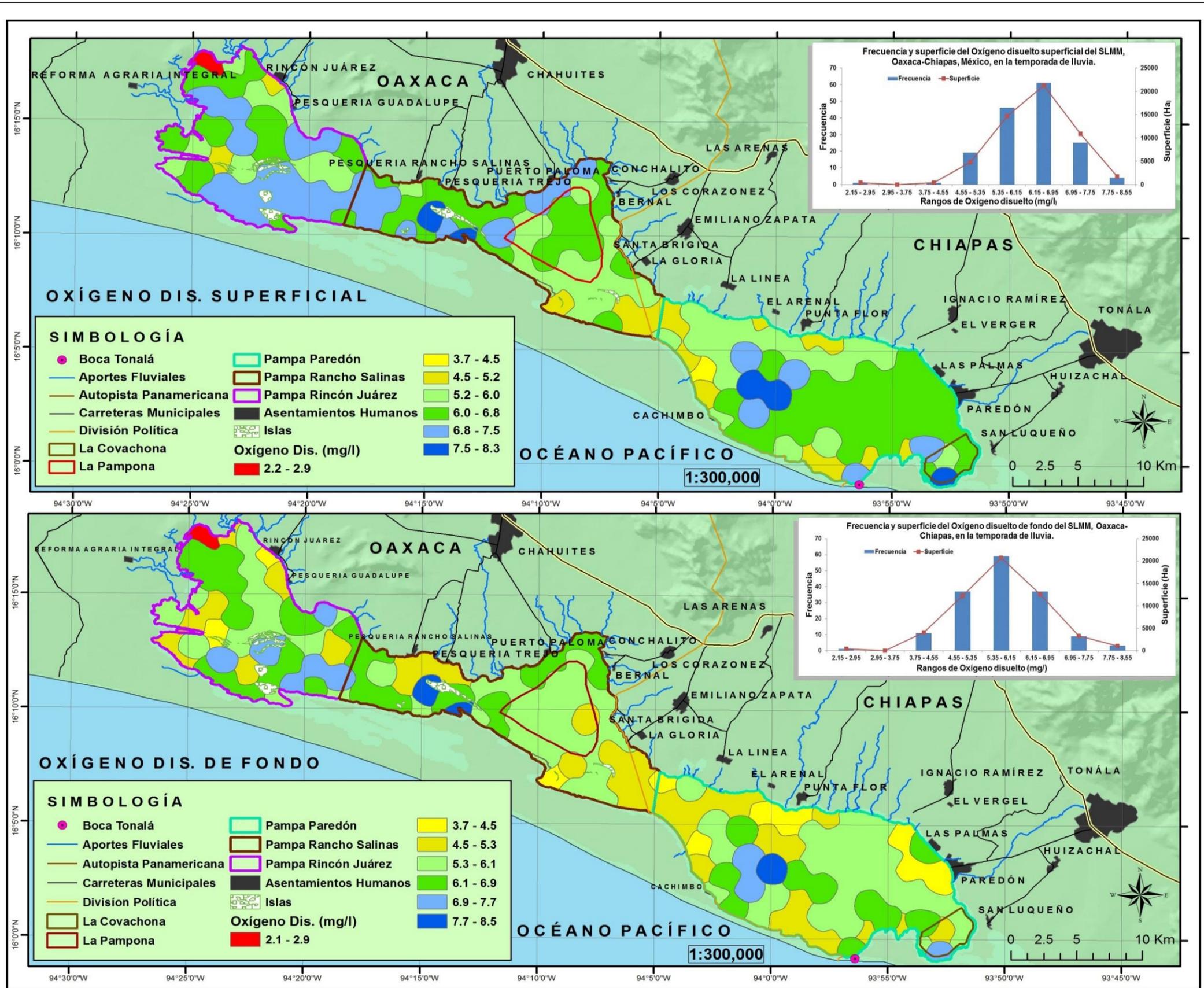


Figura 59. Comportamiento del Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.



**DATOS CARTOGRAFICOS**

ESCALA ..... 1; 300,000  
 DATUM ..... WGS\_1984  
 PROYECCION..... (UTM)  
 ZONA .....15 NORTE

ELABORÓ: RÍOS TOLEDO SERGIO ALFREDO E ISAIAS PEREZ LUJAN, EN EL LABORATORIO DE GEOINFORMACION Y ANALISIS ESPACIAL

Figura 60. Mapa del Comportamiento de Oxígeno disuelto superficial y de fondo del SLMM, en la temporada de lluvia del año 2015.

El análisis de distribución de frecuencia aplicado a los datos de oxígeno disuelto superficial del SLMM, (Cuadro 29 y Figura 61) el cual representa una muestra de n=157 establece que las zonas que presentan de 6.1mg/l a 6.9mg/l, constituyen un 38.8%, posteriormente un 29.2% está conformado por sitios que presentan de 5.3 a 6.1mg/l, asimismo lugares que poseen entre 6.9 mg/l a 7.7 mg/l conforman un 15.9%, finalmente con un 12.1% ingresan las áreas que poseen entre 4.5 a 5.3 mg/l.

Cuadro 29. Distribución de frecuencia del Oxígeno disuelto superficial del SLMM, en el periodo de lluvia de año 2015.

Clases	Intervalos de clases	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	2.15 - 2.95	1	2.55	1	0.63%
2	2.95 - 3.75	0	3.35	1	0%
3	3.75 - 4.55	1	4.15	2	0.63%
4	4.55 - 5.35	19	4.95	21	12.10%
5	5.35 - 6.15	46	5.75	67	29.29%
6	6.15 - 6.95	61	6.55	128	38.85%
7	6.95 - 7.75	25	7.35	153	15.92%
8	7.75 - 8.55	4	8.15	157	2.54%
		157			99.96%

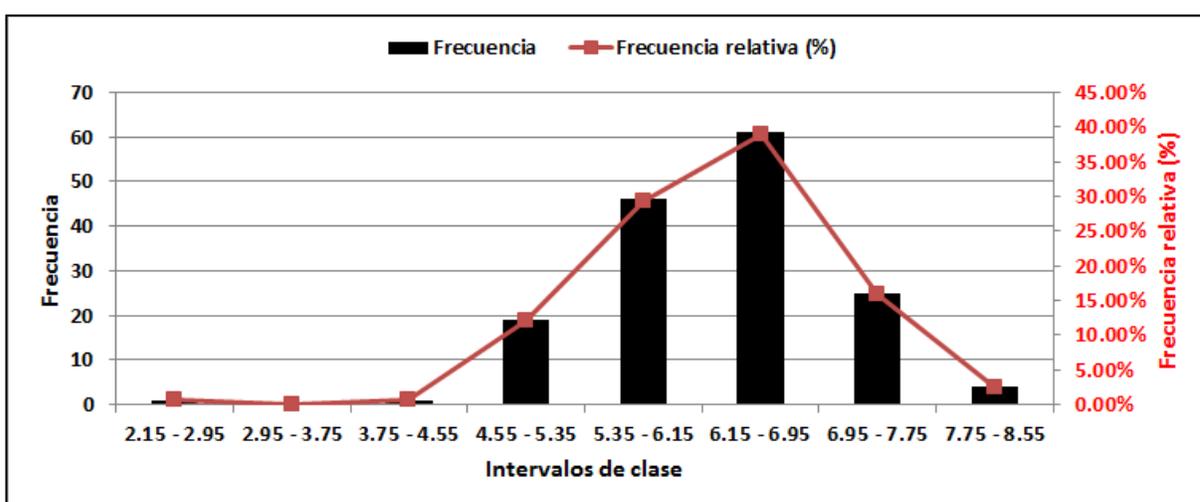


Figura 61. Histograma de frecuencia relativa del Oxígeno disuelto superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015.

El análisis de distribución de frecuencia aplicado a los datos de oxígeno disuelto de fondo del SLMM (Cuadro 30 y Figura 62), los cuales presenta una muestra de n=157 establece que las zonas que presentan de 6.1mg/l a 6.9mg/l, constituyen un 23.5%, asimismo un 37.5% está conformado por sitios que presentan de 5.3mg/l a 6.1mg/l, de igual manera los lugares que poseen entre 6.9mg/l a 7.7mg/l conforman un 5.7%, finalmente con 23.5% ingresan las áreas que poseen entre 4.5 mg/l y 5.3 mg/l de oxígeno disuelto.

Cuadro 30. Distribución de frecuencia del Oxígeno disuelto de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia de año 2015.

Clases	Intervalos de clases	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	2.15 - 2.95	1	2.55	1	0.63%
2	2.95 - 3.75	0	3.35	1	0%
3	3.75 - 4.55	11	4.15	12	7.00%
4	4.55 - 5.35	37	4.95	49	23.56%
5	5.35 - 6.15	59	5.75	108	37.57%
6	6.15 - 6.95	37	6.55	145	23.56%
7	6.95 - 7.75	9	7.35	154	5.73%
8	7.75 - 8.55	3	8.15	157	1.91%
		157			99.96%

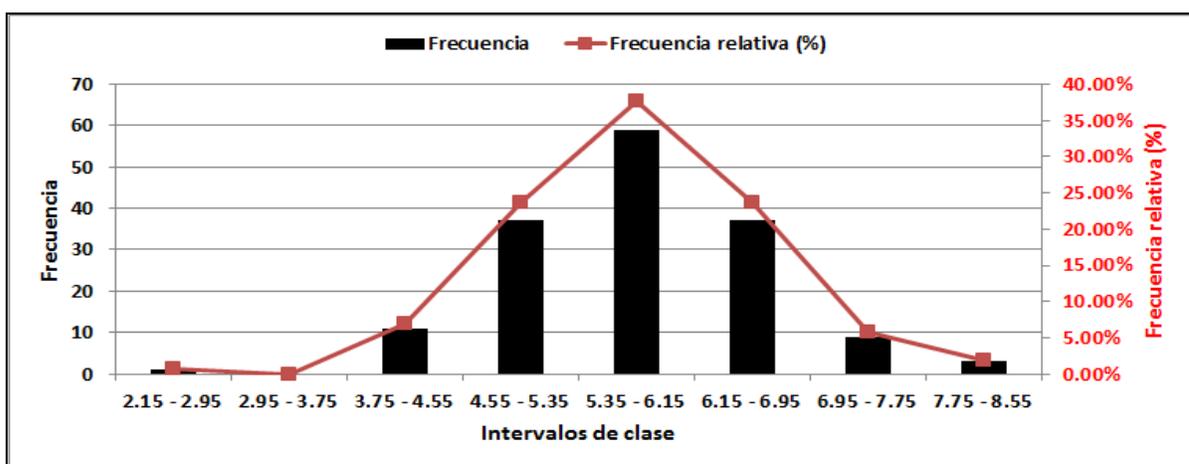


Figura 62. Histograma de frecuencia relativa del Oxígeno disuelto de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015.

### 7.7.4 Potencial de Hidrógeno

Dentro del SLMM, esta variable mantuvo un comportamiento homogéneo en cuanto a su columna de agua, presentando un promedio general de 8.2, además manifestó un promedio superficial y de fondo de poco más de 8.0 con un valor mínimo de 7 y un máximo de 8.6, además de presentar una desviación estándar de 0.21, (Cuadro 31 y Figura 63).

Cuadro 31. Estadísticos descriptivos de los datos de Potencial de hidrógeno superficial y de fondo del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

pH del periodo de lluvia	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
pH de superficie	157	7.0	8.6	8.2	.21
pH de fondo	157	7.0	8.6	8.2	.21
N válido (según lista)	157				

En esta temporada el potencial de Hidrógeno dentro del SLMM, presentó valores neutrales y básicos de 7.0 a 8.0, en “La Covachona” frente a la pesquería Cachimbo, en la Pampa Paredón y sobre la orilla sur de la Pampa Rancho Salinas, el resto de la Pampa de Paredón se comportó con valores que caracterizan el agua de mar 8.0 a 8.2.

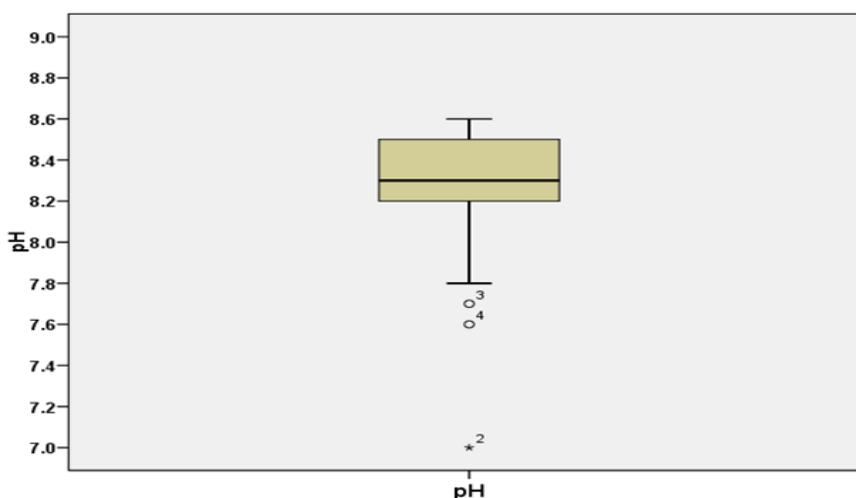


Figura 63. Graficas de cajas del Potencial de hidrógeno superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

Posteriormente este Sistema Lagunar, presentó un aumento de pH en la Pampa Rancho Salinas de 8.2 a 8.4 en la mayoría de su extensión y de 8.4 a 8.6 en el centro y en el oeste de esta misma Pampa, estos últimos valores son los que más predominaron en la Pampa Rincón Juárez, (Figura 64 y 65).

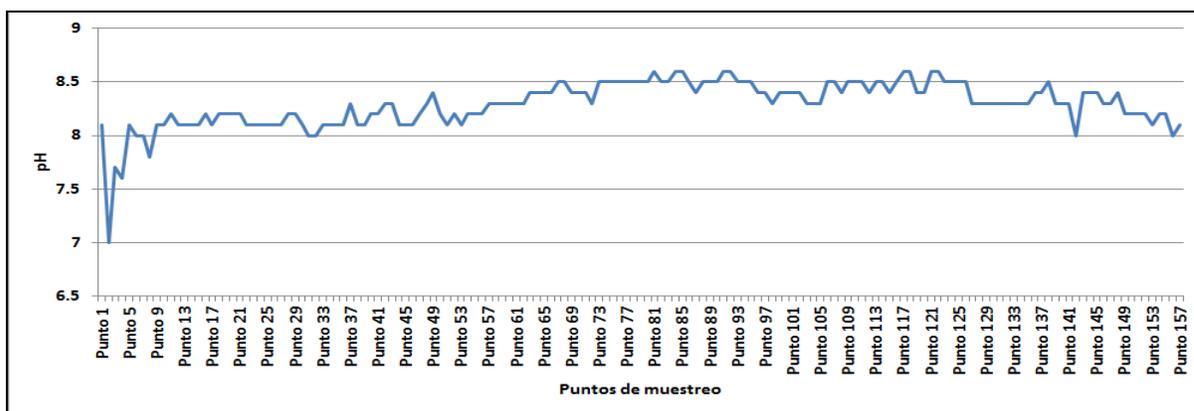


Figura 64. Comportamiento del potencial de hidrógeno del SLMM, en el periodo de lluvia del año 2015.

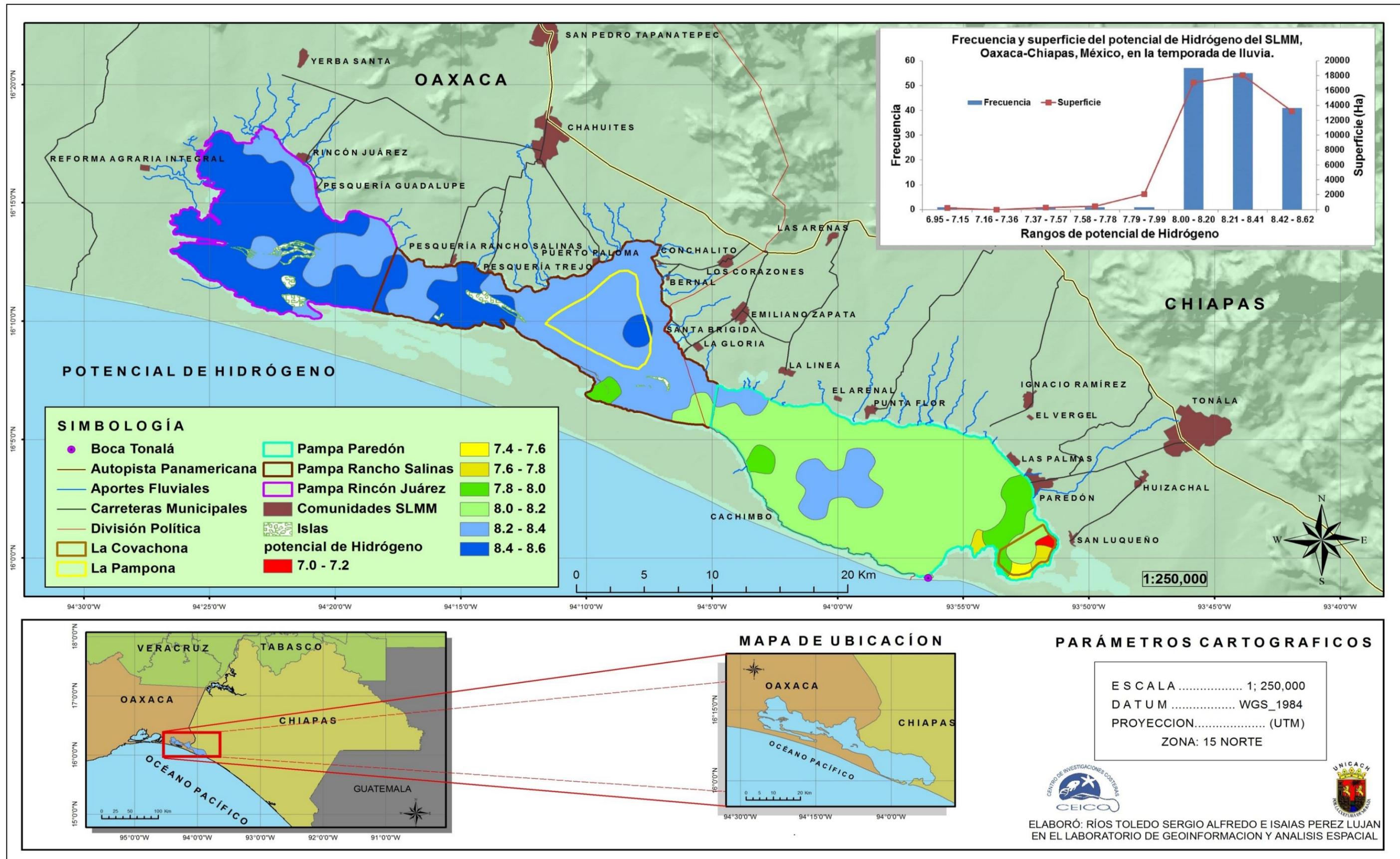


Figura 65. Mapa del Comportamiento del Potencial de hidrogeno del SLMM, en la temporada de lluvia del año 2015.

El análisis de distribución de frecuencias realizado a los datos del potencial de Hidrógeno presentó una muestra total de  $n=157$  demostrando que el 36.3% de la muestra exhibió valores entre 8.0 y 8.2 de potencial de Hidrógeno, posteriormente los sitios que tienen entre 8.2 y 8.4 representan un 35.0% y finalmente con un 26.1% se encuentran los lugares que registraron entre los 8.4 y 8.6 de pH (Tabla 32 y Figura 66).

Cuadro 32. Resultado del análisis de distribución de frecuencia del potencial de Hidrógeno del SLMM, en el periodo de lluvia de año 2015.

Clases	Intervalos de clases	Frecuencia	(mi)	(Fi)	(fi%)
1	6.95 - 7.15	1	7.05	1	0.63%
2	7.16 - 7.36	0	7.26	1	0%
3	7.37 - 7.57	1	7.47	2	0.63%
4	7.58 - 7.78	1	7.68	3	0.63%
5	7.79 - 7.99	1	7.89	4	0.63%
6	8.00 - 8.20	57	8.1	61	36.30%
7	8.21 - 8.41	55	8.31	116	35.03%
8	8.42 - 8.62	41	8.52	157	26.11%
		157			99.96%

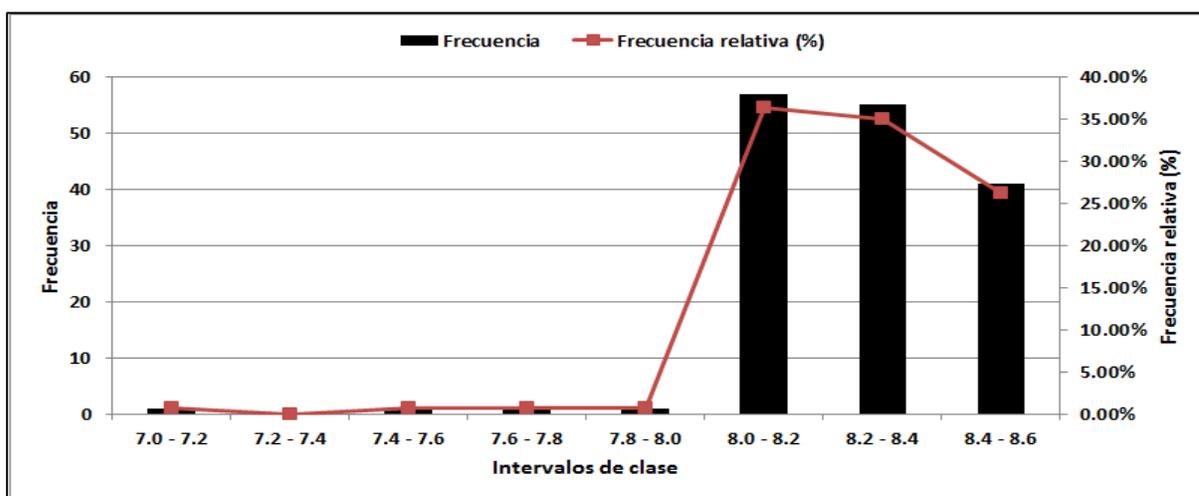


Figura 66. Histograma de frecuencia relativa del Potencial de hidrogeno superficial del SLMM, en el periodo de lluvia del 2015.

## 7.8 Análisis estadístico de la profundidad y los parámetros fisicoquímicos del SLMM en la temporada de lluvia.

### 7.8.1 Análisis de componentes principales

El ACP generó una matriz de correlación, la cual señala la relación que los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y potencial de Hidrógeno) y la profundidad presentaron en esta temporada del año.

La profundidad se relacionó negativamente con la temperatura y el pH tanto de superficie como de fondo. La temperatura de superficie y fondo se relacionaron negativamente con la profundidad y positivamente con el pH de superficie y fondo, la salinidad de superficie y fondo se relacionó positivamente con el pH superficial y de fondo.

El oxígeno disuelto de superficie y fondo se relacionó de buena manera con el pH tanto de superficie como de fondo, finalmente el potencial de Hidrógeno (pH) se relacionó positivamente con la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto de superficie y fondo, además mantuvo una relación negativa con la profundidad (Cuadro 33).

Cuadro 33. Matriz de correlación de los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia, del año 2015.

	Profundidad	Temperatura superficial	Salinidad superficial	Oxígeno disuelto superficial	pH superficial	Temperatura de fondo	Salinidad de fondo	Oxígeno disuelto de fondo	pH de fondo
Profundidad	1.000	-.431	.088	-.029	-.138	-.498	.134	-.157	-.138
Temperatura superficial	-.431	1.000	.112	.159	.507	.976	.098	.099	.507
Salinidad superficial	.088	.112	1.000	-.048	.638	.197	.989	-.008	.638
Oxígeno disuelto superficial	-.029	.159	-.048	1.000	.243	.140	-.081	.858	.243
pH superficial	-.138	.507	.638	.243	1.000	.570	.628	.215	1.000
Temperatura de fondo	-.498	.976	.197	.140	.570	1.000	.170	.127	.570
Salinidad de fondo	.134	.098	.989	-.081	.628	.170	1.000	-.042	.628
Oxígeno disuelto de fondo	-.157	.099	-.008	.858	.215	.127	-.042	1.000	.215
pH de fondo	-.138	.507	.638	.243	1.000	.570	.628	.215	1.000

El ACP, demostró que tres componentes expresan el 86% de la varianza total. Donde el primero de estos componentes expresa el 43% de la varianza total, demostrando la relación positiva entre la salinidad, el potencial de Hidrógeno de superficie y fondo y la temperatura de fondo (Cuadro 34 y Figura 67).

Cuadro 34. Varianza total explicada de cada uno de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3.938	43.751	43.751	3.938	43.751	43.751	3.272	36.359	36.359
2	2.167	24.076	67.827	2.167	24.076	67.827	2.561	28.458	64.817
3	1.685	18.719	86.546	1.685	18.719	86.546	1.956	21.729	86.546
4	.659	7.318	93.865						
5	.407	4.521	98.385						
6	.122	1.359	99.744						
7	.015	.170	99.914						
8	.008	.086	100.000						
9	2.15E-017	2.39E-016	100.000						

El segundo componente expresa el 24% de la varianza total, mostrando la relación negativa entre la profundidad, la temperatura y el pH, lo cual nos dice que a mayor profundidad, tendremos menores temperaturas y niveles de pH. El tercer y último componente define el 18% de la varianza total, el cual presenta la relación positiva entre el oxígeno disuelto superficial y de fondo, con el pH (Cuadro 35).

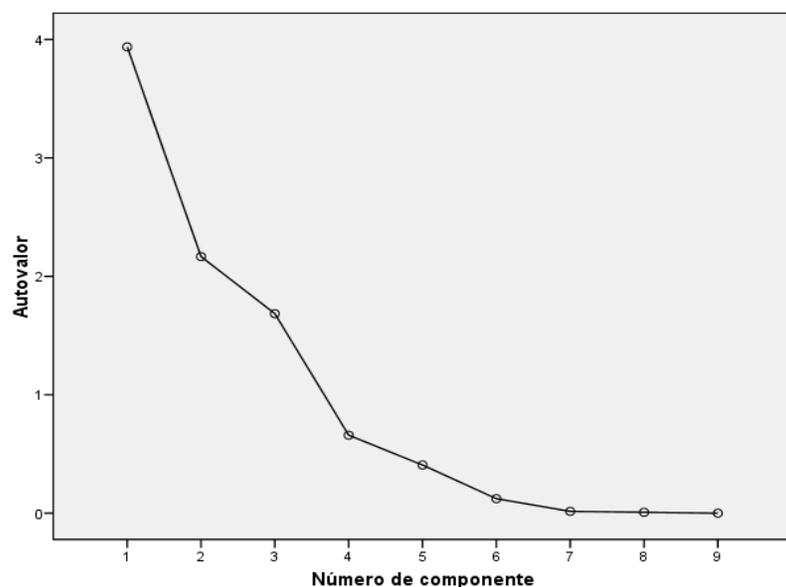


Figura 67. Gráfico de sedimentación de los componentes del ACP aplicado a los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.

Cuadro 35. Matriz de componentes rotados (Varimax con Kaiser) del ACP, de los datos de profundidad y parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.

	Componentes		
	1	2	3
<b>Profundidad</b>		-.713	
<b>Temperatura superficial</b>		.916	
<b>Salinidad superficial</b>	.944		
<b>Oxígeno disuelto superficial</b>			.961
<b>pH superficial</b>	.819	.409	.222
<b>Temperatura de fondo</b>	.271	.926	
<b>Salinidad de fondo</b>	.949		
<b>Oxígeno disuelto de fondo</b>			.952
<b>pH de fondo</b>	.819	.409	.222

### 7.8.2 Prueba T para dos muestras relacionadas

Esta prueba estadística determinó que la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto presentaron diferencia estadísticamente significativa, ( $p > 0.05$ ), teniendo niveles críticos bilaterales muy bajos (0.00) los cuales rechazan la hipótesis de igualdad de medias (Cuadro 36).

Cuadro 36. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de los Parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Temperatura superficial	31.2400	157	1.69000	.13489
	Temperatura de fondo	30.9800	157	1.74000	.13899
Par 2	Salinidad superficial	37.2100	157	3.35000	.26743
	Salinidad de fondo	37.4500	157	3.07000	.24566
Par 3	Oxígeno disuelto superficial	6.2500	157	.83000	.06660
	Oxígeno disuelto de fondo	5.7400	157	.86000	.06905
Par 4	pH superficial	8.2900 <sup>a</sup>	157	.21000	.01697
	pH de fondo	8.2900 <sup>a</sup>	157	.21000	.01697

El cuadro presenta los resultados de la prueba T para dos muestras relacionadas, en donde se determinó que la temperatura superficial (31.2°C) fue significativamente mayor que la de fondo (30.9°C), con una diferencia de 0.26°C en favor de la temperatura superficial, para la salinidad la diferencia es inversa, la salinidad de fondo (37.45 ups) fue significativamente mayor a la superficial (37.21 ups), con una diferencia de 0.23 ups., en favor a la de fondo (Cuadro 37).

Cuadro 37. Prueba de muestras relacionadas de los datos de Parámetros fisicoquímicos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
<b>Par 1</b> Temperatura superficial - Temperatura de fondo	.26178	.37750	.03013	.20227	.32129	8.689	156	.000
<b>Par 2</b> Salinidad superficial - Salinidad de fondo	-.23758	.54871	.04379	-.32408	-.15108	-5.425	156	.000
<b>Par 3</b> Oxígeno disuelto superficial - Oxígeno disuelto de fondo	.50701	.45434	.03626	.43538	.57863	13.982	156	.000

El oxígeno disuelto presentó mayor concentración en la superficie (6.25 mg/l) que en el fondo (5.74 mg/l), presentando una diferencia favorable al oxígeno disuelto superficial de 0.57 mg/l, estadísticamente esta última variable muestra la diferencia más representativa de todos los pares de variables analizadas, finalmente el potencial de Hidrógeno reveló un comportamiento homogéneo en la columna de agua del SLMM.

## 7.9 Comparación de los parámetros fisicoquímicos en las temporadas de seca y lluvia.

La comparación de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y el potencial de Hidrógeno de superficie y fondo de las temporadas de seca y lluvia se realizó mediante el análisis estadístico denominado, prueba T para muestras relacionadas, además se utilizaron gráficas y mapas que ayudaron en el análisis e interpretación de la información.

### 7.9.1 Temperatura Superficial

Los Cuadros 38, 39 y la Figura 68 muestran los resultados del análisis estadístico, aplicado a los datos de temperatura superficial de las temporadas de seca y lluvia, los cuales presentaron un nivel crítico muy pequeño (0.000), por lo cual se rechaza la hipótesis de igualdad de medias y se concluye que la temperatura superficial de seca (32.8°C) es significativamente mayor que la temperatura superficial de lluvia (31.2°C), teniendo una diferencia en las medias de 1.6°C., en favor del período de seca.

Cuadro 38. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de temperatura superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 Temperatura superficial de seca	32.8500	157	1.13000	.09092
Temperatura superficial de lluvia	31.2400	157	1.69000	.13489

Cuadro 39. Prueba de muestras relacionadas de los datos de temperatura superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Temperatura superficial de seca - Temperatura superficial de lluvia	1.61401	1.79456	.14322	1.33111	1.89692	11.269	156	.000

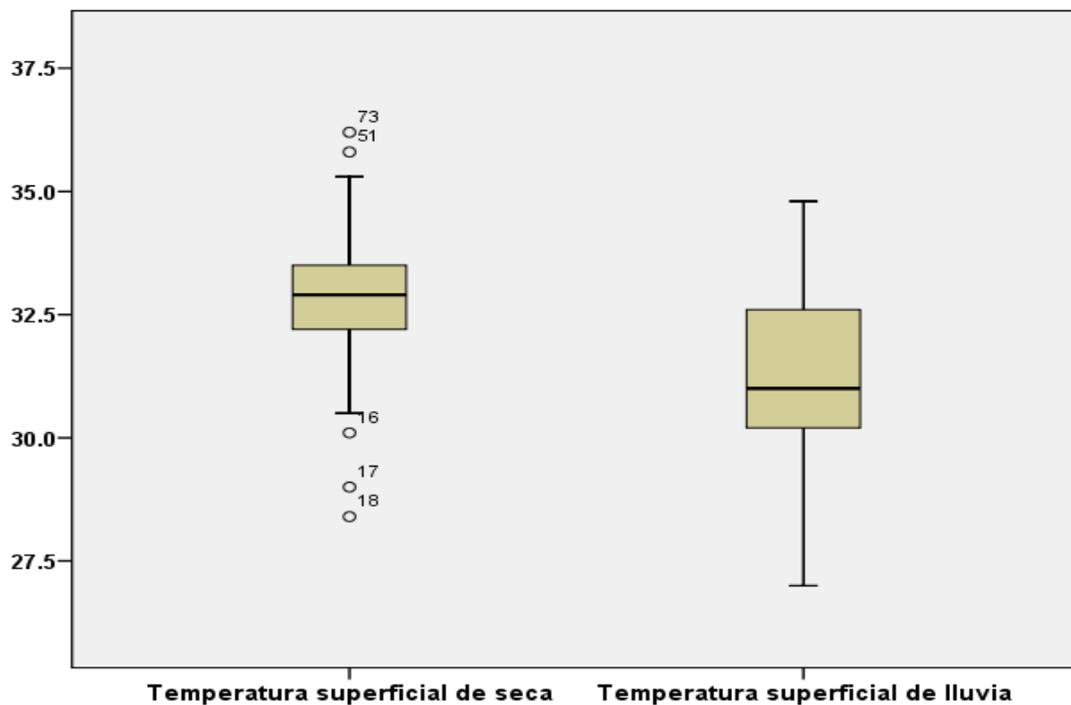


Figura 68. Comparación de la temperatura superficial de las temporadas de seca y lluvia del SLMM, en el año 2015.

Las Figuras 69 y 70 muestran el comportamiento que la temperatura superficial del SLMM presentó en cada una de las temporadas (seca y lluvia), donde se observa que a pesar de que la temporada de secas manifestó un promedio de temperatura más alto, existen zonas como el canal de la Boca Tonalá, frente a la pesquería Rancho Salinas y la orilla de la Pampa Rincón Juárez donde el periodo de lluvias registró valores de temperatura mayores a los de la época de seca. Además este Sistema Lagunar mostró un promedio anual de temperatura superficial de 32°C.

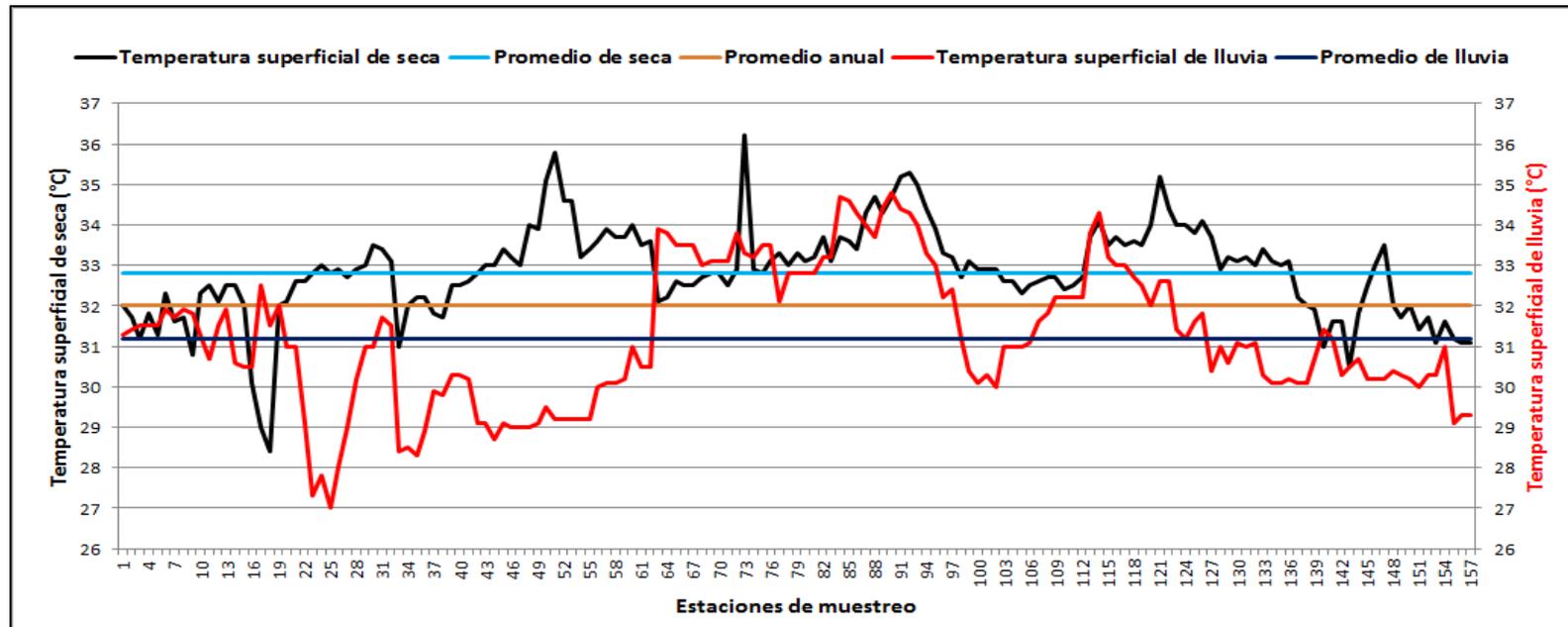
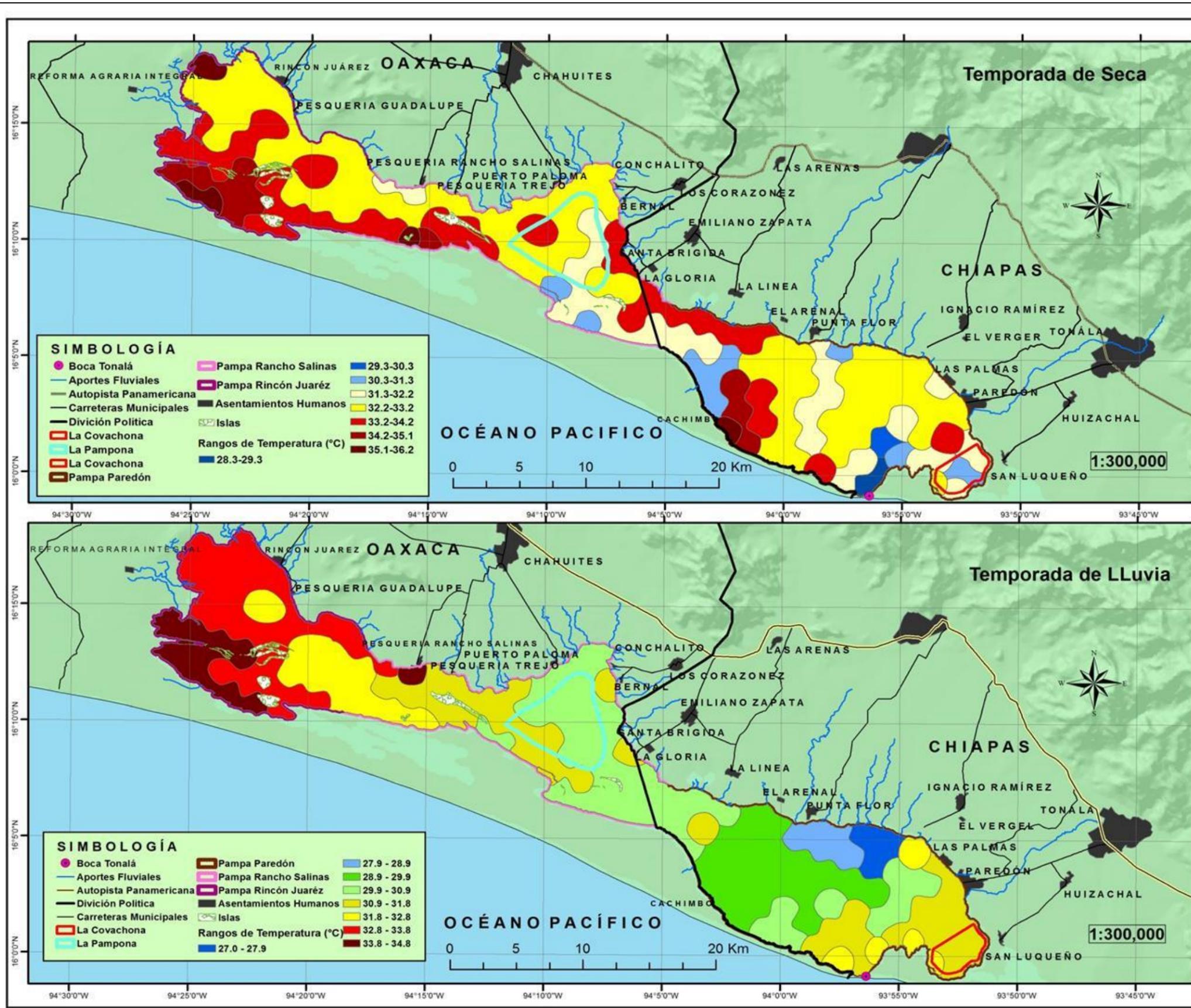


Figura 69. Comportamiento de la temperatura superficial (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.



**DATOS CARTOGRAFICOS**

ESCALA ..... 1; 300,000

DATUM ..... WGS\_1984

PROYECCION..... (UTM)

ZONA .....15 NORTE

ELABORÓ: RÍOS TOLEDO SERGIO ALFREDO E ISAIAS PEREZ LUJAN, EN EL LABORATORIO DE GEOINFORMACION Y ANALISIS ESPACIAL

Figura 70. Mapa del comportamiento de la salinidad de fondo (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

### 7.9.2 Temperatura Fondo

De la misma manera que en superficie, el análisis estadístico para el fondo muestra un nivel crítico muy pequeño (0.000), lo cual rechaza la hipótesis de igualdad de medias y demuestra que la temperatura de fondo del periodo de seca (32.7°C) es mayor que la temperatura de fondo de lluvia (30.9°C), manifestando una diferencia de 1.7°C., en favor del periodo de seca (Cuadro 40, 41 y Figura 71).

Cuadro 40. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de temperatura de fondo del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
<b>Par 1</b> Temperatura de fondo seca	32.7675	157	1.17584	.09384
Temperatura de fondo lluvia	30.9803	157	1.74159	.13899

Cuadro 41. Prueba de muestras relacionadas de los datos de temperatura de fondo del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
<b>Par 1</b> Temperatura de fondo seca- Temperatura de fondo lluvia	1.78726	1.79278	.14308	1.50464	2.06988	12.491	156	.000

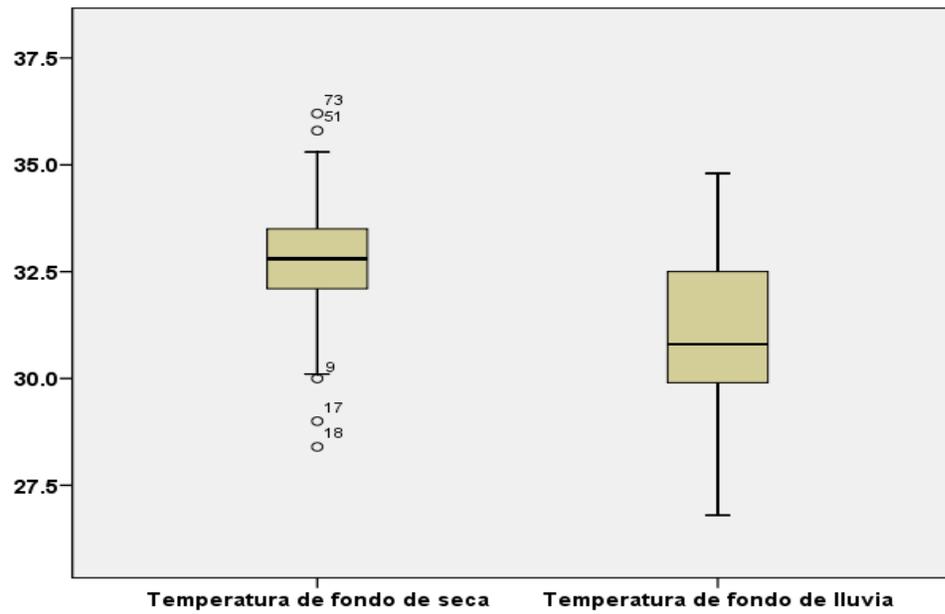


Figura 71. Comparación de la temperatura de fondo de las temporadas de seca y lluvia del SLMM, en el año 2015.

Las siguientes figuras muestran el comportamiento de la temperatura de fondo de las temporadas de seca y lluvia. De la misma manera que en el análisis de la superficie, también la temperatura de fondo de lluvia supera en los mismos sitios a la temperatura de fondo de seca. El SLMM presentó un promedio anual de temperatura de fondo de 31.8°C (Figura 72 y 73).

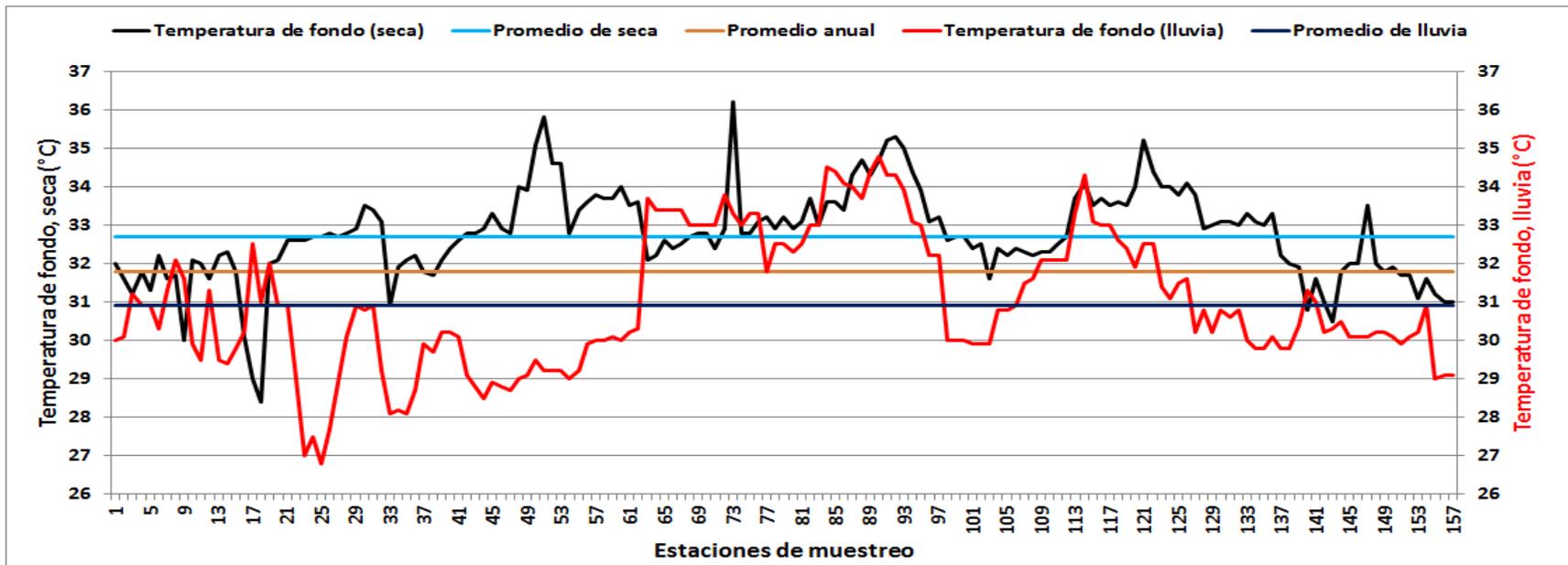


Figura 72. Comportamiento de la temperatura de fondo (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.

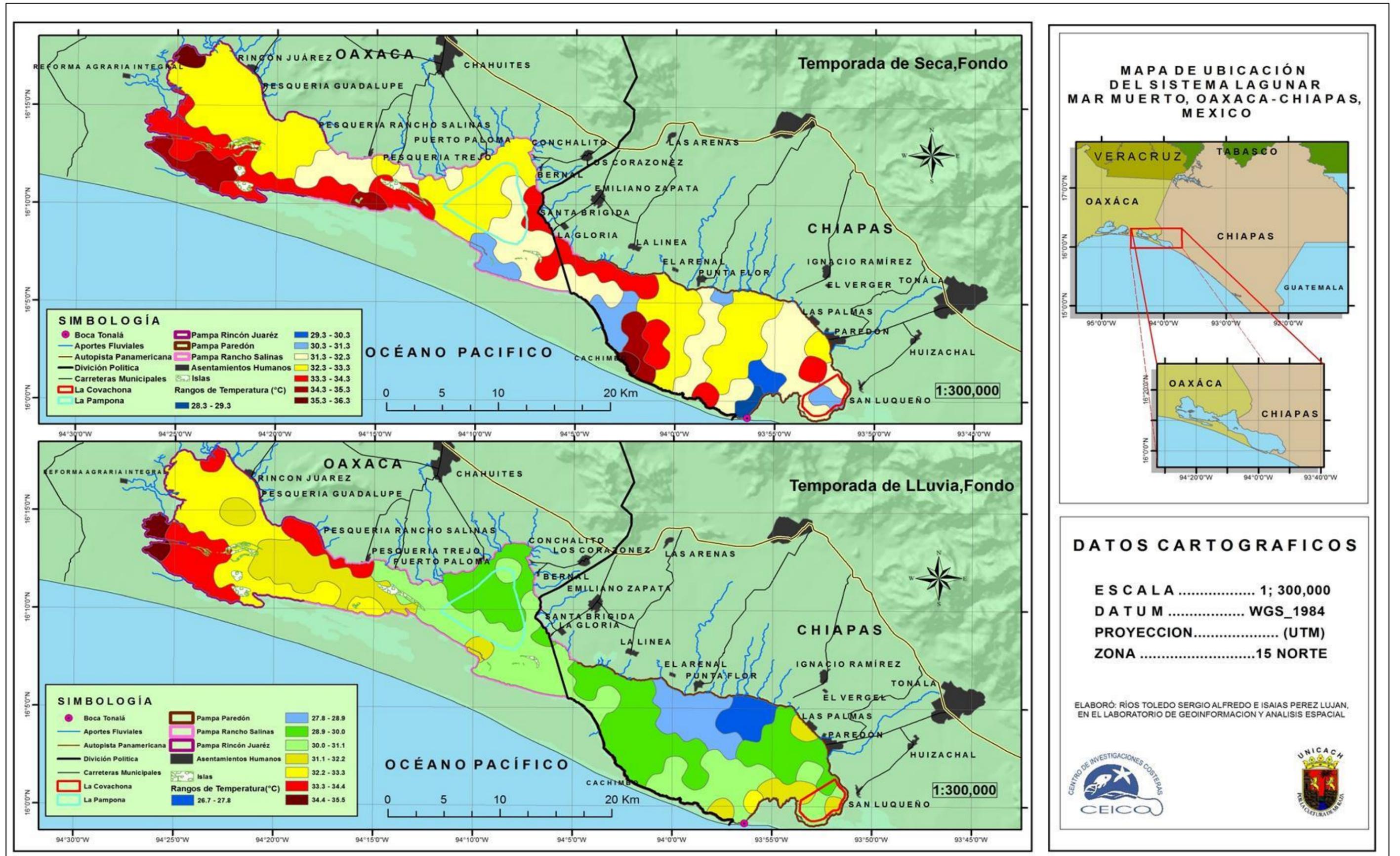


Figura 73. Mapa del comportamiento de la temperatura de fondo (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

### 7.9.3 Salinidad Superficial

El análisis estadístico, demostró que estadísticamente no existe una diferencia entre la salinidad superficial de los periodos de seca (37.4 ups) y lluvia (37.2 ups), presentó un nivel crítico de 0.362 mayor a 0.05 el cual no permitió rechazar la hipótesis nula de la igualdad de medias (Cuadro 42, y 43 y Figura 74).

Cuadro 42. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de salinidad superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
<b>Par 1 Salinidad superficial de seca</b>	37.4911	157	2.26003	.18037
<b>Salinidad superficial de lluvia</b>	37.2191	157	3.35095	.26743

Cuadro 43. Prueba de muestras relacionadas de los datos de salinidad superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
<b>Par 1 Salinidad superficial de seca- Salinidad superficial de lluvia</b>	.27197	3.72639	.29740	-.31547	.85942	.915	156	.362

En contraste con el análisis estadístico la gráfica y el mapa mostraron una diferencia en el comportamiento de la salinidad superficial de las dos temporadas (seca y lluvia), aunque tal diferencia no toma en cuenta las medias sino los valores de cada estación de muestreo (Figura 75).

Se puede observar que los sitios como La Pampa Paredón, la orilla sur de la zona intermedia entre esta Pampa y La Pampa Rancho Salinas, además del sur

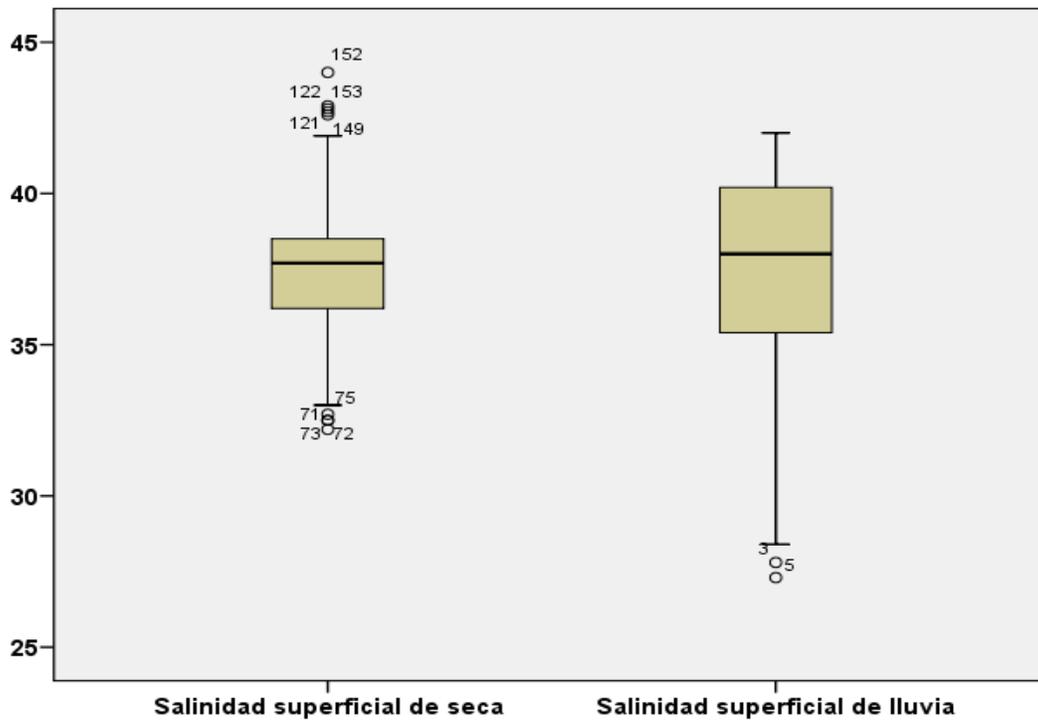


Figura 74. Comparación de la salinidad superficial de las temporadas de seca y lluvia del SLMM, en el año 2015.

de la Pampa Rincón Juárez, presentaron salinidades superficiales mayores en época de secas y en la zona norte, centro y oeste de La Pampa Rincón Juárez, los mayores registros de salinidad se presentaron en el periodo de lluvia. Anualmente este ecosistema lagunar costero presentó un promedio de salinidad superficial de 37.3 ups (Figura 76).

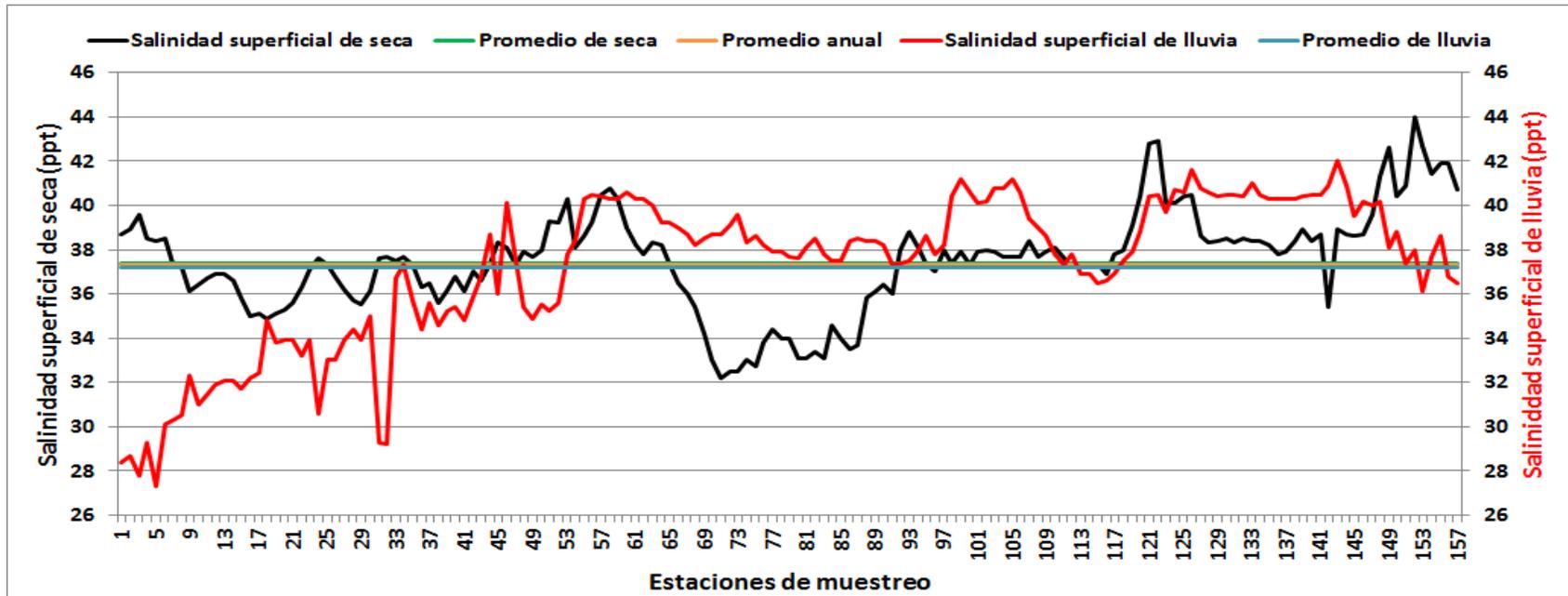


Figura 75. Comportamiento de la salinidad superficial (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.

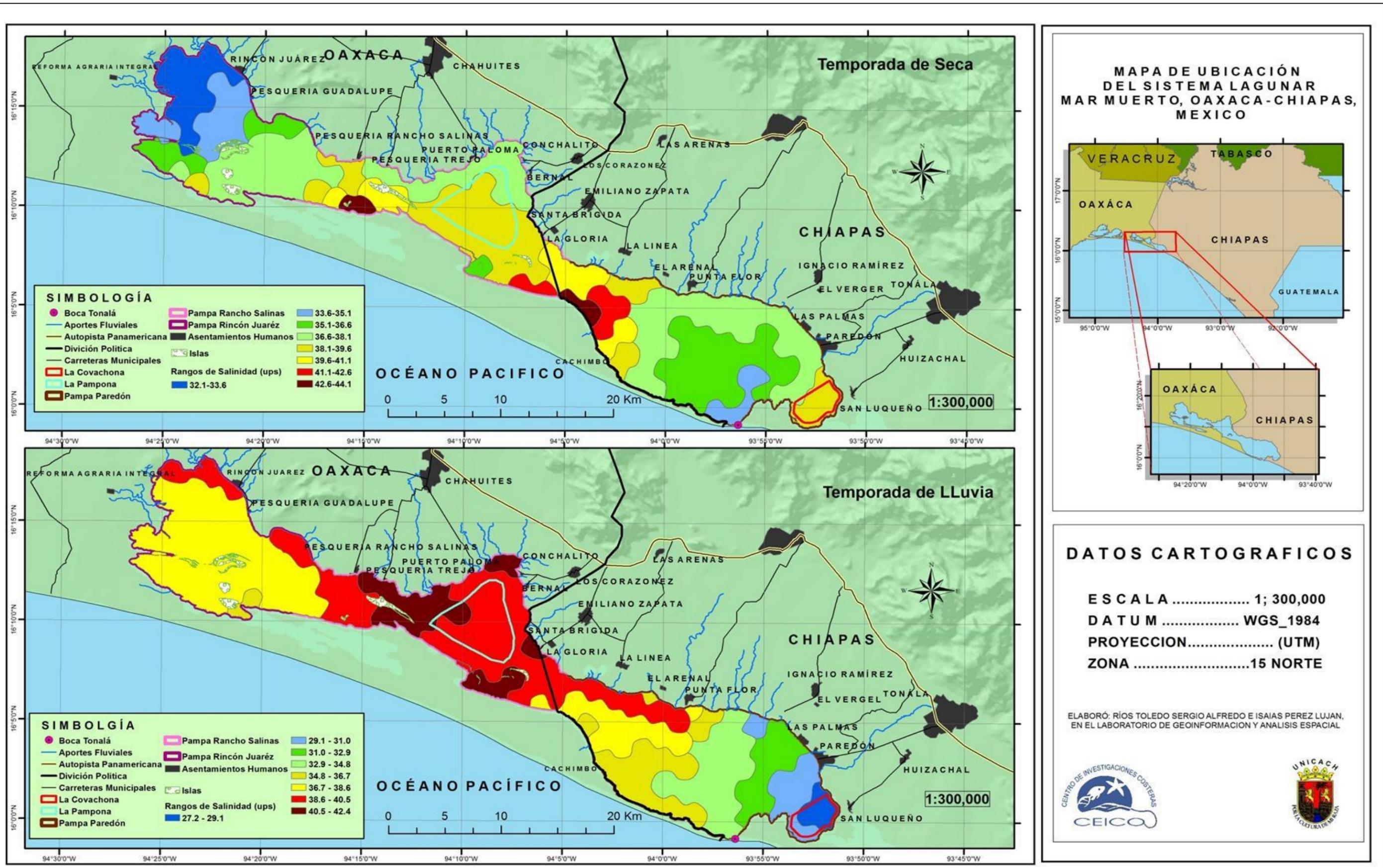


Figura 76. Comportamiento de la salinidad superficial (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

#### 7.9.4 Salinidad de Fondo

Los resultados estadísticos fueron similares a los de la superficie, estadísticamente no existe una diferencia entre la salinidad de fondo de los periodos de seca (37.5 ups) y lluvia (37.4 ups), el nivel crítico enseñó un valor de 0.728 el cual no permite rechazar la hipótesis nula de la igualdad de medias (Cuadro 44, 45 y Figura 77).

Cuadro 44. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de salinidad de fondo del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Desviación típ.</b>	<b>Error típ. de la media</b>
<b>Par 1 Salinidad de fondo, seca</b>	37.5535	157	2.24669	.17931
<b>Salinidad de fondo, lluvia</b>	37.4567	157	3.07811	.24566

Cuadro 45. Prueba de muestras relacionadas de los datos de salinidad de fondo del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Salinidad de fondo seca- Salinidad de fondo lluvia	.09682	3.47822	.27759	-.45151	.64514	.349	156	.728

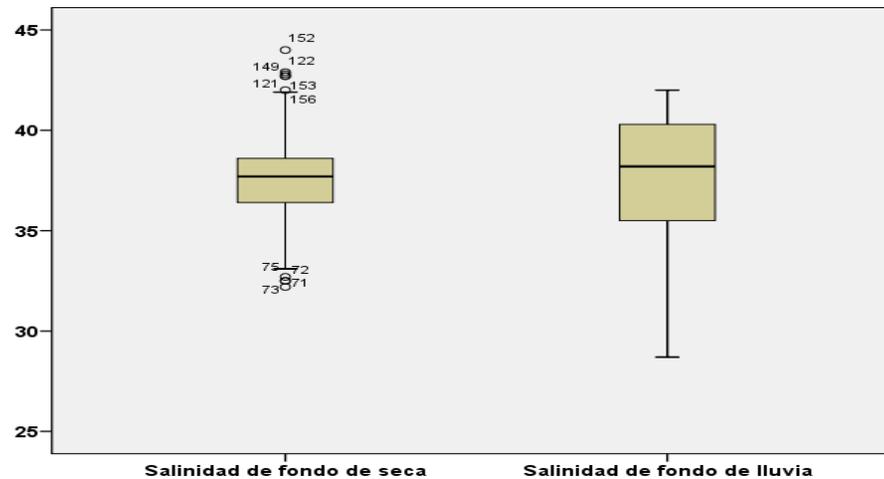


Figura 77. Comparación de la salinidad de fondo de las temporadas de seca y lluvia del SLMM, en el año 2015.



La gráfica y el mapa muestra el mismo comportamiento y diferencias que existen entre la salinidad de fondo del periodo de seca y lluvia, los cuales son similares al comportamiento de la salinidad en la superficie de estas dos temporadas (Figura 78 y 79).

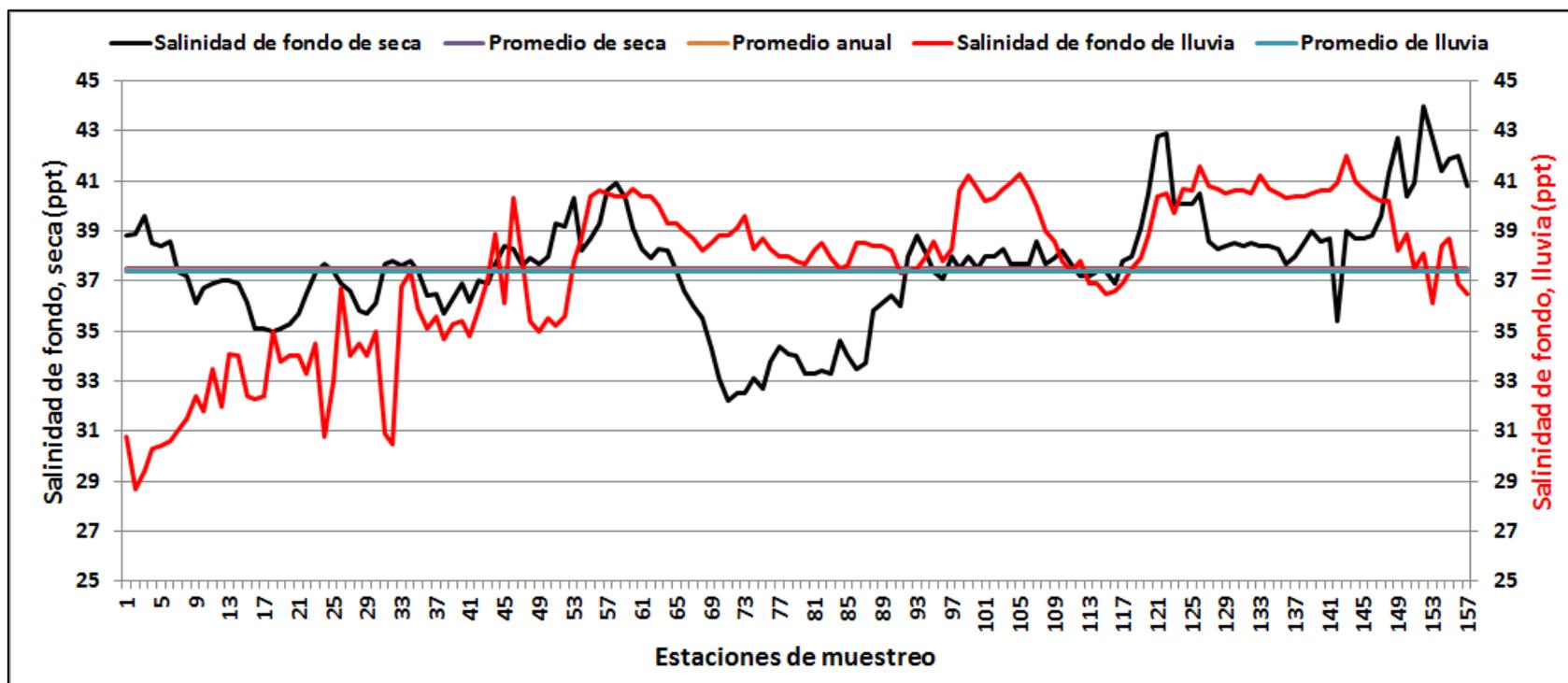


Figura 78. Comportamiento de la salinidad de fondo (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.

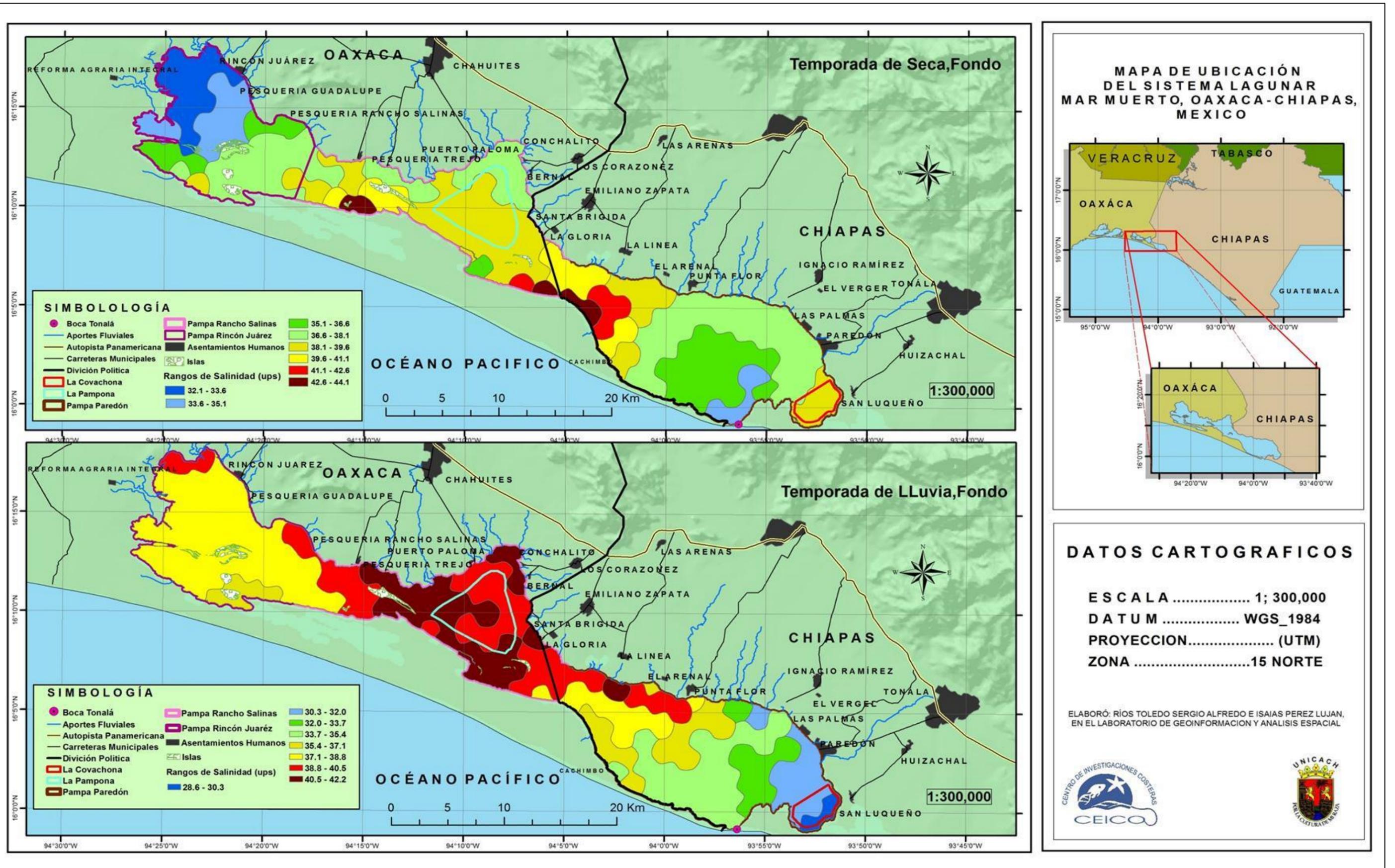


Figura 79. Comportamiento de la salinidad de fondo (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

### 7.9.5 Oxígeno disuelto Superficial

Los resultados del análisis estadístico rechazó la hipótesis nula de la igualdad de medias, obteniendo un nivel crítico muy pequeño (0.000), estableciendo con esto que el oxígeno disuelto superficial de la temporada de lluvia (6.2 mg/l) fue significativamente mayor que el oxígeno disuelto superficial del período seca (5.7 mg/l), obteniendo una diferencia de 0.4 mg/l, la cual favorece a la temporada de lluvia (Cuadro 46, 47 y Figura 80).

Cuadro 46. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de oxígeno disuelto superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
<b>Par 1 Oxígeno disuelto superficial de seca</b>	5.7854	157	.98507	.07862
<b>Oxígeno disuelto superficial de lluvia</b>	6.2529	157	.83456	.06660

Cuadro 47. Prueba de muestras relacionadas de los datos de oxígeno disuelto superficial del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
<b>Par 1 Oxígeno disuelto superficial de seca- Oxígeno disuelto superficial de lluvia</b>	-.46752	1.15360	.09207	-.64938	-.28566	-5.078	156	.000

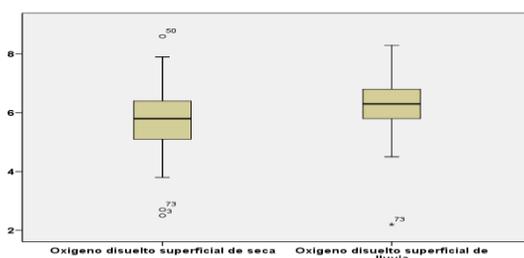


Figura 80. Comportamiento del Oxígeno disuelto superficial (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.

La gráfica y el mapa muestran las diferencias que el oxígeno disuelto superficial presentó en los periodos de seca y lluvia, lo cual corroboro que la temporada de lluvia presento niveles de oxígeno disuelto mayores a los de la temporada de seca.

Esta diferencia se reflejó en sitios como “La Covachona”, frente a la localidad de Las Palmas y en una franja que atravesó el SLMM, desde la orilla de Punta Flor hasta la orilla sur de la Pampa Paredón, además de la orilla norte, zona centro y oeste de la Pampa Rancho Salinas, así como en la zona centro, norte, noreste y sureste de la Pampa Rincón Juárez (Figura 81 y 82).

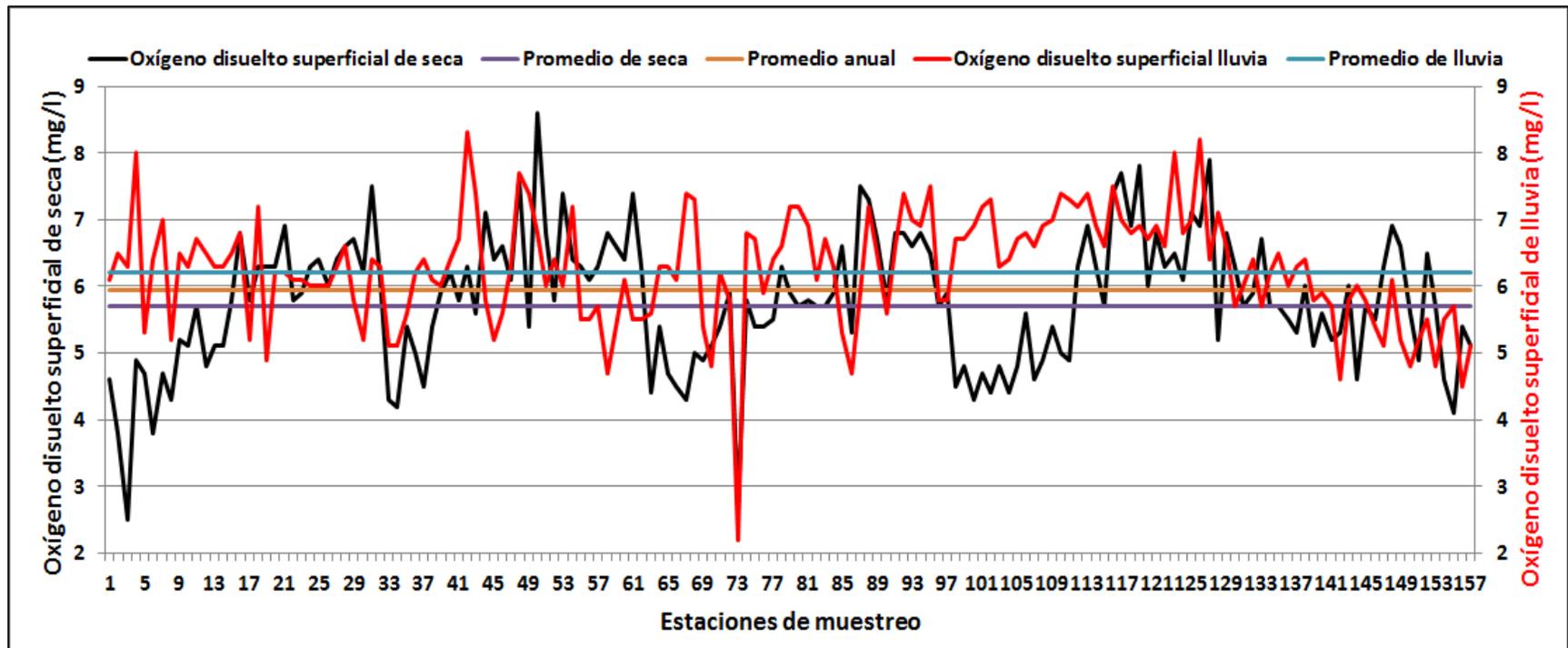


Figura 81. Comportamiento del Oxígeno disuelto superficial (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.

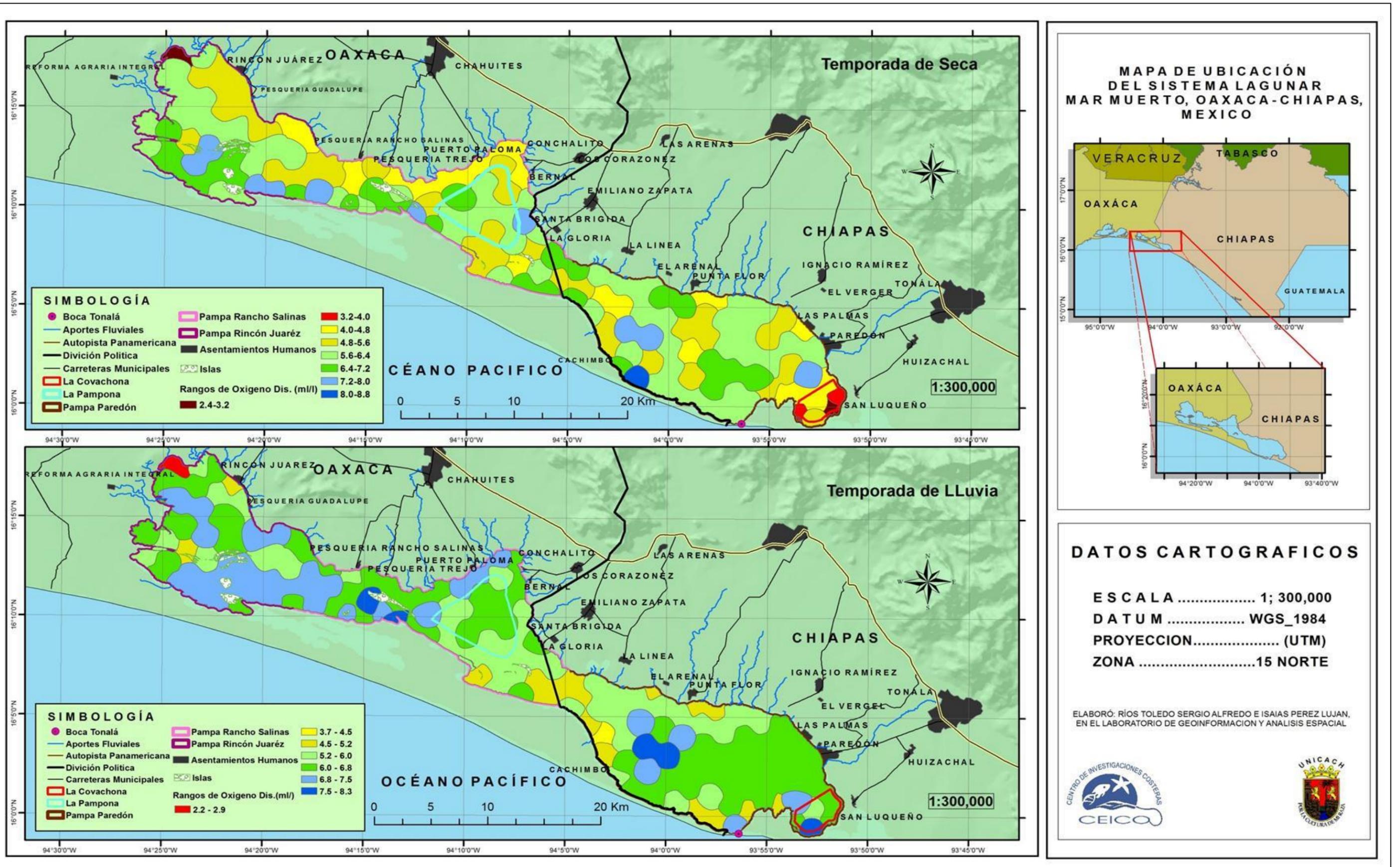


Figura 82. Comportamiento del Oxígeno disuelto superficial (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

### 7.9.6 Oxígeno Disuelto de Fondo

Se compararon los datos de oxígeno disuelto de fondo de los periodos de seca y lluvia, mediante el análisis estadístico establecido, el cual manifestó un valor crítico de 0.009 rechazando con esto la hipótesis nula de la igualdad de medias, determino que el oxígeno disuelto de fondo de la temporada de lluvia (5.7 mg/l) es significativamente mayor que el oxígeno disuelto de fondo de la época de seca, (5.4 mg/l), presentando una diferencia de 0.2 mg/l en favor de la temporada de lluvia (Cuadro 48, 49 y Figura 83).

Cuadro 48. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos de oxígeno disuelto del SLMM, de fondo de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Desviación típ.</b>	<b>Error típ. de la media</b>
<b>Par 1</b> Oxígeno disuelto de fondo, seca	5.4834	157	1.10203	.08795
Oxígeno disuelto de fondo de lluvia	5.7459	157	.86517	.06905

Cuadro 49. Prueba de muestras relacionadas de los datos de oxígeno disuelto del SLMM, de fondo de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Oxígeno disuelto de fondo, seca- Oxígeno disuelto de fondo, lluvia	-.26242	1.23835	.09883	-.45764	-.06720	-2.655	156	.009

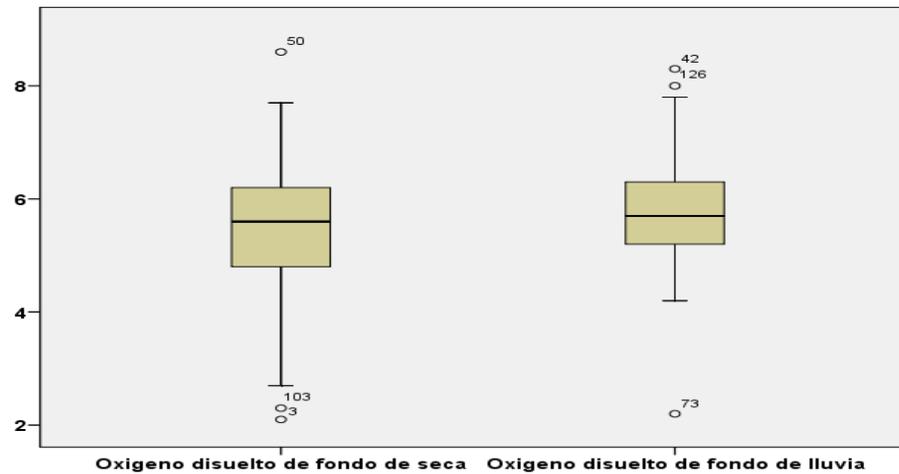


Figura 83. Comportamiento del Oxígeno disuelto de fondo (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.

La gráfica y el mapa representan el comportamiento que esta variable presenta en el fondo, en las épocas de seca y lluvia, además los sitios que presentaron las diferencias más marcadas coinciden con los encontrados en el análisis del oxígeno disuelto superficial (Figura 84 y 85).

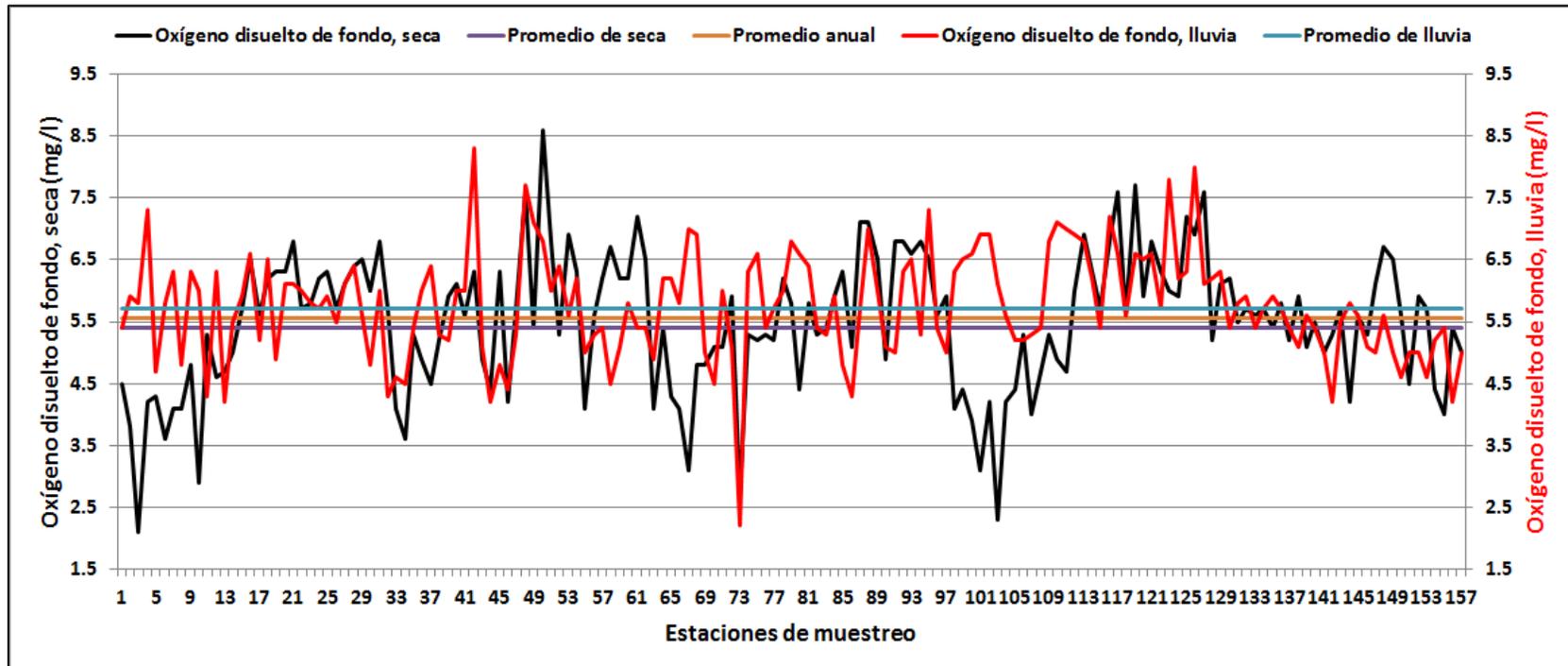


Figura 84. Comportamiento del Oxígeno disuelto de fondo (seca y lluvia) en el SLMM, en el año 2015.

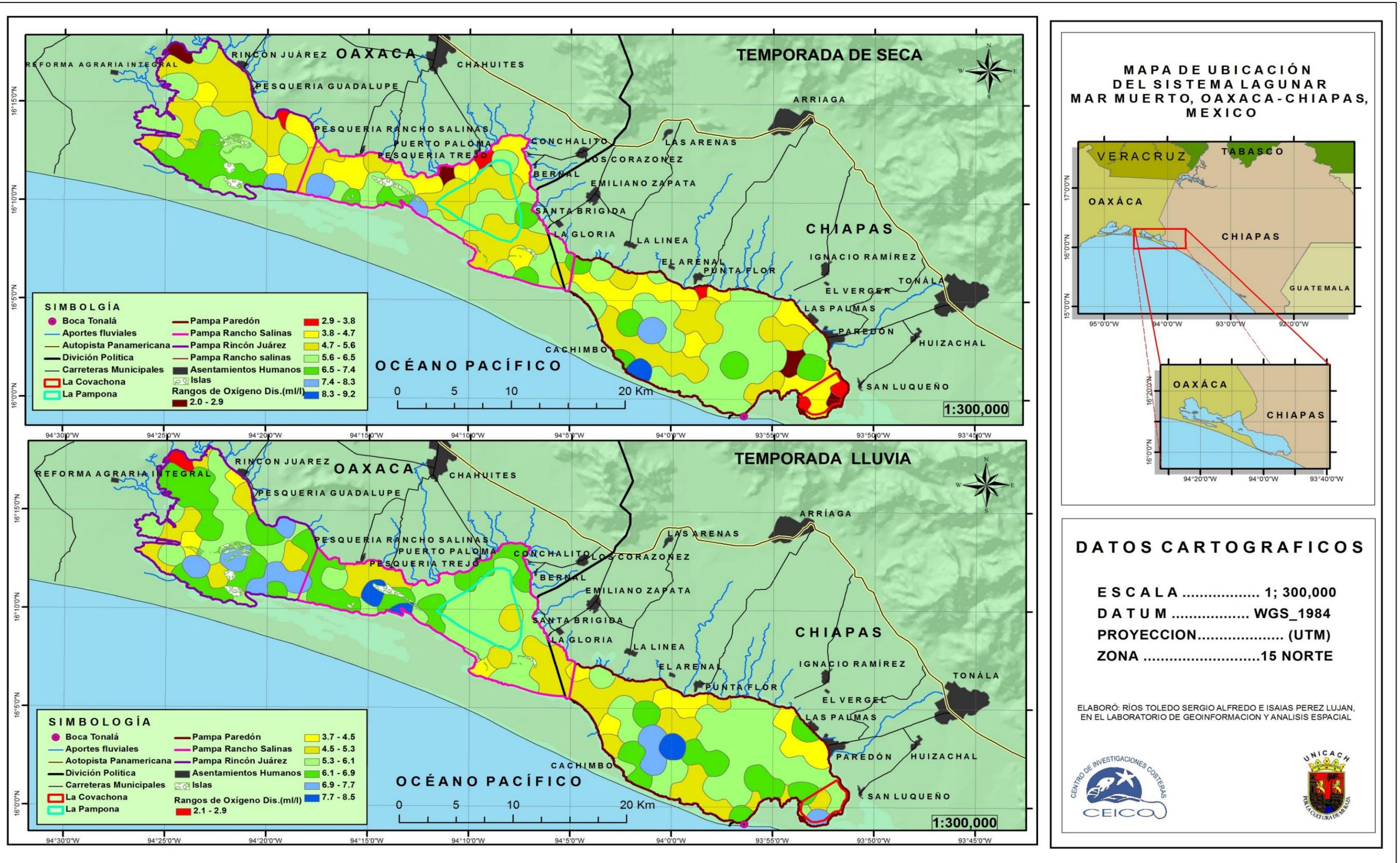


Figura 85. Comportamiento del Oxígeno disuelto de fondo (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

### 7.9.7 Potencial de Hidrógeno Superficial y fondo

Contrastando el comportamiento de esta variable en superficie y fondo para cada temporada del año, se determinó que no existe diferencia alguna en su comportamiento, lo cual nos habló de un comportamiento homogéneo en cada una de las temporadas. Tomando en cuenta lo anterior, para tener un determinante en la comparación de esta variable en las dos temporadas, se tomó en cuenta el comportamiento superficial de cada periodo del año, (seca y lluvia). Los resultados del análisis estadístico mostraron un nivel crítico de 0.003, rechazando la hipótesis nula de la igualdad de medias y comprobando que el potencial de Hidrógeno de la temporada de lluvia (8.29) fue significativamente mayor que el potencial de Hidrógeno del periodo de seca (8.25), con una diferencia de 0.03 a favor de la época de lluvia (Cuadro 50, 51 y Figura 86).

Cuadro 50. Estadísticos de muestras relacionadas de los datos del potencial de hidrogeno del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1    pH superficial de seca	8.2554	157	.17409	.01389
pH superficial de lluvia	8.2924	157	.21260	.01697

Cuadro 51. Prueba de muestras relacionadas de los datos de potencial de hidrogeno del SLMM, de las temporadas de seca y lluvia del año 2015.

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
<b>Par 1</b> pH superficial de seca - pH superficial de lluvia	-.03694	.15329	.01223	-.06111	-.01278	-3.020	156	.003

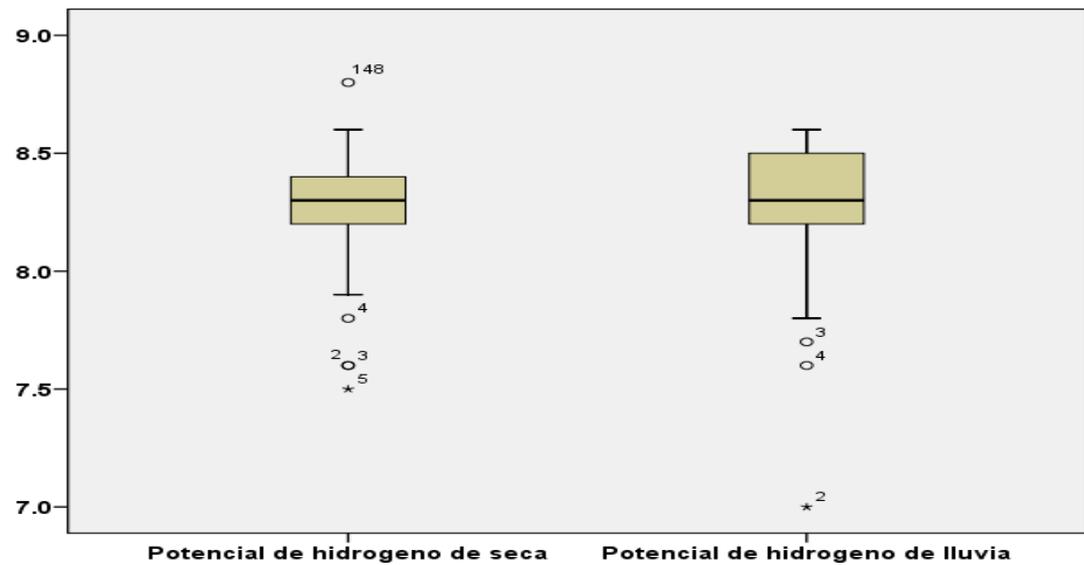


Figura 86. Comportamiento del Potencial de hidrogeno (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

Tanto en la gráfica como en el mapa se observan las diferencias que se presentaron en el potencial de Hidrógeno en las dos temporadas, el periodo de lluvias presenta valores más altos de potencial de Hidrógeno en el centro de “La Covachona, frente a la Boca Tonalá y al oeste de la Pampa Paredón, además del norte y oeste de la Pampa Rancho Salinas y toda la Pampa Rincón Juárez. Mientras que la época de seca solo domino en el norte, este y oeste de la Pampa Paredón, así como en el sur y sureste de la Pampa Rancho Salinas (Figura 87 y 88).

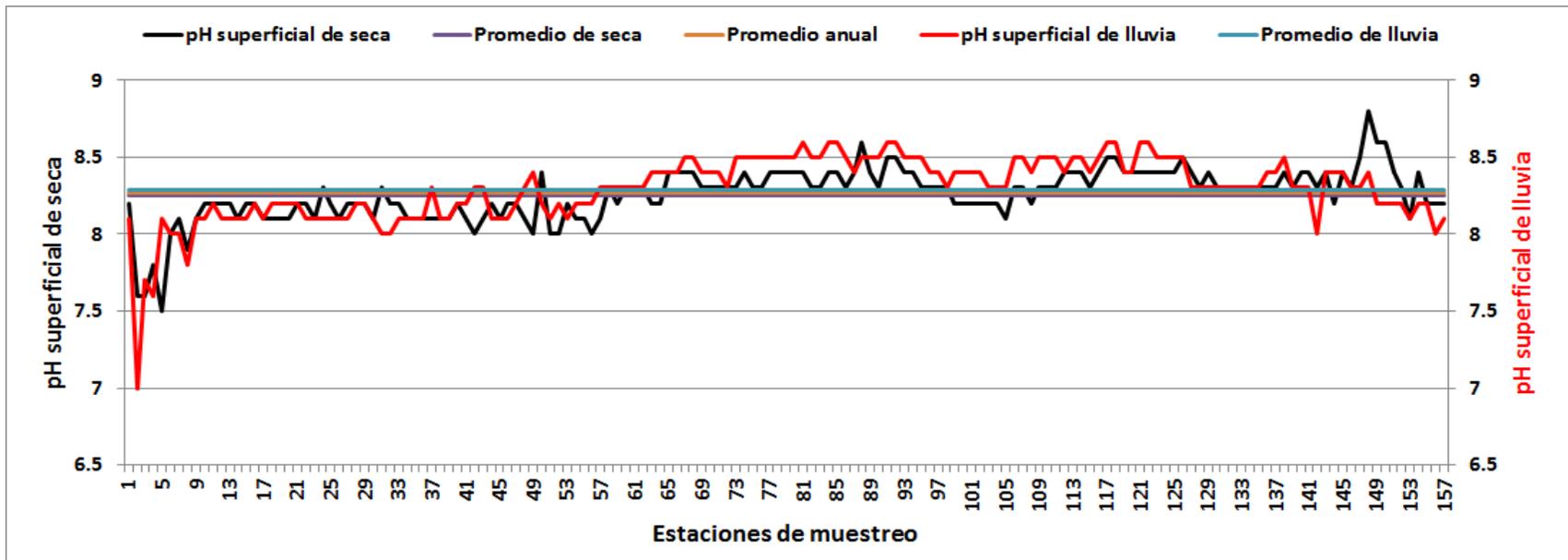


Figura 87. Comportamiento del Potencial de hidrogeno (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

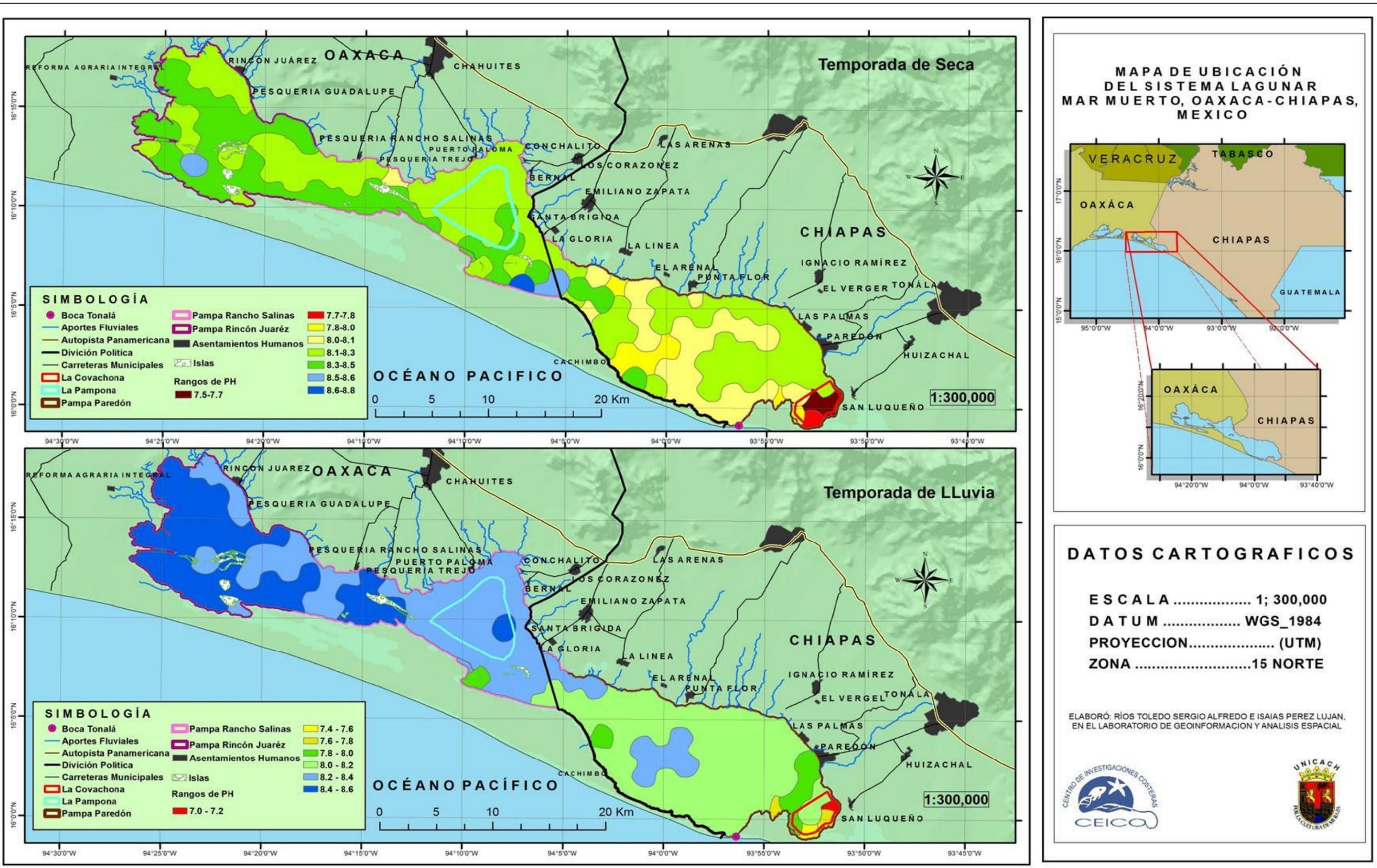


Figura 88. Comportamiento del Potencial de hidrogeno (seca y lluvia) del SLMM, en el año 2015.

### 7.10. Caracterización y distribución espacial de los sedimentos, en el SLMM, según su textura.

Con base en el análisis granulométrico propuesto por Folk (1969), el SLMM, mostró una variedad de siete tipos de sedimentos, arena gruesa, arena media, arena fina, arena muy fina, arena gruesa lodosa, arena fina lodosa y arena muy fina lodosa.

La siguiente figura muestra el resultado del análisis de Tamizado determinando que los sustratos de mayor predominancia fueron las arenas gruesas y las arenas finas. La abundancia de dichos sustratos estuvo determinada por aportes externos como el acarreo litoral que introduce arenas finas en la Boca Tonalá distribuyéndose en gran parte de la Pampa Paredón y el depósito de arenas gruesas por medio de los aportes fluviales presentes en la zona del SLMM (Figura 89).

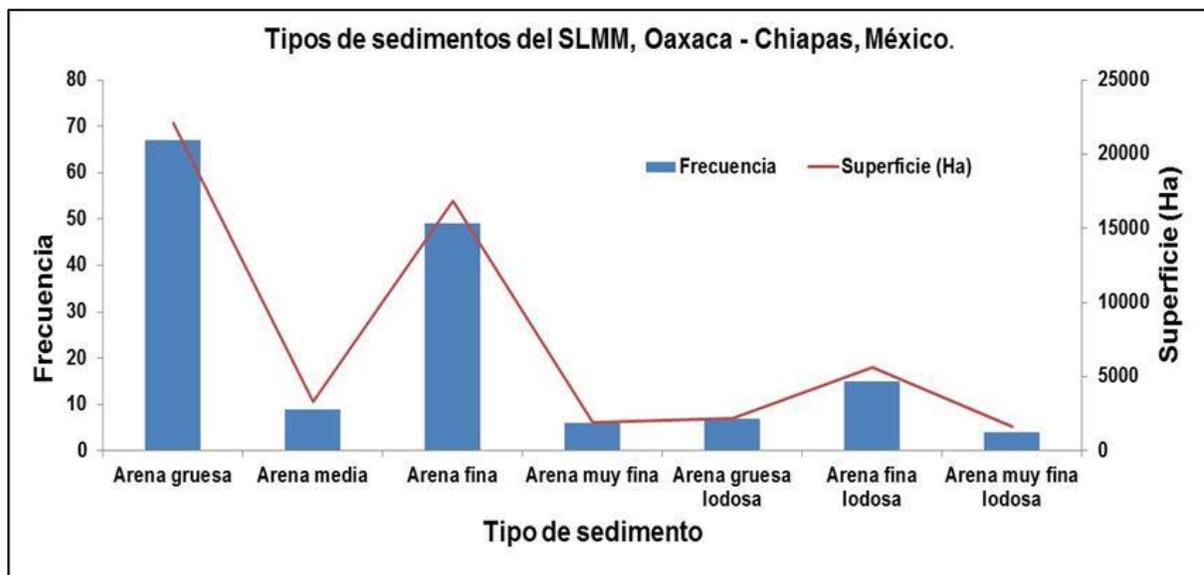


Figura 89. Tipos, frecuencia y superficie de sedimentos dentro del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México.

Las arenas gruesas se encontraron, en la zona norte, este, sureste de la Pampa Rincón Juárez, oeste, centro y noreste de la Pampa Rancho Salinas, además de la orilla noreste, frente al poblado de Paredón y la zona oeste de la Pampa Paredón. Las arenas gruesas lodosas, se ubicaron en la Pampa de Paredón, en sitios ubicados al norte y este de esta Pampa, en la zona oeste de la Pampa Rancho Salinas y en la orilla sureste de la Pampa Rincón Juárez.

Las arenas medias se hallaron en el sur de la Pampa Rincón Juárez, en los límites entre las Pampas Rancho Salinas y Paredón, así también en la zona centro y orilla sureste de esta última.

Las arenas finas se situaron en la Pampa de Paredón, desde la boca Tonalá, hasta la orilla norte y parte de la zona este, en las otras dos pampas este sedimento se encontró con menor frecuencia. Las arenas finas lodosas, se localizaron en la orilla sur, en la zona este y en un pequeño sitio de la orilla norte de la Pampa Paredón, así como en la parte norte y sur de la Pampa Rancho Salinas y el centro de la Pampa Rincón Juárez.

Las arenas muy finas se manifestaron en la zona de transición entre las Pampas de Paredón y Rancho Salinas, además de la zona norte de la Pampa Paredón. Las arenas muy finas lodosas, se presentaron en la orilla noroeste de la Pampa Rancho Salinas y en la orilla suroeste de la Pampa de Rincón Juárez (Figura 90).

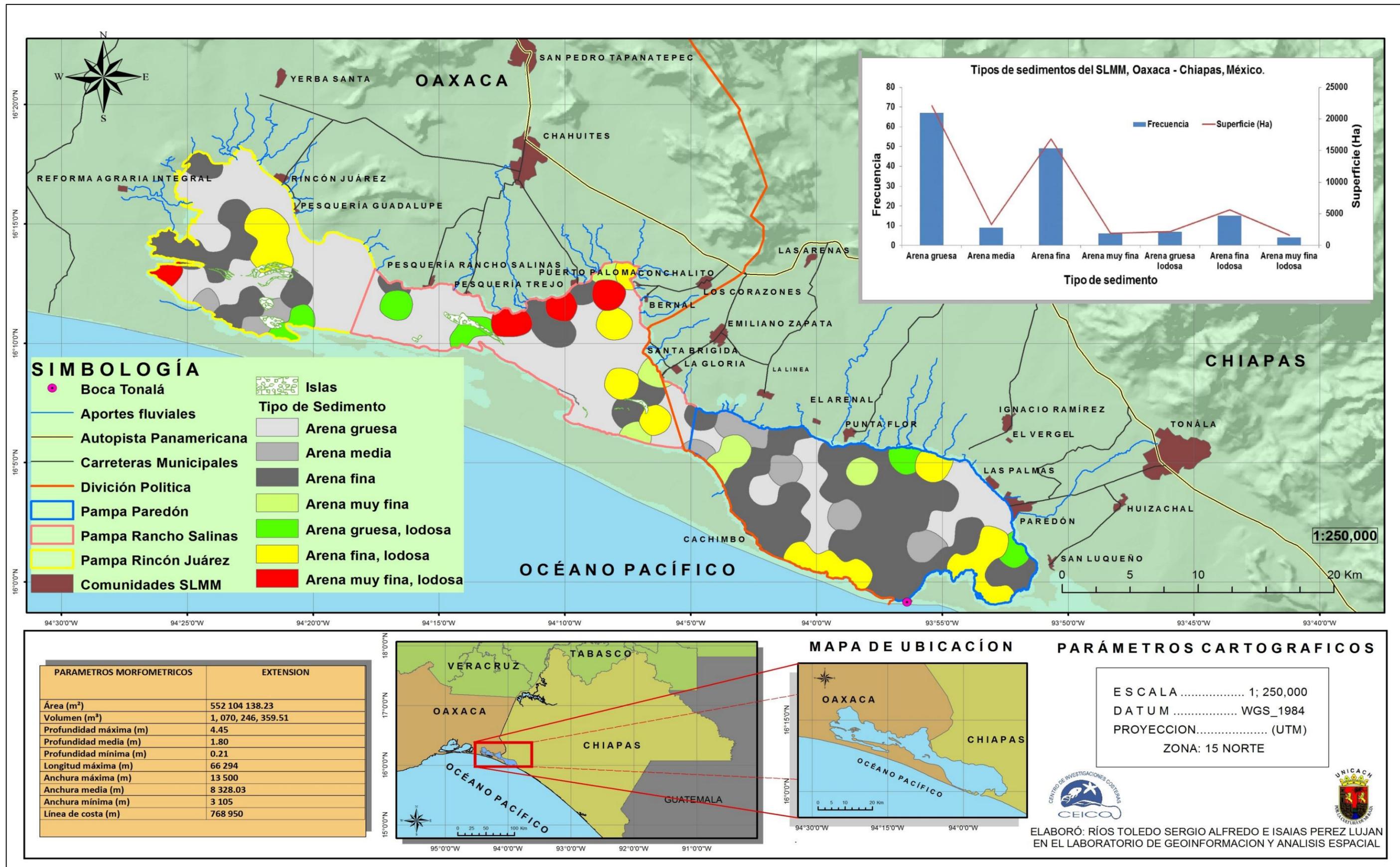


Figura 90. Distribución espacial de los sedimentos del SLMM, Oaxaca-Chiapas, México, en el año 2015.

### **7.10.1 Porcentaje de conchas (restos de moluscos y bivalvos muertos) en sedimentos**

En el SLMM, se encontró que en la mayor parte de la Pampa Paredón los sedimentos presentaron un porcentaje de residuos de moluscos y bivalvos (conchas) que entran en el intervalo de 0 a 50%, por cada 100 gramos de sustrato, para la Pampa Rancho Salinas este intervalo se manifestó en la zona norte, centro y sureste, posteriormente en la zona centro, sureste y oeste de esta Pampa este intervalo aumentan de 50 a 100%. Lo mismo se presentó en la Pampa Rincón Juárez, en donde la parte centro, sur y suroeste presento el intervalo de 0 a 50% y en la parte norte, noreste y sureste el intervalo sube de 50 a 100% (Figura 91).

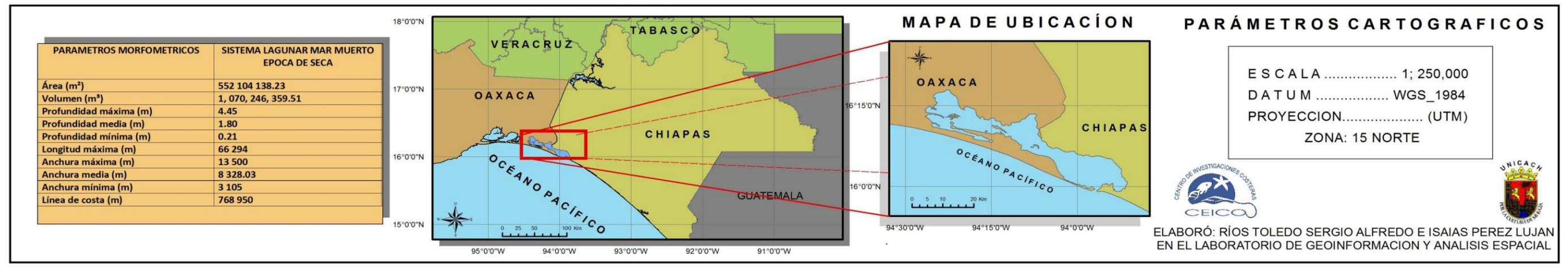
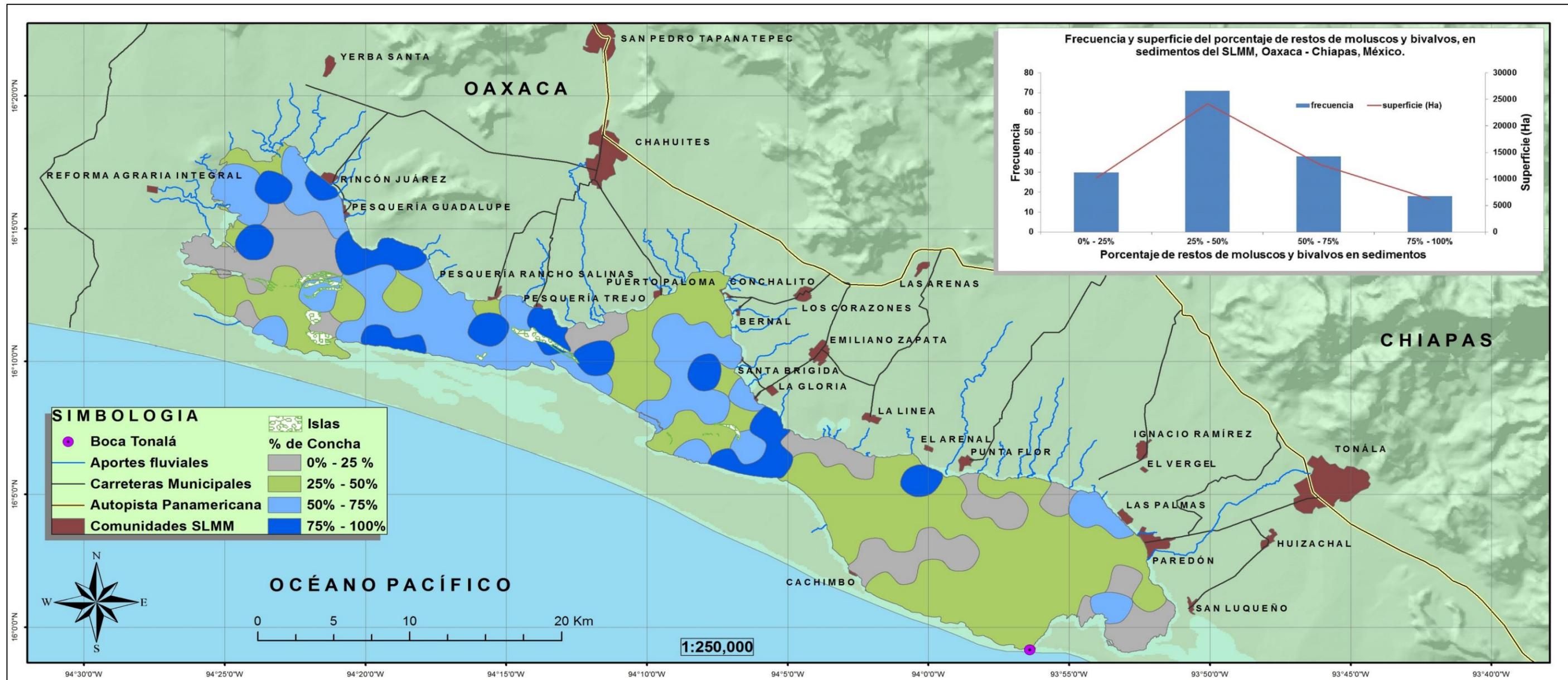


Figura 91. Porcentaje de concha en sedimentos del SLMM, Oaxaca-Chiapas, en el año 2015.

## 7.11 Análisis estadístico de la batimetría, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM.

### 7.11.1 Análisis de componentes principales (ACP temporada de seca

El análisis de componentes principales analizó siete variables, (profundidad, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, tipo de sedimento y porcentaje de restos carbonatados en sedimentos), de la temporada de seca, dicho análisis fue realizado con el fin de tener una mejor interpretación de la relación que existe entre estas variables.

El ACP generó una matriz de correlaciones en donde se expresan las relaciones entre las anteriores variables, la profundidad se relacionó negativamente con la temperatura y el oxígeno disuelto superficial y de fondo, la temperatura de superficie y de fondo se relacionaron de manera negativa con la profundidad y positivamente con el oxígeno disuelto y el potencial de Hidrógeno de superficie y fondo (Cuadro 52).

La salinidad de superficie y fondo no presentó relaciones representativas, solo se relacionó ligeramente negativa con la profundidad y la temperatura de superficie y de fondo. El oxígeno disuelto superficial y de fondo se relacionó negativamente con la profundidad y el tipo de sedimento, además mantuvo una relación positiva con la temperatura y el potencial de Hidrógeno superficial y de fondo

Cuadro 52. Matriz de correlación de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de seca, del año 2015.

		Profundidad	Temperatura superficial	Salinidad superficial	Oxígeno disuelto superficial	Potencial de hidrogeno superficial	Temperatura de fondo	Salinidad de fondo	Oxígeno disuelto de fondo	Potencial de hidrogeno de fondo	Tipo de sedimento	Porcentaje de concha en sedimentos
Correlaciones	Profundidad	1.000	-.239	-.012	-.130	-.050	-.265	.009	-.200	-.056	-.023	.019
	Temperatura superficial	-.239	1.000	-.021	.427	.313	.988	-.028	.388	.314	-.054	.063
	Salinidad superficial	-.012	-.021	1.000	.086	.013	-.007	.999	.085	.018	.034	.072
	Oxígeno disuelto superficial	-.130	.427	.086	1.000	.406	.446	.083	.904	.409	-.132	.088
	Potencial de hidrogeno superficial	-.050	.313	.013	.406	1.000	.320	.007	.396	.997	-.237	.527
	Temperatura de fondo	-.265	.988	-.007	.446	.320	1.000	-.017	.423	.322	-.068	.076
	Salinidad de fondo	.009	-.028	.999	.083	.007	-.017	1.000	.075	.013	.031	.070
	Oxígeno disuelto de fondo	-.200	.388	.085	.904	.396	.423	.075	1.000	.397	-.120	.075
	Potencial de hidrogeno de fondo	-.056	.314	.018	.409	.997	.322	.013	.397	1.000	-.248	.535
	Tipo de sedimento	.023	-.054	.034	-.132	-.237	-.068	.031	-.120	-.248	1.000	-.411
	Porcentaje de concha en sedimentos	.019	.063	.072	.088	.527	.076	.070	.075	.535	-.411	1.000

El potencial de Hidrógeno se relacionó negativamente con el tipo de sedimento y positivamente con el porcentaje de concha en sedimentos, el oxígeno disuelto y la temperatura superficial y de fondo. El sedimento se relacionó negativamente con el porcentaje de concha en sedimentos y el potencial de Hidrógeno, finalmente el porcentaje de concha en sedimento se relacionó negativamente con el tipo de sedimento y positivamente con el potencial de Hidrógeno

Para esta temporada del año el ACP, demostró que cuatro componentes explican el 79% de la varianza total. Estos resultados fueron similares a los obtenidos en el ACP que se realizó a la profundidad y los parámetros fisicoquímicos de esta misma temporada (Cuadro 53 y Figura 92).

Cuadro 53. Varianza total explicada de cada uno de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de seca del año 2015.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3.733	33.934	33.934	3.733	33.934	33.934	2.473	22.479	22.479
2	2.023	18.391	52.325	2.023	18.391	52.325	2.114	19.216	41.695
3	1.844	16.762	69.087	1.844	16.762	69.087	2.096	19.054	60.749
4	1.092	9.929	79.016	1.092	9.929	79.016	2.009	18.267	79.016
5	.932	8.473	87.489						
6	.839	7.630	95.119						
7	.431	3.914	99.033						
8	.093	.842	99.875						
9	.010	.094	99.969						
10	.003	.026	99.996						
11	.000	.004	100.000						

Gráfico de sedimentación

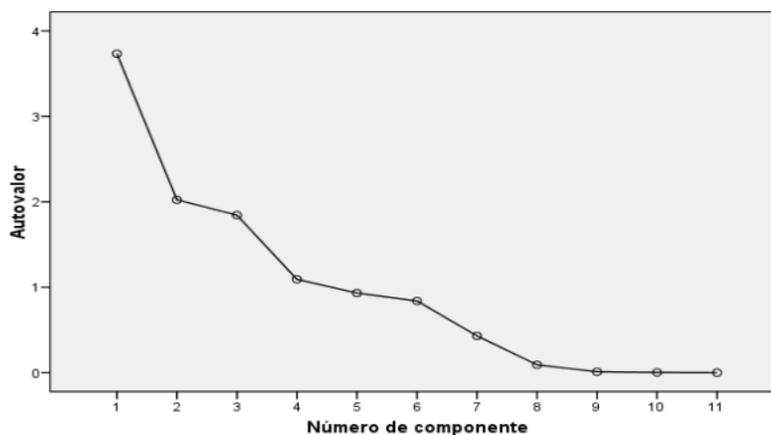


Figura 92. Gráfico de sedimentación de los componentes del ACP aplicado a los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de seca del año 2015.

La única diferencia fue que el primer componente que explica el 33.9% de la varianza total, muestra la relación negativa entre el tipo de sedimento, el pH y porcentaje de conchas, (restos de moluscos y bivalvos), esto nos dice que los sitios donde se encuentran arenas más gruesas, habrá un pH y porcentaje de conchas más altos. Posteriormente los otros tres componentes fueron los mismos, que se explicaron en el ACP antes mencionado, pero en diferente orden (Cuadro 54).

Cuadro 54. Matriz de componentes rotados (Varimax con Kaiser) del ACP, de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de seca del año 2015.

	Componente			
	1	2	3	4
<b>Profundidad</b>			-.504	
<b>Temperatura superficial</b>		.226	.925	
<b>Salinidad superficial</b>				.998
<b>Oxígeno disuelto superficial</b>		.927	.214	
<b>pH superficial</b>	.831	.367		
<b>Temperatura de fondo</b>		.248	.926	
<b>Salinidad de fondo</b>				.998
<b>Oxígeno disuelto de fondo</b>		.929	.205	
<b>pH de fondo</b>	.837	.365		
<b>Tipo de sedimento</b>	-.559			
<b>Porcentaje de concha en sedimentos</b>	.837			

### 7.11.2 Análisis de Componentes Principales (ACP) de temporada de lluvia

El ACP utilizó las mismas variables que en el análisis realizado para la temporada de seca, pero con valores registrados en la temporada de lluvias.

Además genero una matriz de correlaciones en la cual se observa que la profundidad se relacionó negativamente con la temperatura y el potencial de Hidrógeno. La temperatura de superficie y fondo se relacionó negativamente con la profundidad y positivamente con el potencial de Hidrógeno y el porcentaje de conchas en sedimentos (Cuadro 55).

La salinidad de superficie y fondo se relacionó positivamente con el potencial de Hidrógeno y el porcentaje de concha en sedimento. El oxígeno disuelto se relacionó de buena manera con el potencial de Hidrógeno, el cual se relacionó positivamente con la salinidad y la temperatura superficial y de fondo, además del porcentaje de concha en sedimentos.

Cuadro 55. Matriz de correlación de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de lluvia, del año 2015.

		Profundidad	Temperatura superficial	Salinidad superficial	Oxígeno disuelto superficial	Potencial de hidrogeno	Temperatura de fondo	Salinidad de fondo	Oxígeno disuelto de fondo	Potencial de hidrogeno de fondo	Porcentaje de concha en sedimentos	Tipo de sedimentos
Correlación	Profundidad	1.000	-.431	.086	-.029	-.136	-.496	.134	-.157	-.136	.019	-.008
	Temperatura superficial	-.431	1.000	.112	.159	.507	.976	.096	.099	.507	.218	-.186
	Salinidad superficial	.086	.112	1.000	-.048	.636	.197	.989	-.008	.636	.406	-.267
	Oxígeno disuelto superficial	-.029	.159	-.048	1.000	.243	.140	-.061	.858	.243	.138	-.062
	Potencial de hidrogeno superficial	-.136	.507	.636	.243	1.000	.570	.628	.215	1.000	.412	-.235
	Temperatura de fondo	-.496	.976	.197	.140	.570	1.000	.170	.127	.570	.232	-.189
	Salinidad de fondo	.134	.096	.989	-.061	.628	.170	1.000	-.042	.628	.408	-.267
	Oxígeno disuelto de fondo	-.157	.099	-.008	.858	.215	.127	-.042	1.000	.215	.058	-.021
	Potencial de hidrogeno de fondo	-.136	.507	.636	.243	1.000	.570	.628	.215	1.000	.412	-.235
	Porcentaje de concha en sedimentos	.019	.218	.406	.138	.412	.232	.408	.058	.412	1.000	-.411
	Tipo de sedimentos	-.008	-.186	-.267	-.062	-.235	-.189	-.267	-.021	-.235	-.411	1.000

El porcentaje de concha en sedimentos se relacionó negativamente con el tipo de sedimento y positivamente con el potencial de Hidrógeno y la salinidad superficial y de fondo, finalmente el tipo de sedimento se relacionó negativamente con el porcentaje de concha en sedimentos.

Este análisis estableció que cuatro componentes explican el 86.5% de la varianza total, de igual manera los resultados coincidieron en gran parte con el ACP realizado para explicar la relación entre la batimetría y los parámetros fisicoquímicos de esta misma temporada (Cuadro 56 y Figura 93).

Cuadro 56. Varianza total explicada de cada uno de los componentes del ACP, aplicado a los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de lluvia del año

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4.297	39.067	39.067	4.297	39.067	39.067	3.278	29.796	29.796
2	2.213	20.118	59.185	2.213	20.118	59.185	2.555	23.226	53.022
3	1.694	15.398	74.583	1.694	15.398	74.583	1.955	17.776	70.798
4	1.044	9.495	84.078	1.044	9.495	84.078	1.461	13.280	84.078
5	.655	5.950	90.028						
6	.559	5.083	95.111						
7	.396	3.600	98.711						
8	.119	1.080	99.791						
9	.015	.139	99.930						
10	.008	.070	100.000						
11	-1.7E-016	-1.6E-015	100.000						

La diferencia es que el primer componente además de explicar un 40% de la varianza total, introduce la variable porcentaje de concha con una relación positiva, el segundo y tercer componente registran valores similares, solo cambia el porcentaje de la varianza, 20 % y 15% respectivamente.

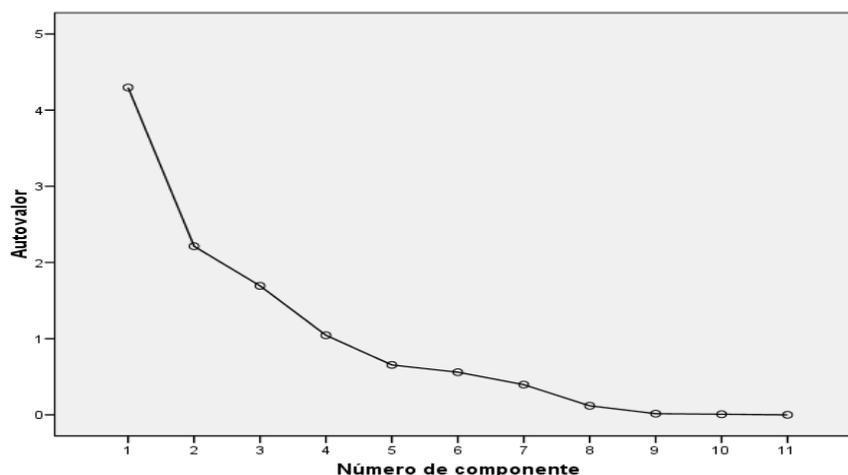


Figura 93. Gráfico de sedimentación de los componentes del ACP aplicado a los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.

Además crea un cuarto componente el cual expresa la relación negativa entre el tipo de sedimento y el porcentaje de concha, el cual explica el 9.4% de la varianza total y nos dice que una disminución de los sedimentos, es decir que las arenas más gruesas, presentan un porcentajes altos de restos de conchas (Cuadro 57).

Cuadro 57. Matriz de componentes rotados (Varimax con Kaiser) del ACP, de los datos de profundidad, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, de la temporada de lluvia del año 2015.

	Componente			
	1	2	3	4
<b>Profundidad</b>		-.718		
<b>Temperatra superficial</b>		.910		
<b>Salinidad superficial</b>	.924			
<b>Oxígeno disuelto superficial</b>			.960	
<b>Potencial de hidrogeno superficial</b>	.814	.406	.217	
<b>Temperatura de fondo</b>	.250	.922		
<b>Salinidad de fondo</b>	.927			
<b>Oxígeno disuelto de fondo</b>			.951	
<b>Potencial de hidrogeno de fondo</b>	.814	.406	.217	
<b>Porcentaje de concha en sedimentos</b>	.352			.714
<b>Tipo de sedimentos</b>				-.886

## VIII. DISCUSIÓN

### Superficie

El Sistema Lagunar Mar Muerto (SLMM) se comparte entre los estados de Oaxaca, a quien le corresponden poco más de 33 800 ha (Pampas de Rincón Juárez y Rancho Salinas) y Chiapas quien cuenta con casi 21 400 ha (Pampa Paredón), juntos suman una superficie total de 55 210.4 ha, que permite que dicho sistema lagunar sea el quinto más grande del territorio mexicano (Cuadro 58).

Cuadro 58. Lagunas costeras con mayor superficie del territorio mexicano (Contreras, 2001).

Nombre	Extensión (Ha)
Laguna Madre, Tamaulipas	200 000
Laguna de Términos, Campeche	196 000
Laguna Tamiahua, Veracruz	77 000
Laguna Superior e Inferior, Oaxaca	74 000
*En esta investigación Laguna Mar Muerto, Oax/Chis.	55 210

Tomando en cuenta lo anterior se determina que la superficie del SLMM que corresponde al estado de Chiapas es la porción de Laguna Costera más grande de dicho estado, por encima del sistema lagunar La Joya Buenavista, con 12 100 ha (Ramos, 2008), Chantuto-Panzacola con 597.3 ha (Herrera, 2002) y Carretas-Pereyra con 3 696 ha (SEMARNAP, 1999).

La porción del SLMM que corresponde al estado de Oaxaca, es la segunda más grande de dicho estado solo por debajo de la Laguna Superior e inferior y arriba de la Laguna Corralero que cuenta con 3 500 ha y Pastoría con 2 100 ha (Contreras, 2001).

## Batimetría

La distribución batimétrica del SLMM, mostró ser un ecosistema lagunar costero de baja profundidad, con un promedio de 1.80 metros. Las zonas más someras se encuentran paralelas a la línea de costa y en las áreas más alejadas de la boca.

Además de acuerdo con lo reportado por Gutiérrez-Mendieta *et al.* (2006) el SLMM (1.80 metros) presenta mayores profundidades en comparación con los sistemas lagunares de Chantuto-Panzacola (1.11 metros) y Carretas-Pereyra (0.78 metros).

Los datos batimétricos registrados en esta investigación coinciden con los resultados obtenidos por Castillo *et al.* (2011), quienes menciona que el SLMM, es un cuerpo de agua somero, sin embargo, difiere al señalar que la batimetría de este cuerpo de agua varía entre los 0.3 y 5.8 metros a diferencia de lo encontrado en el presente trabajo donde se descubrieron fluctuaciones de 0.21 y 4.45 metros en temporada de seca y de 0.34 y 5.15 metros en la época de lluvias.

Además la distribución batimétrica de los anteriores autores muestran a la mayoría de la Pampa Rincón Juárez con profundidades inferiores a los 1.2 metros, a diferencia de lo encontrado en la actual investigación donde se hallaron registros de 0.20 a 2.90 metros respectivamente.

Asimismo en la Pampa Rancho Salinas también se demostraron diferencias pues dichos autores reportan para “La Pampona” profundidades que van de los 2.5 a 3.4 metros, lo cual varía con lo obtenido por la vigente exploración que cuenta con fluctuaciones que van de los 2.36 a los 3.98 metros respectivamente. Finalmente en la Pampa Paredón estos autores encuentran mayores profundidades en la zona oeste y cerca de la boca Tonalá, además de menores profundidades en la zona norte y noroeste.

Esta variación en la profundidad de ambas investigaciones podría estar relacionada con el proceso de asolvamiento de los sistemas lagunares de Chiapas, provocado por los huracanes Stan (2005) y Bárbara (2013). Aunque dichas diferencias también podrían estar influenciadas por el número de estaciones de muestreo utilizadas en cada una de las investigaciones.

## Parámetros fisicoquímicos

En la época de seca (Abril-Mayo) del año 2015, la temperatura del SLMM presentó un promedio de 32.8°C y en lluvia (Septiembre-October) 31.2°C, presentando una diferencia de 1.6°C entre dichas temporadas del año, lo que indica que no existe una diferencia temporal muy marcada.

La anterior diferencia estacional de temperatura concuerda con la reportada por Tapia *et al.* (2011), quienes encontraron para los meses de Abril y Octubre de 1992 promedios de 32° C y para Mayo y Septiembre del año 1993 promedios de 35°C y 30°C respectivamente, aunque las temperaturas de Mayo de 1993 son mayores a las encontradas en la presente investigación se muestra un comportamiento similar donde la época de seca presentan las aguas más cálidas.

Este comportamiento de temperatura también asido reportado en otros sistemas lagunares, tal como en la Laguna Tampamachoco en el estado de Veracruz, reportado por Gutiérrez (2010), quien analizo el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en esta laguna en el año 2009 encontrando un promedio de 29°C en el mes de Abril y 25°C en Octubre.

En contraste con lo anterior, Gutiérrez-Mendieta *et al.* (2006), reportan para el Sistema Lagunar Carretas-Pereyra diferencias mínimas entre la época de seca (31.2°C) y lluvia (32.3°C), manifestando lo inverso a lo encontrado en esta investigación. De la misma manera lo obtenido por, de la Lanza y Lozano (1999) en la comparación de las Lagunas de Alvarado y Términos, donde la primera laguna presenta el mismo promedio (29.5°C) de temperatura para las dos estaciones y en la de Términos mayores promedios en lluvia (31.6°C) que en seca (25.9°C).

La temperatura en el período de seca fluctuó entre los 28.4°C y 36.2°C, mostrando una relación muy fuerte con la distribución batimétrica, determinando que las aguas con mayor temperatura se ubicaron en las zonas más someras de este sistema lagunar, donde la radiación solar presenta una mayor incidencia.

El anterior comportamiento de temperatura para el SLMM, difiere de lo reportado por Tapia *et al.* (2011) quienes en la temporada de seca (Abril) del año 1992 espacialmente dividen al sistema en tres zonas, con las aguas más cálidas en la Pampa Paredón (Boca) hacia la Pampa Rincón Juárez (Cabeza), en donde no se presenta la relación inversa entre la profundidad y la temperatura.

Para esta misma época pero del año 1993 y en el mes de Marzo Tapia *et al.* (2011), encontraron un promedio de temperatura de 30°C y una conducta similar a la presente investigación, mostrando las aguas con mayores temperaturas en la franja paralela a la línea de costa, en donde se localizan las áreas más someras de este sistema lagunar.

En la estación de lluvia los valores de temperatura para esta laguna costera variaron entre los 27°C y 34.8°C. La distribución espacial muestra la segmentación de este sistema lagunar en tres partes.

Mostrando los valores más altos de temperatura, en la Pampa Rincón Juárez (31.8°C a 34.8°C) y los más bajos en la Pampa Paredón (27°C a 32.8°C), los cuales se ubicaron sobre la orilla norte, entre las comunidades de Punta Flor y Las Palmas, donde se localizan descargas fluviales de tipo intermitentes, finalmente se presenta la Pampa Rancho Salinas con valores de temperatura entre las encontradas en las anteriores zonas (29.9°C a 32.8°C).

Los promedios reportados por Tapia *et al.* (2011), para el periodo de lluvia (Octubre) del año 1992, describen un ligero aumento (31.5°C) pero concuerda con lo encontrado en esta investigación. Aunque para la temporada de lluvia del año 1993 el promedio disminuye a 30°C, probablemente esto se relacione con la cantidad de nubes presente en la zona, la cual varía en tiempo y espacio debido a la intensidad de las precipitaciones en esta época del año, creando una disminución en la

temperatura superficial del agua, gracias a que las nubes reducen la intensidad de radiación solar en dichas áreas.

El análisis de la información térmica muestra que la temperatura en los sistemas lagunares costeros está determinada principalmente por la duración del periodo de lluvias y secas respectivamente. Comparando el pacífico con el golfo de México nos damos cuenta que la temporada de lluvia en este último se prolonga debido a las precipitaciones causadas por los frentes fríos (Sánchez, 1994, citado en Gutiérrez, 2010).

La salinidad del SLMM en la época de seca fluctuó entre los 32.2 ups y 44.1 ups, con un promedio de 37.5 ups. Las zonas con menor contenido de salinidad se encuentran en la parte más interna de la laguna (norte de la Pampa Rincón Juárez), seguida de la parte intermedia que presento las mayores salinidades (Pampa Rancho Salinas), la parte más cercana a la Boca Tonalá, registro salinidades marinas (35 ups), mostrando un ligero aumento hacia el interior de la Pampa Paredón.

Los registros bajos de salinidad localizados en la Cabeza (Pampa Rincón Juárez) del SLMM, están influenciados por los aportes fluviales que se encuentran en la zona, corroborados por la base de datos generada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2013), por medio de la Red de Estaciones Climatológicas, específicamente en la estación climatológica, Zanatepec, Oaxaca, con clave 20292.

La cual en su base de datos de la climatología diaria de los años 1978 a 2013 muestra que en esta área a mediados y finales del mes de abril se presentan algunas precipitaciones, que originan aportes fluviales a este sistema lagunar.

De acuerdo con los datos reportados por Tapia *et al.* (2011), el comportamiento espacial de salinidad para el SLMM, es diferente en la época de seca (Abril) del año 1992, con un promedio cercano a los 70 ups (>37.5 promedio de la presente investigación), presentando las mayores salinidades en la zona suroeste de la Pampa Rincón Juárez (de 65 a 80 ups), las cuales disminuyen en dirección de

la Boca Tonalá, donde se encuentran salinidades características del agua marina (35 ups).

Para el periodo de seca (Marzo) del año 1993, Tapia *et al.* (2011) reportan un promedio de salinidad menor al año anterior (47 ups) el comportamiento espacial de esta variable fue similar al año anterior, salinidades mayores en las zonas más alejadas con respecto a la boca Tonalá y características marinas en la boca de este sistema lagunar.

Comparando los resultados de la presente investigación y lo reportado por Tapia *et al.* (2011), para los años 1992 y 1993 se manifiesta una diferencia muy representativa en el comportamiento de la salinidad del SLMM, particularmente en la Cabeza de este sistema lagunar, lo cual podría explicarse en función de la construcción de un canal de navegación que conecta al SLMM con la Laguna Superior e inferior de Oaxaca, el cual desemboca en la Pampa Rincón Juárez (Figura 94 y 95).



Figura 94. Imagen de Google Earth (año 2015) que describe la presencia del canal que comunica a los sistemas lagunares Mar Muerto, con Laguna Superior e inferior de Oaxaca.



Figura 95. Imagen de Google Earth (año 1993) que describe la ausencia del canal que en la actualidad comunica a los sistemas lagunares Mar Muerto y Laguna Superior e inferior de Oaxaca.

Dicho canal generó el intercambio de agua entre estas dos lagunas, permitiendo una mayor circulación de agua en la Cabeza (Pampa Rincón Juárez) de este sistema lagunar, reduciendo las altas tasas de evaporación que creaban altas salinidades en esta zona, condiciones que se modificaron y que permiten que en la actualidad se tengan menores salinidades.

En la época de lluvia esta laguna se comportó con salinidades que oscilaron entre 27.3 ups y 42 ups, manifestando un promedio de 37.2 ups, ligeramente menor que en la temporada de seca, demostrando un comportamiento inverso a dicha temporada, con menores salinidades (28.6 ups a 32 ups) al este de la Pampa Paredón (Boca) donde se localizan descargas fluviales directas como el Rio Tonalá e indirectas del Rio Zanatenco el cual desemboca en el cordón estuarino a un costado de la localidad de Valle del Sol, inyectando agua al SLMM, por medio del canal que conecta a estos dos complejos lagunares.

Las zonas de las Pampas Rincón Juárez (Cabeza) y Rancho Salinas (zona intermedia) presentaron salinidades más elevadas siendo la última la que presentó las mayores de 38.8 ups a 42.2 ups. La mayor parte de la superficie del SLMM en esta época del año 2015 se comportó con salinidades mayores a las del agua de mar (>35 ups).

Lo reportado por Tapia *et al.* (2011), es contrastante con lo anterior al decir que en la época de lluvia (de Julio a Noviembre) el comportamiento observado en la temporada de seca se invierte, presentando los valores bajos de salinidad en la zona más interna de la laguna y los más altos en la Boca.

En el año 1992, los promedios de salinidad de esta temporada oscilaron entre 40 y 50 ups presentando los mayores valores en la parte más interna de la laguna, los cuales disminuyen paulatinamente en dirección de la Boca Tonalá, alcanzando los 35 ups característicos del agua marina, el cual disminuye en “La Covachona” alcanzando valores entre 20 y 25 ups.

Para el periodo de lluvia del año 1993, el comportamiento es diferente al anterior, los promedios de salinidad varía de 37 ups en el mes de Julio a 20 ups en el mes de Octubre. Esta variable mostró una disminución gradual en dirección de la Boca Tonalá (35 ups) a la Pampa Rincón Juárez (Cabeza) en donde se localizaron las salinidades más bajas con 7 ups ubicadas al sur, oeste y suroeste de dicha zona.

Es relevante subrayar que en el año 1993 las lluvias fueron intensas y prolongadas según lo reportado por Tapia *et al.* (2011) y lo descrito en sus mapas las precipitaciones estuvieron presentes hasta el mes de noviembre manifestando una disminución de salinidad en comparación al mes de octubre.

En efecto el comportamiento encontrado en la presente investigación mantiene una ligera concordancia con lo reportado en el año 1992, aunque con el año 1993 la comparación es totalmente contrastante, lo cual es muy probable que se deba a la disminución en el régimen de precipitación anual de la zona de estudio el cual según Castillo *et al.* (2011) es de 1,100 mm, con un intervalo que va de 500 a 2,800 mm.

El anterior fenómeno es confirmado por los datos climatológicos de los años 2013, 2014 y 2015, obtenidos de la estación climatológica Los Sergios, localizada en el municipio de Tonalá, Chiapas, perteneciente a la red de estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2015).

Lo cual se observa en la Figura 96, donde se expresa la disminución de las precipitación de los tres años, en el año 2013 se presentó un promedio de 237.52 mm, el cual disminuyo a 130.46 mm en el año 2014, aunque lo más crítico se mostró en el año 2015 en donde se tuvo un promedio de 78.69 mm., de lluvia. Analizando lo anterior se determina que las lluvias han disminuido de casi un 80 % en el año 2013, hasta un 93 % en el año 2015.

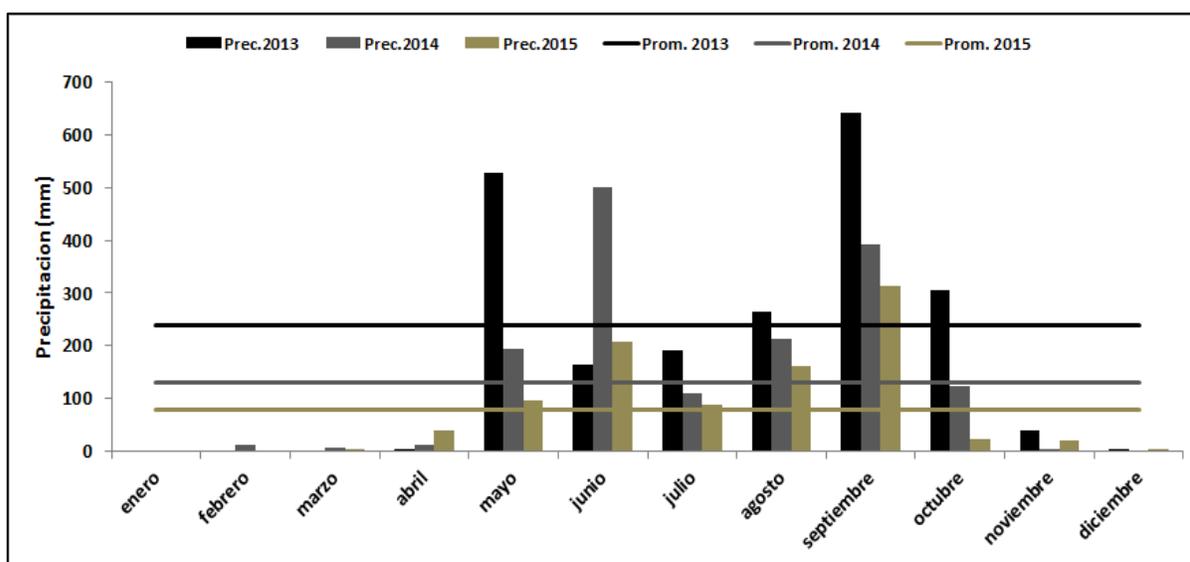


Figura 96. Comparación de niveles de precipitación entre los años 2013, 2014 y 2015. Datos obtenidos de la estación climatológica Los Sergios, Tonalá, Chiapas, México, (Inifap, 2015).

La anterior disminución en los niveles de precipitación pudo originarse por la anomalía climática denominada El Niño Fenómeno de gran escala oceánico-atmosférico, que provoca entre otros un aumento anómalo en la temperatura y nivel del mar, así como un cambio en los sistemas de presión en la región tropical del Océano Pacífico (Camacho, 2009).

El periodo que comprende la presente investigación (2015) fue oficialmente denominado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), como un año Niño, siendo este uno de los tres más fuertes registrados desde 1950 (1972/1973, 1982/1983, 1997/1998) (OMM, 2015).

Tomando en cuenta lo reportado por Magaña *et al.* (1997), quien apunta que durante el verano del El Niño, las lluvias en la mayor parte de México disminuyen, originando severas sequías, en este periodo, la zona de convergencia intertropical del Pacífico este, donde existe gran cantidad de nubes profundas y lluvia, tiende a permanecer más cercana del ecuador, por lo que la fuente de humedad para las lluvias en la costa oeste de México, durante los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, permanece alejada y con ello las lluvias de verano son bajas.

Es muy probable que las elevadas salinidades reportadas en la temporada de lluvia del año 1992 por Tapia *et al.* (2011), y por la presente investigación en el año 2015 estén relacionada con la presencia de El Niño, que explicaría altos grados de salinidad en la Cabeza (Pampa Rincón Juárez) del SLMM, a diferencia del año 1993 donde se presentaron salinidades de hasta 7 ups (Figuras 97 y 98).

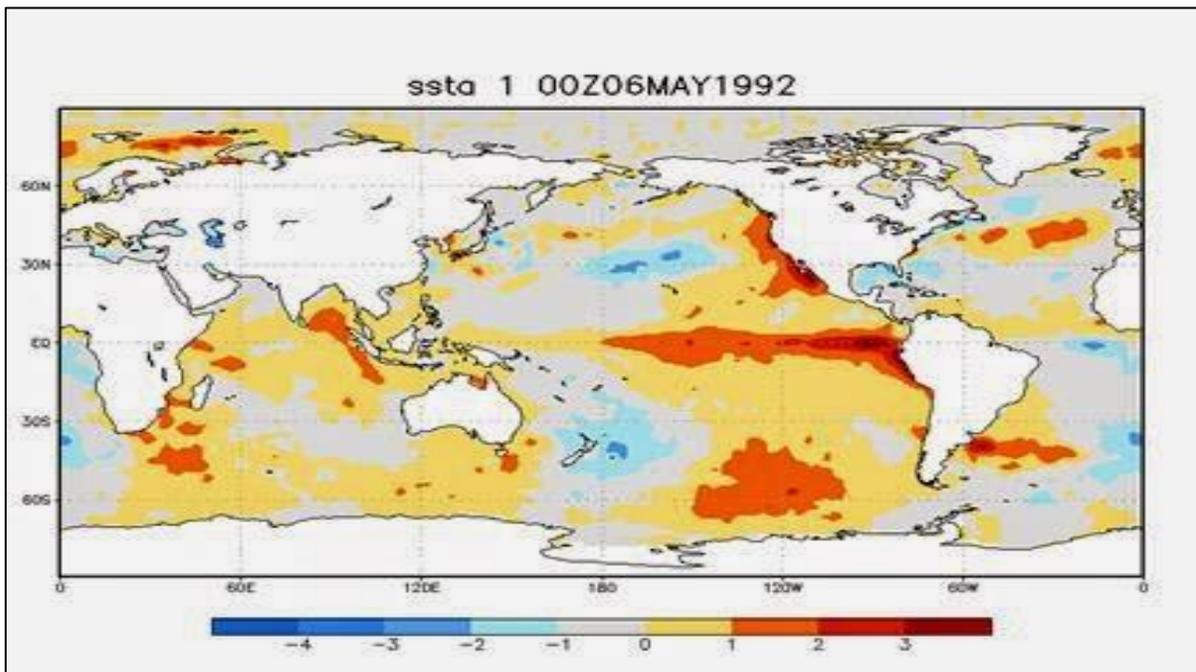


Figura 97. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar para el año de 1992 (NOAA, 2015).

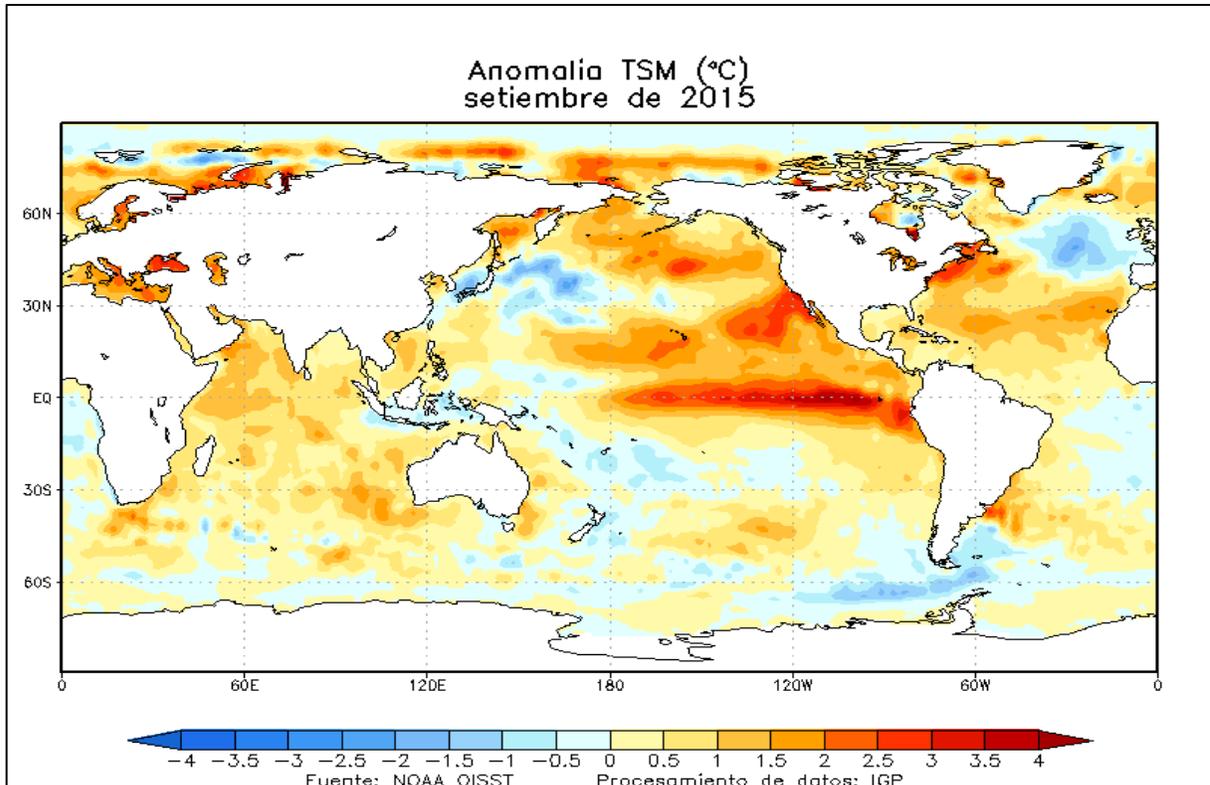


Figura 98. Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar, para el año 2015 (NOAA, 2015).

El comportamiento estacional de esta variable presentó para cada temporada un promedio homogéneo, aunque espacialmente las dos temporadas mostraron anomalías en comparación con lo dicho por Contreras (2001), quien señala que la salinidad en las lagunas costeras mexicanas varían en relación con la época climática, durante el periodo de lluvias la influencia dulceacuícola crece considerablemente, originando hábitats oligohalinos, definidos por la cantidad de aportes de agua dulce y la intensidad de las lluvias locales, el descenso de las lluvias en el periodo de seca está relacionado con el de los aportes de ríos, propiciando un lento aumento de la influencia marina por medio de la marea.

Los resultados reportados en esta investigación difieren de lo descrito por Contreras (2001), quien basado en el Sistema de Venecia (1959) clasifica al SLMM como una laguna costera hipersalina, las cuales manifiestan un promedio anual por arriba de 40 ups. El promedio anual encontrado en la presente investigación fue de

37.3 ups lo que origina una nueva clasificación para este sistema lagunar denominándola como una laguna costera eurihalina.

Es importante recalcar que la clasificación de estos ecosistemas costeros con base en sus niveles de salinidad está directamente relacionada con las condiciones climáticas estacionales, originando que dicha clasificación sea variable en el tiempo., por ejemplo si tomamos en cuenta los resultados de salinidad que Tapia *et al.* (2011) encontraron en el SLMM en el año 1992, ésta laguna costera se clasifico como hiperhalina, para el año 1993 cambio clasificándose como eurihalina, si tomamos en cuenta que los regímenes de precipitación fueron anómalos para la presente investigación en condiciones normales la clasificación hubiese sido diferente a las anteriores.

El oxígeno disuelto del SLMM, presentó un mayor contenido en temporada de lluvia (6.2 mg/l) en comparación con la época de seca (5.7 mg/l), esto se debe a la presencia de vientos más dinámicos y una mayor presencia de algas en la primera época climática.

Además esta variable mostró la mayor diferencia en la columna de agua, en comparación con las demás variables analizadas, en el periodo de seca esta diferencia fue de 0.3 mg/l y en lluvias de 0.5 mg/l, presentando los mayores registros en la superficie, clasificada como una laguna costera hiperóxica. Además el promedio anual (5.9 mg/l) de esta laguna es característico de aguas productivas y óptimas para el desarrollo de organismos (De la Lanza, 2001).

En la temporada de seca se mostró un comportamiento heterogéneo en los valores de oxígeno disuelto en las tres zonas de este sistema lagunar (Pampas, Paredón, Rancho Salinas y Rincón Juárez), los mayores registros se relacionaron con las zonas de menor profundidad, localizándose en las zonas más someras del sistema lagunar paralelos a la línea de costa, en donde los vientos denominados sureadas (sur) originan un mayor grado de dilución de este gas, debido al menor volumen de agua a diferencia de las áreas de mayor profundidad.

El anterior comportamiento concuerda con lo que describe Contreras (2001), quien afirma que los vientos, la poca profundidad, las corrientes mareales, y sobre todo la considerable productividad primaria derivada de varias fuentes, hacen que la presencia y abundancia del oxígeno sea normal en las lagunas costeras.

Los sitios que muestran los valores de oxígeno disuelto más críticos de esta temporada se encuentran en la orilla norte de la Pampa Rincón Juárez y coinciden con áreas que presentan poca profundidad (de 20 a 50 cm) y escasa circulación del agua.

Lo reportado por la recopilación bibliográfica de Castillo *et al.* (2011) muestra una diferencia espacial en cuanto a la distribución de los valores de oxígeno disuelto presentados es la actual investigación, generando la división del SLMM en tres zonas, en donde la Cabeza (Pampa Rincón Juárez) exhibe los mayores registros con datos que oscilaron entre los 7 mg/l y 8 mg/l, seguido de la Boca (Pampa Paredón) que se caracterizó por tener entre 6.8 mg/l a 7.2 mg/l., finalmente se muestra la parte intermedia entre estas dos zonas del sistema lagunar en la cual se presenta de 6 mg/l a 6.6 mg/l.

En la época de lluvia este ecosistema se caracterizó por mostrar en la mayor parte de su superficie entre 5.2 mg/l y 7.5 mg/l de oxígeno disuelto, los valores máximos (7.5 mg/l a 8.3 mg/l) se ubicaron en zonas con abundancia de algas y los más críticos (2 mg/l a 2.9 mg/l) en lugares que presentan poca profundidad (entre 20 cm y 50 cm.). Separadamente de los valores extremos y críticos los mayores registros se encontraron en la Cabeza (Pampa Rincón Juárez) los cuales disminuyeron en la zona centro (Pampa Rancho Salinas) y Boca (Pampa Paredón).

Los resultados obtenidos por Castillo *et al.* (2011), son totalmente diferentes a lo expuesto en la presente investigación, además de presentar mayores niveles en esta variable, estos autores dividen a este sistema lagunar en tres zonas, la Boca con los valores más altos (de 10.5 mg/l a 13.6 mg/l), la Cabeza con los mínimos (de 7.4 mg/l a 9 mg/l) y la zona intermedia con valores entre las dos anteriores zonas (de 9.2 mg/l a 9.8 mg/l).

El comportamiento del oxígeno disuelto en el SLMM, concuerda con lo obtenido para otras lagunas costeras como en el caso de Chantuto-Panzacola y Carretas Pereyra reportado por Gutierrez *et al.* (2006), donde la concentración de este gas fue baja 2.9 mg/l y no presentó diferencias representativas entre las dos épocas climáticas. Lo mismo encontraron Ahumada y Ruiz (2008) quienes no hallaron un comportamiento espacio-temporal claro, encontrando valores altos y bajos en distintas áreas de la laguna en la época de seca y de lluvia.

En la mayor parte del SLMM, el potencial de Hidrógeno presentó un comportamiento homogéneo en las dos épocas climáticas del año 2015, caracterizado por presentar 8.0 pH a 8.3 pH en la Pampa Paredón (Boca) valores propios del agua de mar, posteriormente en las Pampas Rancho Salinas (Zona intermedia) y Rincón Juárez (Cabeza) los valores aumentan de 8.3 pH a 8.8 pH, lo cual está relacionado con altos porcentajes de concha en sedimentos liberando grandes cantidades de carbonato originando un aumento en los niveles de esta variable.

La diferencia más representativa en el comportamiento de esta variable, se ubicó en la orilla sur y sureste de “La Covachona” localizada en la Pampa Paredón, donde en la temporada de seca registró de 7.5 pH a 7.8 pH los cuales bajaron para el periodo de lluvia de 7.0 pH a 7.6 pH., estos valores son los más bajos de todo el SLMM.

Lo anterior se puede relacionar con el aporte de agua del cordón estuarino por medio del canal que comunica a estos dos sistemas lagunares, aportando ácido húmico en la temporada de seca, producido por la extensa cobertura de mangle que se encuentra a lo largo de toda la orilla de este canal y los esteros que en esta zona conectan con el SLMM, originando que esta variable disminuyera sus niveles (Contreras, 2001).

Además en la temporada de lluvia este mismo canal aportó agua de origen continental proveniente de la descarga fluvial del Río Zanatenco, generándose en

esta época la relación positiva entre la baja salinidad y los valores mínimos de potencial de Hidrógeno.

Lo reportado por Castillo *et al* (2011) es totalmente diferente a lo reportado en la presente investigación, estos autores encontraron los mayores niveles de pH (8.3 a 8.7) en la Pampa Rincón Juárez (Cabeza) y en el norte de la Pampa Paredón (Boca) del SLMM y los menores (7.8 a 8.3) en la Pampa Rancho Salinas (zona intermedia)

El comportamiento que el potencial de Hidrógeno (pH) mostro en el SLMM en el año 2015, presenta una similitud con lo encontrado por Ahumada y Ruiz (2008) en la Laguna Pastoría, donde se describe un comportamiento horizontal homogéneo entre la boca y la cabeza de la laguna con valores de pH entre 8 pH y 8.9.pH.

La presente investigación comparada con la realizada por Tapia, *et al* (2011), logra mejorar los procesos metodológicos enfocados en la descripción del comportamiento batimétrico y de parámetros fisicoquímicos, gracias a la implementación de un mayor número de estaciones de muestreos, 123 más que las utilizadas por dichos autores, logrando una perspectiva más detallada de la dinámica de cada una de las variables analizadas. Además las herramientas manipuladas en la elaboración de los mapas temáticos permitieron generar cartografía con mayor calidad que las creadas por estos investigadores.

## Sedimentos

La distribución espacial de los sedimentos del SLMM en el año 2015 se caracterizó por presentar en la Pampa Paredón (boca) arenas finas, y arena gruesa en la Pampa Rincón Juárez (cabeza) así como en la Pampa Rancho Salinas (zona intermedia) donde se origina la mezcla de los dos anteriores sustrato con lodos.

La presencia de arena fina en la boca del SLMM se confirma por los reportes de Cervantes y Egremy (2013) y Morales y Carranza (1995) quienes encontraron que las arenas son los sedimentos más abundantes en el golfo de Tehuantepec, encontrándose distribuidas frente a las Barras de la Laguna Buenavista, Tonalá y de

la Laguna Inferior constituyendo las fuentes de aporte a dichas regiones, distribuidas por las mareas y corrientes locales.

La presencia de arena gruesa dentro de este ecosistema lagunar costero es propiciada por las descargas fluviales presentes en la zona (Ríos Cabrestrada, Guadalupe, Tapanatepec, Zanatenco, Novillero, Lagartero, Tiltepec y Tonalá).

Asimismo las zonas que presentan la mezcla de arena gruesa, media y fina con lodos describen el comportamiento hidrodinámico del SLMM pues estos sitios tienen como característica principal una poca circulación lo que genera que los lodos sedimenten dichos lugares.

Además los sedimentos de este sistema lagunar intervinieron en la variación y comportamiento de algunos parámetros fisicoquímicos tales como el potencial de Hidrógeno, el cual mostro una relación positiva con la cantidad de restos de conchas y moluscos que se encontraron en cada tipo de sedimento, hallando que los sedimentos más gruesos de este sistema presentaron la mayor cantidad de conchas, las cuales liberan carbonato de calcio, originando un aumento en los niveles del pH.

Lo descrito por Castillo *et al.* (2011), en su investigación muestra una distribución sedimentaria muy diferente a lo reportado para el SLMM en este trabajo, mostrando partículas más pequeñas en la Boca o Pampa Paredón (limo y limo arenoso) y las más gruesas en la Cabeza o Pampa Rincón Juárez (arenas muy finas, finas y medias).

## IX. CONCLUSIÓN

Los resultados de la presente investigación son altamente confiables, por la cantidad de estaciones de muestreo establecidas (157) y la navegación por medio de un sistema de posicionamiento geográfico (GPS), que permitió registrar con mayor exactitud los datos de cada una de las variables analizadas dentro del SLMM en las dos temporadas (seca y lluvia).

La metodología utilizada para la realización de los mapas temáticos, utilizó tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que sirvió para tener una mayor precisión en la cartografía generada por esta investigación.

Todos los muestreos y técnicas metodológicas enfocadas en el análisis de los datos de batimetría, parámetros fisicoquímicos y sedimentos del SLMM, generaron una perspectiva integral sobre la dinámica espacial y temporal de este sistema lagunar costero, que permite concluir lo siguiente:

El SLMM se caracteriza por ser un sistema lagunar somero (promedio < 2 metros de profundidad), Tipo III-A. Plataforma de barrera interna tipo Gilbert Beaumont, la cual tiene barreras arenosas externas, cuenta con un canal natural que atraviesa a este sistema lagunar de manera paralela a la línea de costa, indispensable en la dinámica y comportamiento fisicoquímico de este ecosistema lagunar costero.

El comportamiento estacional de los parámetros fisicoquímicos dentro del SLMM, estuvo influenciado por las fluctuaciones climáticas estacionales y los efectos de la anomalía denominada El Niño.

La temperatura manifestó un comportamiento estacional con mayores valores en la época de seca, dicha estacionalidad también se mostró para el oxígeno disuelto aunque en este caso los mayores registros se manifestaron en la época de lluvia.

Espacialmente la dinámica de las anteriores variables (temperatura y oxígeno disuelto) se relacionó con la distribución batimétrica, exhibiendo valores más altos en las zonas más someras de esta laguna, creando heterogeneidad en el comportamiento de las variables anteriores.

La dinámica espacial de la salinidad del SLMM mostro una heterogeneidad, a consecuencia de su propia hidrodinámica y la anomalía climática, ocasionada por la presencia del Niño.

El comportamiento estacional del potencial de Hidrógeno del SLMM fue ligeramente heterogéneo, con valores ligeramente alcalinos durante las dos temporadas (seca y lluvia), de la misma manera espacialmente esta variable presenta una dinámica heterogénea, relacionada con el porcentaje de restos de moluscos y bivalvos (Conchas) contenidos en los sedimentos, que muestra la conexión entre la columna de agua y los sedimentos de dicho sistema lagunar.

La columna de agua del SLMM, presento una dinámica homogénea en cuanto a la temperatura, salinidad y pH, determinada por su característica batimétrica (poca profundidad).

Mientras que el oxígeno disuelto presentó la mayor diferencia en la columna de agua del SLMM, con mayores valores en superficie, determinado por la presencia de algas y la degradación de materia orgánica.

La distribución espacial de los sedimentos del SLMM estuvo determinada por el acarreo litoral y las descargas fluviales.

El monitorio de la batimetría, parámetros fisicoquímicos y sedimentos en las lagunas costeras resulta indispensable para entender la dinámica y los cambios que estos ecosistemas costeros presentan a través de los años, por lo que resulta necesaria la realización de investigaciones que aporten información básica que permita describir el comportamiento futuro de estos ecosistemas y los efectos de la presencia de fenómenos de magnitud globales como el Niño, permitiendo la generación de estrategias dirigidas a mitigar los efectos de dichos fenómenos.

Los resultados de la presente investigación podrán utilizarse como base científica, en la planeación y realización de proyectos enfocados en el manejo de los recursos pesquero, debido a que la superficie y profundidad del SLMM se considera con un alto potencial para el cultivo en jaulas flotantes de especies nativas de la zona, tanto las Pampas de Paredón, Rancho Salinas y Rincón Juárez presentan grandes áreas con más de 2.5 metros de profundidad y más de 5 mg/l de oxígeno disuelto.

De la misma manera el presente trabajo, podrá servir de soporte técnico en la evaluación de la viabilidad para la ejecución de obras hidráulicas dentro del SLMM, evitando a toda costa poner en riesgo la naturalidad y el equilibrio de este ecosistema lagunar costero.

Es importante recalcar que antes de tomar en cuenta el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos para la realización de obras hidráulicas dentro del SLMM, se debe acudir a las características morfología, las cuales nos dicen que debido a su forma paralela a la línea de costa, la Boca Tonalá no es una zona viable para este tipo de obras, debido a que las fuertes corrientes y el acarreo litoral origina que esta área sea muy dinámica en cuanto al transporte y depósito de sedimentos.

En todo caso la zona que presenta mayor viabilidad para la realización de estos tipos de obras es la Cabeza o Pampa Rincón Juárez, en donde se podría ampliar el canal que comunica a este sistema lagunar con La Laguna Interior e Inferior de Oaxaca, permitiendo un aumento en el recambio y circulación de agua en dicho sitio.

Aunque esta investigación muestra la información generada en un solo año (2015), para entender el comportamiento detallado del SLMM es necesario realizar estudios que cuenten con un soporte mínimo de 3 a 5 años de muestreo.

Gracias al análisis realizado en la presente investigación se logró registrar información precisa de los efectos que el fenómeno oceanográfico El Niño, presenta en la dinámica de esta laguna costera, generando nuevas líneas de investigaciones.

## **X. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES**

Tomando en cuenta que los resultados de la presente investigación demuestran que el SLMM, presenta un comportamiento diferente a lo reportado para otras lagunas costeras a consecuencia del fenómeno oceanográfico denominado El Niño.

Se exhorta a estancias gubernamentales encargadas de la legislación y organización del sector pesquero, universidades y centros de investigaciones la realización de investigaciones interdisciplinarias que se enfoquen en la caracterización general de los sistemas lagunares de Chiapas, así como la determinación de los efectos sociales, económicos y ambientales que este fenómeno oceanográfico (El Niño) presentan en las sociedades pesqueras.

Se propone que dichas investigaciones tomen en cuenta los análisis de producción pesquera, que permita comparar la situación pesquera de una serie de años normales y una con situaciones del Niño, la cual ayude a determinar si existe una relación entre la baja producción pesquera y la presencia de este fenómeno. Tomando en cuenta que las aguas cálidas provocan una disminución de plancton en las costas mexicanas, lo cual se refleja en la disminución de importantes pesquerías (Magaña, et al 1997).

La anterior línea de investigación podría generar fortalezas para el sector pesquero, el cual podría generar estrategias que le permitirían reducir la vulnerabilidad frente a los impactos de este fenómeno.

Asimismo se recomienda realizar dentro del SLMM investigaciones basadas en la descripción de la hidrodinámica, análisis y determinación de la relación entre las variables ambientales y el recurso pesquero con el fin de establecer indicadores biológicos y ambientales. Así como un estudio detallado de calidad de agua que permita mostrar la distribución y puntos de descarga de contaminantes dentro de este ecosistema.

Además recomendamos que la planeación de muestreos enfocados en la medición de la batimetría, parámetros fisicoquímicos y sedimentos en lagunas

costeras este enfocada en el pronóstico del tiempo, para evitar cualquier percance o accidente durante el mismo.

Por lo que se recomienda acceder a la página oficial del Sistema meteorológico Nacional, donde se puede tener al alcance información precisa y actualizada del pronóstico del tiempo que servirá en la toma de decisiones antes y durante dicho muestreo.

Se sugiere evitar a toda costa muestrear con vientos y precipitaciones que pongan en peligro la integridad de la flota investigadora, solo si es necesario muestrear en temporada de Norte, esto se debe realizar en un periodo cuando este no sea muy intenso, además se propone la utilización de una embarcación de 25 pies con un motor de 75 hp para tener una mayor seguridad.

El consumo de combustible es otra parte esencial en este tipo de investigaciones, por lo que se recomienda la planeación de una ruta de muestreo que permita ahorrar la mayor cantidad de combustible, lo cual resulta benéfico a la hora de analizar la viabilidad de dicho muestreo.

Los datos utilizados en este tipo de investigación deben presentar la mayor confiabilidad posible, por lo que se debe utilizar aparatos de calidad, previamente calibrados, permitiendo una medición confiable de las variables ambientales, lo cual será parte esencial en la calidad de los resultados de cualquier investigación.

## XI. BIBLIOGRAFIA

- Anzures D., A., Meneses C., I., Villatoro V., R. A. y L. Luna C., 1995. Enterobacterias en agua, sedimento y camarón blanco (*Penaeus vannamei*) del Mar Muerto, Chiapas. *Gaceta Médica de México* 131 (1):1995.
- Ahumada-Sempoal M., A. y Ruiz-García N. 2008. Características fisicoquímicas de la Laguna Pastoría, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 7(36): 3-17.
- Arche, A. 2010. *Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1287 pp.
- Arocena R. y Conde D. 1999. Métodos en ecología de aguas continentales. Universidad de la República-Facultad de Ciencias. Instituto de Biología Sección Limnología, Montevideo, Uruguay, 60 pp.
- Calva B., L., G., y Torrez A., M. 2011. Textura de sedimento y carbono orgánico en el sistema costero lagunar Alvarado, Veracruz. *Hidrobiología*, 81, 11-16.
- Camacho Mondragón M., A. 2009. Efecto De Los Fenómenos De “El Niño” Y “La Niña” en la reproducción del Hacha China *Atrina Maura* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae) en La Ensenada de La Paz, B.C.S., México. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Centro interdisciplinario de ciencias marinas. 18 pp.
- Carbajal Pérez, N. 2009. Hidrodinámica y transporte de contaminantes y sedimentos en el Sistema Lagunar de Nichupté-Bojórquez, Quintana Roo. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CQ063. México D. F, 159 pp.
- Cárdenas G., S. 2007. Modelación hidrodinámica de la laguna costera El Colorado, Ahome, Sinaloa. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, 80 pp.
- Castillo, S., R. Ulloa y D. Alvarado. 2009. *Regionalización en base a indicadores ambientales en cuatro áreas marinas de México*. Informe Final de la Red Iberoamericana de Ecosistemas. Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, México. 85 pp.

- Castro A., J. L. y A. S. Romero, 1981. Relación de algunas variables meteorológicas con la capturas de lisa (*Mugil cephalus*) en el Mar Muerto, Chiapas, México. Res. VII Simposio Latinoamericano. Oceanografía Biológica. 16 pp.
- Cinta métrica. Recuperado de [http// Equipo de medicion.com](http://Equipo de medicion.com). (Consulta: 18 de junio 2007).
- CONAGUA. 2013. Comisión Nacional del Agua: Red de Estaciones Climatológicas. [http://www.CONAGUA.gob.mx/Datos históricos/ estaciones climatológicas](http://www.CONAGUA.gob.mx/Datos_historicos/estaciones_climatologicas). (Consulta: 21 de Marzo 2017).
- Contreras E., F., y Castañeda L., O. 2004. La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias*, 2(3): 46-56.
- Contreras E., F. 2001. Caracterización de lagunas costeras mexicanas a través de variables Ecológicas seleccionadas. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma Metropolitana. 425 pp.
- Chávez López S. y Álvarez Arellano A. D. 2006. Batimetría, sedimentos y ambientes de depósito en la laguna costera de Guásimas Sonora, México. Investigaciones geográficas, boletín del instituto de geografía, UNAM. ISSN 0188-4611, Num.60. pp. 7-21.
- CONANP. 2011. Parque Nacional Lagunas de Montebello, Programa de monitoreo de calidad de Agua. 77pp.
- De la Lanza Espino, G. y H. Lozano Montes. 1999. Comparación fisicoquímica de las Lagunas de Alvarado y Términos. *Hidrobiológica*, 9(1): 15-30.
- Farreras S., Salvador. 2004. *Hidrodinámica de Lagunas Costeras*. México. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 184 pp.

- Gutiérrez M., F., J., Varona C., F. y Contreras E., F. 2006. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. *Hidrobiológica*, 16(2):137-146.
- Gutiérrez Vivanco J. 2010. Variación espacio-temporal de los parámetros físico-químicos, clorofila-a y nutrientes en la Laguna de Tampamachoco-Veracruz (Golfo de México Occidental). (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 81 pp.
- Gps Garmin. Recuperado de <http://Equiposgpsgarmin.com>. (Consulta: 28 de Febrero 2017).
- Gran Diccionario de la Lengua Española. 2016. Larousse Editorial, S. L.
- Herrera Anzures L. 2002. Batimetría y Análisis Morfométrico de la Laguna Chantuto y Panzacola, Chiapas. (Tesis de licenciatura). Universidad Metropolitana. 19 pp.
- INEGI. 2008. Guía para la Interpretación de Cartografía Batimétrica. México: INEGI. 21 pp.
- Instituto de Historia Natural y Ecología. 2003. Resumen Ejecutivo del Ordenamiento Ecológico Territorial, Subcuenca del Río Zanatenco, Tonalá, Chiapas. 9 pp.
- INE, 1999. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera La Encrucijada, México. INE, pp. 184.
- J. Eduardo Valdez-Holguín y Luis R. Martínez-Cordova. 1993. Variabilidad de algunos parámetros Físicoquímicos y productividad primaria en la laguna La Cruz, Sonora, México. *Rev. Biol. Trop.*, 41(2), 161-179.

- Lara Domínguez, A.L., Contreras E., F., O., Castañeda-López; E. Barba-Macías y M.A.Pérez-Hernández. 2011. Lagunas costeras y estuarios, En La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. ISBN:-607-7607-50-2. 19 pp.
- López Ortega M., Pulido Flores G., Serrano Solís A., Gaytán Oyarzún J., C., Monks Sheets W., S., y López Jiménez M., A. 2012. Evaluación estacional de las variables fisicoquímicas del agua de la laguna Tampamachoco, Veracruz, México. *UDO Agrícola*, 12(3): 713-719.
- Maderos M. L. 2009. Las Mareas. [Http://www.rodamedia.com](http://www.rodamedia.com). (Consulta: 12 de Febrero 2017). 70 pp.
- Marín Zambrana, G. 2000. Estado de los estuarios y lagunas costeras en Colombia año 2000. En Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros de Colombia: Año 2000. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Colombia: INVEMAR. . (70-83 pp.).
- Morales de la Garza, E. A y A. Carranza Edwards, 1995. Sedimentos fosfatados en el Golfo de Tehuantepec. *Hidrobiología* 5(1-2):25-36.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2015. Anomalía El Niño (ENOS) en Latinoamérica. <http://NOAA/El Niño>. Consultado el 04 de Octubre 2017.
- Ordoñez Campain, C., G. 2013. Caracterización Geoquímica de Sedimentos de la Laguna Limoconcha. (Tesis de grado de magister en gestión ambiental en la industria). Universidad internacional SEK, facultad de ciencias ambientales. 85 pp.
- Organización Meteorológica Mundial (OMG), 2015. El Niño / La Niña hoy. 5pp.
- Orozco Gutiérrez, M. 2004. La Pesca en Chiapas. Tonalá, Chiapas, México. (Información no Publicada). 72 pp.

- Cervantes-Hernández P. y A. Egremy-Valdez. 2013. Variación de la captura del recurso camarón, en relación con la disposición geográfica de los sedimentos en la zona 90 de pesca, Golfo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Hidrobiológica* 23 (1): 111-123.
- Peguero Icaza, M. 2000. Asociaciones de larvas de peces en bahía Concepción y su relación con la variabilidad hidrográfica. (Tesis de maestría). Instituto Politecnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 101 pp.
- PH portátil, Thermo scientific, orión 3. Recuperado de <http://equipoportatilpH.com>. (Consulta: 18 de Mayo 2017).
- S. Ramos-Cruz. 2008. Estructura y parámetros poblacionales de *Callinectes arcuatus* Ordway, 1863 (Decapoda : Portuniade), en el sistema lagunar La Joya-Buenavista, Chiapas, México. Julio a diciembre 2001. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(3):259-268.
- Ramirez R., J., J. y Noreña J., F. 2004. Caracterización del sedimento de una Laguna tropical raza. *Caldasia*, 26(1): 173-184.
- Rendón, J., Ponce, J., Rojas, A., Arredondo, J., De La Lanza, G., Flores, F. 2012. Morfometría, Hidrodinámica y físico-química del agua de la laguna de Chautengo, Guerrero, México. *Bio ciencias*, 1(4): 25-37.
- SAGARPA. 2004. Ecosistemas lagunares-costeros. Diario Oficial de la federación, Lunes 15 de mayo 2004, pp.129.
- Sánchez Montante, O. 2004. Hidrodinámica y transporte de masa en el sistema lagunar Bahía Magdalena–Bahía Almejas, Baja California Sur, México: modelación y experimentación. (Tesis de doctorado). Instituto Politécnico Nacional. 228 pp.
- Sopeña A. y Sánchez M., Y. 2010. Los sistemas aluviales. En Arche, A. (Eds.), *Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Consejo superior de investigaciones científicas. Madrid. pp.73-82.

- Stuardo J. y Valdovinos C. 1989. Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central. *Amb. Y Des*, 5(1): 107-115.
- Tapia G., M. y A. Gracia G. 1997. Composición, distribución, abundancia y asociaciones de especies de la comunidad de peces de la laguna del Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas. Res. V Congr. Nal. de Ictiol. 47 pp.
- Tapia Garcia, M., Garcia Abad, M., C., Penagos Garcia, F., E., Moreno Ruiz, J., L., Juárez Hernández, L., G., Ramírez Gutiérrez, J., M., Herrera Olayo, D. 2011. Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Lacandonia*, 5(1): 97-112.
- UNESCO. 2006. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semi-áridas y sub-húmedas secas de América Latina y el Caribe. CAZALAC. Documento técnico del PHI-LAC, N°3. 45 pp.
- Valdez Holguin J., E. 1994. Variaciones diarias de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila a en una laguna hipersalina del golfo de California. *Ciencias marinas*; 20(2): 123-137.
- Vergara Sánchez, M., A. 2007. Desarrollo integral y sustentable de lagunas costeras mexicanas. Al. México, DF. 23 pp.
- Victor O., Magaña et al, 1997. El fenómeno del Niño y la oscilación del sur (ENOS) y sus impactos en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de meteorología general centro de ciencias de la atmósfera. 18pp.
- Waterkeepers Baja Californias. 2014. Parámetros físico-químicos. Waterkeepers Baja Californias (Ed). Programa de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. Baja Californias, México. 23 pp.
- Yáñez-Arancibia, A. 1987. Lagunas costeras y estuarios: cronología, criterios y conceptos para una clasificación ecológica de sistemas costeros. *ACIESP*, 54(3): 1-36.

Yáñez-Arancibia, A., 1986. *Ecología de la zona costera. Análisis de siete tópicos*. México, D.F: AGT Editor, S.A. 67 pp.

YSI 85 para medir temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Recuperado de <http://enviroequipment.com>.

## **XII. ANEXOS**

Anexo A. Muestra la Base de datos de los registros de la Profundidad y Parámetros Fisicoquímicos recolectados en los dos muestreos (seca y lluvia) realizados dentro del SLMM.

Anexo B. Rebelar los resultados del análisis granulométrico (Tamizado) aplicado a las muestras de sedimento del SLMM, indicando el tipo de sedimento para cada estación de muestreo.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	FONDO	FONDO	FONDO	FONDO
				TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (ups)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	Ph	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	pH
1	16° 1'16.10"N	93°52'2.58"O	2.14	32	38.7	4.6	8.2	32	38.8	4.5	8.2
2	16° 0'40.20"N	93°51'26.90"O	1.41	31.7	38.9	3.8	7.6	31.6	38.9	3.8	7.6
3	15°59'56.50"N	93°51'43.50"O	0.78	31.2	39.6	2.5	7.6	31.2	39.6	2.1	7.6
4	15°59'25.80"N	93°52'48.80"O	0.82	31.8	38.5	4.9	7.8	31.8	38.5	4.2	7.8
5	16° 0'14.76"N	93°52'45.24"O	0.96	31.3	38.4	4.7	7.5	31.3	38.4	4.3	7.5
6	15°59'42.60"N	93°53'34.00"O	1.96	32.3	38.5	3.8	8	32.2	38.6	3.6	8
7	16° 0'40.40"N	93°53'26.10"O	1.04	31.6	37.4	4.7	8.1	31.6	37.4	4.1	8.1
8	16° 0'17.00"N	93°54'31.60"O	0.57	31.7	37.2	4.3	7.9	31.7	37.2	4.1	7.9
9	16° 0'35.86"N	93°55'6.09"O	0.74	30.8	36.1	5.2	8.1	30	36.1	4.8	8.1
10	16° 1'59.50"N	93°53'56.40"O	3.3	32.3	36.4	5.1	8.2	32.1	36.7	2.9	8.2
11	16° 3'11.30"N	93°53'58.10"O	3.33	32.5	36.7	5.7	8.2	32	36.9	5.3	8.2
12	16° 4'4.80"N	93°53'26.60"O	1.79	32.1	36.9	4.8	8.2	31.6	37	4.6	8.1
13	16° 4'25.50"N	93°54'20.20"O	3.08	32.5	36.9	5.1	8.2	32.2	37	4.7	8.2
14	16° 3'34.80"N	93°55'0.90"O	3.45	32.5	36.6	5.1	8.1	32.3	36.9	5	8.1
15	16° 2'22.20"N	93°54'59.90"O	3.38	32	35.8	5.8	8.2	31.8	36.1	5.7	8.2
16	16° 1'28.00"N	93°55'42.40"O	1.18	30.1	35	6.8	8.2	30.1	35.1	6.5	8.2
17	16° 0'9.80"N	93°55'48.60"O	1.04	29	35.1	5.8	8.1	29	35.1	5.6	8.1
18	15°59'30.70"N	93°56'29.90"O	4.45	28.4	34.9	6.3	8.1	28.4	35	6.2	8.1
19	15°59'44.30"N	93°57'29.80"O	0.21	32	35.1	6.3	8.1	32	35.1	6.3	8.1
20	16° 0'36.30"N	93°56'41.40"O	0.72	32.1	35.3	6.3	8.1	32.1	35.3	6.3	8.1
21	16° 1'41.58"N	93°56'53.93"O	1.36	32.6	35.6	6.9	8.2	32.6	35.7	6.8	8.2
22	16° 2'46.80"N	93°56'4.40"O	3.35	32.6	36.3	5.8	8.2	32.6	36.5	5.7	8.2
23	16° 3'55.10"N	93°56'0.20"O	3.48	32.8	37.1	5.9	8.1	32.6	37.3	5.8	8.1
24	16° 4'50.60"N	93°55'23.00"O	3	33	37.6	6.3	8.3	32.7	37.7	6.2	8.2
25	16° 5'12.90"N	93°56'23.70"O	2.16	32.8	37.3	6.4	8.2	32.7	37.4	6.3	8.2
26	16° 4'22.50"N	93°57'11.30"O	2.85	32.9	36.8	6	8.1	32.8	36.9	5.7	8.1
27	16° 3'8.10"N	93°57'7.00"O	3.05	32.7	36.2	6.4	8.2	32.7	36.6	6.1	8.2
28	16° 2'14.40"N	93°57'52.30"O	1.19	32.9	35.7	6.6	8.2	32.8	35.8	6.4	8.2
29	16° 0'59.70"N	93°57'46.70"O	1.55	33	35.5	6.7	8.2	32.9	35.7	6.5	8.2
30	16° 0'17.90"N	93°58'25.10"O	0.81	33.5	36.1	6.2	8.1	33.5	36.1	6	8.1
31	16° 1'39.00"N	93°53'8.10"O	1.28	33.4	37.6	7.5	8.3	33.4	37.7	6.8	8.3
32	16° 2'42.20"N	93°52'44.00"O	2.77	33.1	37.7	6.1	8.2	33.1	37.8	5.7	8.2
33	16° 5'24.60"N	93°57'44.60"O	1.68	31	37.5	4.3	8.2	30.9	37.6	4.1	8.2
34	16° 5'38.00"N	93°58'33.10"O	2.34	32	37.7	4.2	8.1	31.9	37.8	3.6	8.1
35	16° 4'43.00"N	93°58'8.50"O	2.94	32.2	37.3	5.4	8.1	32.1	37.4	5.3	8.1
36	16° 3'30.03"N	93°58'7.00"O	2.98	32.2	36.3	5	8.1	32.2	36.4	4.9	8.1
37	16° 2'49.57"N	93°58'52.00"O	0.51	31.8	36.5	4.5	8.1	31.8	36.5	4.5	8.1
38	16° 1'31.30"N	93°58'50.80"O	1.26	31.7	35.6	5.4	8.1	31.7	35.7	5.2	8.1
39	16° 0'39.00"N	93°59'29.00"O	1.91	32.5	36.2	5.9	8.1	32.1	36.3	5.9	8.1
40	16° 1'0.70"N	94° 0'38.20"O	1.17	32.5	36.8	6.2	8.2	32.4	36.9	6.1	8.2

Anexo A-2. Registros de la Profundidad y Parámetros Físicoquímicos, en las estaciones 1 a la 40 dentro del SLMM en la época de seca del año 2015.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	FONDO	FONDO	FONDO	FONDO
				TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (ups)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	Ph	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	pH
41	16° 1'52.40"N	93°59'53.60"O	1.02	32.6	36.1	5.8	8.1	32.6	36.2	5.6	8.1
42	16° 3'4.40"N	93°59'56.90"O	0.67	32.8	37	6.3	8	32.8	37	6.3	8
43	16° 3'57.70"N	93°59'12.80"O	3.4	33	36.6	5.6	8.1	32.8	36.9	4.9	8.1
44	16° 5'8.50"N	93°59'12.80"O	3.71	33	37.4	7.1	8.2	32.9	37.7	4.4	8.2
45	16° 6'23.56"N	94° 0'35.44"O	1.45	33.4	38.3	6.4	8.1	33.3	38.4	6.3	8.1
46	16° 5'36.40"N	94° 0'20.10"O	3	33.2	38.1	6.6	8.2	32.9	38.3	4.2	8.2
47	16° 4'21.10"N	94° 0'11.20"O	3.72	33	37.3	6.1	8.2	32.8	37.6	5.7	8.2
48	16° 3'31.20"N	94° 0'54.40"O	0.49	34	37.9	7.6	8.1	34	37.9	7.6	8.1
49	16° 2'16.60"N	94° 0'54.20"O	0.9	33.9	37.7	5.4	8	33.9	37.7	5.4	8
50	16° 1'24.30"N	94° 1'35.70"O	0.53	35.1	38	8.6	8.4	35.1	38	8.6	8.4
51	16° 1'54.20"N	94° 2'22.20"O	0.53	35.8	39.3	6.8	8	35.8	39.3	6.8	8
52	16° 2'36.90"N	94° 1'57.90"O	0.74	34.6	39.2	5.8	8	34.6	39.2	5.3	8
53	16° 3'55.50"N	94° 2'5.40"O	0.74	34.6	40.3	7.4	8.2	34.6	40.3	6.9	8.2
54	16° 4'41.70"N	94° 1'14.20"O	3.66	33.2	38.1	6.4	8.1	32.8	38.2	6.3	8.1
55	16° 5'56.30"N	94° 1'21.60"O	2.57	33.4	38.6	6.3	8.1	33.4	38.7	4.1	8.1
56	16° 6'16.70"N	94° 2'23.40"O	2	33.6	39.2	6.1	8	33.6	39.3	5.6	8
57	16° 6'43.80"N	94° 3'27.90"O	1.85	33.9	40.5	6.3	8.1	33.8	40.6	6.2	8.1
58	16° 6'54.80"N	94° 4'33.60"O	3.24	33.7	40.8	6.8	8.3	33.7	40.9	6.7	8.3
59	16° 7'33.50"N	94° 5'36.60"O	1.63	33.7	40.3	6.6	8.2	33.7	40.3	6.2	8.2
60	16° 8'44.90"N	94° 6'22.70"O	2.15	34	39	6.4	8.3	34	39.1	6.2	8.3
61	16° 9'23.50"N	94° 7'13.30"O	3.23	33.5	38.2	7.4	8.3	33.5	38.3	7.2	8.3
62	16°10'16.80"N	94° 6'53.40"O	2.47	33.6	37.8	6.3	8.3	33.6	37.9	6.5	8.3
63	16°12'10.40"N	94°15'35.90"O	1.48	32.1	38.3	4.4	8.2	32.1	38.3	4.1	8.2
64	16°12'26.10"N	94°16'40.60"O	0.56	32.2	38.2	5.4	8.2	32.2	38.2	5.4	8.2
65	16°13'24.20"N	94°17'53.60"O	1.27	32.6	37.4	4.7	8.4	32.6	37.4	4.3	8.4
66	16°14'13.00"N	94°18'18.90"O	1.12	32.5	36.5	4.5	8.4	32.4	36.6	4.1	8.4
67	16°14'32.40"N	94°19'12.60"O	1.12	32.5	36	4.3	8.4	32.5	36	3.1	8.4
68	16°14'1.50"N	94°19'59.30"O	1.5	32.7	35.4	5	8.4	32.7	35.5	4.8	8.4
69	16°15'45.90"N	94°21'4.70"O	1.8	32.8	34.2	4.9	8.3	32.8	34.3	4.8	8.3
70	16°16'40.40"N	94°21'30.30"O	1.43	32.8	33	5.1	8.3	32.8	33.1	5.1	8.3
71	16°17'18.40"N	94°22'28.80"O	1.42	32.5	32.2	5.4	8.3	32.4	32.2	5.1	8.3
72	16°17'29.37"N	94°23'6.50"O	0.58	32.9	32.5	5.9	8.3	32.9	32.5	5.9	8.3
73	16°17'25.20"N	94°24'14.20"O	0.23	36.2	32.5	2.7	8.3	36.2	32.5	2.7	8.3
74	16°16'53.60"N	94°24'23.40"O	1.9	32.9	33	5.8	8.4	32.8	33.1	5.3	8.4
75	16°16'34.50"N	94°23'15.30"O	2.2	32.8	32.7	5.4	8.3	32.8	32.7	5.2	8.3
76	16°16'8.60"N	94°22'14.80"O	2.19	33.1	33.8	5.4	8.3	33.1	33.8	5.3	8.3
77	16°15'0.10"N	94°22'3.10"O	2.42	33.3	34.4	5.5	8.4	33.2	34.4	5.2	8.3
78	16°13'43.10"N	94°21'48.40"O	2.16	33	34	6.3	8.4	32.9	34.1	6.2	8.4
79	16°14'4.70"N	94°22'54.10"O	2.58	33.3	34	5.9	8.4	33.2	34	5.8	8.4
80	16°15'22.20"N	94°23'6.90"O	2.58	33.1	33.1	5.7	8.4	32.9	33.3	4.4	8.4

Anexo A-3. Registros de la Profundidad y Parámetros Físicoquímicos, en las estaciones 41 a la 80 dentro del SLMM en la época de seca del año 2015.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	FONDO	FONDO	FONDO	FONDO
				TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (ups)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	Ph	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	pH
81	16°15'45.30"N	94°24'5.30"O	2.43	33.2	33.1	5.8	8.4	33.1	33.3	5.8	8.4
82	16°14'59.90"N	94°24'46.70"O	1.05	33.7	33.4	5.7	8.3	33.7	33.4	5.3	8.3
83	16°14'29.60"N	94°23'57.40"O	2.57	33.1	33.1	5.7	8.3	33	33.3	5.4	8.3
84	16°14'1.40"N	94°25'52.60"O	1.9	33.7	34.6	5.9	8.4	33.6	34.6	5.9	8.4
85	16°13'41.60"N	94°24'51.00"O	1.44	33.6	34	6.6	8.4	33.6	34	6.3	8.4
86	16°13'15.90"N	94°23'49.10"O	1.43	33.4	33.5	5.3	8.3	33.4	33.5	5.1	8.3
87	16°12'55.40"N	94°22'54.70"O	0.83	34.3	33.7	7.5	8.4	34.3	33.7	7.1	8.4
88	16°12'0.50"N	94°23'32.80"O	0.73	34.7	35.8	7.3	8.6	34.7	35.8	7.1	8.6
89	16°12'42.00"N	94°24'48.70"O	0.88	34.3	36.1	6.7	8.4	34.3	36.1	6.5	8.4
90	16°13'4.10"N	94°25'48.60"O	0.81	34.7	36.4	5.8	8.3	34.7	36.4	4.9	8.3
91	16°12'3.50"N	94°25'7.70"O	0.59	35.2	36	6.8	8.5	35.2	36	6.8	8.5
92	16°11'34.90"N	94°24'12.10"O	0.59	35.3	38	6.8	8.5	35.3	38	6.8	8.5
93	16°11'11.20"N	94°23'24.40"O	0.58	35	38.8	6.6	8.4	35	38.8	6.6	8.4
94	16°11'36.90"N	94°22'24.60"O	0.6	34.4	38.1	6.8	8.4	34.4	38.1	6.8	8.4
95	16°12'25.20"N	94°21'34.70"O	0.85	33.9	37.4	6.5	8.3	33.9	37.4	6.5	8.3
96	16°12'57.10"N	94°19'46.70"O	1.7	33.3	37	5.7	8.3	33.1	37.1	5.6	8.3
97	16°12'30.40"N	94°18'41.20"O	1.65	33.2	38	5.9	8.3	33.2	38	5.9	8.3
98	16°11'38.70"N	94° 7'15.10"O	2.62	32.7	37.4	4.5	8.3	32.6	37.5	4.1	8.3
99	16°12'56.70"N	94° 7'24.70"O	2	33.1	37.9	4.8	8.2	32.7	38	4.4	8.2
100	16°13'2.90"N	94° 8'17.60"O	2.01	32.9	37.3	4.3	8.2	32.7	37.5	3.9	8.2
101	16°12'10.20"N	94° 9'22.10"O	2.59	32.9	37.9	4.7	8.2	32.4	38	3.1	8.2
102	16°11'36.20"N	94°10'4.60"O	2.7	32.9	38	4.4	8.2	32.5	38	4.2	8.2
103	16°11'39.20"N	94°11'14.50"O	2.01	32.6	37.9	4.8	8.2	31.6	38.3	2.3	8.2
104	16°11'0.90"N	94°12'10.90"O	2.39	32.6	37.7	4.4	8.2	32.4	37.7	4.2	8.2
105	16°11'27.90"N	94°13'27.30"O	2.05	32.3	37.7	4.8	8.1	32.2	37.7	4.4	8.1
106	16°12'4.20"N	94°14'38.00"O	1.7	32.5	37.7	5.6	8.3	32.4	37.7	5.3	8.3
107	16°11'15.10"N	94°15'35.90"O	2.07	32.6	38.4	4.6	8.3	32.3	38.6	4	8.3
108	16°11'43.10"N	94°16'41.90"O	1.93	32.7	37.7	4.9	8.2	32.2	37.7	4.7	8.2
109	16°12'2.20"N	94°17'39.40"O	1.84	32.7	37.9	5.4	8.3	32.3	37.9	5.3	8.3
110	16°11'20.70"N	94°18'33.30"O	1.43	32.4	38.1	5	8.3	32.3	38.2	4.9	8.3
111	16°11'40.60"N	94°19'34.10"O	1.37	32.5	37.6	4.9	8.3	32.5	37.7	4.7	8.3
112	16°12'5.30"N	94°20'42.60"O	0.86	32.7	37.2	6.3	8.4	32.7	37.2	6	8.4
113	16°11'18.40"N	94°21'27.20"O	0.48	33.7	37.2	6.9	8.4	33.7	37.2	6.9	8.4
114	16°10'41.50"N	94°22'12.20"O	0.64	34.1	37.4	6.3	8.4	34.1	37.4	6.3	8.4
115	16°10'21.00"N	94°21'13.30"O	0.64	33.5	37.4	5.7	8.3	33.5	37.4	5.7	8.3
116	16°10'57.00"N	94°20'26.50"O	0.92	33.7	36.9	7.4	8.4	33.7	36.9	6.8	8.4
117	16°10'50.50"N	94°19'37.60"O	0.94	33.5	37.8	7.7	8.5	33.5	37.8	7.6	8.5
118	16°10'33.60"N	94°18'33.40"O	0.83	33.6	38	6.9	8.5	33.6	38	5.6	8.5
119	16°10'41.40"N	94°17'22.50"O	1.35	33.5	39.1	7.8	8.4	33.5	39.1	7.7	8.4
120	16°10'14.50"N	94°16'25.30"O	1.1	34	40.4	6	8.4	34	40.5	5.9	8.4

Anexo A-4. Registros de la Profundidad y Parámetros Físicoquímicos, en las estaciones 81 a la 120 dentro del SLMM en la época de seca del año 2015.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	FONDO	FONDO	FONDO	FONDO
				TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (ups)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	Ph	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	pH
121	16° 9'58.50"N	94° 15'51.10"O	0.67	35.2	42.8	6.8	8.4	35.2	42.8	6.8	8.4
122	16° 9'57.10"N	94° 15'11.80"O	0.92	34.4	42.9	6.3	8.4	34.4	42.9	6.3	8.4
123	16° 10'46.20"N	94° 14'42.10"O	1.25	34	40.1	6.5	8.4	34	40.1	6	8.4
124	16° 10'39.70"N	94° 13'35.50"O	1.08	34	40.1	6.1	8.4	34	40.1	5.9	8.4
125	16° 10'23.90"N	94° 13'58.20"O	1.3	33.8	40.4	7.1	8.4	33.8	40.1	7.2	8.4
126	16° 9'51.30"N	94° 13'28.80"O	0.7	34.1	40.5	6.9	8.5	34.1	40.5	6.9	8.5
127	16° 9'27.90"N	94° 12'31.20"O	1.18	33.7	38.6	7.9	8.4	33.8	38.6	7.6	8.4
128	16° 9'55.60"N	94° 11'51.10"O	2.92	32.9	38.3	5.2	8.3	32.9	38.3	5.2	8.3
129	16° 9'5.80"N	94° 11'46.40"O	1.5	33.2	38.4	6.8	8.4	33	38.4	6.1	8.4
130	16° 8'40.40"N	94° 10'53.40"O	2.47	33.1	38.5	6.3	8.3	33.1	38.5	6.2	8.3
131	16° 9'35.60"N	94° 10'51.60"O	3.27	33.2	38.3	5.7	8.3	33.1	38.4	5.5	8.3
132	16° 9'8.40"N	94° 9'49.70"O	3.45	33	38.5	5.9	8.3	33	38.5	5.7	8.3
133	16° 10'32.40"N	94° 10'23.17"O	3.82	33.4	38.4	6.7	8.3	33.3	38.4	5.6	8.3
134	16° 9'57.40"N	94° 8'52.80"O	3.84	33.1	38.4	5.7	8.3	33.1	38.4	5.7	8.3
135	16° 11'12.00"N	94° 9'9.10"O	3.56	33	38.2	5.7	8.3	33	38.3	5.4	8.3
136	16° 12'3.30"N	94° 8'16.70"O	3.25	33.1	37.8	5.5	8.3	33.3	37.7	5.8	8.3
137	16° 10'49.30"N	94° 8'3.50"O	3.74	32.2	37.9	5.3	8.3	32.2	38	5.2	8.3
138	16° 9'34.10"N	94° 7'52.60"O	3.15	32	38.4	6	8.4	32	38.5	5.9	8.4
139	16° 8'42.40"N	94° 8'47.80"O	3.64	31.9	38.9	5.1	8.3	31.9	39	5.1	8.3
140	16° 7'57.60"N	94° 9'37.50"O	2.22	31	38.4	5.6	8.4	30.8	38.6	5.5	8.4
141	16° 7'29.80"N	94° 8'33.60"O	1.94	31.6	38.7	5.2	8.4	31.6	38.7	5	8.4
142	16° 7'3.60"N	94° 9'7.30"O	0.3	31.6	35.4	5.3	8.3	31	35.4	5.3	8.3
143	16° 6'31.20"N	94° 8'23.20"O	1.3	30.5	38.9	6	8.4	30.5	39	5.7	8.4
144	16° 7'5.50"N	94° 7'31.30"O	1.44	31.8	38.7	4.6	8.2	31.8	38.7	4.2	8.2
145	16° 8'18.20"N	94° 7'44.90"O	3	32.5	38.6	5.7	8.4	32	38.7	5.6	8.4
146	16° 8'4.60"N	94° 6'40.90"O	2.23	33	38.7	5.5	8.3	32	38.8	5.3	8.3
147	16° 6'40.80"N	94° 6'25.60"O	1.27	33.5	39.6	6.3	8.5	33.5	39.6	6.1	8.5
148	16° 6'6.30"N	94° 7'6.70"O	1.22	32	41.3	6.9	8.8	32	41.3	6.7	8.8
149	16° 5'49.80"N	94° 6'5.40"O	1.36	31.7	42.6	6.6	8.6	31.8	42.7	6.5	8.6
150	16° 6'17.90"N	94° 5'24.10"O	1.5	32	40.4	5.6	8.6	31.9	40.4	5.6	8.6
151	16° 5'59.20"N	94° 4'22.40"O	1.43	31.4	40.9	4.9	8.4	31.7	40.9	4.5	8.4
152	16° 5'26.80"N	94° 4'42.20"O	0.96	31.7	44	6.5	8.3	31.7	44	5.9	8.3
153	16° 4'43.30"N	94° 3'52.73"O	0.73	31.1	42.7	5.7	8.1	31.1	42.7	5.7	8.1
154	16° 5'27.60"N	94° 3'14.60"O	2.6	31.6	41.4	4.6	8.4	31.6	41.4	4.4	8.4
155	16° 4'58.00"N	94° 2'28.20"O	2.94	31.2	41.9	4.1	8.2	31.2	41.9	4	8.2
156	16° 4'3.82"N	94° 3'4.74"O	2.47	31.1	41.9	5.4	8.2	31	42	5.4	8.2
157	16° 3'3.88"N	94° 3'1.29"O	1.86	31.1	40.7	5.1	8.2	31	40.8	5	8.2

Anexo A-5. Registros de la Profundidad y Parámetros Físicoquímicos, en las estaciones 121 a la 157 dentro del SLMM en la época de seca del año 2015.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	SUPERFICIE				FONDO			
				TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (ups)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	Ph	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	pH
1	16° 1'16.10"N	93°52'2.58"O	1.67	31.3	28.4	6.1	8.1	30	30.8	5.4	8.1
2	16° 0'40.20"N	93°51'26.90"O	1.79	31.4	28.7	6.5	7	30.1	28.7	5.9	7
3	15°59'56.50"N	93°51'43.50"O	1.1	31.5	27.8	6.3	7.7	31.2	29.4	5.8	7.7
4	15°59'25.80"N	93°52'48.80"O	1.12	31.5	29.3	8	7.6	30.9	30.3	7.3	7.6
5	16° 0'14.76"N	93°52'45.24"O	1.28	31.5	27.3	5.3	8.1	30.9	30.4	4.7	8.1
6	15°59'42.60"N	93°53'34.00"O	2.28	31.9	30.1	6.4	8	30.3	30.6	5.8	8
7	16° 0'40.40"N	93°53'26.10"O	1.25	31.7	30.3	7	8	31.3	31	6.3	8
8	16° 0'17.00"N	93°54'31.60"O	0.75	31.9	30.5	5.2	7.8	32.1	31.5	4.8	7.8
9	16° 0'35.86"N	93°55'6.09"O	0.88	31.8	32.3	6.5	8.1	31.6	32.4	6.3	8.1
10	16° 1'59.50"N	93°53'56.40"O	3.36	31.3	31	6.3	8.1	29.9	31.8	6	8.1
11	16° 3'11.30"N	93°53'58.10"O	3.46	30.7	31.5	6.7	8.2	29.5	33.5	4.3	8.2
12	16° 4'4.80"N	93°53'26.60"O	1.98	31.5	31.9	6.5	8.1	31.3	32	6.3	8.1
13	16° 4'25.50"N	93°54'20.20"O	3.29	31.9	32.1	6.3	8.1	29.5	34.1	4.2	8.1
14	16° 3'34.80"N	93°55'0.90"O	3.68	30.6	32.1	6.3	8.1	29.4	34	5.5	8.1
15	16° 2'22.20"N	93°54'59.90"O	3.76	30.5	31.7	6.5	8.1	29.8	32.4	5.9	8.1
16	16° 1'28.00"N	93°55'42.40"O	1.35	30.5	32.2	6.8	8.2	30.2	32.3	6.6	8.2
17	16° 0'9.80"N	93°55'48.60"O	0.8	32.5	32.4	5.2	8.1	32.5	32.4	5.2	8.1
18	15°59'30.70"N	93°56'29.90"O	5.15	31.5	34.8	7.2	8.2	31	35	6.5	8.2
19	15°59'44.30"N	93°57'29.80"O	0.5	32	33.8	4.9	8.2	32	33.8	4.9	8.2
20	16° 0'36.30"N	93°56'41.40"O	0.79	31	33.9	6.2	8.2	30.9	34	6.1	8.2
21	16° 1'41.58"N	93°56'53.93"O	1.71	31	33.9	6.2	8.2	30.9	34	6.1	8.2
22	16° 2'46.80"N	93°56'4.40"O	3.53	29.1	33.2	6.1	8.1	29	33.3	6	8.1
23	16° 3'55.10"N	93°56'0.20"O	3.68	27.3	33.9	6.1	8.1	27	34.5	5.8	8.1
24	16° 4'50.60"N	93°55'23.00"O	2.92	27.8	30.6	6	8.1	27.5	30.8	5.7	8.1
25	16° 5'12.90"N	93°56'23.70"O	2.48	27	33	6	8.1	26.8	33	5.9	8.1
26	16° 4'22.50"N	93°57'11.30"O	3.1	28	33	6	8.1	27.7	36.7	5.5	8.1
27	16° 3'8.10"N	93°57'7.00"O	3.41	29	33.9	6.3	8.1	28.9	34	6.1	8.1
28	16° 2'14.40"N	93°57'52.30"O	1.56	30.2	34.4	6.6	8.2	30.1	34.5	6.4	8.2
29	16° 0'59.70"N	93°57'46.70"O	1.82	31	33.9	5.8	8.2	30.9	34	5.6	8.2
30	16° 0'17.90"N	93°58'25.10"O	1.03	31	35	5.2	8.1	30.8	35	4.8	8.1
31	16° 1'39.00"N	93°53'8.10"O	1.77	31.7	29.3	6.4	8	30.9	30.9	6	8
32	16° 2'42.20"N	93°52'44.00"O	2.98	31.5	29.2	6.3	8	29.2	30.5	4.3	8
33	16° 5'24.60"N	93°57'44.60"O	1.84	28.4	36.7	5.1	8.1	28.1	36.8	4.6	8.1
34	16° 5'38.00"N	93°58'33.10"O	2.49	28.5	37.3	5.1	8.1	28.2	37.4	4.5	8.1
35	16° 4'43.00"N	93°58'8.50"O	2.6	28.3	35.7	5.6	8.1	28.1	35.9	5.4	8.1
36	16° 3'30.03"N	93°58'7.00"O	3.15	28.9	34.4	6.2	8.1	28.7	35.1	6	8.1
37	16° 2'49.57"N	93°58'52.00"O	0.48	29.9	35.6	6.4	8.3	29.9	35.6	6.4	8.3
38	16° 1'31.30"N	93°58'50.80"O	1.35	29.8	34.6	6.1	8.1	29.7	34.7	5.3	8.1
39	16° 0'39.00"N	93°59'29.00"O	1.02	30.3	35.2	6	8.1	30.2	35.3	5.2	8.1
40	16° 1'0.70"N	94° 0'38.20"O	1.25	30.3	35.4	6.4	8.2	30.2	35.4	6	8.2

Anexo A-6. Registros de la Profundidad y Parámetros Físicoquímicos, en las estaciones 1 a la 40 dentro del SLMM en la época de lluvia del año 2015.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	FONDO	FONDO	FONDO	FONDO
				TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (ups)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	Ph	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	pH
41	16° 1'52.40"N	93°59'53.60"O	1.1	30.2	34.8	6.7	8.2	30.1	34.8	6	8.2
42	16° 3'4.40"N	93°59'56.90"O	0.93	29.1	35.9	8.3	8.3	29.1	35.9	8.3	8.3
43	16° 3'57.70"N	93°59'12.80"O	3.49	29.1	36.8	7.4	8.3	28.8	37.1	5.1	8.3
44	16° 5'8.50"N	93°59'12.80"O	3.73	28.7	38.7	5.8	8.1	28.5	38.9	4.2	8.1
45	16° 6'23.56"N	94° 0'35.44"O	1.89	29.1	36	5.2	8.1	28.9	36.1	4.8	8.1
46	16° 5'36.40"N	94° 0'20.10"O	3.35	29	40.1	5.6	8.1	28.8	40.3	4.4	8.1
47	16° 4'21.10"N	94° 0'11.20"O	3.87	29	37.5	6.3	8.2	28.7	37.8	5.3	8.2
48	16° 3'31.20"N	94° 0'54.40"O	1.09	29	35.4	7.7	8.3	29	35.4	7.7	8.3
49	16° 2'16.60"N	94° 0'54.20"O	1.4	29.1	34.9	7.4	8.4	29.1	35	7.1	8.4
50	16° 1'24.30"N	94° 1'35.70"O	0.7	29.5	35.5	6.8	8.2	29.5	35.5	6.8	8.2
51	16° 1'54.20"N	94° 2'22.20"O	0.74	29.2	35.2	6	8.1	29.2	35.2	6	8.1
52	16° 2'36.90"N	94° 1'57.90"O	1.02	29.2	35.6	6.4	8.2	29.2	35.6	6.4	8.2
53	16° 3'55.50"N	94° 2'5.40"O	0.88	29.2	37.8	6	8.1	29.2	37.8	5.6	8.1
54	16° 4'41.70"N	94° 1'14.20"O	3.76	29.2	38.4	7.2	8.2	29	38.7	6.2	8.2
55	16° 5'56.30"N	94° 1'21.60"O	2.6	29.2	40.3	5.5	8.2	29.2	40.4	5	8.2
56	16° 6'16.70"N	94° 2'23.40"O	2.25	30	40.5	5.5	8.2	29.9	40.6	5.3	8.2
57	16° 6'43.80"N	94° 3'27.90"O	2.11	30.1	40.4	5.7	8.3	30	40.5	5.4	8.3
58	16° 6'54.80"N	94° 4'33.60"O	3.4	30.1	40.3	4.7	8.3	30	40.4	4.5	8.3
59	16° 7'33.50"N	94° 5'36.60"O	2.02	30.2	40.3	5.4	8.3	30.1	40.4	5.1	8.3
60	16° 8'44.90"N	94° 6'22.70"O	2.3	31	40.6	6.1	8.3	30	40.7	5.8	8.3
61	16° 9'23.50"N	94° 7'13.30"O	3.52	30.5	40.3	5.5	8.3	30.2	40.4	5.4	8.3
62	16°10'16.80"N	94° 6'53.40"O	2.58	30.5	40.3	5.5	8.3	30.3	40.4	5.4	8.3
63	16°12'10.40"N	94°15'35.90"O	1.71	33.9	40	5.6	8.4	33.7	40	4.9	8.4
64	16°12'26.10"N	94°16'40.60"O	0.79	33.8	39.2	6.3	8.4	33.4	39.3	6.2	8.4
65	16°13'24.20"N	94°17'53.60"O	1.43	33.5	39.2	6.3	8.4	33.4	39.3	6.2	8.4
66	16°14'13.00"N	94°18'18.90"O	1.24	33.5	39	6.1	8.4	33.4	39	5.8	8.4
67	16°14'32.40"N	94°19'12.60"O	1.26	33.5	38.7	7.4	8.5	33.4	38.7	7	8.5
68	16°14'1.50"N	94°19'59.30"O	1.43	33	38.2	7.3	8.5	33	38.2	6.9	8.5
69	16°15'45.90"N	94°21'4.70"O	1.85	33.1	38.5	5.4	8.4	33	38.5	5	8.4
70	16°16'40.40"N	94°21'30.30"O	1.53	33.1	38.7	4.8	8.4	33	38.8	4.5	8.4
71	16°17'18.40"N	94°22'28.80"O	1.32	33.1	38.7	6.2	8.4	33	38.8	6	8.4
72	16°17'29.37"N	94°23'6.50"O	0.72	33.8	39.1	5.8	8.3	33.8	39.1	5.1	8.3
73	16°17'25.20"N	94°24'14.20"O	0.34	33.3	39.6	2.2	8.5	33.3	39.6	2.2	8.5
74	16°16'53.60"N	94°24'23.40"O	1.98	33.2	38.3	6.8	8.5	33	38.3	6.3	8.5
75	16°16'34.50"N	94°23'15.30"O	2.29	33.5	38.6	6.7	8.5	33.3	38.7	6.6	8.5
76	16°16'8.60"N	94°22'14.80"O	2.29	33.5	38.2	5.9	8.5	33.3	38.3	5.4	8.5
77	16°15'0.10"N	94°22'3.10"O	2.53	32.1	37.9	6.4	8.5	31.8	38	5.7	8.5
78	16°13'43.10"N	94°21'48.40"O	2.28	32.8	37.9	6.6	8.5	32.5	38	6	8.5
79	16°14'4.70"N	94°22'54.10"O	2.69	32.8	37.7	7.2	8.5	32.5	37.8	6.8	8.5
80	16°15'22.20"N	94°23'6.90"O	2.83	32.8	37.6	7.2	8.5	32.3	37.7	6.6	8.5

Anexo A-7. Registros de la Profundidad y Parámetros Físicoquímicos, en las estaciones 41 a la 80 dentro del SLMM en la época de lluvia del año 2015.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	FONDO	FONDO	FONDO	FONDO
				TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (ups)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	Ph	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	pH
81	16°15'45.30"N	94°24'5.30"O	2.62	32.8	38.1	6.9	8.6	32.5	38.2	6.4	8.6
82	16°14'59.90"N	94°24'46.70"O	1.15	33.2	38.5	6.1	8.5	33	38.5	5.4	8.5
83	16°14'29.60"N	94°23'57.40"O	2.69	33.2	37.8	6.7	8.5	33	37.9	5.3	8.5
84	16°14'1.40"N	94°25'52.60"O	2.03	34.7	37.5	6.3	8.6	34.5	37.5	5.9	8.6
85	16°13'41.60"N	94°24'51.00"O	1.35	34.6	37.5	5.3	8.6	34.4	37.6	4.8	8.6
86	16°13'15.90"N	94°23'49.10"O	1.56	34.3	38.4	4.7	8.5	34.1	38.5	4.3	8.5
87	16°12'55.40"N	94°22'54.70"O	0.98	34	38.5	5.9	8.4	34	38.5	5.7	8.4
88	16°12'0.50"N	94°23'32.80"O	0.93	33.7	38.4	7.2	8.5	33.7	38.4	7	8.5
89	16°12'42.00"N	94°24'48.70"O	0.99	34.4	38.4	6.5	8.5	34.4	38.4	6	8.5
90	16°13'4.10"N	94°25'48.60"O	0.96	34.8	38.2	5.6	8.5	34.8	38.2	5.1	8.5
91	16°12'3.50"N	94°25'7.70"O	0.67	34.4	37.3	6.6	8.6	34.3	37.3	5	8.6
92	16°11'34.90"N	94°24'12.10"O	0.71	34.3	37.4	7.4	8.6	34.3	37.4	6.3	8.6
93	16°11'11.20"N	94°23'24.40"O	0.78	34	37.5	7	8.5	33.9	37.5	6.5	8.5
94	16°11'36.90"N	94°22'24.60"O	0.83	33.3	38	6.9	8.5	33.1	38	5.3	8.5
95	16°12'25.20"N	94°21'34.70"O	0.99	33	38.6	7.5	8.5	33	38.6	7.3	8.5
96	16°12'57.10"N	94°19'46.70"O	1.89	32.2	37.8	5.8	8.4	32.2	37.8	5.4	8.4
97	16°12'30.40"N	94°18'41.20"O	1.89	32.4	38.2	5.8	8.4	32.2	38.3	5	8.4
98	16°11'38.70"N	94° 7'15.10"O	3	31.2	40.4	6.7	8.3	30	40.6	6.3	8.3
99	16°12'56.70"N	94° 7'24.70"O	2.28	30.4	41.2	6.7	8.4	30	41.2	6.5	8.4
100	16°13'2.90"N	94° 8'17.60"O	2.3	30.1	40.6	6.9	8.4	30	40.7	6.6	8.4
101	16°12'10.20"N	94° 9'22.10"O	2.65	30.3	40.1	7.2	8.4	29.9	40.2	6.9	8.4
102	16°11'36.20"N	94°10'4.60"O	2.3	30	40.2	7.3	8.4	29.9	40.3	6.9	8.4
103	16°11'39.20"N	94°11'14.50"O	2.3	31	40.8	6.3	8.3	29.9	40.7	6.1	8.3
104	16°11'0.90"N	94°12'10.90"O	2.58	31	40.8	6.4	8.3	30.8	40.9	5.6	8.3
105	16°11'27.90"N	94°13'27.30"O	2.34	31	41.2	6.7	8.3	30.8	41.3	5.2	8.3
106	16°12'4.20"N	94°14'38.00"O	2.01	31.1	40.6	6.8	8.5	30.9	40.7	5.2	8.5
107	16°11'15.10"N	94°15'35.90"O	2.35	31.6	39.4	6.6	8.5	31.5	40	5.3	8.5
108	16°11'43.10"N	94°16'41.90"O	2.27	31.8	39	6.9	8.4	31.6	39	5.4	8.4
109	16°12'2.20"N	94°17'39.40"O	2.08	32.2	38.6	7	8.5	32.1	38.6	6.8	8.5
110	16°11'20.70"N	94°18'33.30"O	1.5	32.2	37.8	7.4	8.5	32.1	37.8	7.1	8.5
111	16°11'40.60"N	94°19'34.10"O	1.53	32.2	37.3	7.3	8.5	32.1	37.4	7	8.5
112	16°12'5.30"N	94°20'42.60"O	1.13	32.2	37.8	7.2	8.4	32.1	37.8	6.9	8.4
113	16°11'18.40"N	94°21'27.20"O	0.66	33.8	36.9	7.4	8.5	33.3	36.9	6.8	8.5
114	16°10'41.50"N	94°22'12.20"O	0.87	34.3	36.9	6.9	8.5	34.3	36.9	6.2	8.5
115	16°10'21.00"N	94°21'13.30"O	0.81	33.2	36.5	6.6	8.4	33.1	36.5	5.4	8.4
116	16°10'57.00"N	94°20'26.50"O	1.03	33	36.6	7.5	8.5	33	36.6	7.2	8.5
117	16°10'50.50"N	94°19'37.60"O	1.18	33	36.9	7	8.6	33	36.9	6.6	8.6
118	16°10'33.60"N	94°18'33.40"O	1.1	32.7	37.5	6.8	8.6	32.6	37.5	5.6	8.6
119	16°10'41.40"N	94°17'22.50"O	1.51	32.5	37.9	6.9	8.4	32.4	37.9	6.6	8.4
120	16°10'14.50"N	94°16'25.30"O	1.23	32	38.8	6.7	8.4	31.9	38.8	6.5	8.4

Anexo A-8. Registros de la Profundidad y Parámetros Físicoquímicos, en las estaciones 81 a la 120 dentro del SLMM en la época de lluvia del año 2015.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	SUPERFICIE	FONDO	FONDO	FONDO	FONDO
				TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (ups)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	Ph	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DIS. (mg/l)	pH
121	16° 9'58.50"N	94° 15'51.10"O	0.8	32.6	40.4	6.9	8.6	32.5	40.4	6.6	8.6
122	16° 9'57.10"N	94° 15'11.80"O	1.11	32.6	40.5	6.6	8.6	32.5	40.5	5.7	8.6
123	16° 10'46.20"N	94° 14'42.10"O	1.32	31.4	39.7	8	8.5	31.4	39.7	7.8	8.5
124	16° 10'39.70"N	94° 13'35.50"O	1.17	31.2	40.7	6.8	8.5	31.1	40.7	6.2	8.5
125	16° 10'23.90"N	94° 13'58.20"O	1.42	31.6	40.6	7	8.5	31.5	40.6	6.3	8.5
126	16° 9'51.30"N	94° 13'28.80"O	0.91	31.8	41.6	8.2	8.5	31.6	41.6	8	8.5
127	16° 9'27.90"N	94° 12'31.20"O	1.36	30.4	40.8	6.4	8.3	30.2	40.8	6.1	8.3
128	16° 9'55.60"N	94° 11'51.10"O	3.17	31	40.6	7.1	8.3	30.8	40.7	6.2	8.3
129	16° 9'5.80"N	94° 11'46.40"O	2.1	30.6	40.4	6.6	8.3	30.2	40.5	6.3	8.3
130	16° 8'40.40"N	94° 10'53.40"O	2.68	31.1	40.5	5.7	8.3	30.8	40.6	5.4	8.3
131	16° 9'35.60"N	94° 10'51.60"O	3.44	31	40.5	6	8.3	30.6	40.6	5.8	8.3
132	16° 9'8.40"N	94° 9'49.70"O	3.68	31.1	40.4	6.4	8.3	30.8	40.5	5.9	8.3
133	16° 10'32.40"N	94° 10'23.17"O	3.96	30.3	41	5.7	8.3	30	41.2	5.4	8.3
134	16° 9'57.40"N	94° 8'52.80"O	3.99	30.1	40.5	6.2	8.3	29.8	40.7	5.7	8.3
135	16° 11'12.00"N	94° 9'9.10"O	3.72	30.1	40.3	6.5	8.3	29.8	40.5	5.9	8.3
136	16° 12'3.30"N	94° 8'16.70"O	3.4	30.2	40.3	6	8.4	30.1	40.3	5.7	8.4
137	16° 10'49.30"N	94° 8'3.50"O	3.93	30.1	40.3	6.3	8.4	29.8	40.4	5.4	8.4
138	16° 9'34.10"N	94° 7'52.60"O	3.34	30.1	40.3	6.4	8.5	29.8	40.4	5.1	8.5
139	16° 8'42.40"N	94° 8'47.80"O	3.83	30.7	40.4	5.8	8.3	30.4	40.5	5.6	8.3
140	16° 7'57.60"N	94° 9'37.50"O	2.42	31.4	40.5	5.9	8.3	31.3	40.6	5.4	8.3
141	16° 7'29.80"N	94° 8'33.60"O	2.25	31.2	40.5	5.7	8.3	31	40.6	5	8.3
142	16° 7'3.60"N	94° 9'7.30"O	0.38	30.3	40.9	4.6	8	30.2	40.9	4.2	8
143	16° 6'31.20"N	94° 8'23.20"O	1.67	30.5	42	5.8	8.4	30.3	42	5.5	8.4
144	16° 7'5.50"N	94° 7'31.30"O	1.71	30.7	40.9	6	8.4	30.5	41	5.8	8.4
145	16° 8'18.20"N	94° 7'44.90"O	3.15	30.2	39.5	5.8	8.4	30.1	40.7	5.6	8.4
146	16° 8'4.60"N	94° 6'40.90"O	2.51	30.2	40.2	5.4	8.3	30.1	40.4	5.1	8.3
147	16° 6'40.80"N	94° 6'25.60"O	1.44	30.2	40	5.1	8.3	30.1	40.2	5	8.3
148	16° 6'6.30"N	94° 7'6.70"O	1.32	30.4	40.2	6.1	8.4	30.2	40.2	5.6	8.4
149	16° 5'49.80"N	94° 6'5.40"O	1.65	30.3	38.1	5.2	8.2	30.2	38.2	5	8.2
150	16° 6'17.90"N	94° 5'24.10"O	1.59	30.2	38.8	4.8	8.2	30.1	38.9	4.6	8.2
151	16° 5'59.20"N	94° 4'22.40"O	1.83	30	37.4	5.2	8.2	29.9	37.5	5	8.2
152	16° 5'26.80"N	94° 4'42.20"O	1.31	30.3	38	5.5	8.2	30.1	38.1	5	8.2
153	16° 4'43.30"N	94° 3'52.73"O	0.83	30.3	36.1	4.8	8.1	30.2	36.1	4.6	8.1
154	16° 5'27.60"N	94° 3'14.60"O	2.69	31	37.7	5.5	8.2	30.9	38.4	5.2	8.2
155	16° 4'58.00"N	94° 2'28.20"O	3.15	29.1	38.6	5.7	8.2	29	38.7	5.4	8.2
156	16° 4'3.82"N	94° 3'4.74"O	2.58	29.3	36.8	4.5	8	29.1	36.9	4.2	8
157	16° 3'3.88"N	94° 3'1.29"O	1.9	29.3	36.5	5.1	8.1	29.1	36.5	5	8.1

Anexo A-9. Registros de la Profundidad y Parámetros Físicoquímicos, en las estaciones 121 a la 157 dentro del SLMM en la época de seca del año 2015.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PESO TOTAL MUESTRA	ARENA GRUESA MALLA 0.50 mm	ARENA MEDIA MALLA 0.248 mm	ARENA FINA MALLA 0.1041 mm	ARENA MUY FINA MALLA 0.0635 mm	LODO < 0.02 mm	TIPO DE SEDIMENTO
1	16° 1'16.10"N	93°52'2.58"O	100 gr.	38.5gr	9.5gr	31.0gr	15.5gr	5gr	Arena gruesa, lodosa
2	16° 0'40.20"N	93°51'26.90"O	100 gr.	16.5gr	9.5gr	51.0gr	23.0gr	0gr	Arena fina
3	15°59'56.50"N	93°51'43.50"O	100 gr.	10.5gr	22.0gr	65.5gr	2.5gr	0gr	Arena fina
4	15°59'25.80"N	93°52'48.80"O	100 gr.	26.0gr	20.5gr	37.0gr	7.5gr	4gr	Arena fina, lodosa
5	16° 0'14.76"N	93°52'45.24"O	100 gr.	3.5 gr.	13.8 gr.	76.9 gr.	5.5 gr.	0 gr.	Arena fina
6	15°59'42.60"N	93°53'34.00"O	100 gr.	18.0gr	21.0gr	39.0gr	12.0gr	9gr	Arena fina, lodosa
7	16° 0'40.40"N	93°53'26.10"O	100 gr.	6.3gr	24.1gr	57.0gr	4.7gr	8gr	Arena fina, lodosa
8	16° 0'17.00"N	93°54'31.60"O	100 gr.	3.6gr	19.0gr	63.4gr	3.2gr	11gr	Arena fina, lodosa
9	16° 0'35.86"N	93°55'6.09"O	100 gr.	26.4gr	26.6gr	42.5gr	3.3gr	0gr	Arena fina
10	16° 1'59.50"N	93°53'56.40"O	100 gr.	22.0gr	24.0gr	43.0gr	11.0gr	0gr	Arena fina
11	16° 3'11.30"N	93°53'58.10"O	100 gr.	48.0gr	12.0gr	35.0gr	4.5gr	0gr	Arena gruesa
12	16° 4'4.80"N	93°53'26.60"O	100 gr.	54.0gr	35.0gr	8.5gr	2.0gr	0gr	Arena gruesa
13	16° 4'25.50"N	93°54'20.20"O	100 gr.	73.0gr	16.0gr	10.0gr	1.0gr	0gr	Arena gruesa
14	16° 3'34.80"N	93°55'0.90"O	100 gr.	20.5gr	16.5gr	54.0gr	8.0gr	0gr	Arena fina
15	16° 2'22.20"N	93°54'59.90"O	100 gr.	40.gr	30.0gr	15.0gr	13.0gr	0gr	Arena gruesa
16	16° 1'28.00"N	93°55'42.40"O	100 gr.	20.6gr	41.0gr	36.5gr	1.3gr	0.gr	Arena media
17	16° 0'9.80"N	93°55'48.60"O	100 gr.	6.6 gr.	37.5 gr	54.8 gr	1 gr	0 gr	Arena fina
18	15°59'30.70"N	93°56'29.90"O	100 gr.	5.5gr	29.5gr	58.5gr	6.5gr	0gr	Arena fina
19	15°59'44.30"N	93°57'29.80"O	100 gr.	10.0gr	35.0gr	40.0gr	15.0gr	0gr	Arena fina
20	16° 0'36.30"N	93°56'41.40"O	100 gr.	1.5g	30.0gr	67.0gr	1.0gr	0gr	Arena fina
21	16° 1'41.58"N	93°56'53.93"O	100 gr.	4.9gr	40.5gr	53.0gr	1.3gr	0gr	Arena fina
22	16° 2'46.80"N	93°56'4.40"O	100 gr.	5.5 gr.	5.3 gr	76.6 gr.	12 gr	0 gr.	Arena fina
23	16° 3'55.10"N	93°56'0.20"O	100 gr.	18.0gr	31.5gr	40.0gr	10.0gr	0gr	Arena fina
24	16° 4'50.60"N	93°55'23.00"O	100 gr.	19.0gr	26.0gr	27.0gr	19.0gr	8gr	Arena fina, lodosa
25	16° 5'12.90"N	93°56'23.70"O	100 gr.	40.0gr	15.0gr	31.0gr	8.0gr	6gr	Arena gruesa, lodosa
26	16° 4'22.50"N	93°57'11.30"O	100 gr.	7.5 gr.	24 gr.	64 gr.	3.8 gr.	0 gr.	Arena fina
27	16° 3'8.10"N	93°57'7.00"O	100 gr.	12.0gr	36.ogr	50.0gr	1.9gr	0gr	Arena fina
28	16° 2'14.40"N	93°57'52.30"O	100 gr.	4.2 gr.	29.9 gr.	62.5 gr.	2.0gr.	0 gr.	Arena fina
29	16° 0'59.70"N	93°57'46.70"O	100 gr.	4 gr.	27.2 gr.	66.8 gr.	2.8 gr.	0 gr.	Arena fina
30	16° 0'17.90"N	93°58'25.10"O	100 gr.	2.0gr	44.0gr	42.1gr	1.5gr	9.5gr	Arena fina, lodosa
31	16° 1'39.00"N	93°53'8.10"O	100 gr.	15.0gr	30.5gr	45.0gr	0.3gr	9gr	Arena fina, lodosa
32	16° 2'42.20"N	93°52'44.00"O	100 gr.	37.0gr	17.5gr	27.5gr	17.5gr	0gr	Arena gruesa
33	16° 5'24.60"N	93°57'44.60"O	100 gr.	25.5gr	15.0gr	53.0gr	6.0gr	0gr	Arena fina
34	16° 5'38.00"N	93°58'33.10"O	100 gr.	10.0gr	25.0gr	41.0gr	23.0gr	0gr	Arena fina
35	16° 4'43.00"N	93°58'8.50"O	100 gr.	15.0gr	20.0gr	25.0gr	40.0gr	0gr	Arena muy fina
36	16° 3'30.03"N	93°58'7.00"O	100 gr.	15.5gr	9.0gr	69.5gr	5.0gr	0gr	Arena fina
37	16° 2'49.57"N	93°58'52.00"O	100 gr.	26.5gr	37.0gr	35.5gr	0.9gr	0gr	Arena media
38	16° 1'31.30"N	93°58'50.80"O	100 gr.	2 gr.	25.5 gr.	67.3 gr.	3.5 gr.	0 gr.	Arena fina
39	16° 0'39.00"N	93°59'29.00"O	100 gr.	2.5 gr.	30.5 gr.	50.6 gr.	3 gr.	13 gr.	Arena fina, lodosa
40	16° 1'0.70"N	94° 0'38.20"O	100 gr.	18.5gr	26.0gr	36.5gr	7.5gr	11gr	Arena fina, lodosa

Anexo B-2. Resultado del análisis granulométrico de Tamizado, aplicado a los sedimentos del sistema lagunar Mar Muerto, de la estación 1 a la 40.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PESO TOTAL MUESTRA	ARENA GRUESA MALLA 0.50 mm	ARENA MEDIA MALLA 0.248 mm	ARENA FINA MALLA 0.1041 mm	ARENA MUY FINA MALLA 0.0635 mm	LODO < 0.02 mm	TIPO DE SEDIMENTO
41	16° 1'52.40"N	93°59'53.60"O	100 gr.	55.0gr	10.0gr	11.0gr	24.0gr	0gr	Arena gruesa
42	16° 3'4.40"N	93°59'56.90"O	100 gr.	60.0gr	20.0gr	12.0gr	8.0gr	0gr	Arena gruesa
43	16° 3'57.70"N	93°59'12.80"O	100 gr.	27.0gr	23.0gr	47.0gr	2.0gr	0gr	Arena fina
44	16° 5'8.50"N	93°59'12.80"O	100 gr.	15.0gr	25.0gr	55.0gr	4.6gr	0gr	Arena fina
45	16° 6'23.56"N	94° 0'35.44"O	100 gr.	30.0gr	13.0gr	50.0gr	6.9gr	0gr	Arena fina
46	16° 5'36.40"N	94° 0'20.10"O	100 gr.	78.5gr	18.5gr	2.5gr	0.5gr	0gr	Arena gruesa
47	16° 4'21.10"N	94° 0'11.20"O	100 gr.	47.0gr	46.3gr	5.4gr	0.5gr	0gr	Arena gruesa
48	16° 3'31.20"N	94° 0'54.40"O	100 gr.	21.0gr	29.1gr	48.5gr	1.3gr	0gr	Arena fina
49	16° 2'16.60"N	94° 0'54.20"O	100 gr.	3 gr.	9.5 gr.	81.7 gr.	5.6 gr.	0 gr.	Arena fina
50	16° 1'24.30"N	94° 1'35.70"O	100 gr.	1.0gr	34.5gr	60.5gr	4.0gr	0gr	Arena fina
51	16° 1'54.20"N	94° 2'22.20"O	100 gr.	2.7 gr.	17.8 gr.	68.8 gr.	10 gr.	0 gr.	Arena fina
52	16° 2'36.90"N	94° 1'57.90"O	100 gr.	2.5 gr	12.2 gr.	79.3 gr.	5.3 gr.	0 gr.	Arena fina
53	16° 3'55.50"N	94° 2'5.40"O	100 gr.	78.0gr	17.0gr	4.5gr	0.3gr	0gr	Arena gruesa
54	16° 4'41.70"N	94° 1'14.20"O	100 gr.	4.5gr	63.2gr	31.0gr	0.5gr	0gr	Arena media
55	16° 5'56.30"N	94° 1'21.60"O	100 gr.	2.5gr	18.5gr	73.5gr	4.6gr	0gr	Arena fina
56	16° 6'16.70"N	94° 2'23.40"O	100 gr.	30.0gr	48.0gr	13.0gr	8.9gr	0gr	Arena media
57	16° 6'43.80"N	94° 3'27.90"O	100 gr.	36.0gr	56.0gr	8.0gr	0gr	0gr	Arena media
58	16° 6'54.80"N	94° 4'33.60"O	100 gr.	10.0gr	30.0gr	55.0gr	4.8gr	0gr	Arena fina
59	16° 7'33.50"N	94° 5'36.60"O	100 gr.	87.0gr	5.0gr	4.0gr	3.5gr	0gr	Arena gruesa
60	16° 8'44.90"N	94° 6'22.70"O	100 gr.	15.0gr	20.0gr	10.0gr	50.0gr	8gr	Arena muy fina
61	16° 9'23.50"N	94° 7'13.30"O	100 gr.	40.0gr	25.0gr	22.0gr	12.5gr	0gr	Arena gruesa
62	16°10'16.80"N	94° 6'53.40"O	100 gr.	31.0gr	20.0gr	30.5gr	19.0gr	0gr	Arena gruesa
63	16°12'10.40"N	94°15'35.90"O	100 gr.	49.5gr	30.0gr	18.0gr	3.0gr	0gr	Arena gruesa
64	16°12'26.10"N	94°16'40.60"O	100 gr.	10.0gr	15.0gr	44.5gr	30.0gr	0gr	Arena fina
65	16°13'24.20"N	94°17'53.60"O	100 gr.	75.5gr	17.0gr	6.5gr	1.0gr	0gr	Arena gruesa
66	16°14'13.00"N	94°18'18.90"O	100 gr.	40.0gr	15.0gr	35.0gr	9.5gr	0gr	Arena gruesa
67	16°14'32.40"N	94°19'12.60"O	100 gr.	92.0gr	5.0gr	2.5gr	0.5gr	0gr	Arena gruesa
68	16°14'1.50"N	94°19'59.30"O	100 gr.	90.0gr	5.0gr	4.5gr	0.4gr	0gr	Arena gruesa
69	16°15'45.90"N	94°21'4.70"O	100 gr.	70.0gr	18.0gr	10.5gr	1.0gr	0gr	Arena gruesa
70	16°16'40.40"N	94°21'30.30"O	100 gr.	80.0gr	10.0gr	5.0gr	4.5gr	0gr	Arena gruesa
71	16°17'18.40"N	94°22'28.80"O	100 gr.	75.0gr	5.0gr	15.0gr	5.0gr	0gr	Arena gruesa
72	16°17'29.37"N	94°23'6.50"O	100 gr.	38.0gr	34.0gr	25.0gr	2.5gr	0gr	Arena gruesa
73	16°17'25.20"N	94°24'14.20"O	100 gr.	20.0gr	15.0gr	40.0gr	25.0gr	0gr	Arena fina
74	16°16'53.60"N	94°24'23.40"O	100 gr.	71.0gr	20.0gr	3.0gr	1.5gr	4gr	Arena gruesa
75	16°16'34.50"N	94°23'15.30"O	100 gr.	88.0gr	9.0gr	4.5gr	0.3gr	0gr	Arena gruesa
76	16°16'8.60"N	94°22'14.80"O	100 gr.	60.0gr	20.0gr	18.0gr	1.2gr	0gr	Arena gruesa
77	16°15'0.10"N	94°22'3.10"O	100 gr.	17.0gr	19.0gr	50.0gr	2.5gr	11gr	Arena fina, lodosa
78	16°13'43.10"N	94°21'48.40"O	100 gr.	22.0gr	19.0gr	40.0gr	8.2gr	10gr	Arena fina, lodosa
79	16°14'4.70"N	94°22'54.10"O	100 gr.	30.0gr	20.0gr	40.0gr	9.8gr	0gr	Arena fina
80	16°15'22.20"N	94°23'6.90"O	100 gr.	25.0gr	35.0gr	39.0gr	0.5gr	0gr	Arena fina

Anexo B-3. Resultado del análisis granulométrico de Tamizado, aplicado a los sedimentos del sistema lagunar Mar Muerto, de la estación 41 a la 80.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PESO TOTAL MUESTRA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	ARENA MUY FINA	LODO	TIPO DE SEDIMENTO
				MALLA 0.50 mm	MALLA 0.248 mm	MALLA 0.1041 mm	MALLA 0.0635 mm	< 0.02 mm	
81	16°15'45.30"N	94°24'5.30"O	100 gr.	47.0gr	12.0gr	33.0gr	7.8gr	0gr	Arena gruesa
82	16°14'59.90"N	94°24'46.70"O	100 gr.	50.0gr	10.0gr	20.5gr	19.0gr	0gr	Arena gruesa
83	16°14'29.60"N	94°23'57.40"O	100 gr.	85.0gr	8.5gr	4.5gr	1.9gr	0gr	Arena gruesa
84	16°14'1.40"N	94°25'52.60"O	100 gr.	22.0gr	18.0gr	50.0gr	9.8gr	0gr	Arena fina
85	16°13'41.60"N	94°24'51.00"O	100 gr.	20.0gr	16.0gr	55.0gr	8.5gr	0gr	Arena fina
86	16°13'15.90"N	94°23'49.10"O	100 gr.	24.8gr	16.5gr	49.9gr	7.9gr	0gr	Arena fina
87	16°12'55.40"N	94°22'54.70"O	100 gr.	45.0gr	15.0gr	35.0gr	4.5gr	0gr	Arena gruesa
88	16°12'0.50"N	94°23'32.80"O	100 gr.	40.0gr	27.0gr	26.0gr	7.5gr	0gr	Arena gruesa
89	16°12'42.00"N	94°24'48.70"O	100 gr.	55.0gr	25.0gr	15.0gr	4.8gr	0gr	Arena gruesa
90	16°13'4.10"N	94°25'48.60"O	100 gr.	33.0gr	7.0gr	10.0gr	39.0gr	11.0gr	Arena muy fina, lodosa
91	16°12'3.50"N	94°25'7.70"O	100 gr.	40.5gr	19.5gr	31.5gr	8.8gr	0gr	Arena gruesa
92	16°11'34.90"N	94°24'12.10"O	100 gr.	25.5gr	61.0gr	2.3gr	10.6gr	0gr	Arena media
93	16°11'11.20"N	94°23'24.40"O	100 gr.	9.0gr	29.5gr	55.5gr	5.8gr	0gr	Arena fina
94	16°11'36.90"N	94°22'24.60"O	100 gr.	14.5gr	38.5gr	42.0gr	4.4gr	0gr	Arena fina
95	16°12'25.20"N	94°21'34.70"O	100 gr.	69.0gr	5.0gr	25.0gr	0.5gr	0gr	Arena gruesa
96	16°12'57.10"N	94°19'46.70"O	100 gr.	65.0gr	10.0gr	5.0gr	19.0gr	0gr	Arena gruesa
97	16°12'30.40"N	94°18'41.20"O	100 gr.	50.0gr	30.0gr	15.0gr	5.0gr	0gr	Arena gruesa
98	16°11'38.70"N	94° 7'15.10"O	100 gr.	45.0gr	35.0gr	15.0gr	4.7gr	0gr	Arena gruesa
99	16°12'56.70"N	94° 7'24.70"O	100 gr.	5.0gr	13.0gr	55.0gr	16.8gr	9.gr	Arena fina, lodosa
100	16°13'2.90"N	94° 8'17.60"O	100 gr.	5.0gr	25.0gr	30.0gr	40.0gr	0gr	Arena muy fina
101	16°12'10.20"N	94° 9'22.10"O	100 gr.	5.9gr	20.0gr	56.0gr	17.0gr	0gr	Arena fina
102	16°11'36.20"N	94°10'4.60"O	100 gr.	10gr	10.0gr	22.0gr	50.0gr	7gr	Arena muy fina, lodosa
103	16°11'39.20"N	94°11'14.50"O	100 gr.	18.0gr	12.0gr	50.0gr	16.0gr	0gr	Arena fina
104	16°11'0.90"N	94°12'10.90"O	100 gr.	18.0gr	13.0gr	21.0gr	39.0gr	9gr	Arena muy fina, lodosa
105	16°11'27.90"N	94°13'27.30"O	100 gr.	90.0gr	4.0gr	6.0gr	0gr	0gr	Arena gruesa
106	16°12'4.20"N	94°14'38.00"O	100 gr.	75.0gr	10.0gr	12.0gr	2.9gr	0gr	Arena gruesa
107	16°11'15.10"N	94°15'35.90"O	100 gr.	88.5gr	7.5gr	2.8gr	0.5gr	0gr	Arena gruesa
108	16°11'43.10"N	94°16'41.90"O	100 gr.	58.0gr	5.0gr	14.0gr	24.0gr	9.0gr	Arena gruesa, lodosa
109	16°12'2.20"N	94°17'39.40"O	100 gr.	60.0gr	15.5gr	19.0gr	5.0gr	0gr	Arena gruesa
110	16°11'20.70"N	94°18'33.30"O	100 gr.	60.0gr	25.0gr	11.0gr	3.5gr	0gr	Arena gruesa
111	16°11'40.60"N	94°19'34.10"O	100 gr.	70.0gr	11.0gr	15.0gr	3.0gr	0gr	Arena gruesa
112	16°12'5.30"N	94°20'42.60"O	100 gr.	35.0gr	25.0gr	36.6gr	3.0gr	0gr	Arena fina
113	16°11'18.40"N	94°21'27.20"O	100 gr.	16.0gr	52.0gr	29.5gr	2.5gr	0gr	Arena media
114	16°10'41.50"N	94°22'12.20"O	100 gr.	32.3gr	19.0gr	38.5gr	9.1gr	0gr	Arena media
115	16°10'21.00"N	94°21'13.30"O	100 gr.	40.2gr	12.0gr	22.5gr	12.2gr	13gr	Arena gruesa, lodosa
116	16°10'57.00"N	94°20'26.50"O	100 gr.	50.0gr	14.0gr	22.0gr	4gr	9.5gr	Arena gruesa, lodosa
117	16°10'50.50"N	94°19'37.60"O	100 gr.	80.0gr	5.0gr	15.0gr	0gr	0gr	Arena gruesa
118	16°10'33.60"N	94°18'33.40"O	100 gr.	90.0gr	2.0gr	7.8gr	0gr	0gr	Arena gruesa
119	16°10'41.40"N	94°17'22.50"O	100 gr.	68.0gr	1.6gr	15.0gr	15.5gr	0gr	Arena gruesa
120	16°10'14.50"N	94°16'25.30"O	100 gr.	75.5gr	5.0gr	13.0gr	6.5gr	0gr	Arena gruesa

Anexo B-4. Resultado del análisis granulométrico de Tamizado, aplicado a los sedimentos del sistema lagunar Mar Muerto, de la estación 81 a la 120.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	PESO TOTAL MUESTRA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	ARENA MUY FINA	LODO	TIPO DE SEDIMENTO
				MALLA 0.50 mm	MALLA 0.248 mm	MALLA 0.1041 mm	MALLA 0.0635 mm	< 0.02 mm	
121	16° 9'58.50"N	94° 15'51.10"O	100 gr.	70.0gr	12.0gr	13.0gr	4.8gr	0gr	Arena gruesa
122	16° 9'57.10"N	94° 15'11.80"O	100 gr.	73.8gr	11.5gr	11.0gr	3.0gr	0gr	Arena gruesa
123	16° 10'46.20"N	94° 14'42.10"O	100 gr.	72.0gr	20.0gr	7.0gr	0.5gr	0gr	Arena gruesa
124	16° 10'39.70"N	94° 13'35.50"O	100 gr.	80.0gr	6.0gr	3.5gr	0gr	10.5gr	Arena gruesa, lodosa
125	16° 10'23.90"N	94° 13'58.20"O	100 gr.	75.0gr	3.0gr	5.0gr	8.0gr	9gr	Arena gruesa, lodosa
126	16° 9'51.30"N	94° 13'28.80"O	100 gr.	85.0gr	10.0gr	2.8gr	2.2gr	0gr	Arena gruesa
127	16° 9'27.90"N	94° 12'31.20"O	100 gr.	71.0gr	16.0gr	7.5gr	5.3gr	0gr	Arena gruesa
128	16° 9'55.60"N	94° 11'51.10"O	100 gr.	80.0gr	5.0gr	10.0gr	4.9gr	0gr	Arena gruesa
129	16° 9'5.80"N	94° 11'46.40"O	100 gr.	40.0gr	17.0gr	22.5gr	25.0gr	0gr	Arena gruesa
130	16° 8'40.40"N	94° 10'53.40"O	100 gr.	43.5gr	16.0gr	36.0gr	4.5gr	0gr	Arena gruesa
131	16° 9'35.60"N	94° 10'51.60"O	100 gr.	45.0gr	16.0gr	33.0gr	6.0gr	0gr	Arena gruesa
132	16° 9'8.40"N	94° 9'49.70"O	100 gr.	53.0gr	35.0gr	11.0gr	0.5gr	0gr	Arena gruesa
133	16° 10'32.40"N	94° 10'23.17"O	100 gr.	30.0gr	10.0gr	50.0gr	9.5gr	0gr	Arena fina
134	16° 9'57.40"N	94° 8'52.80"O	100 gr.	40.5gr	18.0gr	30.0gr	9.0gr	0gr	Arena gruesa
135	16° 11'12.00"N	94° 9'9.10"O	100gr	70.0gr	27.0gr	2.6gr	0.2gr	0gr	Arena gruesa
136	16° 12'3.30"N	94° 8'16.70"O	100 gr.	3.0gr	11.0gr	35.0gr	4.0gr	10gr	Arena muy fina, lodosa
137	16° 10'49.30"N	94° 8'3.50"O	100 gr.	12.0gr	19.5gr	30.0gr	16.0gr	10.5gr	Arena fina, lodosa
138	16° 9'34.10"N	94° 7'52.60"O	100 gr.	80.0gr	5.0gr	3.5gr	11.0gr	0gr	Arena gruesa
139	16° 8'42.40"N	94° 8'47.80"O	100 gr.	40.0gr	20.0gr	16.0gr	23.5gr	0gr	Arena gruesa
140	16° 7'57.60"N	94° 9'37.50"O	100 gr.	56.0gr	24.0gr	13.0gr	5.3gr	0gr	Arena gruesa
141	16° 7'29.80"N	94° 8'33.60"O	100 gr.	40.0gr	22.0gr	20.0gr	8.0gr	9gr	Arena gruesa
142	16° 7'3.60"N	94° 9'7.30"O	100 gr.	50.0gr	11.0gr	30.0gr	8.5gr	0gr	Arena gruesa
143	16° 6'31.20"N	94° 8'23.20"O	100 gr.	60.0gr	10.0gr	20.0gr	10.0gr	0gr	Arena gruesa
144	16° 7'5.50"N	94° 7'31.30"O	100 gr.	20.0gr	14.0gr	40.0gr	25.8gr	0gr	Arena fina
145	16° 8'18.20"N	94° 7'44.90"O	100 gr.	9.5gr	17.0gr	45.0gr	16.8gr	12.5gr	Arena fina, lodosa
146	16° 8'4.60"N	94° 6'40.90"O	100 gr.	15.0gr	20.0gr	35.0gr	29.0gr	0gr	Arena fina
147	16° 6'40.80"N	94° 6'25.60"O	100 gr.	19.0gr	15.0gr	40.0gr	17.0gr	8gr	Arena fina, lodosa
148	16° 6'6.30"N	94° 7'6.70"O	100 gr.	30.0gr	10.0gr	20.0gr	39.0gr	0gr	Arena muy fina
149	16° 5'49.80"N	94° 6'5.40"O	100 gr.	35.0gr	15.0gr	30.0gr	28.8gr	0gr	Arena gruesa
150	16° 6'17.90"N	94° 5'24.10"O	100 gr.	55.0gr	10.0gr	15.0gr	19.5gr	0gr	Arena gruesa
151	16° 5'59.20"N	94° 4'22.40"O	100 gr.	43.0gr	30.0gr	24.0gr	3.0gr	0gr	Arena gruesa
152	16° 5'26.80"N	94° 4'42.20"O	100 gr.	29.5gr	36.0gr	31.0gr	3.5gr	0gr	Arena media
153	16° 4'43.30"N	94° 3'52.73"O	100 gr.	4.5gr	20.0gr	35.0gr	40.3gr	0gr	Arena muy fina
154	16° 5'27.60"N	94° 3'14.60"O	100 gr.	2.0gr	15.0gr	30.0gr	53.0gr	0gr	Arena muy fina
155	16° 4'58.00"N	94° 2'28.20"O	100 gr.	1.0gr	40.0gr	49.0gr	9.0gr	0gr	Arena fina
156	16° 4'3.82"N	94° 3'4.74"O	100 gr.	1.5 gr	37.8 gr	55.0 gr	5.2 gr	0 gr	Arena fina
157	16° 3'3.88"N	94° 3'1.29"O	100 gr.	2.9gr	36.6gr	53.1gr	6.3gr	0gr	Arena fina

Anexo B-5. Resultado del análisis granulométrico de Tamizado, aplicado a los sedimentos del sistema lagunar Mar Muerto, de la estación 121 a la 157.