



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas,
Oceánicas y Recursos Naturales**

“Estudio de Condiciones Físicas, Químicas y Biológicas
en la Zona Intermareal de Dos Sectores del Estero Salado
con Diferente Desarrollo Urbano”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

Presentada por:

MONSERRATE MAGGI BERTHA LORENA

MEDINA CARRIÓN JOSÉ FRANCISCO

GUAYAQUIL – ECUADOR

2011

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos culminar una meta más en nuestras vidas.

A nuestras familias, por el amor, apoyo, guía y paciencia en nuestra formación humana y académica.

A nuestra tutora de tesis, Dra. Paola Calle y evaluadores M.Sc. Marco Álvarez y Dr. Marcelo Muñoz; a los profesores Blga. Karina González, M.Sc. Verónica Ruiz, Blga. Madeleine Calle por contribuir en nuestra formación académica, profesional y culminación de nuestra tesis.

Al Centro de Investigación de Ciencia y Tecnología (CICYT-ESPOL) por el financiamiento otorgado para el desarrollo de la tesis.

A instituciones como el Ministerio de Ambiente, Instituto Nacional de Pesca, M. I. Municipalidad de Guayaquil, Universidad de Guayaquil, por la información y fuente bibliográfica proporcionada.

Al Ing. Jorge Calle y David Altamirano por la realización de mapas digitales.

A nuestros amigos y colaboradores: Alejandra Ibarra, Lissette Litardo, Santiago Coello, Analy Guamán, Cristina Morales, David Pacheco, Ricardo Laica, Francisco Valarezo, Carmita Mosquera, Lucas, Toño, Don Hugo y Don Nelson.

DEDICATORIA

Especialmente a mis padres, quienes son mis primeros maestros cariñosos, comprensivos y pacientes, que han guiado siempre mi camino y han depositado su confianza en mí, para convertirme en una profesional.

A mis hermanos queridos por darme su apoyo incondicional en todo momento.

A mi esposo por sus palabras motivadoras, y a mi hijo Juan David por permitirme conocer el amor más puro que una mujer puede sentir.

A toda mi familia, los llevo en mi corazón, son los pilares y soporte de mi vida, esta tesis no la hubiera podido culminar sin ayuda de ustedes.

Bertha Lorena Monserrate Maggi

A Dios Todopoderoso, por la salud, fuerza y bendición brindada cada día de mi vida.

A mis padres, Francisco y Paquita, por ser los mejores del mundo, brindándome el amor, cariño y comprensión en todo momento.

A mis hermanos, Luis Alberto, Ma.Sol y el pequeño DJ, por ser mis compañeros fraternos de toda la vida.

A mi Bella, Cristina, por estar conmigo en esta nueva etapa de la vida, otorgándome su amor, ánimo y apoyo incondicional.

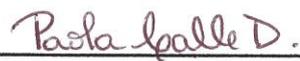
A mi gran familia, por las alegrías y momentos de felicidad.

José Francisco Medina Carrión

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



M.Sc. Jerry Landívar Z.
DECANO DE LA FIMCBOR



Paola Calle D., Ph.D.
DIRECTORA DE TESIS



M.Sc. Marco Álvarez G.
EVALUADOR

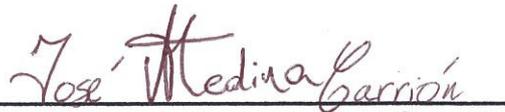
DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Bertha Lorena Monserrate Maggi', written over a horizontal line.

Bertha Lorena Monserrate Maggi

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'José Francisco Medina Carrión', written over a horizontal line.

José Francisco Medina Carrión

RESUMEN

El Estero Salado es un sistema estuarino, considerado como un referente geográfico que caracteriza a Guayaquil, la ciudad más poblada del Ecuador. Las actividades antropogénicas que se realizan en la urbe y en sus alrededores, han afectado en diferente grado, las condiciones ambientales y estética paisajística del Estero Salado. Las zonas intermareales son la conexión entre los estuarios y tierras firmes, donde se presenta una respuesta inmediata a las alteraciones del ecosistema.

En verano de 2008 e invierno de 2009, se realizó un estudio comparativo de las condiciones físicas, químicas y biológicas en la zona intermareal de dos sectores del Estero Salado, con diferente grado de desarrollo urbano, en base al porcentaje de las cubiertas no permeables (techos de viviendas, aceras, carreteras), uso de suelo y densidad poblacional, con la finalidad de determinar las condiciones actuales y el grado de afectación del Estero, incluyendo la distribución y abundancia de organismos macroinvertebrados bentónicos.

El primer sector de estudio, incrustado en el área metropolitana de la urbe, se lo denominó como Sector que Atraviesa la Ciudad de Guayaquil (SAC) y se determinó que el 83.21% de su cobertura de suelo corresponde a cubiertas no permeables, con 93 ind/ha, considerando su cuenca incidental como urbana. El segundo sector se encuentra ubicado dentro de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS) con 16.34% de cubiertas no permeables, 16.45% camaroneras con 3 ind/ha, considerando su cuenca incidental como suburbana.

Cada sector fue dividido en tres estaciones, y en cada estación se midieron *in situ*, los parámetros de la calidad del agua como: temperatura (°C), salinidad (ups), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (mg/l), porcentaje de saturación (%), sólidos disueltos totales (g/l), conductividad (mS/cm), sulfuro de hidrógeno (SH₂), y amoníaco (NH₃). De la misma manera, se recolectaron muestras de sedimento para análisis de concentración de amoníaco intersticial, textura de sedimento (porcentajes de arenas, limos y arcillas), y muestras para biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos.

SAC se caracterizó por presentar, en ambas épocas de estudio, fluctuaciones grandes de salinidad, niveles de oxígeno disuelto por debajo del límite mínimo permisible indicado en TULAS (5mg/l) e inclusive anoxia (<2mg/l); y

concentraciones de sulfuro de hidrógeno por encima del límite máximo permisible indicado en TULAS (hasta 0,0002mg/l). Además, este sector presentó una baja diversidad de macroinvertebrados bentónicos, con sólo 8 especies en verano y 5 en invierno. El sector de la RPFMS presentó, en verano, niveles normales de oxígeno disuelto ($>5\text{mg/l}$), con una diversidad de 22 especies; con una diferencia durante el invierno, ya que se registraron niveles de hipoxia ($<4\text{mg/l}$) y anoxia ($<2\text{mg/l}$), con una diversidad de 12 especies. En ambos sectores del Estero Salado, la familia Tubificidae, presentó una abundancia numérica dominante.

Tanto en verano como en invierno, ambos sectores del Estero Salado, presentaron diferencias significativas para la mayoría de los parámetros de la calidad de agua y sedimento (OD, pH, salinidad, temperatura, SH_2 , TDS, conductividad, % de arenas, % de limos y arcillas, riqueza bentónica). Lo que confirman que SAC (urbano) se encuentra más degradado que el sector de la RPFMS (suburbano). Sin embargo, bajas concentraciones de oxígeno disuelto reportadas durante el invierno en la RPFMS, nos dan una alerta de que se deben tomar medidas necesarias para preservar esta Reserva Ecológica, que ha comenzado a ser afectada por el crecimiento urbano.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES DEL ESTERO SALADO.....	5
1.1. Aspectos Físicos.....	5
1.1.1. Clima.....	7
1.1.2. Importancia ecológica.....	8
1.1.3. Áreas protegidas.....	8
1.2. Sectores de estudio	10
1.2.1. Sector que atraviesa la ciudad de Guayaquil (SAC).....	11
1.2.2. Sector de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS).....	14
1.3. Factores Antropogénicos.....	16

1.3.1. Factores Antropogénicos que afectan a SAC.....	19
1.3.2. Factores Antropogénicos que afectan a la RPFMS.....	20

CAPITULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.1. Modelo de Holland.....	23
2.1.1. Clasificación de la cobertura de suelo de las Áreas de estudio	25
2.2. Recolección de muestras.....	27
2.3. Análisis en Laboratorio.....	32
2.3.1. Metodología para determinación de parámetros Físicos....	32
2.3.1.1. Análisis físico de la textura del sedimento.....	32
2.3.2. Metodología para determinación de parámetros Químicos..	32
2.3.2.1. Determinación de Amonio intersticial en muestras de agua.....	32
2.3.2.2. Determinación de Amoniaco en muestras de sedimento.....	33
2.3.3. Análisis de organismos macroinvertebrados.....	33
2.3.3.1. Separación e identificación de organismos	33

3.2.5. Sólidos disueltos totales (TDS).....	51
3.2.6. Conductividad.....	52
3.2.7. Sulfuro de Hidrógeno (SH ₂).....	54
3.2.8. Amoniacó en agua (NH ₃).....	55
3.2.9. Textura del sedimento en verano 2008.....	57
3.2.10. Porcentaje de Humedad.....	62
3.2.11. Amoniacó en sedimento.....	63
3.3. Parámetros físico-químicos tomados en época de invierno 2009....	65
3.3.1. Temperatura.....	65
3.3.2. Oxígeno disuelto.....	66
3.3.3. Salinidad.....	68
3.3.4. Potencial de hidrógeno (pH).....	69
3.3.5. Sólidos disueltos totales (TDS).....	71
3.3.6. Conductividad.....	72
3.3.7. Sulfuro de hidrógeno (SH ₂).....	74
3.3.8. Amoniacó en agua (NH ₃).....	75
3.3.9. Textura del sedimento en invierno 2009.....	77
3.3.10. Porcentaje de humedad.....	82
3.3.11. Amoniacó en sedimento (NH ₃).....	83
3.4. Parámetros Biológicos.....	85

3.4.1. Macroinvertebrados bentónicos, SAC verano 2008.....	85
3.4.2. Macroinvertebrados bentónicos, RPFMS verano 2008.....	89
3.4.3. Macroinvertebrados bentónicos, SAC invierno 2009.....	95
3.4.4. Macroinvertebrados bentónicos, RPFMS invierno 2009.....	99
3.5. Diferencia entre estaciones.....	105
3.5.1. Verano 2008.....	105
3.5.2. Invierno 2009.....	106
3.5.3. Diferencias por sector y época de año.....	106

CAPITULO 4

4. DISCUSIÓN.....	108
4.1. Cubiertas no permeables como estresores en el Estero Salado.....	108
4.2. Parámetros Físicos-Químicos.....	110
4.2.1. Temperatura.....	110
4.2.2. Oxígeno Disuelto.....	114
4.2.3. Salinidad.....	119
4.2.4. Potencial de Hidrógeno (pH).....	122
4.2.5. Sulfuro de Hidrógeno (SH ₂).....	124
4.3. Porcentajes de la Textura física del sedimento.....	127

4.4. Macroinvertebrados bentónicos.....	129
CONCLUSIONES.....	136
RECOMENDACIONES.....	139
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	
GLOSARIO	

ABREVIATURAS

cm	Centímetros
g/l	Gramos por litro
GPS	Global Position System
ind/m ²	Individuo por metro cuadrado
Km	Kilómetros
km ²	Kilómetros cuadrados
m	Metros
µm	Micras
mg/l	Miligramos por litro
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mS/cm	Micro Siemens por centímetro
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
m ³ /d	Metros cúbicos por día
pH	Potencial de Hidrógeno
rpm	Revoluciones por minuto
RPFMS	Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado
SAC	Sector que atraviesa la ciudad
ups	Unidades prácticas de salinidad

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Zonas y tramos de estudio del Estero Salado dentro del Golfo de Guayaquil.....	12
Figura 2.	Estación Barcelona - Sector que atraviesa la ciudad (SAC).....	13
Figura 3.	Estación Puerto Hondo-sector de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS).....	16
Figura 4.	Resumen del Modelo Conceptual de los vínculos desarrollados en las zonas intermareales de los esteros, tomado de Holland <i>et.al</i> , 2004.....	25
Figura 5.	Estaciones y puntos de muestreo en SAC. (Fuente Google Earth, 2009).....	29
Figura 6.	Estaciones y puntos de muestreo en el sector de la RPFMS. (Fuente Google Earth, 2009).....	30
Figura 7.	Diagrama de la metodología en campo.....	31
Figura 8.	Clasificación de la cobertura de suelo en SAC.....	42
Figura 9.	Clasificación de la cobertura de suelo en el sector de la RPFMS....	44
Figura 10.a.	Valores promedios de temperatura en cada estación de estudio....	45
Figura 10.b.	Valores promedios de temperatura en SAC y en el sector de la RPFMS.....	46
Figura 11.a.	Valores promedios de oxígeno disuelto en cada estación de estudio	47
Figura 11.b.	Valores promedios de oxígeno disuelto en SAC y en el sector de la RPFMS.....	47
Figura 12.a.	Valores promedios de salinidad en cada estación de estudio.....	48
Figura 12.b.	Valores promedios de salinidad en SAC y en el sector de la RPFMS	49
Figura 13.a.	Valores promedios de pH en cada estación de estudio.....	50
Figura 13.b.	Valores promedios de pH en SAC y en el sector de la RPFMS.....	50
Figura 14.a.	Valores promedios de TDS encontrados en cada estación de estudio.....	51

Figura 14.b.	Valores promedios de TDS en SAC y en el sector de la RPFMS.....	52
Figura 15.a.	Valores promedios de conductividad en cada estación de estudio...	53
Figura 15.b.	Valores promedios de conductividad en SAC y en el sector de la RPFMS.....	53
Figura 16.a.	Valores promedios de SH ₂ en cada estación de estudio.....	54
Figura 16.b.	Valores promedios de SH ₂ en SAC y en el sector de la RPFMS.....	55
Figura 17.a.	Valores promedios de amoniaco en agua en cada estación de estudio.....	56
Figura 17.b.	Valores promedios de amoniaco en agua, en SAC y en el sector de la RPFMS.....	56
Figura 18.a.	Valores promedios de porcentajes de arenas en cada estación de estudio.....	58
Figura 18.b.	Valores promedios de porcentajes de arenas en SAC y en el sector de la RPFMS.....	58
Figura 19.a.	Valores promedios de porcentajes de limos en cada estación de estudio.....	59
Figura 19.b.	Valores promedios de porcentajes de limos en SAC y en el sector de la RPFMS.....	60
Figura 20.a.	Valores promedios de porcentajes de arcillas en cada estación de estudio.....	61
Figura 20.b.	Valores promedios de porcentajes de arcillas en SAC y en el sector de la RPFMS.....	61
Figura 21.a.	Valores promedios de humedad en cada estación de estudio.....	62
Figura 21.b.	Valores promedios de humedad en SAC y en el sector de la RPFMS.....	63
Figura 22.a.	Valores promedios de amoniaco en sedimento, en cada estación de estudio.....	64
Figura 22.b.	Valores promedios de amoniaco en sedimento, en SAC y en el sector de la RPFMS.....	64
Figura 23.a.	Valores promedios de temperatura en cada estación de estudio.....	65
Figura 23.b.	Valores promedios de temperatura en SAC y en el sector de la RPFMS.....	66
Figura 24.a.	Valores promedios de oxígeno disuelto en cada estación de estudio	67
Figura 24.b.	Valores promedios de oxígeno disuelto en SAC y en el sector de la RPFMS.....	67

Figura 25.a.	Valores promedios de salinidad en cada estación de estudio.....	68
Figura 25.b.	Valores promedios de salinidad en SAC y en el sector de la RPFMS	69
Figura 26.a.	Valores promedios de pH en cada estación de estudio.....	70
Figura 26.b.	Valores promedios de pH en SAC y en el sector de la RPFMS.....	70
Figura 27.a.	Valores promedios de TDS en cada estación de estudio.....	71
Figura 27.b.	Valores promedios de TDS en SAC y en el sector de la RPFMS....	72
Figura 28.a.	Valores promedios de conductividad en cada estación de estudio..	73
Figura 28.b.	Valores promedios de conductividad en SAC y en el sector de la RPFMS.....	73
Figura 29.a.	Valores promedios de SH ₂ en cada estación de estudio.....	74
Figura 29.b.	Valores promedios de SH ₂ en SAC y en el sector de la RPFMS.....	75
Figura 30.a.	Valores promedios de amoniaco en agua, en cada estación de estudio.....	76
Figura 30.b.	Valores promedios de amoniaco en agua, en SAC y en el sector de la RPFMS.....	76
Figura 31.a.	Valores promedios de porcentajes de arenas en cada estación de estudio.....	78
Figura 31.b.	Valores promedios de porcentajes de arenas en SAC y en el sector de la RPFMS.....	78
Figura 32.a.	Valores promedios de porcentajes de limos en cada estación de estudio.....	79
Figura 32.b.	Valores promedios de porcentajes de limos en SAC y en el sector de la RPFMS.....	80
Figura 33.a.	Valores promedios de porcentajes de arcillas en cada estación de estudio.....	81
Figura 33.b.	Valores promedios de porcentajes de arcillas en SAC y en el sector de la RPFMS.....	81
Figura 34.a.	Valores promedios de humedad en cada estación de estudio.....	82
Figura 34.b.	Valores promedios de humedad en SAC y en el sector de la RPFMS.....	83
Figura 35.a.	Valores promedios de amoniaco en sedimento en cada estación de estudio.....	84
Figura 35.b.	Valores promedios de amoniaco en sedimento en SAC y en el sector de la RPFMS.....	84
Figura 36.	Phyla identificados en SAC verano 2008.....	85

Figura 37.	Phyla identificados en el sector de la RPFMS verano 2008.....	89
Figura 38.	Phyla identificados en SAC invierno 2009.....	96
Figura 39.	Phyla identificados en el sector de la RPFMS invierno 2009.....	100
Figura 40 a.	Reportes de temperatura de años anteriores en SAC.....	112
Figura 40 b.	Reportes de temperatura de años anteriores en RPFMS.....	113
Figura 41 a.	Reportes de oxígeno disuelto de años anteriores en SAC.....	117
Figura 41 b.	Reportes de oxígeno disuelto de años anteriores en RPFMS.....	118
Figura 42 a.	Reportes de salinidad de años anteriores en SAC.....	121
Figura 42 b.	Reportes de salinidad de años anteriores en RPFMS.....	122
Figura 43 a.	Reportes de pH de años anteriores en SAC.....	123
Figura 43 b.	Reportes de pH de años anteriores en RPFMS.....	124
Figura 44 a.	Reportes de sulfuro de hidrógeno de años anteriores en SAC.....	126
Figura 44 b.	Reportes de sulfuro de hidrógeno de años anteriores en RPFMS....	126

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla I.	Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en SAC y del sector de la RPFMS.....	28
Tabla II.	Número de individuos encontrados en Barcelona, SAC verano 2008.....	86
Tabla III.	Número de individuos encontrados en Kennedy, SAC verano 2008.....	87
Tabla IV.	Número de individuos encontrados en Urdesa, SAC verano 2008.....	87
Tabla V.	Resumen de los grupos taxonómicos en SAC verano 2008.....	88
Tabla VI.	Número de individuos encontrados en Puerto Hondo, RPFMS verano 2008.....	90
Tabla VII.	Número de individuos encontrados en Madre Costal, RPFMS verano 2008.....	91
Tabla VIII.	Número de individuos encontrados en Plano Seco, RPFMS verano 2008.....	92
Tabla IX.	Resumen de taxones encontrados en el sector de la RPFMS verano 2008.....	94
Tabla X.	Número de individuos encontrados en Barcelona, SAC invierno 2009.....	96
Tabla XI.	Número de individuos encontrados en Kennedy, SAC invierno 2009.....	97
Tabla XII.	Número de individuos encontrados en Urdesa, SAC invierno 2009.....	98
Tabla XIII.	Resumen de los grupos taxonómicos en SAC invierno 2009.....	99
Tabla XIV.	Número de individuos encontrados en Puerto Hondo, RPFMS invierno 2009.....	101
Tabla XV.	Número de individuos encontrados en Madre Costal, RPFMS invierno 2009.....	102
Tabla XVI.	Número de individuos encontrados en Plano Seco, RPFMS invierno 2009.....	103
Tabla XVII.	Resumen de los grupos taxonómicos en RPFMS invierno 2009.....	104

INTRODUCCIÓN

El Estero Salado es un sistema estuarino que forma parte del Golfo de Guayaquil, considerado el más grande y uno de los sitios más productivos de la costa Este del Pacífico en América del Sur que concentra el 81% de sistema de manglares del país. Estos sistemas estuarinos ofrecen una variedad de bienes y servicios ecológicos económicamente importantes para el sustento de la población como el turismo y pesca.

El Estero Salado es un brazo de mar que se extiende aproximadamente 60km desde el Puerto Marítimo de Guayaquil hasta Posorja, limitado por un escaso suministro de agua fresca que permite la intrusión profunda de agua salina, lo que da lugar a su nombre. El Estero se encuentra ubicado al occidente del Río Guayas y sus ramificaciones norte circulan el borde Sur-Occidental de la ciudad de Guayaquil.

Dentro de este ecosistema se han delimitado áreas de interés estratégico para el manejo sustentable de los recursos, como: El Bosque Protector Salado del Norte de 47,15 hectáreas, Bosque Protector Puerto Hondo de 2.000 hectáreas, y la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado con 5.407 hectáreas.

Sin embargo, pese a los esfuerzos, el deterioro de los hábitats naturales producto del desarrollo urbano, es un problema ambiental a escala mundial, y el Estero Salado no es la excepción; por incursionar en Guayaquil, la ciudad más poblada del Ecuador, el crecimiento demográfico y las actividades industriales que conllevan a la falta de abastecimiento de un adecuado sistema de canalización de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales, disposición final de los desechos sólidos, entre otros; que han influenciado de una u otra manera al deterioro de la calidad ambiental y cambios del paisaje del Estero.

Aguas residuales con poco o ningún tratamiento, ingresan de manera puntual a los diferentes ramales del Estero, cerca de un 60% correspondientes a uso doméstico y 40% de uso industrial. Adicionalmente, al Estero Salado ingresan contaminantes de manera no puntual, por las escorrentías provenientes de zonas de cultivo y explotación de canteras ubicadas en la periferia de la ciudad. Además son arrastrados basura, lixiviados y contaminantes provenientes de las superficies no permeables (techos, puentes, calles, aceras), lo que ha afectado a través de los años al número de especies, abundancia y tamaño de organismos que habitan en este Estero, ya que son de importancia ecológica y comercial.

Debido a la preocupación existente por el desarrollo de zonas costeras que comprometería a la zona más prístina del Estero Salado, es necesario estudios ambientales para determinar las condiciones actuales de sectores del Estero con diferente desarrollo urbano.

La hipótesis de esta tesis establece si la calidad ambiental del agua, sedimento y biota en el sector del Estero Salado que atraviesa la ciudad (SAC), se encuentra mayormente deteriorado que la calidad ambiental del Sector del Estero que ingresa a la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS).

Por lo tanto, se planteó como objetivo general, el determinar las condiciones físicas, químicas y biológicas en la zona intermareal de dos sectores del Estero Salado con diferente desarrollo urbano.

Además de los objetivos específicos:

- Determinar el grado de desarrollo urbano en ambos sectores del Estero Salado, en base al porcentaje de cubiertas impermeables, densidad poblacional y uso de suelo (Holland *et. al.*, 2004).
- Determinar la distribución y abundancia de organismos macrobentónicos en SAC y en el sector de la RPFMS.
- Comparar las condiciones ambientales de cada sector del Estero Salado.

En la actualidad existen estudios con fines científicos y estratégicos para restituir la calidad ambiental del Estero Salado; sin embargo, estos estudios son puntuales y aislados. Por lo que, la presente tesis es una aportación a la información disponible, donde se han combinado parámetros físicos, químicos y biológicos en general, que servirán para tomar medidas de recuperación del Estero y prevenir que otros sectores de menor influencia antropogénica como la Reserva de Producción Manglares el Salado, sufran el deterioro de su hábitat y entorno natural.

La presente Tesis forma parte de los objetivos proyectados por el Laboratorio de Ecotoxicología de la Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales (FIMCBOR), que contó con el financiamiento del Centro de Investigaciones de Ciencia y Tecnología (CICYT) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES DEL ESTERO SALADO

1.1. Aspectos Físicos

Los estuarios son cuerpos de agua semi-cerrados que tienen conexión con el océano abierto y con una mezcla de agua salada con agua fresca proveniente del drenaje de los ríos [1, 2, 3]. Sus suelos se encuentran periódicamente sumergidos por la influencia de las mareas y sus fluctuaciones de salinidad hacen que sus componentes vegetales y animales se adapten a estas condiciones especiales del ambiente. Estos sistemas estuarinos ofrecen una variedad de bienes y servicios ecológicos, económicamente importantes para la sustentación de comunidades costeras; por su alta producción de materia orgánica permiten el mantenimiento de poblaciones de organismos acuáticos como peces, moluscos y crustáceos de valor comercial [4, 5, 6, 7, 8].

El Estero Salado es un brazo de mar que forma parte del estuario interior del Golfo de Guayaquil; limitado por las aportaciones de agua que recibe del Océano Pacífico y por el occidente del río Guayas. El escaso suministro de agua fresca permite una intrusión profunda del agua salina, lo que da lugar a su nombre.

El origen del Estero Salado se debe al aporte sedimentario del río Guayas, complejo sistema de islas separadas por canales de marea, que forman una barrera larga desde la ciudad de Guayaquil hasta las proximidades de la Isla Puná [9, 10, 11]. El Estero Salado se extiende aproximadamente 60km desde el Puerto Marítimo de Guayaquil hasta Posorja; su boca en el Canal del Morro es angosta y profunda con 3km de ancho y casi 60m de profundidad, avanzando hacia Guayaquil se ensancha, encontrándose una serie de canales secundarios, riachuelos, bancos e islas penetrando en el continente. Finalmente, el canal principal se estrecha de un modo gradual y termina en algunos ramales que se internan en la ciudad de Guayaquil [10].

El Estero Salado representa uno de los accidentes naturales que caracteriza a la urbe y que por décadas ha sido un sitio de recreación y pesca para los guayaquileños [12, 13, 14, 15, 16].

1.1.1. Clima

El Estero Salado forma parte del Golfo de Guayaquil, según la clasificación de Koppen y Cudalón [9], se encuentra dentro de una zona de clima tropical de monzón. La influencia de las corrientes fría de Humboldt y la cálida de El Niño, marcan la presencia de dos variaciones estacionales: un período lluvioso y húmedo de diciembre a abril, conocido como *invierno* correspondiente al verano austral, y un período seco y fresco de mayo a diciembre, conocido como *verano* correspondiente al invierno austral. Además de dos períodos de transición climática, de mayo a junio y de noviembre a diciembre [9].

En Guayaquil, la precipitación promedio en invierno es de 100,02mm y en verano de 81mm. Los meses de mayor precipitación son febrero y marzo; los más secos son los meses de agosto y septiembre; y la temperatura promedio del aire oscila entre los 20 y 27°C [18].

1.1.2. Importancia ecológica

El Golfo de Guayaquil, que en su interior alberga al Estero Salado, es el más grande y uno de los más productivos de la costa Este de América del Sur; y concentra aproximadamente un 81% del sistema de manglares del Ecuador [16, 19, 20].

Por ser un ecosistema vecino al manglar, el Estero Salado es uno de los primeros beneficiarios de los aportes alimenticios de la materia orgánica transportada por la marea o riachuelos estacionales; convirtiéndolo en una zona de cría, albergue y refugio para organismos marinos tropicales propios de este hábitat como aves, peces, moluscos y crustáceos [4, 5, 14, 20, 21, 22].

1.1.3. Áreas Protegidas

Por sus atributos naturales, la conservación del Estero Salado ha sido propuesta desde los primeros planteamientos de conservación de áreas naturales del país [23, 24].

En 1979, una sección del Estero Salado ubicado al suroeste de la ciudad de Guayaquil fue denominado como Área Protegida “Parque Nacional El Salado”¹, sin embargo este decreto fue derogado por la Cámara Nacional de Representantes, en el mismo año. En 1986, se declaró como “Bosque

Protector Estero Salado” a un ramal norte del Estero con 47.15 hectáreas², incrustado en plena área metropolitana de la ciudad de Guayaquil.

Posteriormente, en el año 1987, a un ramal del Estero ubicado fuera de la ciudad, se declaró como “Bosque Protector Puerto Hondo”, con un área de 2000 hectáreas de cubierta de manglar³. En el 2003, se creó la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS)⁴, ubicada al suroeste de la ciudad de Guayaquil; que en el 2007 amplió sus límites quedando con 5.407 hectáreas⁵. Y en el 2010 finalmente se rectificó sus límites a 9.747,8 hectáreas⁶.

¹ Decreto Supremo N° 3768, del 7 de Agosto de 1979.

² Acuerdo Ministerial N° 406 del 30 Septiembre de 1986, publicado en el Registro Oficial 547 del 21 de Octubre de 1986.

³ Acuerdo Ministerial N° 238, publicado en el Registro Oficial 122 del 6 de julio de 1987.

⁴ Acuerdo Ministerial N° 142, publicado en el Registro Oficial N° 5 del 2003.

⁵ Acuerdo Ministerial N° 166, publicado en el Registro Oficial N° 23 del 15 de febrero del 2007.

⁶ Acuerdo Ministerial N° 158, publicado en el Registro Oficial N° 284 del 24 de septiembre del 2010.

1.2. Sectores de estudio

Los reportes preparados para la M.I. Municipalidad de Guayaquil [22], establecen una zonificación de estudio en el Estero Salado, basados en su ubicación geográfica, urbanística y grado de contaminación, que se detalla a continuación:

- **Zona I:** comprende los tramos A, B, C, y D; empezando por las ciudadelas Urdesa y Kennedy, terminando por la intersección del Puente 5 de Junio y la calle 17.
- **Zona II:** incluye los tramos E, G, H e I; iniciando entre el puente de la calle 17 y puente Portete, finalizando en el Puerto Marítimo.
- **Zona III:** abarca el tramo de Puerto Hondo, incluyendo los ramales del estero como: Plano Seco, Mongón, Madre Costal, Puerto Hondo, entre otros.

Para la presente tesis, se dividió al Estero Salado en dos sectores: uno denominado como Sector que atraviesa la ciudad (SAC), que incluye los tramos A, B (zona I) y el tramo E (zona II); y otro sector ubicado dentro de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS) (zona III), (Ver Figura 1).

Los sectores de estudio fueron seleccionados, considerando las diferentes actividades antropogénicas que, desde su ubicación, han afectado el grado de fluctuación en la calidad del agua y contaminación del sedimento, degradando así, el sistema natural del Estero Salado [7, 14, 21, 25].

1.2.1. Sector que atraviesa la ciudad de Guayaquil (SAC)

Los ramales del Estero Salado seleccionados en SAC, atraviesan las parroquias urbanas de Febres Cordero, Tarqui, 9 de Octubre y Urdaneta por los sitios de Barcelona, Kennedy y Urdesa. Estos dos últimos, forman un brazo de mar en “Y”, que se unen a la altura del Puente 5 de Junio y continúan hasta desembocar por el ramal que recorre la avenida Barcelona. Sitios, que hasta los años cincuenta, eran lugares de recreación concurridos por bañistas y personas que, utilizaban sus aguas con fines curativos [26].

El ramal del Estero ubicado a lo largo de la avenida Barcelona (tramo E), tiene un volumen de agua promedio de $3'175.000\text{m}^3$ y una longitud aproximada de 4.17km, comprendido desde el puente de la 17 hasta el puente Portete. Cuenta con un ancho de sección de flujo de agua, alrededor de 160m a la altura del puente Portete y una profundidad media de 14m [27].

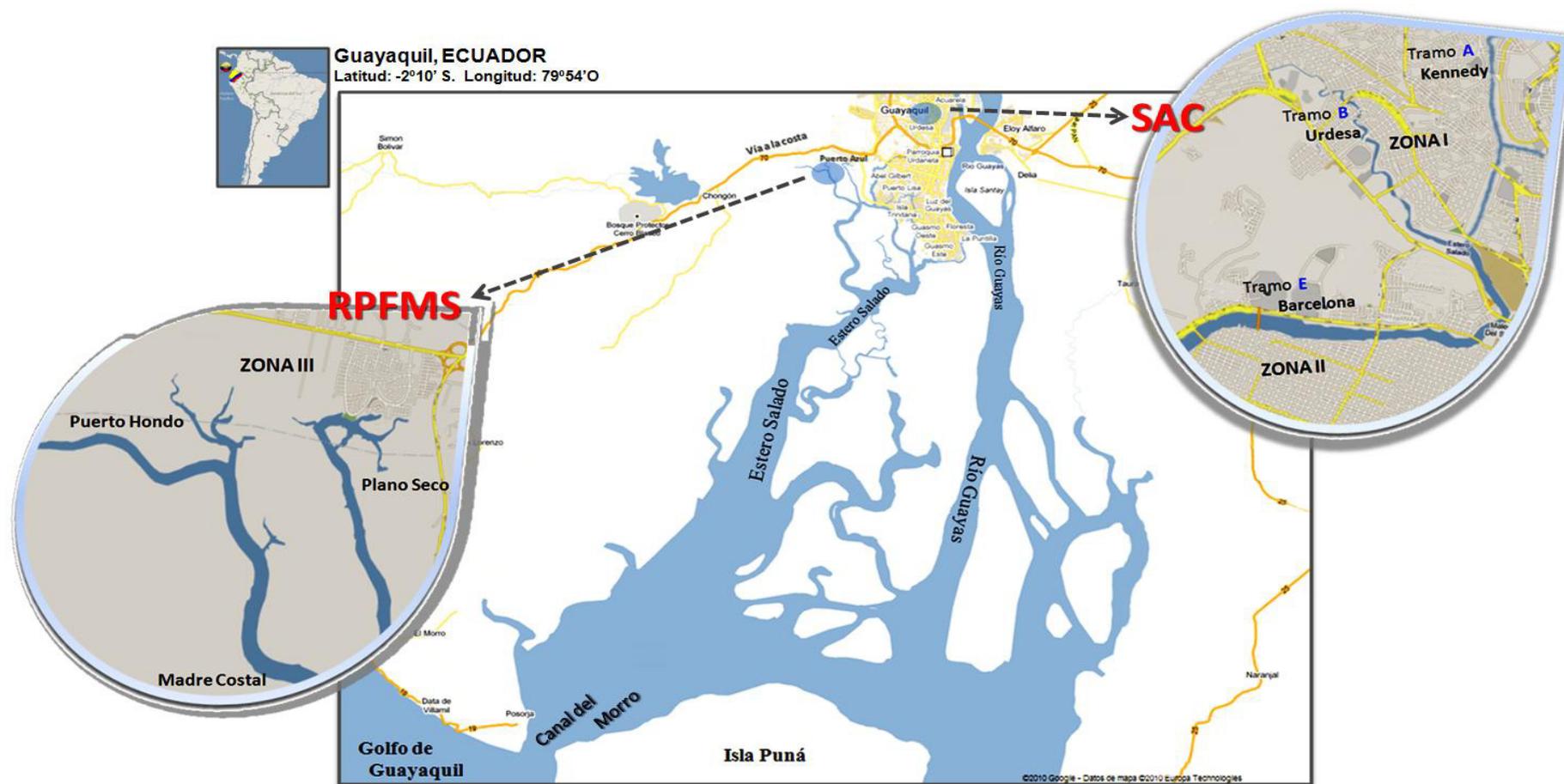


Figura 1. Zonas y tramos de estudio del Estero Salado dentro del Golfo de Guayaquil

(Fuente: Google Earth, 2009)

Además sobre este ramal se han construido otros puentes como: el puente Patria, que une la calle Gómez Rendón con la avenida Barcelona; el puente peatonal Barcelona, que une las parroquias Febres Cordero y Tarqui. Este lugar es considerado como uno de los ramales más amplios del Estero Salado, donde pequeños pescadores realizan sus actividades artesanales (Ver Figura 2).



Figura 2. Estación Barcelona, Sector que atraviesa la ciudad (SAC)

Fuente: Fotografía salida de campo, Laboratorio de Ecotoxicología

El ramal del Estero que atraviesa la ciudadela Kennedy (tramo A), se extiende desde la avenida Juan Tanca Marengo, hasta el puente Urdesa-Kennedy, e incluye el Bosque Protector “El Salado” del Norte [19]. Este ramal tiene una longitud aproximada de 3.11km y un

volumen de 302.000m³, y su ancho estimado varía de 7 a 72m [28].

El ramal del Estero que comprende el sitio de Urdesa (tramo B) inicia al norte del puente Miraflores hasta el puente de unión de las ciudadelas Urdesa-Kennedy; cuenta con un volumen promedio de 161.000m³, una longitud aproximada de 4.3km, un ancho estimado de 62m y una profundidad promedio [28].

1.2.2. Sector de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS)

La Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS), con una extensión de 5.407 hectáreas, se encuentra ubicado al noroeste del estuario del Golfo de Guayaquil y al suroeste de la ciudad de Guayaquil, dentro de la parroquia urbana de Chongón. Este sector se encuentra integrado por áreas de salitrales, remanentes de bosque seco tropical, bosques de manglar y esteros principales como Mongón, Plano Seco, el Salado, entre otros [20].

Actualmente en la RPFMS, el 78% corresponden a bosque de manglar, el 18% al espejo de agua (esteros) y el 4% a áreas de camarones, salinas y zona industrial [20].

Un 98% de la cobertura de manglar está dominada por dos especies: *Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisonii* (mangle rojo); también existen otras especies de mangle como: *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro), y *Conocarpus erectus* (mangle jeli) [29].

En lo que respecta a la fauna, en la Reserva se han registrado 127 especies fitoplanctónicas; 71 especies de zooplancton; 42 especies de macroinvertebrados bentónicos, siendo la más abundante el Phylum Mollusca, con 15 familias y Arthropoda con 7 familias; 48 especies de peces; 6 especies de anfibios; 21 especies de reptiles; 116 especies de aves; 32 especies de mamíferos [20].

Por ser una Reserva Faunística con alta densidad poblacional de flora y fauna, es considerada como un lugar relativamente prístino. Además, es un lugar de interés por las diferentes actividades socioeconómicas que incluyen la pesca blanca, extracción de jaibas, cangrejos, ostiones y mejillones; acuicultura (especialmente de camarón), lugar de navegación y en Puerto Hondo, de turismo [29].
(Ver Figura 3)



Figura 3. Estación Puerto Hondo, sector de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS)

Fuente: Fotografía salida de campo, Laboratorio de eco toxicología

1.3. Factores Antropogénicos

Por ser el Estero Salado un brazo de mar y al no recibir aportes de afluentes o ríos situados aguas arriba, sus aguas tienen cierto movimiento que no está dirigido predominantemente hacia el mar abierto; el cuerpo de agua se desliza con la marea hacia el mar, pero recupera su posición inicial con el refluo de la misma. Desde el punto de vista de regeneración de la calidad del agua, este comportamiento afecta al proceso de renovación y autodepuración de las aguas en el Estero Salado, especialmente hacia la zona que delimita con la ciudad de Guayaquil [12].

Actualmente la ciudad de Guayaquil contiene la mayor densidad de población en el Ecuador con aproximadamente 2'366.902 habitantes [30], que ocupan una superficie estimada de 316,42km² correspondiente al 91,9% del área territorial de la ciudad; y un 28,08km² que representa el 8,1% de cuerpos de agua entre ríos y esteros [31].

La contaminación del Estero Salado se hace latente en los años 60, cuando la población urbana e industrial de la ciudad aumenta, y con ello, la demanda de los servicios básicos como el sistema de alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas residuales, y disposición final de la basura; servicios que no eran abastecidos con la celeridad con la que crecía la población e industrias [32]. Por décadas, descargas de aguas residuales ingresaban al Estero con poco o ningún tratamiento, causando la contaminación de sus aguas. Sin embargo, este problema continúa hasta la actualidad y ha contribuido a que en algunos tramos del Estero Salado se encuentren en condiciones deplorables [12,14,19,21,29].

Reportes preparados para la M.I. Municipalidad de Guayaquil, indican una descarga de aproximadamente 61500m³/d de aguas servidas y domésticas, de los cuales, 33000m³/d drenan a ramales del Estero Salado [10].

En general, existen otras fuentes de contaminación no puntual hacia los estuarios arrastrados por medio de las escorrentías [6,7,33], o ríos de carácter permanente o estacionales, como basura, lixiviados, contaminantes orgánicos e inorgánicos de las zonas de cultivo y explotación de canteras ubicadas en la periferia de la ciudad que ingresan al Estero [12].

Adicionalmente, el crecimiento de asentamientos legales e ilegales; construcción de puertos, camaroneras y vías de comunicación; y el desarrollo urbano asociado con el uso de la tierra y las superficies no permeables (techos, carreteras, aceras, puentes) [6, 7], sobre y a los alrededores del Estero Salado, han ocasionado el deterioro de la calidad del agua, contaminación del sedimento y pérdida de áreas de manglar [5], como consecuencia han ocasionado la disminución y/o pérdida de la biodiversidad del ecosistema estuarino del Estero Salado [13, 21].

1.3.1. Factores antropogénicos que afectan a SAC

Las actividades que se desarrollan en el sector SAC influyen sobre la calidad del agua y contaminación de sedimento. La mayoría de estas actividades identificadas en el estero generan descargas, provenientes de una variedad de fuentes puntuales o no puntuales, entre ellas están los centros poblados, industrias, áreas agrícolas, actividades de construcción, turística y portuarias.

Reportes de la M.I. Municipalidad de Guayaquil [29], indican que existe un nivel de contaminación en las aguas del Estero, correspondiente a las aguas residuales en un 60% al uso doméstico y 40% de uso industrial, dentro del sector de la ciudad Guayaquil. Descargas que muchas veces se introducen en el sistema de aguas lluvias, en lugares donde no existe el sistema de alcantarillado [11, 28].

Es importante mencionar que en este sector existe una contaminación prevalente, proveniente de los lixiviados del antiguo botadero de San Eduardo, que operó hasta el 2004 [12, 32]. Además los asentamientos urbano-marginales cercanos a este sector, como es el caso de la avenida Barcelona, eliminan de manera puntual sus desperdicios en los alrededores del Estero [34].

En este sector, existe una sobreexpansión de obras de infraestructura como: puentes, carreteras y viviendas construidos sobre o muy cercanos al área de manglar del Estero Salado, lo que ha alterado su hábitat natural [12,15].

1.3.2. Factores antropogénicos que afectan a la RPFMS

De acuerdo al censo de población realizado por la Municipalidad de Guayaquil, existen aproximadamente 14.958 personas que viven en la zona norte de influencia en la Reserva, asentadas entre los kilómetros 8 y 24 de la vía a la Costa [34].

Dentro y fuera de la Reserva existen conflictos a causa de las canteras, actividades turísticas, acuícolas, petrolíferas, portuarias y navieras, las mismas que se originan por delimitar la Reserva con 23 urbanizaciones y predios municipales; 13 camaroneras, asentadas en zonas de manglar [32], termoeléctricas Álvaro Tinajero y Aníbal Santos; y el Terminal Marítimo Tres Bocas.

Este sector recibe descargas de aguas residuales de uso doméstico provenientes de centros poblados tales como: Cooperativa 24 de Mayo, Puerta del Sol, Puerto Azul y el Suburbio Oeste; y descargas de aguas de uso industrial provenientes de la evacuación de aguas

residuales de enfriamiento de las termoeléctricas Álvaro Tinajero y Aníbal Santos y de ciertas camaroneras [28] .

Además los esteros que componen el sector de la Reserva, eventualmente son usados como vía de navegación de embarcaciones pesqueras, botes privados del Yacht Club y barcos con carga de combustibles y sustancias nocivas que arriban en el terminal Marítimo Tres Bocas.

En efecto, las actividades antropogénicas y el desarrollo urbano sobre este sector representan una amenaza al hábitat natural de la RPFMS, considerado como la parte más prístina del Estero Salado.

A pesar de haber sido el Estero Salado un sitio dotado de atributos ecológicos, en la actualidad la calidad en sus condiciones ambientales ha sido deteriorada por el desarrollo urbano. Por lo que, se ha tomado al Estero, como ente principal de varios estudio en instituciones como el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Instituto Nacional de Pesca (INP), Universidad de Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC), Cámara Nacional de Acuicultura (CNA), Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral (DIGMER), Comisión de Estudios para el

Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas y Península de Santa Elena (CEDEGÉ), entre otras, a bien de su recuperación.

Así como también, la M.I. Municipalidad de Guayaquil ha emprendido proyectos como el Proyecto Integral para la Recuperación del Estero Salado (PIRES), que emprende medidas de mitigación y control por descargas de aguas residuales.

Por lo que, esta Tesis dará el aporte necesario para estos y nuevos Proyectos de Investigación relacionados al control, regulación y medidas de prevención a este ecosistema estuarino; y también de futuras tesis de grado para devolver al Estero Salado sus antiguas cualidades de recreación relacionada con la cultura, tradición, salud pública y conservación sustentable del ambiente.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Modelo de Holland

El Modelo Conceptual de Holland *et al.*, 2004 [7], indica que el grado de desarrollo de las zonas estuarinas está correlacionado con el grado de fluctuación en la calidad del agua y contaminación del sedimento, en base a las superficies no permeables (techos de casas, centros comerciales, industrias, puentes, carreteras, aceras y parqueaderos) producto del desarrollo urbano. Este modelo se aplicó en diferentes estuarios boscosos, suburbano, urbano e industrial de Carolina del Sur, Estados Unidos; y los criterios para la clasificación de estas cuencas fueron:

- 1) **Boscoso o referencial:** menor de 30% son coberturas de suelo urbanos/suburbanos; y menor del 10% de la cuenca como cubiertas no permeables.
- 2) **Suburbano:** mayor al 30% y menor de 70% de cobertura de suelo urbanos/suburbanos, con densidad poblacional mayor a 5 y menor a 20 habitantes por hectárea, o mayor al 10% pero menor al 50% de la cuenca como cubiertas no permeables.
- 3) **Urbano:** mayor al 70% cubiertas urbanas/suburbanas, con densidad poblacional de más de 20 habitantes por hectáreas, o 50% de la cuenca como cubiertas no permeables.
- 4) **Industrial:** mayor a 45% de cubiertas urbanas/suburbanas con facilidades de industriales y mayor a 50% de la cuenca como superficies no permeables.

El estudio reportó que cuando las cubiertas no permeables aumentan, existe una respuesta inmediata de las condiciones físico-químicas y biológicas de la zona intermareal, por ser la primera conexión entre tierras altas y estuarios. Si las cubiertas impermeables exceden del 10 al 20%, existen cambios físicos y químicos en el ambiente por alteración en la hidrografía, cambios en la salinidad y características en la textura del sedimento, e incremento de contaminantes químicos y coliformes fecales, arrastrados por las escorrentías. En cambio, cuando exceden del 20

al 30%, existe una respuesta de parte de los organismos vivos; como una reducción en la abundancia de camarones, taxas macrobentónicas sensibles al estrés ambiental, y alteraciones en la cadena alimenticia [7]. (Ver Figura 4).

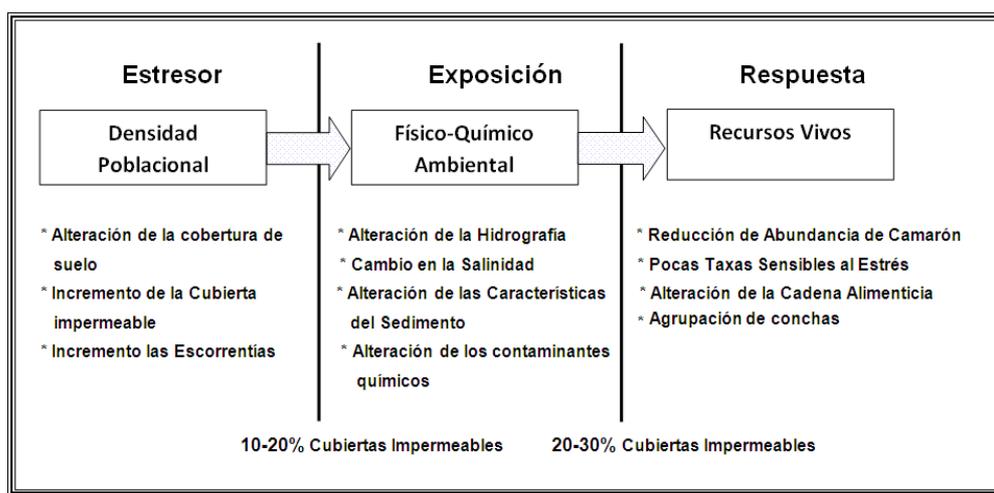


Figura 4. Resumen del Modelo Conceptual de los vínculos desarrollados en las zonas intermareales de los esteros, tomado de Holland *et.al*, 2004

2.1.1. Clasificación de la cobertura de suelo de las Áreas de Estudio

Los sectores de estudio fueron seleccionados en base a su ubicación y actividades antropogénicas, que afectan de diferente manera al Estero Salado. Así:

- El primero, denominado como Sector que atraviesa la ciudad (SAC), cuyos ramales del Estero incursionan en la sección urbana

de Guayaquil, y está más expuesto a las actividades antropogénicas.

- El otro sector, ubicado a las afueras de la ciudad, dentro de la Reserva de Producción Faunística Manglares en Salado (RPFMS), considerado como un lugar relativamente prístino.

Para determinar la cobertura de suelo en cada sector, en base a las cubiertas no permeables y densidad poblacional, se realizó una modificación en la metodología para emplear el sistema de clasificación de las cuencas utilizado por Holland [7].

En este estudio se utilizaron fotografías satelitales de mayor escala, donde se delimitó las superficies no permeables en cada sector, con menor exactitud. Las fotografías satelitales fueron obtenidas de Google Earth, 2009 y captadas desde la cota más alta de las cuencas incidentales de SAC y del sector de la RPFMS, hacia los diferentes ramales muestreados.

Por medio del software informático de sistema de información geográfica *Arcmap*, 2009, se elaboraron dos mapas digitales, uno de SAC y otro del sector de la RPFMS a escala 1:50000, con los porcentajes de cobertura de suelo en cada sector, calculado automáticamente con el software informático *Arcmap*.

2.2. Recolección de Muestras

Se realizaron cuatro muestreos: dos en verano del 2008, 14 y 24 de noviembre del 2008, en SAC y en el sector de la RPFMS respectivamente; y dos en invierno del 2009, 6 y 8 de abril 2009, en SAC y en el sector RPFMS respectivamente. El mes de Noviembre, es considerado como periodo de transición, sin embargo por no haberse reportados precipitaciones, dentro del muestreo se lo consideró como época seca.

Las salidas de campo se realizaron en horas de la mañana, en bajamar y en zonas intermareales, para lo cual se verificó las tablas de marea del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR).

Cada sector de muestreo fue dividido en tres estaciones y en cada estación se tomaron 3 puntos de muestreos georeferenciados con GPS, a una distancia de 50 metros entre sí. Estableciéndose, 9 puntos en SAC y 9 en el sector de la RPFMS, dando un total de 18 puntos de muestreo en época seca o verano y 18 en época húmeda o invierno. (Ver Tabla I).

Tabla I. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en SAC y del sector de la RPFMS

Lugar	Sectores	Estaciones	Réplicas	Coordenadas UTM	
				Norte	Este
ESTERO SALADO, ciudad de GUAYAQUIL	SAC	Barcelona	1	17620013,9	9758007,28
			2	17620366,7	9757988,65
			3	17619311	9758034,04
		Kennedy	1	17622455,3	9760632,85
			2	17622507,6	9760600,49
			3	17622149,6	9761006,51
		Urdesa	1	17620421,7	9760644,61
			2	17620505,6	9760601,82
			3	17620394	9760651
	Sector de la RPFMS	Puerto Hondo	1	17608407,9	9757487,71
			2	17608407,9	9757487,32
			3	17608512,4	9757661,11
		Madre Costal	1	17612937,6	9754741,55
			2	17612487,2	975439,36
			3	17612191,1	975423,71
		Plano Seco	1	17615214,7	9753721,6
			2	17615077	9753668,62
			3	17614932,7	9753584,19

Dentro de SAC, las estaciones muestreadas fueron: Barcelona, Kennedy y Urdesa (Ver Figura 5); y dentro del sector de la RPFMS fueron: Puerto Hondo, Madre Costal y Plano Seco. (Ver Figura 6)

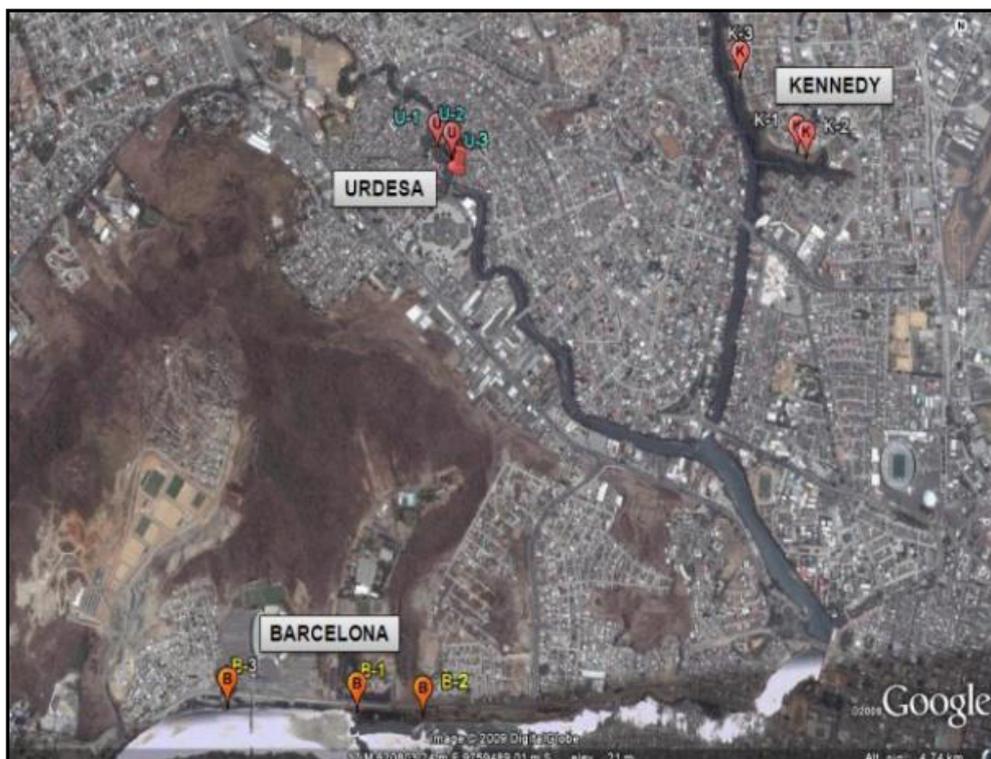


Figura 5. Estaciones y puntos de muestreo en SAC

Fuente: Google Earth, 2009

En cada punto de muestreo se midieron *in situ*, con el equipo electrónico Multiparámetro YSI-556, los siguientes parámetros de calidad de agua: temperatura ($T^{\circ}\text{C}$), salinidad (ups), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (mg/L), porcentaje de saturación (%), los sólidos disueltos totales (g/L) y la conductividad (mS/cm). El Sulfuro de hidrógeno (SH_2) se midió con el kit HS-C de Hach-2000. Y

se recolectaron muestras de agua para análisis de concentración de amonio intersticial en el laboratorio. (Ver Figura 7)



Figura 6. Estaciones y puntos de muestreo en el sector de la RPFMS

Fuente: Google Earth, 2009

Adicionalmente, con una paleta de plástico introducida entre 2 a 3 cm de profundidad se recolectaron manualmente cuatro réplicas de sedimento para: clasificación de la textura física del sedimento (porcentaje de arenas, limos y arcillas), concentración de amonio intersticial, muestra extra y macroinvertebrados. En la recolección de macroinvertebrados, se utilizó un core de 10.5cm de diámetro a una

profundidad de 15cm. Estas muestras fueron guardadas en fundas plásticas (ziploc) libres de aire y cerradas totalmente. (Ver Figura 7)

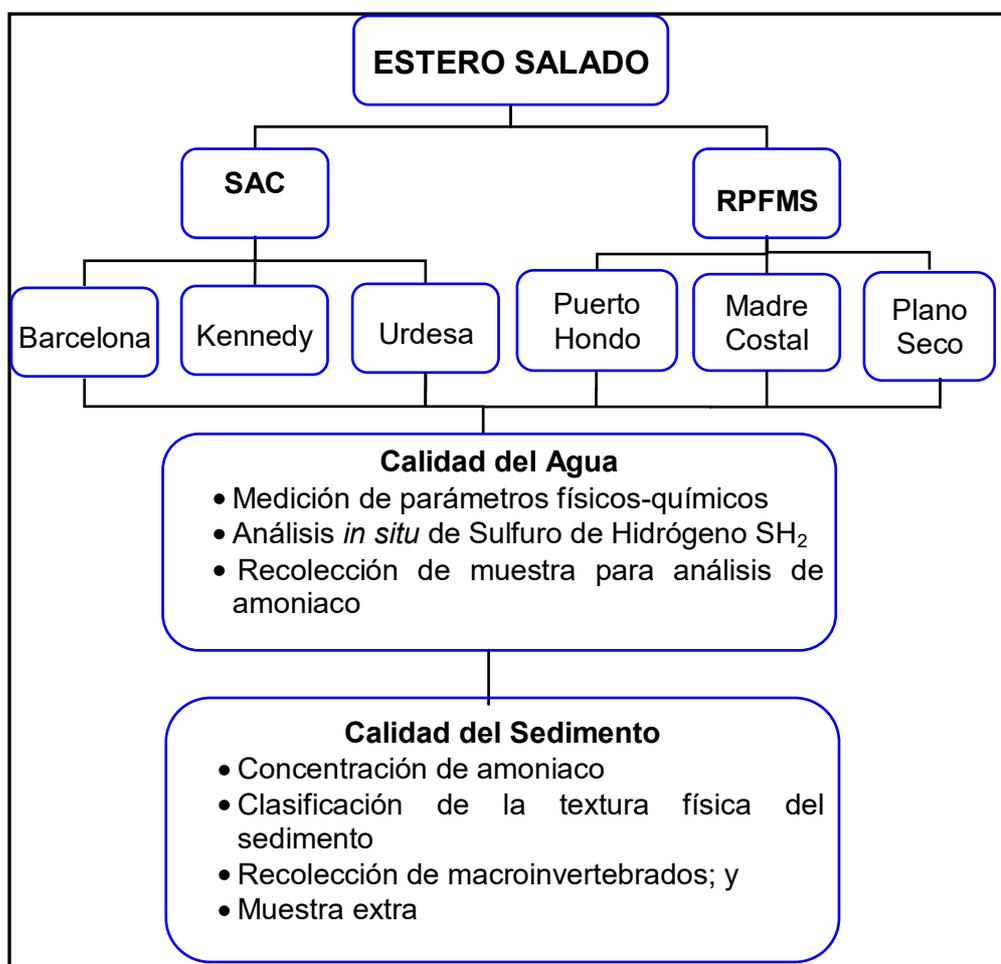


Figura 7. Diagrama de la metodología en campo

Todas las muestras de agua y sedimento fueron transportadas en hieleras al Laboratorio de Ecotoxicología, para su procesamiento y posterior análisis.

2.3. Análisis en laboratorio

La metodología de laboratorio consistió en el análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua y sedimento.

2.3.1. Metodología para determinación de parámetros Físicos

2.3.1.1. Análisis físico de la textura del sedimento

Las muestras correspondientes a la determinación de la textura física del sedimento se procesó con el método de la Pipeta modificado por Plumb [35], método simple y preciso, el cual mide el porcentaje de humedad, de arenas (>63um), limos y arcillas (<63um) [6,36]. La textura granulométrica se obtuvo mediante la clasificación de Sheppard [78].

2.3.2. Metodología para determinación de parámetros Químicos

2.3.2.1. Determinación de Amonio intersticial en muestras de agua

La concentración de amonio intersticial de agua y sedimento se las analizó inmediatamente en el laboratorio utilizando el kit de medición de amoniaco TNT 381 de Hach, 2005 y el equipo de espectrofotometría DR2800 de Hach. El valor de amoniaco (N-NH₃) se registra en unidades de miligramos por litro.

2.3.2.2. Determinación de Amoníaco en muestras de sedimento

Las muestras de amonio en sedimento fueron homogenizadas y centrifugadas a 3500 rpm durante 15 minutos, en la centrífuga Hermle Z200A, antes de extraer el sobrenadante de la muestra y realizar el mismo procedimiento descrito anteriormente para la concentración de amonio intersticial en agua.

2.3.3. Análisis de organismos macroinvertebrados bentónicos

Los organismos macroinvertebrados, fueron separados del sedimento utilizando un tamiz de 250um según metodología reportada en Gillett *et.al.* 2005 [37]. En el laboratorio se las tiñó con eosina, la cual otorga una coloración rosa a los tejidos vivos; y se las fijó en formol al 10% con agua del estero en frascos de 500ml previamente rotulados.

2.3.3.1. Separación e identificación de organismos macroinvertebrados

Todos los organismos fueron separados del sedimento y material detrítico dispersando la muestra en una bandeja plástica de fondo blanco; y aislándolos con ayuda de lámparas de luz, lupas, pinzas y micropipetas.

Se realizó una muestra de control, seleccionada al azar y reanalizada; por lo que, si los organismos hallados en esta réplica excedían el 10% del total de la muestra ya aislada, se procedía nuevamente a la separación y cuantificación de los organismos de todas las muestras, correspondiente a ese periodo de muestreo.

Con ayuda de la Blga. Karina González, se procedió al conteo e identificación taxonómica de los organismos por medio de un estereoscopio y microscopio; se trató de realizar la identificación hasta el menor nivel taxonómico posible [38, 39, 40, 41, 42, 43, 44].

Se presentó casos donde la cantidad de organismos era excesiva, por lo que se extraía una alícuota de 50ml de la muestra de los organismos, y luego de ser analizada, se extrapoló a 100ml para la muestra total del envase analizado.

Los organismos macroinvertebrados fueron separados según características morfológicas por grupos taxonómicos como nematodos, anélidos, moluscos y artrópodos. Sin embargo, se dispuso de poca información bibliográfica con claves de identificación para nemátodos y oligoquetos.

Aquellos organismos a los que no se pudo identificar hasta especie, fueron designados como especies no identificadas (especies N.I.) o como individuos no identificados (individuos N.I.), anteponiéndoles el último nivel taxonómico como orden o familia. Además, aquellos organismos a los que sólo se llegó a género, se añadió spp.

Todos los organismos identificados fueron almacenados y preservados en etanol al 70%, para la colección y base de datos del Laboratorio de Ecotoxicología.

2.3.3.2. Estimación de la densidad macrobentónica

Para estimar la densidad de macroinvertebrados, se procedió en primer lugar a calcular el área en m^2 del core de 10.5cm de diámetro y 15.5cm de altura con la siguiente fórmula:

Área total de un cilindro equivale a:

Donde ***h*** es la altura (15.5cm) y ***r*** el radio del core (5.25cm).

Para obtener el total de organismos encontrados por cada metro cuadrado, se multiplicó los organismos de las muestras analizadas del core por un metro cuadrado dividido por la

constante 0.068447, del resultado obtenido del área total del core en un metro cuadrado.

2.3.3.3. Determinación del Índice de diversidad de Shannon-Weaver

El índice de Shannon-Weaver [45], se usa para medir la biodiversidad ecológica; este índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). El índice de Shannon-Weaver equivale a la identidad de un elemento tomado al azar de una colección de N elementos distribuidos en S categorías.

Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. La mayor limitación de este índice es que no tiene restricciones en cuanto al número de especies, ni de individuos por categoría, y no se tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio.

La fórmula del índice de Shannon-Weaver es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Dónde:

- **H**: es la diversidad de especies
- **S**: número de especies
- **p_i**: proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*): $\frac{n_i}{N}$
- **n_i**: número de individuos de la especie *i*
- **N**: número de todos los individuos de todas las especies

Una vez calculado el valor de diversidad, se estimó el valor de equitatividad (J), que es el grado en que las diferentes especies son similares en cuanto a su abundancia. Cuando este valor tiende a cero, indica que una especie domina sobre todas las demás en la comunidad, y cuando tiende a uno indica que todas las especies comparten abundancias similares.

La fórmula para obtener el valor de equitatividad fue:

$$J = \frac{H}{H_{m\acute{a}x}}$$

Dónde:

- **H:** es el valor observado del índice de diversidad de Shannon-Weaver.
- **H_{máx}:** es la diversidad máxima esperada [$\ln(S)$]

2.4. Estimación de la densidad poblacional (habitantes por hectárea)

Para calcular el número de habitantes por hectárea en SAC y RPFMS, se utilizaron datos del Censo Poblacional del año 2001 [30], considerando el 100% de la población de las parroquias 9 de Octubre y Urdaneta por encontrarse dentro de la cuenca incidente del estero, y el 20 y 30% de la población de las parroquias Tarqui y Febres Cordero, respectivamente. Porcentaje estimado por encontrarse parcialmente dentro de la cuenca de incidencia, así:

- **a:** población de SAC = 301.500 habitantes [30]
- **b:** población de RPFMS = 14.954 habitantes [46]
- **c:** superficie total de SAC = 31.28km² (3.128ha) [30].
- **d:** superficie total en la RPFMS = 5.407 hectáreas [46].

Para el cálculo de número de habitantes por hectárea, en cada sector se utilizó la siguiente operación:

$$\text{SAC: } \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{hectáreas}} = \frac{301.500 \text{ habitantes}}{3.128 \text{ hectáreas}} = 96,39 \approx 96 \text{ hab/ha}$$

$$\text{RPFMS: } \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{hectáreas}} = \frac{14.954 \text{ habitantes}}{5.407 \text{ hectáreas}} = 2,76 \approx 3 \text{ hab/ha}$$

Así, se puede estimar que en SAC existen aproximadamente 96 habitantes por hectárea y en el sector de la RPFMS 3 habitantes por hectárea.

2.5. Análisis de datos

Los resultados obtenidos por sector fueron analizados utilizando la estadística descriptiva y el análisis multivariado. Ambos sectores, comparados por época húmeda y seca, es decir, verano e invierno.

2.5.1. Análisis descriptivo

De manera visual y simple, se compararon los dos sectores por parámetro químico-físico, y por distribución de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos; obteniendo promedios, desviaciones estándar, valores máximos y mínimos, tablas de datos, gráficos de barras y pastel.

2.5.2. Análisis multivariado

Los datos no tuvieron una distribución normal, por lo cual fueron analizados mediante pruebas no paramétricas.

El programa Statistica v7 [47] se utilizó para determinar diferencias significativas por sector y estaciones entre los grupos definidos a priori con un grado de confianza del 95% ($\alpha=0.05$). Las pruebas no paramétricas empleadas fueron Mann Whitney U test y Kruskal Wallis T Test, dado que en las muestras la media tiene una relación directa con la varianza.

Con la prueba de Mann Whitney U test, se determinaron las diferencias significativas ($p<0.05$) entre dos grupos independientes. Por lo que, se realizó el análisis entre: SAC y RPFMS verano 2008; SAC y RPFMS invierno 2009; SAC 2008 y 2009; y RPFMS 2008 y 2009.

Adicionalmente, se aplicó la prueba de análisis de Kruskal Wallis por método de comparación múltiple [47], para determinar los parámetros físicos, químicos o biológicos que presenten diferencias significativas entre pares de grupos (SAC 2008, RPFMS 2008, SAC 2009 y RPFMS 2009).

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1. Uso y clasificación de la cobertura de suelo en los sectores de estudio

El sector de SAC abarcó un área aproximada de estudio de 31,28km² y densidad poblacional de 96 individuos por hectárea. El 83,21% de la superficie de SAC corresponde a las cubiertas no permeables (carreteras, aceras y techos de casas, edificios e industrias); el 12,33% a cubiertas permeables (cerros de San Eduardo y de Bellavista); el 3,95% conforma el cuerpo de agua del Estero Salado, y el 0,51% a cubiertas de manglar. (Ver Figura 8).

Este sector de SAC, según el criterio de clasificación empleado, fue considerado como “sector urbano con facilidades industriales”, por la presencia de industrias, porcentaje de cubiertas no permeables y alta densidad poblacional.

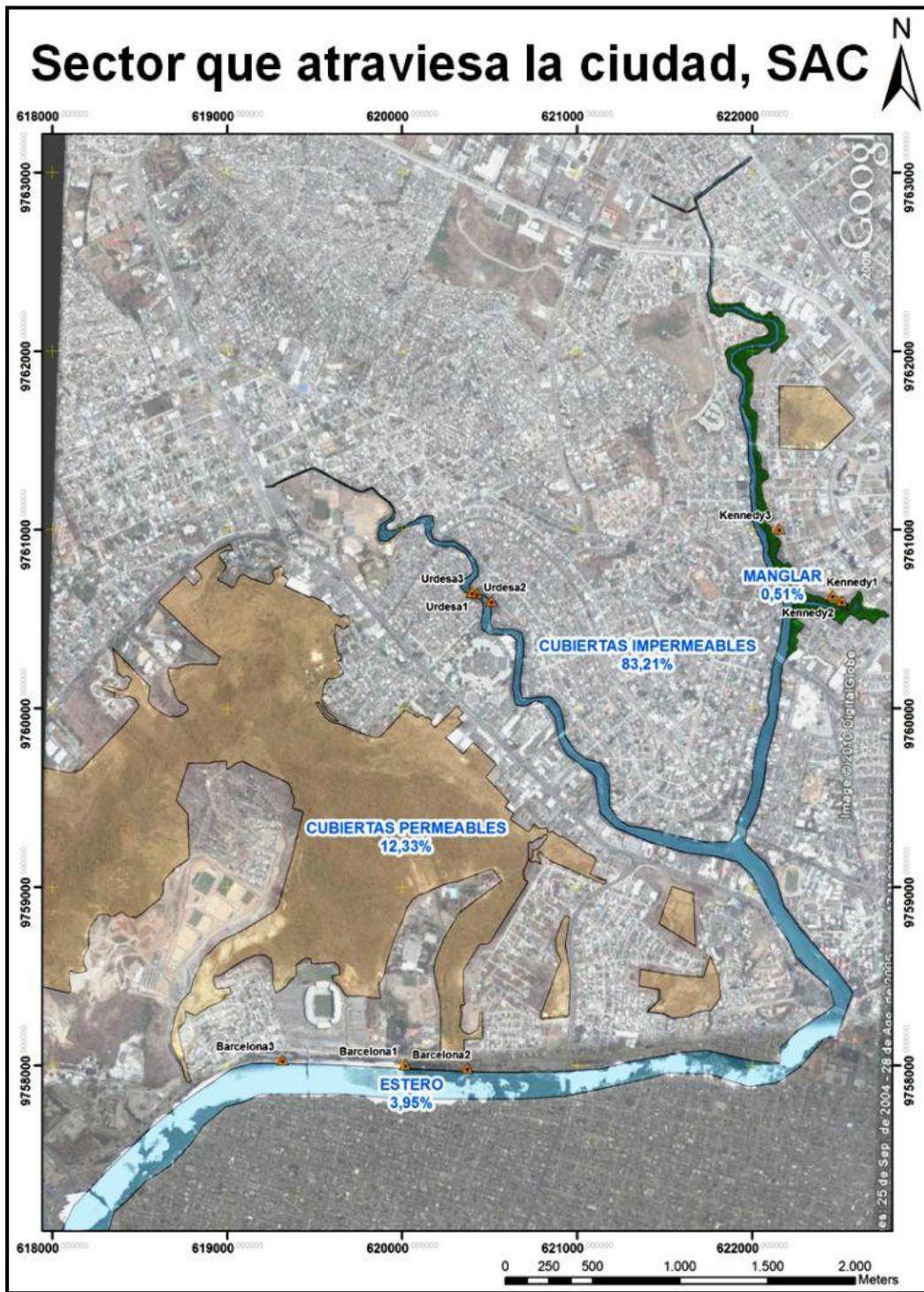


Figura 8. Clasificación de la cobertura de suelo en SAC

El sector de la RPFMS abarcó un área aproximada de estudio de 91,78km², con una densidad poblacional de 3 individuos por hectárea. El 31,77% de la superficie de RPFMS corresponde a cubiertas permeables (Cordillera Chongón Colonche, Bosque Protector Cerro Blanco, entre otros); el 16,34% a cubiertas no permeables (carreteras y techos de urbanizaciones privadas); el 16,45% a camaroneras (localizadas al oeste y sur de la Reserva); el 29,70% a cubiertas de ecosistema de manglar; y el 5,73% conforma el cuerpo de agua del Estero Salado (correspondiente a Puerto Hondo, Madre Costal, Plano Seco, estero Mongón, entre otros). (Ver Figura 9).

Este sector de la RPFMS, según el criterio de clasificación empleado, fue considerado como “sector sub-urbano”, por el porcentaje de cubiertas no permeables, presencia de camaroneras y la baja densidad poblacional.

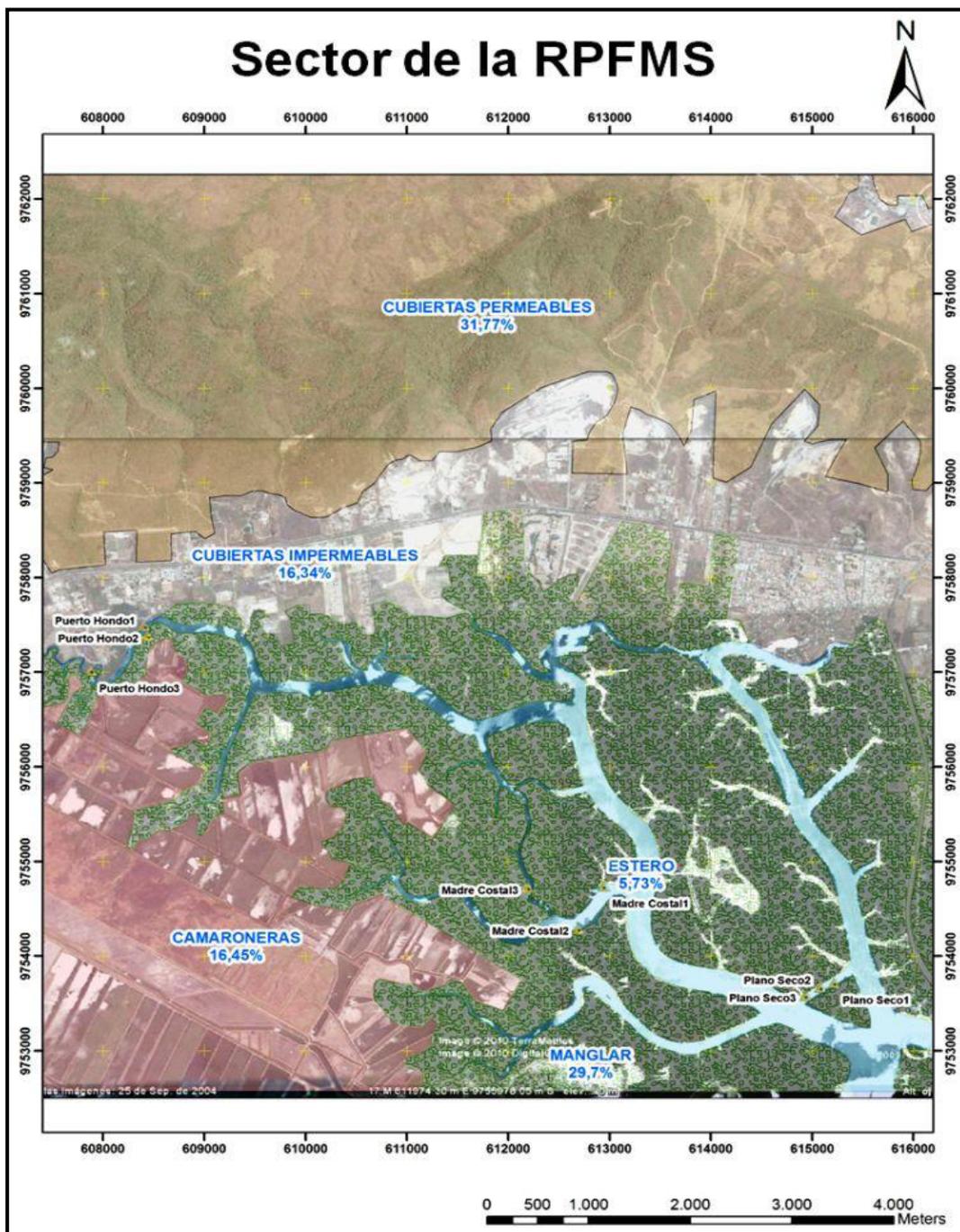


Figura 9. Clasificación de la cobertura de suelo en el sector de la RPFMS

3.2. Parámetros físico-químicos tomados en época de verano 2008

3.2.1. Temperatura

Los valores promedio de temperatura encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $27,67^{\circ}\text{C} \pm 0,98$; Kennedy $27,01^{\circ}\text{C} \pm 0,99$; y Urdesa $27,66^{\circ}\text{C} \pm 0,21$. En las estaciones del sector de la RPFMS los promedios de temperatura fueron: Puerto Hondo $26,64^{\circ}\text{C} \pm 0,39$; Madre Costal $27,16^{\circ}\text{C} \pm 0,35$; y Plano Seco $26,68^{\circ}\text{C} \pm 0,61$ (Ver Figura 10 a).

Análisis globales de temperatura muestran que durante el verano del 2008, SAC presentó un promedio de $27,45^{\circ}\text{C} \pm 0,78$, y el sector de la RPFMS con $26,83^{\circ}\text{C} \pm 0,47$; existiendo diferencias significativas ($p=0,0380$) entre ambos sectores (Ver Figura 10 b).

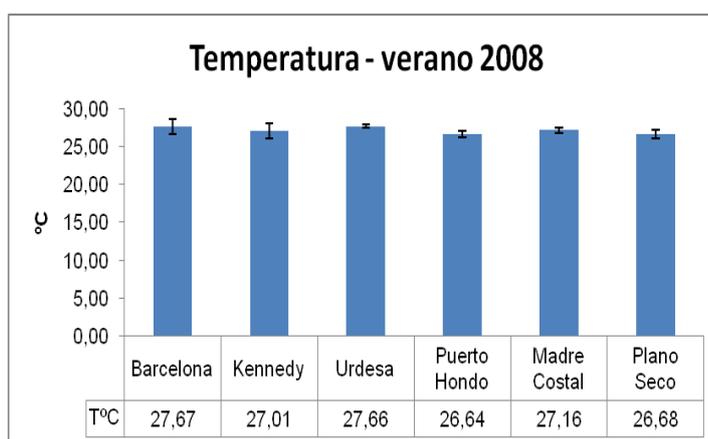


Figura 10 a. Valores promedio de temperatura en cada estación de estudio, verano 2008

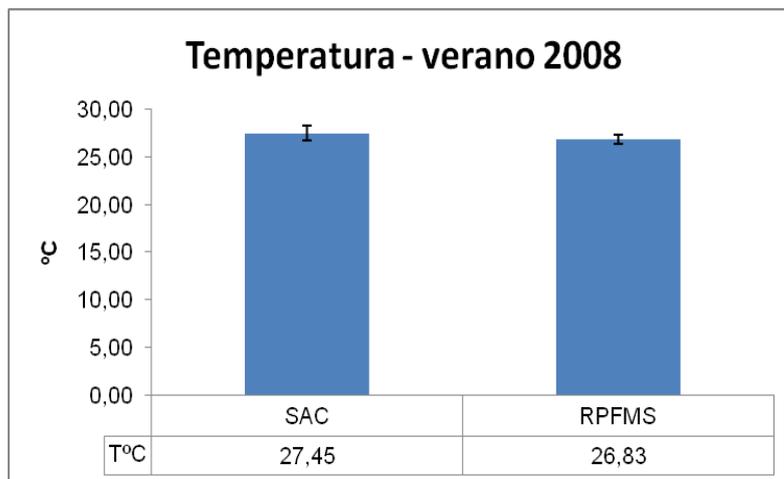


Figura 10 b. Valores promedios de temperatura en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.2. Oxígeno disuelto

Los valores promedio de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 3,60mg/l \pm 1,25 y 51,60% \pm 17,88; Kennedy 0,83mg/l \pm 0,73 y 8,67% \pm 9,17; Urdesa 0,65mg/l \pm 0,45 y 4,30% \pm 2,11. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación fueron: Puerto Hondo 7,33mg/l \pm 0,29 y 107,10% \pm 4,81; Madre Costal 5,36mg/l \pm 0,41 y 79,47% \pm 6,82; y Plano Seco 6,70mg/l \pm 1,07 y 94,50% \pm 9,92 (Ver Figura 11 a).

Análisis globales de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación muestran que durante el verano 2008, SAC presentó un nivel

promedio de $1,69\text{mg/L} \pm 1,63$ y $21,52\% \pm 24,79$ respectivamente, y el el sector de la RPFMS $6,46\text{mg/l} \pm 1,05$ y $93,69\% \pm 13,62$ respectivamente, existiendo diferencias significativas ($p=0,0005$) en el nivel de oxígeno disuelto entre ambos sectores (Ver Figura 11 b).

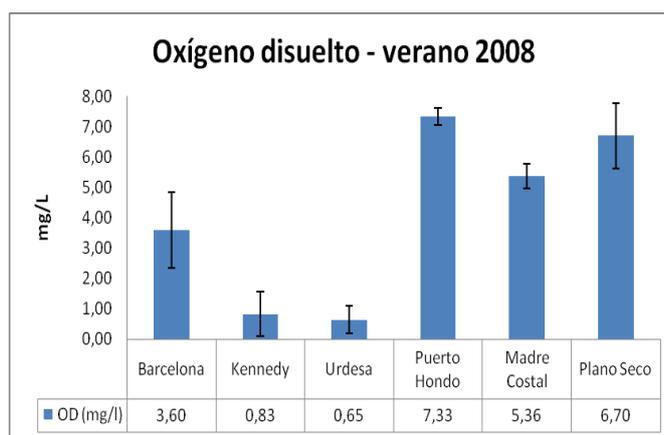


Figura 11a. Valores promedios de oxígeno disuelto en cada estación de estudio, verano 2008

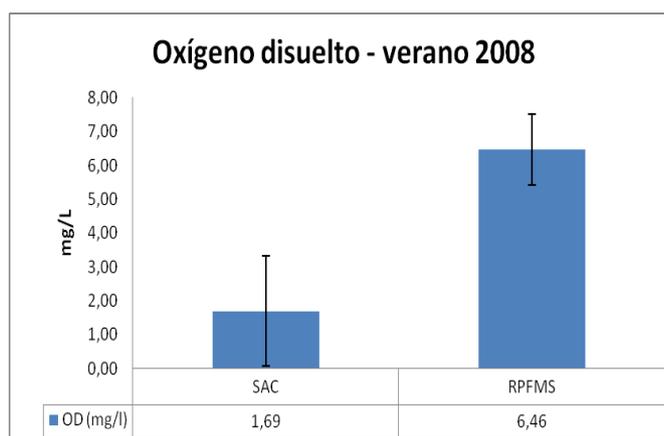


Figura 11b. Valores promedios de oxígeno disuelto en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.3. Salinidad

Los valores promedio de salinidad encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $21,26\text{ups} \pm 1,22$; Kennedy $6,85\text{ups} \pm 2,31$; Urdesa $0,88\text{ups} \pm 0,13$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de salinidad fueron: Puerto Hondo $26,88\text{ups} \pm 0,22$; Madre Costal $26,40\text{ups} \pm 0,27$; y Plano Seco $25,47\text{ups} \pm 0,68$ (Figura 12 a).

Análisis globales de salinidad muestran que durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de $9,66\text{ups} \pm 9,17$, y el sector de la RPFMS $26,25\text{ups} \pm 0,73$; existiendo diferencias significativas ($p=0,0003$) entre ambos sectores (Ver Figura 12 b).

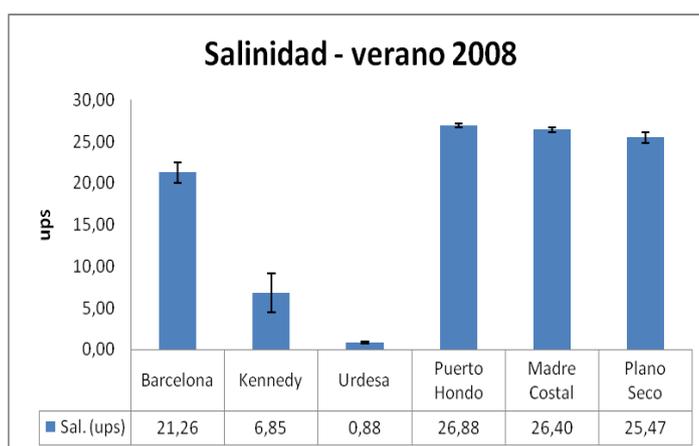


Figura 12 a. Valores promedios de salinidad en cada estación de estudio, verano 2008

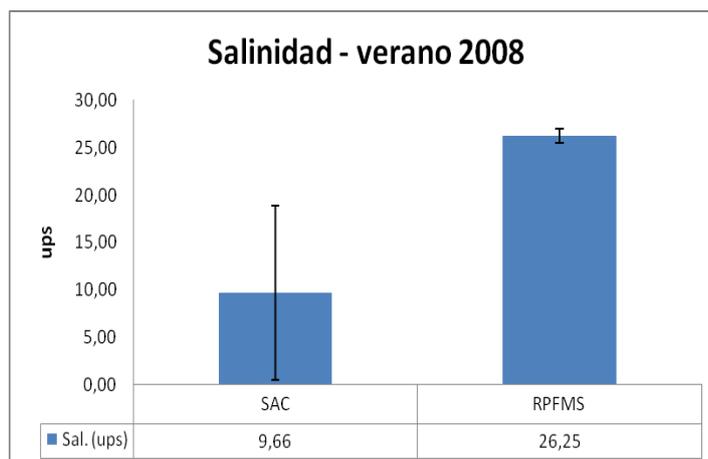


Figura 12 b. Valores promedio de salinidad en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.4. Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores promedio de pH registrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $7,20 \pm 0,23$; Kennedy $6,71 \pm 0,25$; y Urdesa $6,92 \pm 0,02$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de pH fueron: Puerto Hondo $7,34 \pm 0,06$; Madre Costal $7,16 \pm 0,11$; y Plano Seco $7,09 \pm 0,04$ (Ver Figura 13 a).

Análisis globales de pH muestran que durante el verano 2008, SAC registró un promedio de $6,94 \pm 0,27$, y el sector de la RPFM $7,20 \pm 0,13$; existiendo diferencias significativas ($p=0,0118$) entre ambos sectores (Ver Figura 13 b).

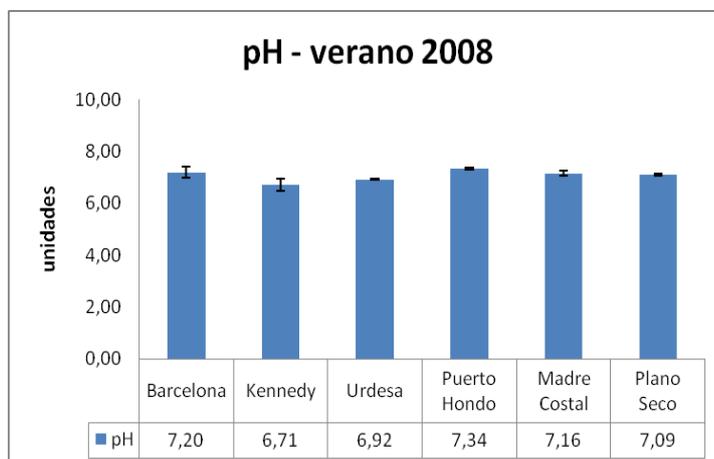


Figura 13 a. Valores promedios de pH en cada estación de estudio, verano 2008

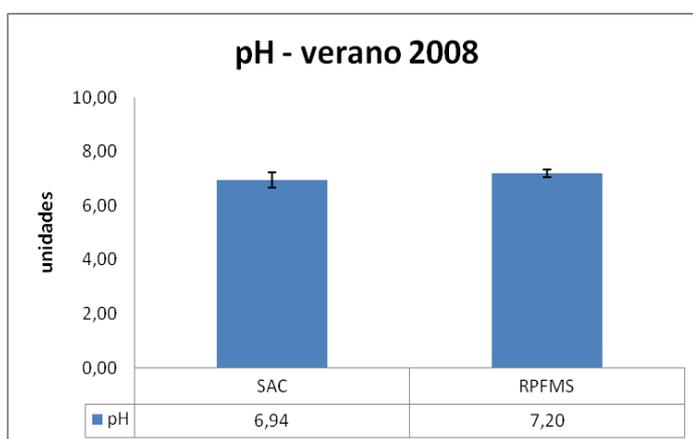


Figura 13 b. Valores promedios de pH en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.5. Sólidos disueltos totales (TDS)

Los valores promedio de TDS encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 22,10g/l \pm 1,11; Kennedy 7,84g/l \pm 2,36; y Urdesa 1,07g/l \pm 0,19. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de TDS fueron: Puerto Hondo 27,28g/l \pm 0,20; Madre Costal 26,83g/l \pm 0,25, y Plano Seco 25,98g/l \pm 0,65 (Ver Figura 14a).

Análisis globales de TDS muestran que durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de 10,34g/l \pm 9,3 y el sector de la RPFMS 26,70g/l \pm 0,68; existiendo diferencias significativas ($p=0,0003$) entre ambos sectores (Ver Figura 14 b).

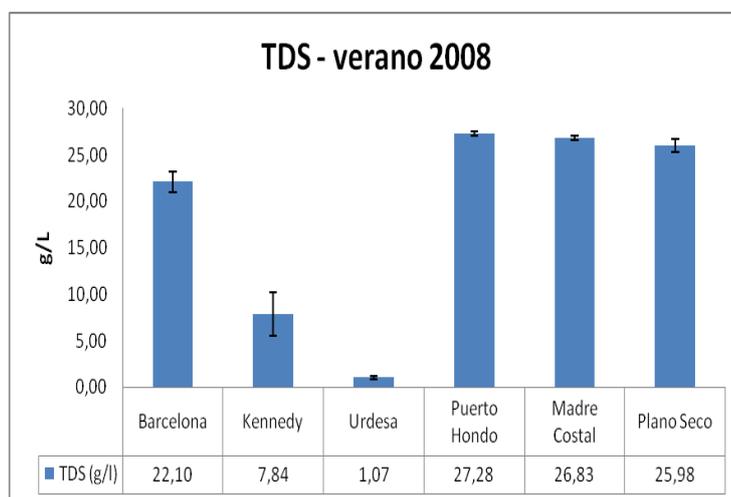


Figura 14 a. Valores promedios de TDS encontrados en cada estación de estudio, verano 2008

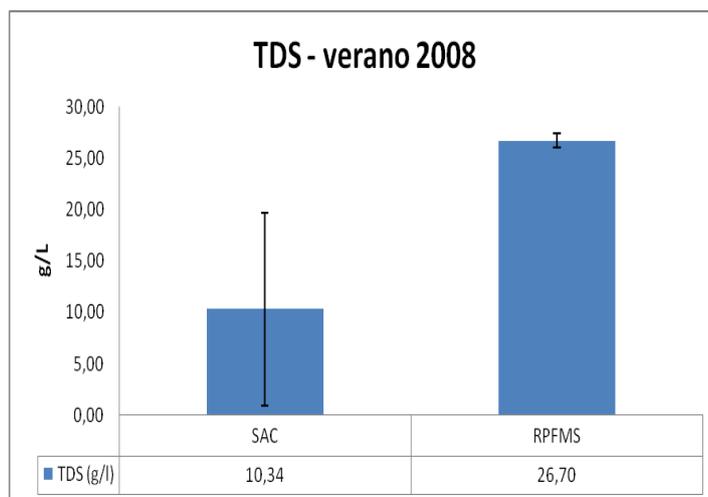


Figura 14 b. Valores promedios de TDS en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.6. Conductividad

Los valores promedio de conductividad encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $35,66\text{mS/cm} \pm 1,29$; Kennedy $10,46\text{mS/cm} \pm 0,51$; Urdesa $1,65\text{mS/cm} \pm 0,22$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de conductividad fueron: Puerto Hondo $43,21\text{mS/cm} \pm 0,72$; Madre Costal $42,81\text{mS/cm} \pm 0,24$; y Plano Seco $41,64\text{mS/cm} \pm 1,01$ (Ver Figura 15 a).

Análisis globales de conductividad muestran que, durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de $15,92\text{mS/cm} \pm 15,30$ y el sector

de la RPFMS $42,55\text{mS/cm} \pm 0,95$, existiendo diferencias significativas ($p=0,0003$) entre ambos sectores (Ver Figura 15 b).

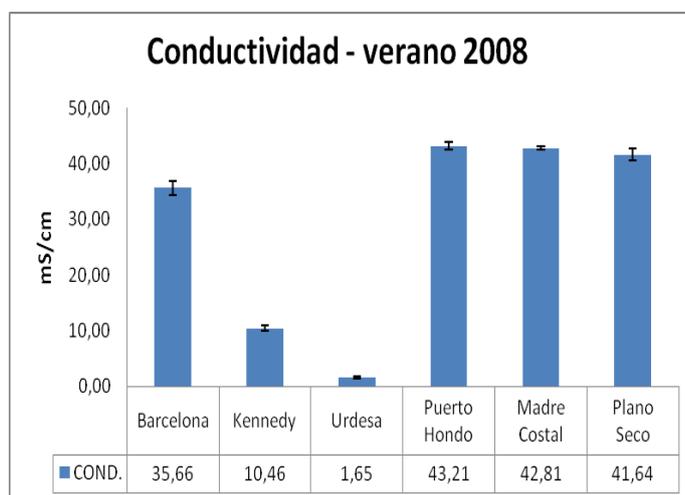


Figura 15 a. Valores promedios de conductividad en cada estación de estudio, verano 2008

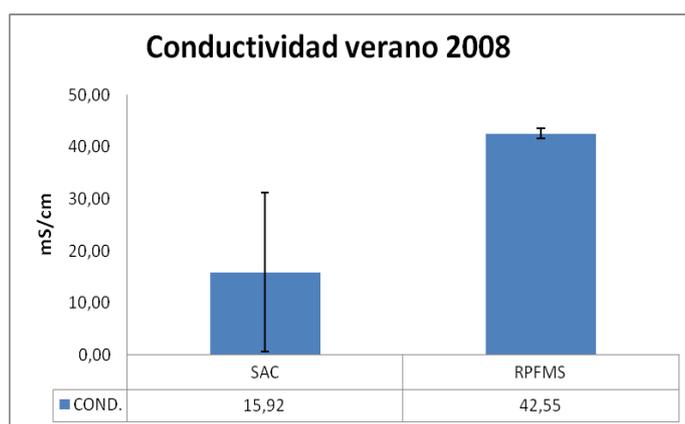


Figura 15 b. Valores promedios de conductividad en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.7. Sulfuro de hidrógeno (SH₂)

Los valores promedio de sulfuro de hidrógeno encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 0,02mg/l \pm 0,03; Kennedy 1,00mg/l \pm 0,87; Urdesa 0,03mg/l \pm 0,02. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de sulfuro de hidrógeno fueron: Puerto Hondo y Madre Costal 0,00mg/l; y en Plano Seco 0,13mg/l \pm 0,15 (Ver Figura 16 a).

Análisis globales de sulfuro de hidrogeno muestran que durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de 0,35mg/l \pm 0,65 y el sector de la RPFMS 0,04mg/l \pm 0,10; existiendo diferencias significativas ($p=0,0273$) entre ambos sectores (Ver Figura 16 b).

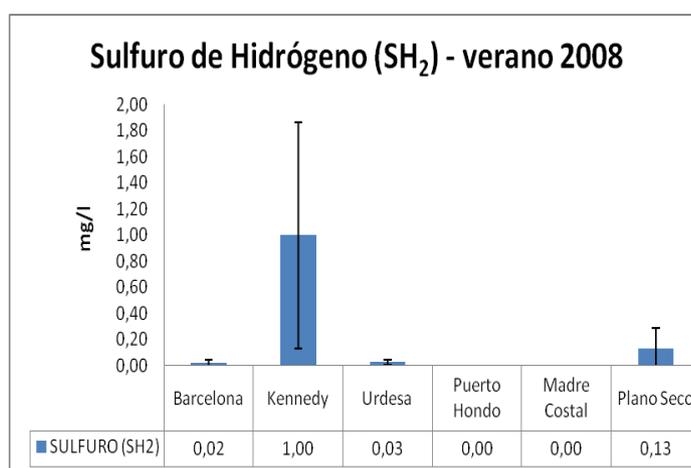


Figura 16 a. Valores promedios de SH₂ en cada estación de estudio, verano 2008

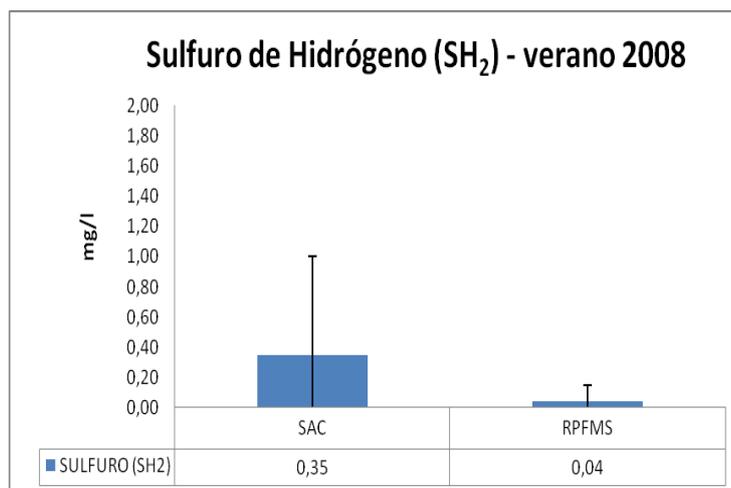


Figura 16 b. Valores promedio de SH₂ en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.8. Amoniacó en agua (NH₃)

Los valores promedio de amoniacó en agua encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 0,00mg/l \pm 0,01; Kennedy 0,11mg/l \pm 0,11; Urdesa con un promedio de 0,05mg/l \pm 0,09. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de amoniacó en agua fueron en: Puerto Hondo 0,01mg/l \pm 0,01; Madre Costal 0,01mg/l \pm 0,02; y Plano Seco 0,02mg/l \pm 0,01 (Ver Figura 17 a).

Análisis globales de amoniacó muestran que, durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de 0,05mg/l \pm 0,08 y el sector de la RPFMS 0,01mg/l \pm 0,01 (Ver Figura 17b).

No se evidenciaron diferencias significativas entre los sectores de estudio.

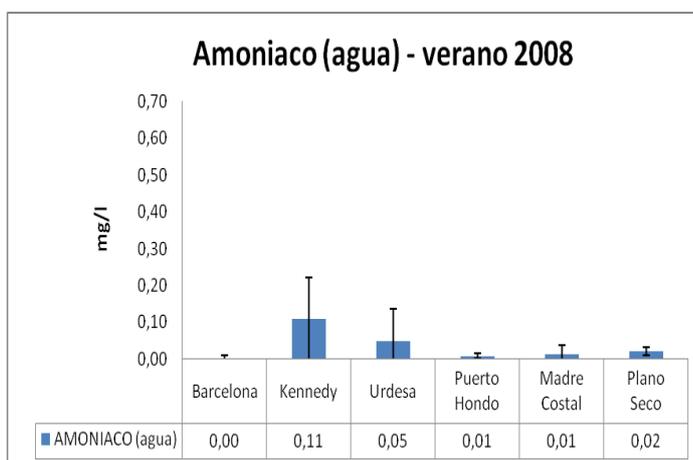


Figura 17 a. Valores promedios de amoniaco en agua en cada estación de estudio, verano 2008

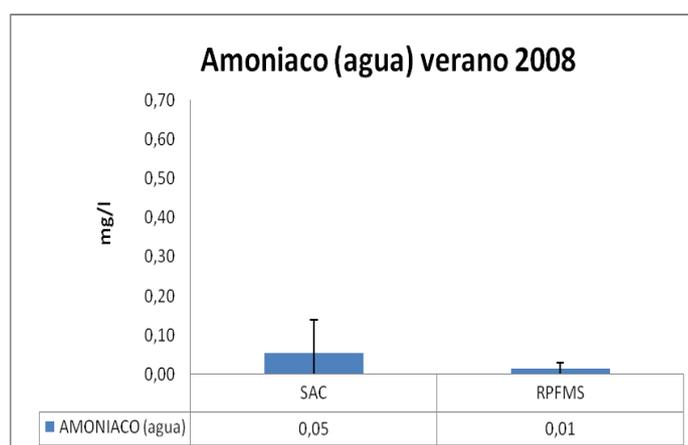


Figura 17 b. Valores promedios de amoniaco en agua, en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.9. Textura del sedimento en verano 2008

Se determinó la composición física del sedimento en sus constituyentes de porcentajes de arenas, limos y arcillas, tanto para SAC y el sector de la RPFMS.

En **SAC** estos porcentajes fueron:

Arenas: Barcelona tuvo un promedio de $45,29\% \pm 10,11$; Kennedy $2,76\% \pm 0,81$; y Urdesa $21,83\% \pm 1,26$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los valores promedios de arenas fueron: Puerto Hondo $34,51\% \pm 29,72$; Madre Costal $2,69\% \pm 0,99$; y Plano Seco $2,60\% \pm 1,46$ (Ver Figura 18 a).

Análisis globales del porcentaje de arenas muestran que durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de $23,29\% \pm 19,14$ y el sector de la RPFMS $13,26\% \pm 21,81$ (Ver Figura 18 b). No se evidenciaron diferencias significativas entre los sectores estudio.

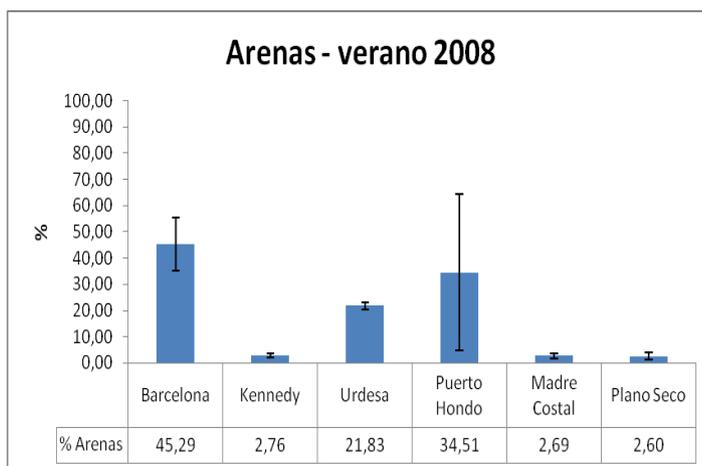


Figura 18 a. Valores promedios de porcentajes de arenas en cada estación de estudio, verano 2008

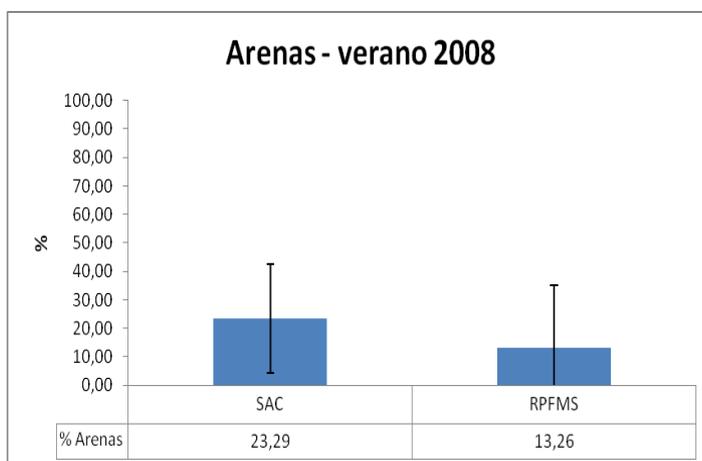


Figura 18 b. Valores promedios de porcentajes de arenas en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

Limos: Barcelona tuvo un promedio de 30,01% \pm 3,61; Kennedy 46,77% \pm 2,47; y Urdesa 41,31% \pm 0,09. En las estaciones del sector de la RPFMS, los valores promedios de limos fueron: Puerto Hondo 15,37% \pm 5,59; Madre Costal 19,47% \pm 2,26; y Plano Seco 30,88% \pm 8,21 (Ver Figura 19 a).

Análisis globales del porcentaje de limos muestran que durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de 39,36% \pm 7,72 y el sector de la RPFMS 21,91% \pm 8,62; existiendo diferencias significativas ($p=0,0023$) entre ambos sectores (Ver Figura 19 b).

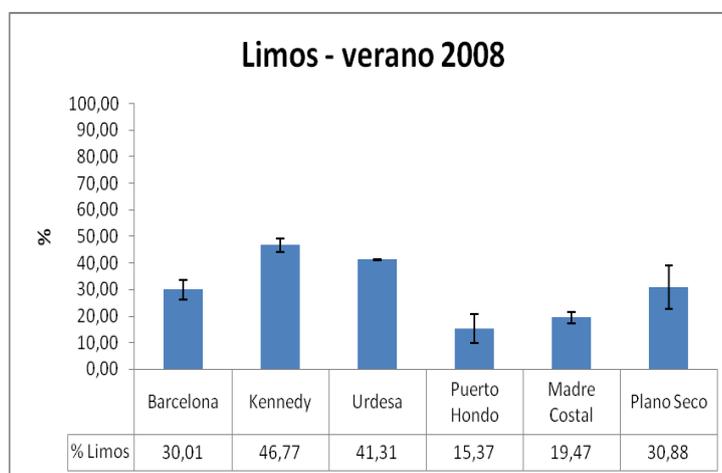


Figura 19 a. Valores promedios de porcentajes de limos en cada estación de estudio, verano 2008

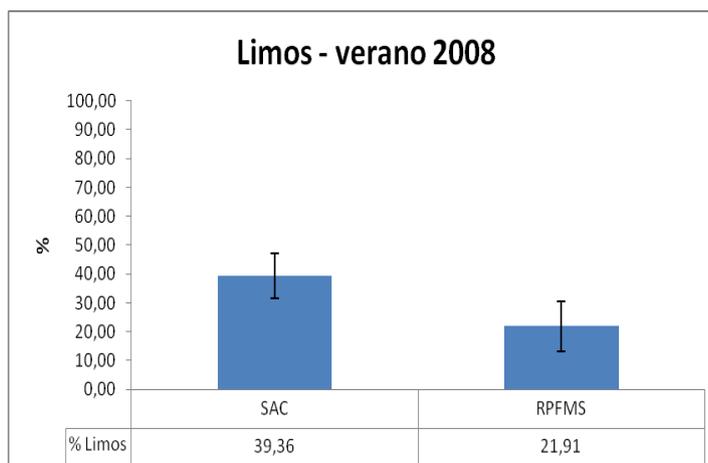


Figura 19 b. Valores promedios de porcentajes de limos en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

Arcillas: Barcelona tuvo un promedio de 24,70% \pm 6,66; Kennedy 50,47% \pm 2,86; y Urdesa 36,86% \pm 1,19. En las estaciones del sector de la RPFMS, los valores promedios de arcillas fueron: Puerto Hondo 50,12% \pm 24,49; Madre Costal 77,84% \pm 2,84; y Plano Seco 66,52% \pm 9,59 (Ver Figura 20 a).

Análisis globales del porcentaje de arcillas muestran que, durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de 37,34% \pm 11,75 y el sector de la RPFMS 64,83% \pm 17,91; existiendo diferencias significativas ($p=0,0041$) entre ambos sectores (Ver Figura 20 b).

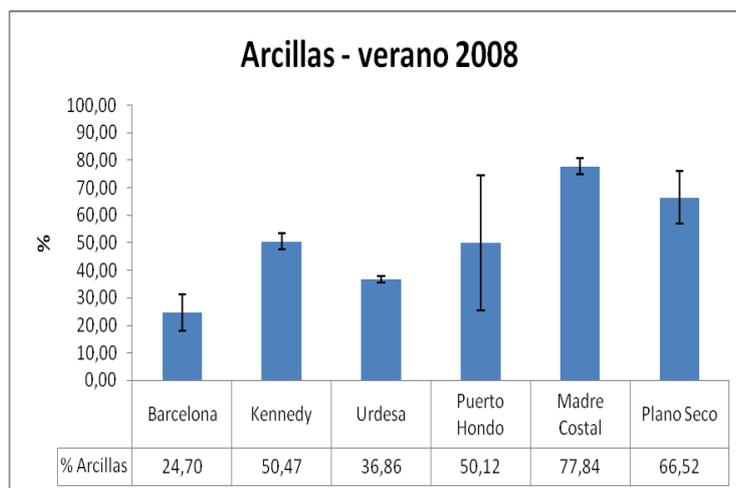


Figura 20 a. Valores promedios de porcentajes de arcillas en cada estación de estudio, verano 2008

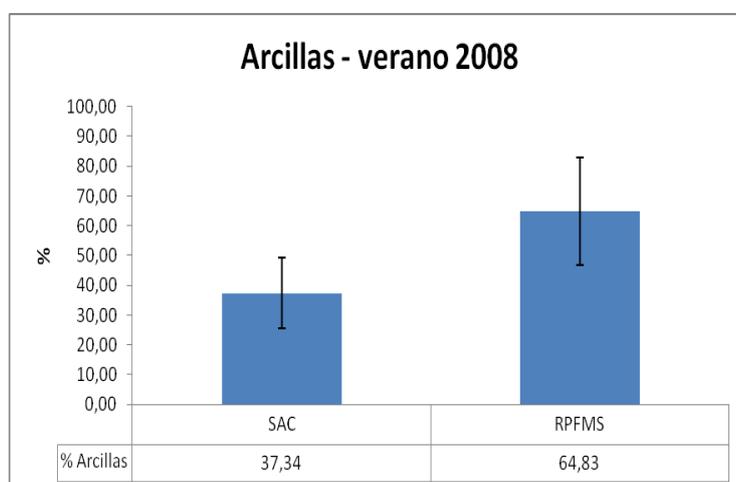


Figura 20 b. Valores promedios de porcentajes de arcillas en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.10. Porcentaje de humedad

Los valores promedio del porcentaje de humedad encontrado en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 63,15% \pm 3,88; Kennedy 73,46% \pm 4,31; y Urdesa 75,05% \pm 21,76. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de humedad fueron: Puerto Hondo 54,48% \pm 16,71; Madre Costal 72,52% \pm 2,66; y Plano Seco 67,84% \pm 4,64 (Ver Figura 21 a).

Análisis globales del porcentaje de humedad muestran que durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de 70,56% \pm 12,57 y el sector de la RPFMS 64,95% \pm 11,94. No se evidenciaron diferencias significativas entre los sectores estudio (Ver Figura 21 b).

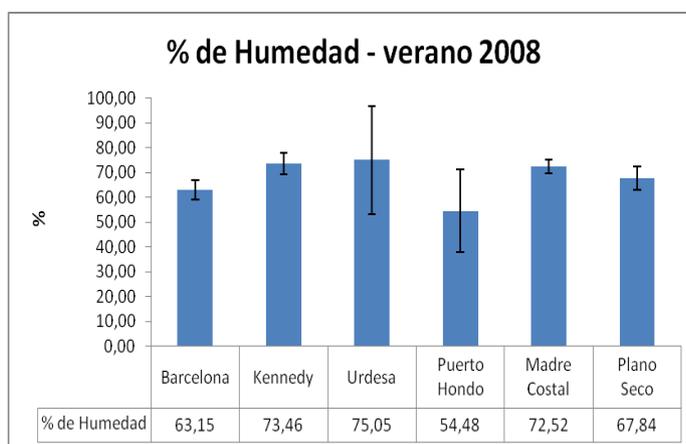


Figura 21 a. Valores promedios de humedad en cada estación de estudio, verano 2008

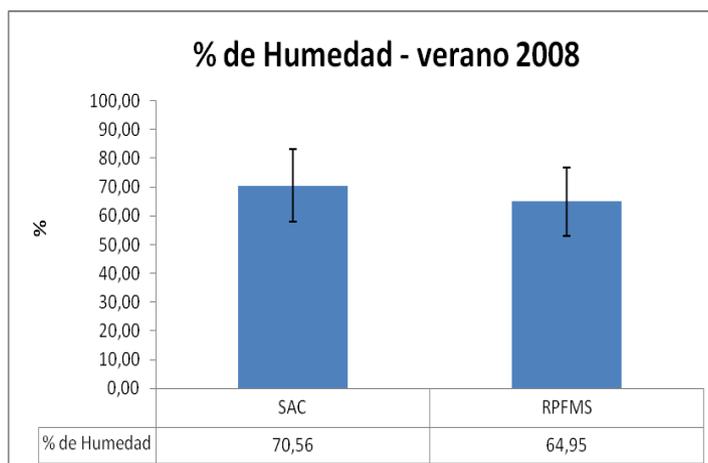


Figura 21 b. Valores promedios de humedad en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.2.11. Amoniac en sedimento

Los valores promedio de amoniac en sedimento encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $0,32\text{mg/l} \pm 0,16$; Kennedy $0,36\text{mg/l} \pm 0,17$; y Urdesa $0,18\text{mg/l} \pm 0,05$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de amoniac en sedimento fueron: Puerto Hondo $0,20\text{mg/l} \pm 0,06$; Madre Costal $0,47\text{mg/l} \pm 0,31$; y Plano Seco $0,24\text{mg/l} \pm 0,11$ (Ver Figura 22 a).

Análisis globales de amoniac en sedimento muestran que durante el verano 2008, SAC presentó un promedio de $0,29\text{mg/l} \pm 0,14$ y el

sector de la RPFMS $0,30\text{mg/l} \pm 0,14$ (Ver Figura 22 b). No se evidenciaron diferencias significativas entre los sectores estudio.

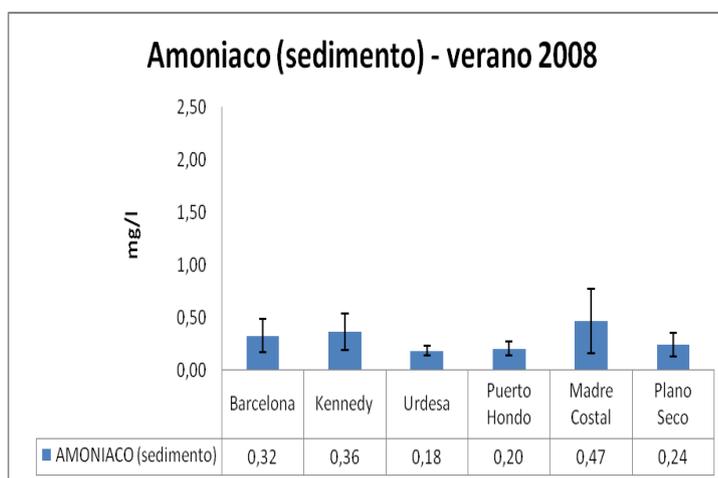


Figura 22 a. Valores promedios de amoniaco en sedimento, en cada estación de estudio, verano 2008

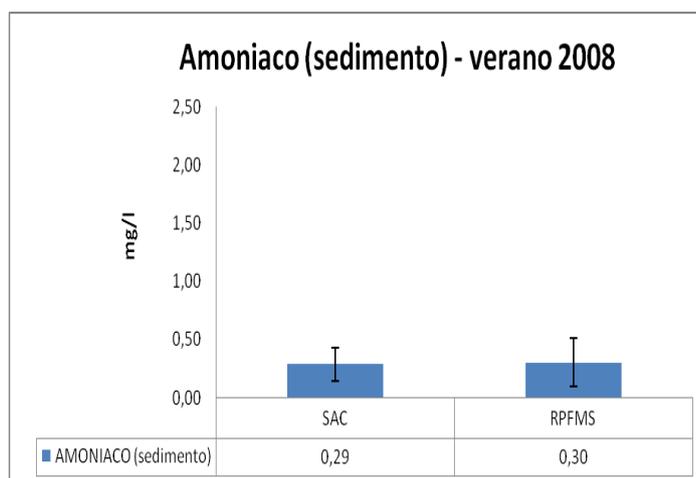


Figura 22 b. Valores promedios de amoniaco en sedimento, en SAC y en el sector de la RPFMS, verano 2008

3.3. Parámetros físico-químicos tomados en época de invierno 2009

3.3.1. Temperatura

Los valores promedio de temperatura encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $29,44^{\circ}\text{C} \pm 0,60$; Kennedy $29,65^{\circ}\text{C} \pm 1,06$ y Urdesa $28,78^{\circ}\text{C} \pm 0,35$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de temperatura fueron: Puerto Hondo $28,38^{\circ}\text{C} \pm 0,23$; Madre Costal $28,25^{\circ}\text{C} \pm 0,20$; y Plano Seco $28,86^{\circ}\text{C} \pm 0,23$ (Ver Figura 23 a).

Análisis globales de temperatura muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de $29,29^{\circ}\text{C} \pm 0,74$ y el sector de la RPFMS $28,50^{\circ}\text{C} \pm 0,34$; existiendo diferencias significativas ($p=0,0071$) entre ambos sectores (Ver Figura 23 b).

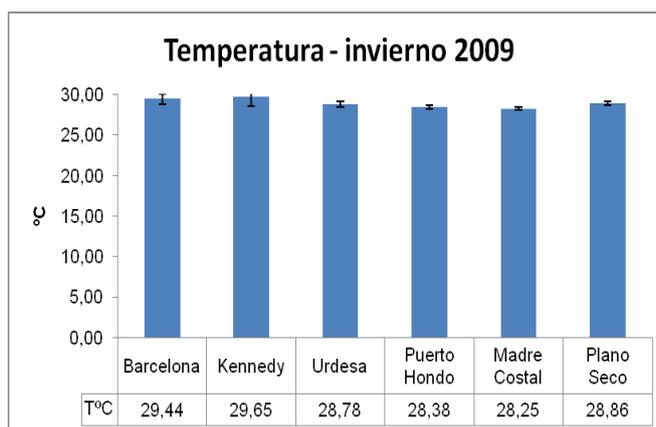


Figura 23 a. Valores promedios de temperatura en cada estación de estudio, invierno 2009

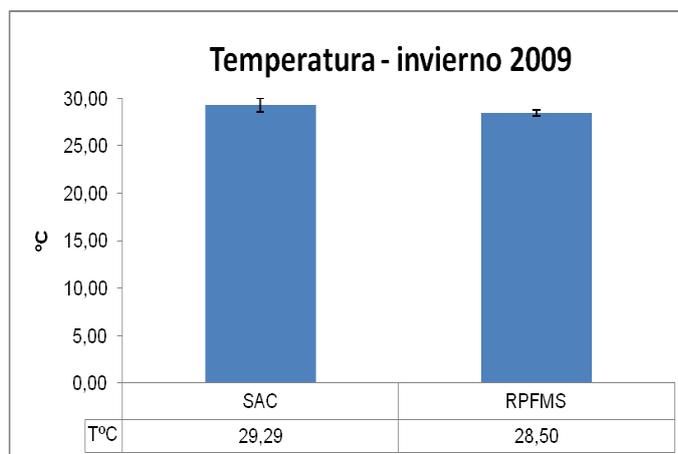


Figura 23 b. Valores promedio de temperatura en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.2. Oxígeno disuelto

Los valores promedio de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 2,39mg/l \pm 0,30 con 33,00% \pm 3,78; Kennedy 0,22mg/l \pm 0,10 con 3,07% \pm 1,42; y Urdesa 0,25mg/l \pm 0,07 con 3,27% \pm 0,95. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación fueron: Puerto Hondo 2,87mg/l \pm 0,33 con 39,60% \pm 5,14; Madre Costal 2,73mg/l \pm 0,78 con 37,97% \pm 10,77; y Plano Seco 0,32mg/l \pm 0,06 con 4,57% \pm 0,41 (Ver Figura 24 a).

Análisis globales de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio

de $0,95\text{mg/l} \pm 1,09$ y $13,11\% \pm 15,06$ respectivamente, y el sector de la RPFMS $1,97\text{mg/l} \pm 1,31$ y $27,38\% \pm 18,14$ respectivamente; existiendo diferencias significativas ($p=0,0380$) en ambos sectores (Ver Figura 24 b).

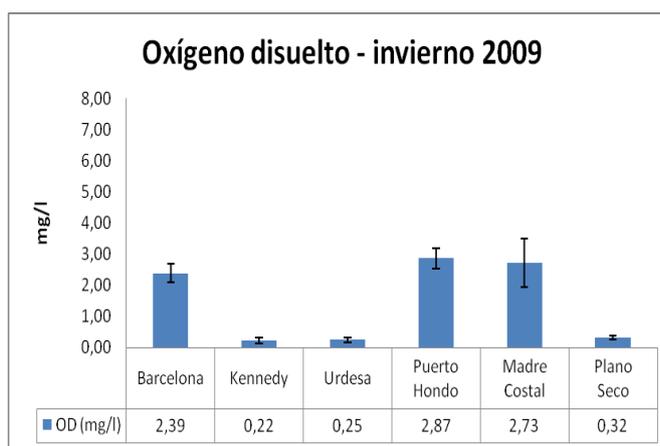


Figura 24 a. Valores promedios de oxígeno disuelto en cada estación de estudio, invierno 2009

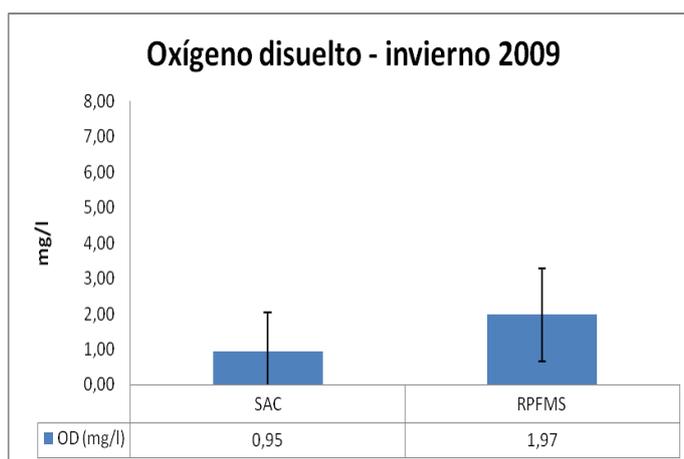


Figura 24 b. Valores promedios de oxígeno disuelto en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.3. Salinidad

Los valores promedio de salinidad encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 11,40ups \pm 0,48; Kennedy 3,03ups \pm 1,86; y Urdesa 0,90ups \pm 0,44. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de salinidad fueron: Puerto Hondo 10,37ups \pm 1,27; Madre Costal 14,63ups \pm 0,19; y Plano Seco 15,37ups \pm 0,74 (Ver Figura 25 a).

Análisis globales de salinidad muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de 5,11ups \pm 4,11 y el sector de la RPFMS 13,46ups \pm 2,45; existiendo diferencias significativas ($p=0,0031$) entre ambos sectores (Ver Figura 25 b).

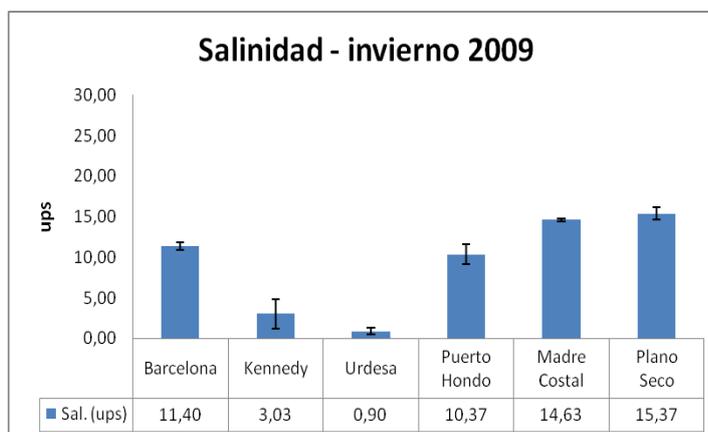


Figura 25 a. Valores promedio de salinidad en cada estación de estudio, invierno 2009

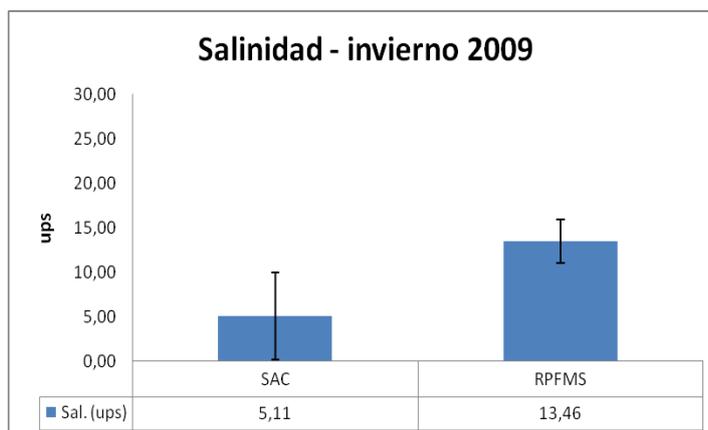


Figura 25 b. Valores promedios de salinidad en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.4. Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores promedio de pH registrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $7,72 \pm 0,17$; Kennedy $7,34 \pm 0,12$; y Urdesa $6,78 \pm 0,34$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de pH fueron: Puerto Hondo $6,78 \pm 0,09$; Madre Costal $6,61 \pm 0,04$; y Plano Seco $7,09 \pm 0,04$ (Ver Figura 26 a).

Análisis globales de pH muestran que durante el invierno 2009, SAC registró un promedio de $7,28 \pm 0,46$ y el sector de la RPFMS $6,79 \pm 0,18$; existiendo diferencias significativas ($p=0,0305$) entre ambos sectores (Ver Figura 26 b).

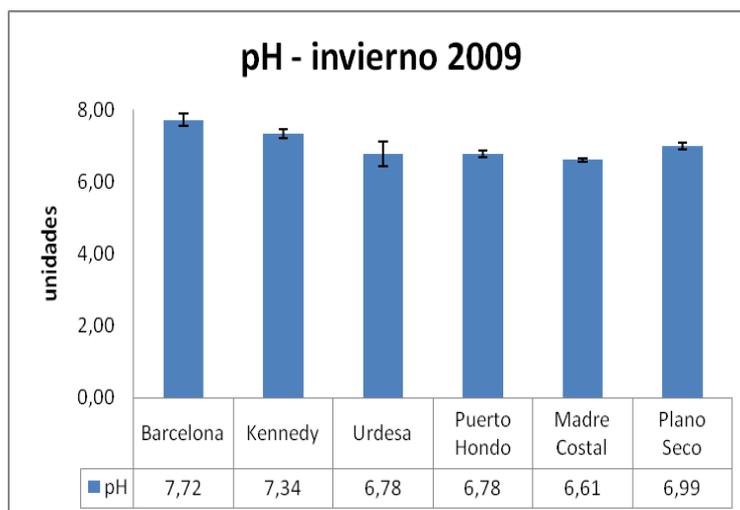


Figura 26 a. Valores promedios de pH en cada estación de estudio, invierno 2009

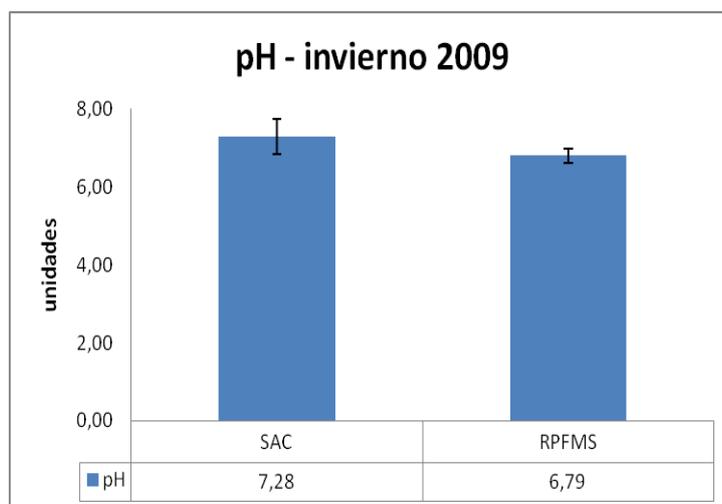


Figura 26 b. Valores promedios de pH en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.5. Sólidos disueltos totales (TDS)

Los valores promedio de TDS registrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 12,54g/l \pm 0,49; Kennedy 3,63g/l \pm 2,10; y Urdesa 1,54g/l \pm 0,10. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios TDS fueron: Puerto Hondo 11,47g/l \pm 1,26; Madre Costal 15,75g/l \pm 0,16; y Plano Seco 16,51g/l \pm 0,77 (Ver Figura 27 a).

Análisis globales de TDS muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de 5,91g/l \pm 5,20 y el sector de la RPFMS 14,58g/l \pm 2,47; existiendo diferencias significativas ($p=0,0041$) entre ambos sectores (Ver Figura 27 b).

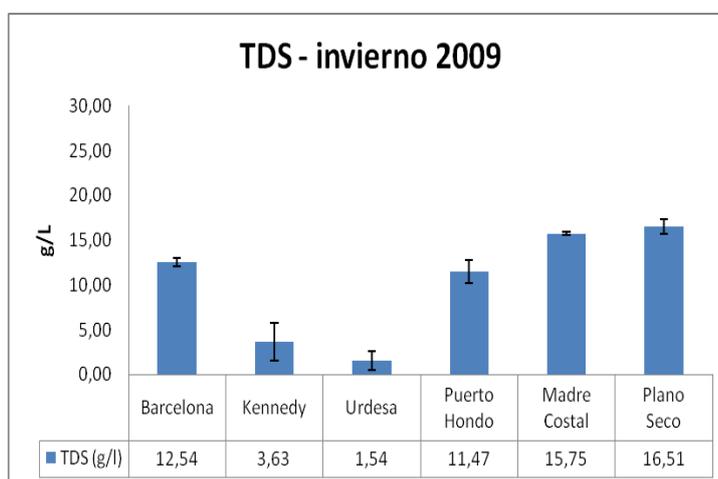


Figura 27 a. Valores promedios de TDS encontrados en cada estación de estudio, invierno 2009

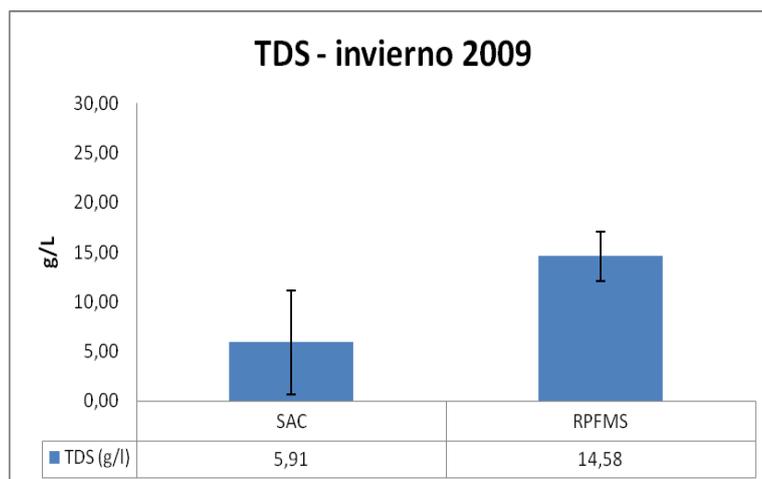


Figura 27 b. Valores promedio de TDS encontrados en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.6. Conductividad

Los valores promedio de conductividad encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $20,84\text{mS/cm} \pm 0,99$; Kennedy $4,72\text{mS/cm} \pm 4,28$; y Urdesa $1,98\text{mS/cm} \pm 0,97$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de conductividad fueron: Puerto Hondo $18,83\text{mS/cm} \pm 2,13$; Madre Costal $25,76\text{mS/cm} \pm 0,26$; y Plano Seco $27,29\text{mS/cm} \pm 1,21$ (Ver Figura 28 a).

Análisis globales de conductividad muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de $9,18\text{mS/cm} \pm 9,11$ y el sector de

la RPFMS $23,96\text{mS/cm} \pm 4,09$; existiendo diferencias significativas ($p=0,0031$) entre ambos sectores (Ver Figura 28 b).

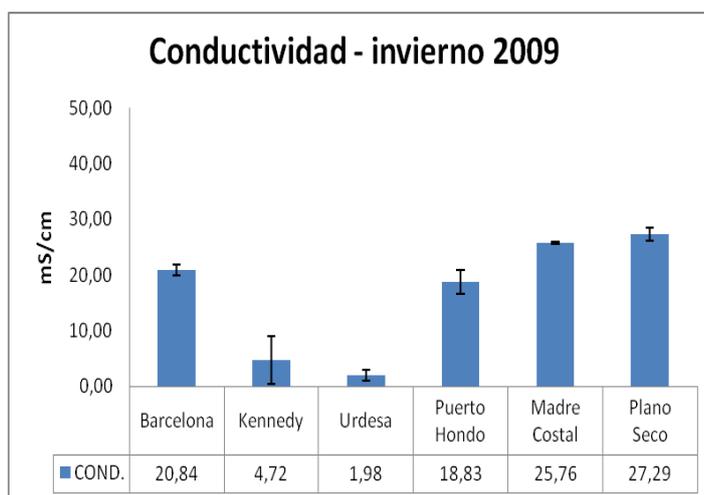


Figura 28 a. Valores promedio de conductividad en cada estación de estudio, invierno 2009

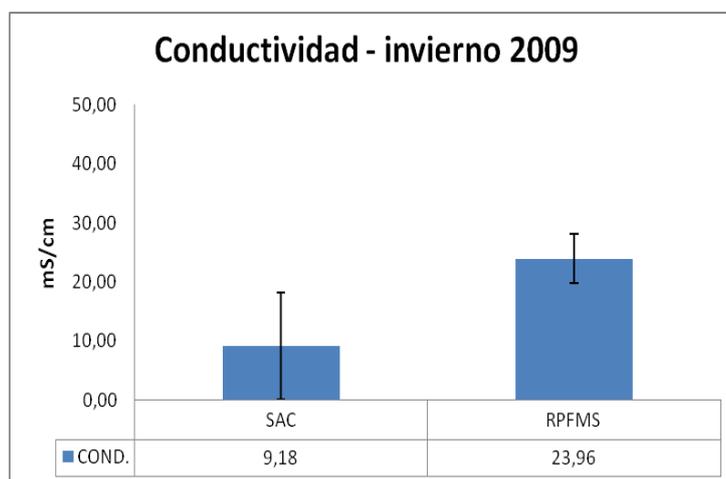


Figura 28 b. Valores promedio de conductividad en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.7. Sulfuro de hidrógeno (SH₂)

Los valores promedio de sulfuro de hidrógeno encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 0,00mg/l; Kennedy 0,40mg/l \pm 0,10; y Urdesa 0,57mg/l \pm 0,45. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de sulfuro de hidrógeno fueron: Puerto Hondo 0,00mg/l; Madre Costal 1,07mg/l \pm 0,83; y Plano Seco 0,33mg/l \pm 0,58 (Ver Figura 29 a).

Análisis globales de sulfuro de hidrógeno muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de 0,32mg/l \pm 0,34 y el sector de la RPFMS 0,47mg/l \pm 0,69. No hubo diferencias significativas entre los sectores estudio (Ver Figura 29 b).

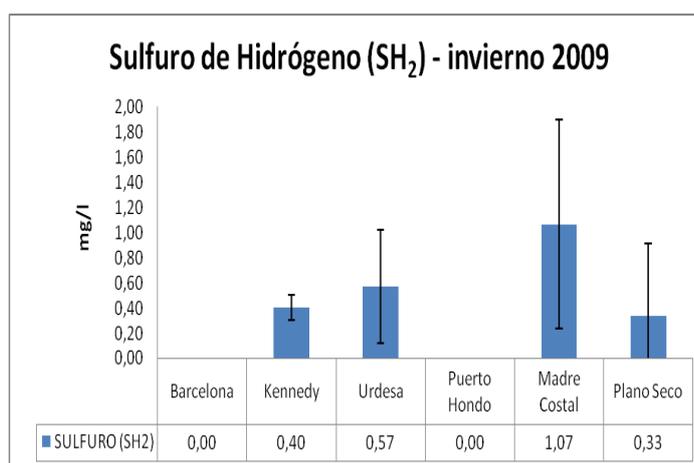


Figura 29 a. Valores promedios de SH₂ en cada estación de estudio, invierno 2009

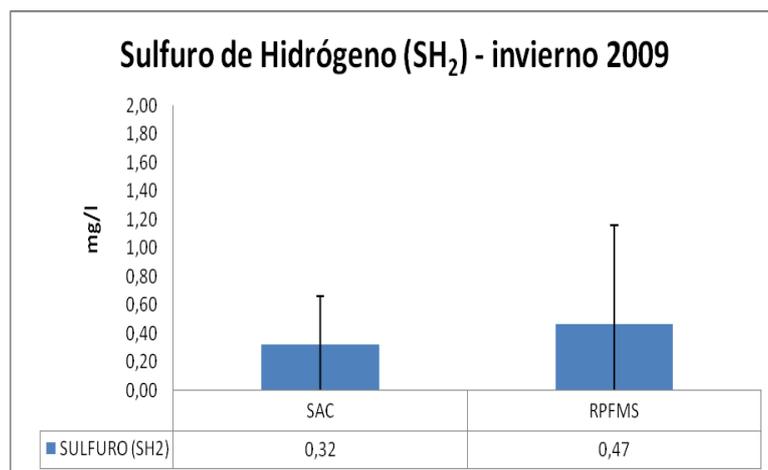


Figura 29 b. Valores promedios de SH₂ en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.8. Amoniacó en agua (NH₃)

Los valores promedio de amoniacó en agua encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona de 0,00mg/l; Kennedy 0,12mg/l \pm 0,01; y Urdesa 0,25mg/l \pm 0,43. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de amoniacó en agua fueron: Puerto Hondo 0,04mg/l \pm 0,04; Madre Costal 0,12mg/l \pm 0,07; y Plano Seco 0,02mg/l \pm 0,02 (Ver Figura 30 a).

Análisis globales de amoniacó en agua muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de 0,13mg/l \pm 0,24 y el

sector de la RPFMS $0,06\text{mg/l} \pm 0,06$. No se presentaron diferencias significativas entre los sectores de estudio (Ver Figura 30 b).

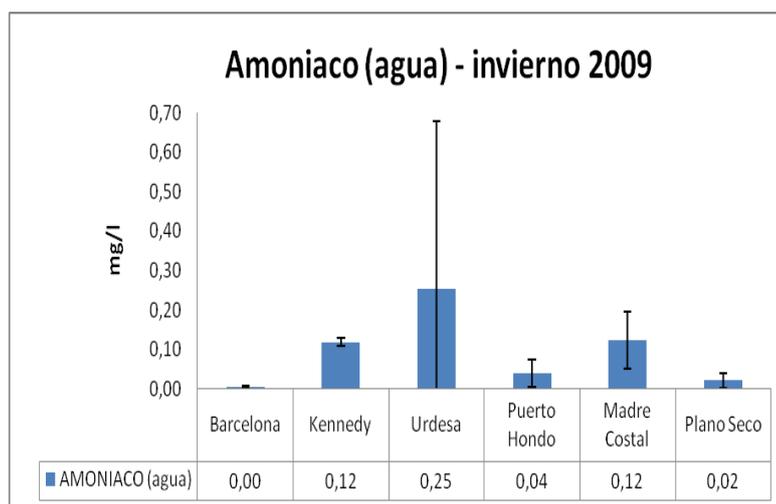


Figura 30 a. Valores promedios de amoniacó en agua, en cada estación de estudio, invierno 2009

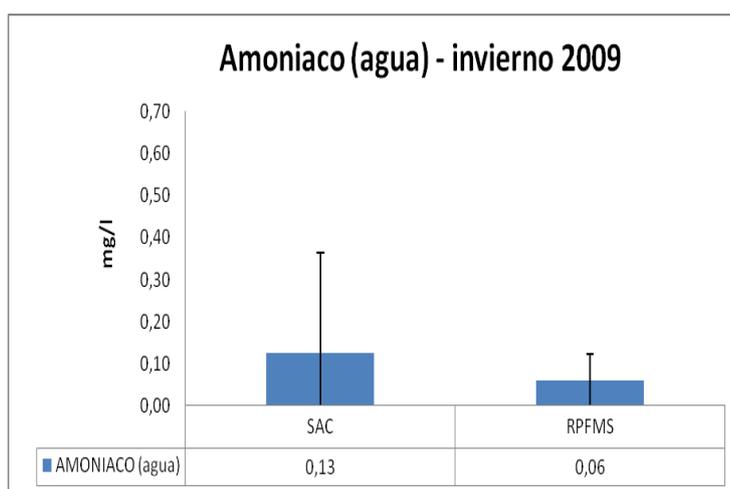


Figura 30 b. Valores promedios de amoniacó en agua, en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.9. Textura del sedimento en invierno 2009

Se determinó la composición física del sedimento en sus constituyentes de porcentajes de arenas, limos y arcillas tanto para SAC y el sector de la RPFMS.

En **SAC** estos porcentajes fueron:

Arenas: Barcelona tuvo un promedio de 20,97% \pm 0,49; Kennedy 12,79% \pm 5,90; y Urdesa 51,98% \pm 11,28. En las estaciones del sector de la RPFMS, los valores promedios fueron: Puerto Hondo 4,53% \pm 2,97; Madre Costal 3,06% \pm 1,66; y Plano Seco 2,73% \pm 1,56 (Figura 31 a).

Análisis globales del porcentaje de arenas muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de 28,58% \pm 19,00 y el sector de la RPFMS 3,44% \pm 2,05; existiendo diferencias significativas ($p=0,0005$) entre ambos sectores (Figura 31 b).

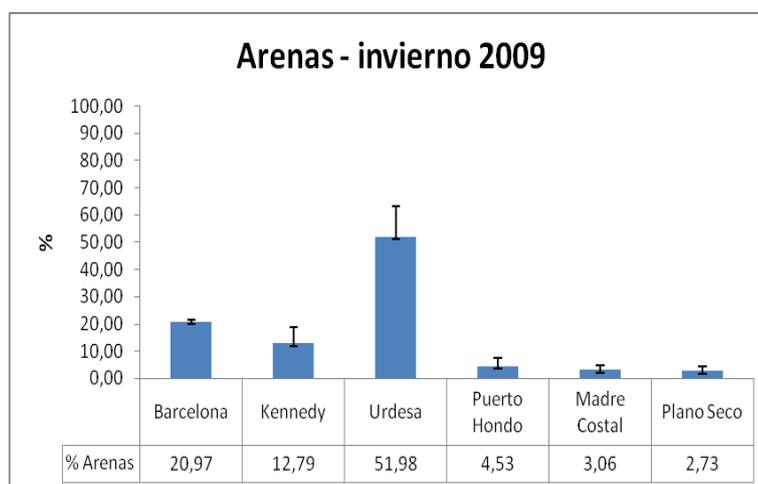


Figura 31 a. Valores promedio de porcentajes de arenas en cada estación de estudio, invierno 2009

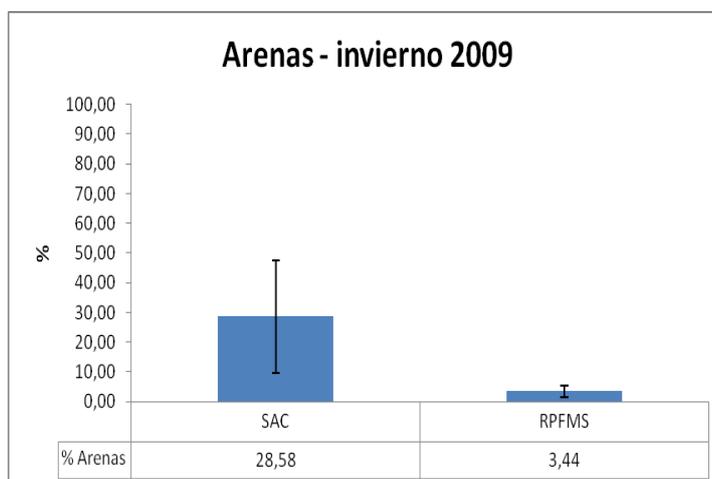


Figura 31 b. Valores promedio de porcentajes de arenas en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

Limos: Barcelona tuvo un promedio de 29,00% \pm 5,09; Kennedy 19,15% \pm 5,03; y Urdesa 7,50% \pm 1,41. En las estaciones del sector de la RPFMS, los valores fueron: Puerto Hondo 24,24% \pm 1,74; Madre Costal 10,49% \pm 6,66; y Plano Seco 18,11% \pm 3,62 (Ver Figura 32 a).

Análisis globales de porcentaje de limos muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de 18,55% \pm 10,01 y el sector de la RPFMS 17,62% \pm 7,12. No se evidenciaron diferencias significativas entre los sectores de estudio (Ver Figura 32 b).

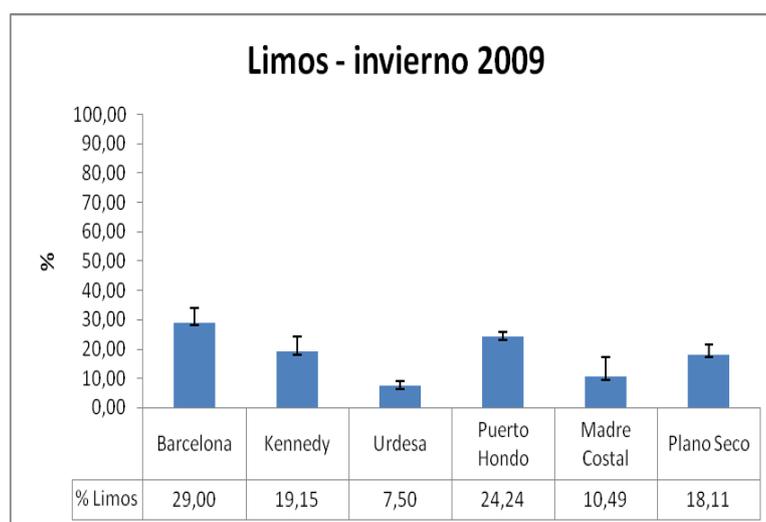


Figura 32 a. Valores promedios de porcentajes de limos en cada estación de estudio, invierno 2009

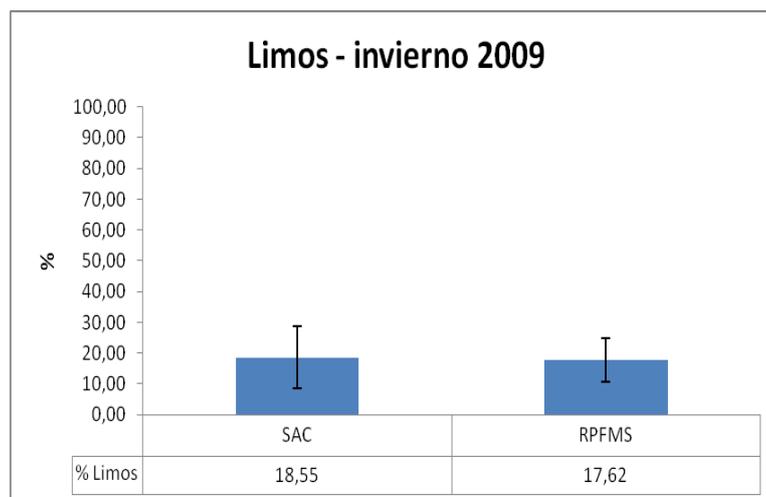


Figura 32 b. Valores promedios de porcentajes de limos en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

Arcillas: Barcelona tuvo un promedio de 50,05% \pm 5,56; Kennedy 68,06% \pm 7,38; y Urdesa 40,52% \pm 12,46. En las estaciones del sector de la RPFMS, los valores fueron: Puerto Hondo 71,23% \pm 2,81; Madre Costal 86,45% \pm 7,57; y Plano Seco 79,16% \pm 4,40 (Ver Figura 33 a).

Análisis globales del porcentaje de arcillas muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de 52,87% \pm 14,38 y el respecto al sector de la RPFMS 78,95% \pm 8,04; existiendo diferencias significativas ($p=0,0013$) entre ambos sectores. (Ver Figura 33 b).

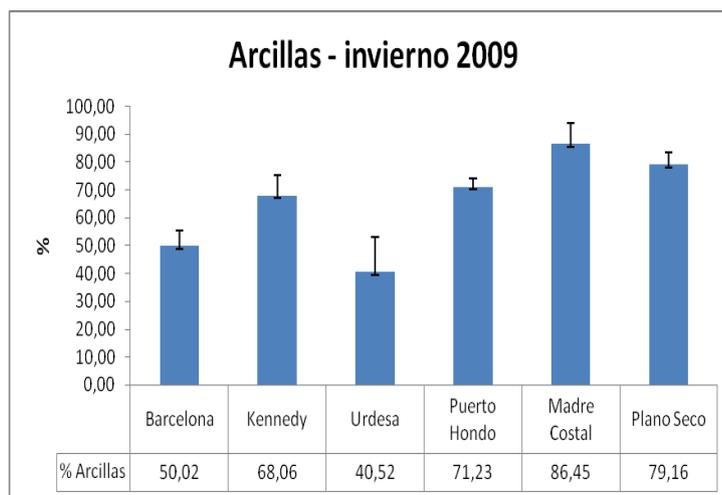


Figura 33 a. Valores promedios de porcentajes de arcillas en cada estación de estudio, invierno 2009

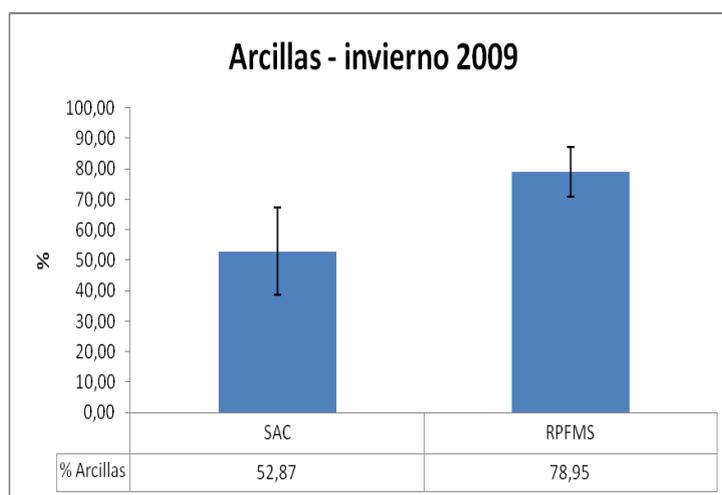


Figura 33 b. Valores promedios de porcentajes de arcillas en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.10. Porcentaje de humedad

Los valores promedio del porcentaje de humedad encontrados en las estaciones de SAC fueron: Barcelona 77,03% \pm 8,12; Kennedy 73,93% \pm 11,15; y Urdesa 41,61% \pm 0,60. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedio de humedad fueron: Puerto Hondo 55,04% \pm 4,45; Madre Costal 72,86% \pm 5,61; y Plano Seco 69,62% \pm 1,94 (Ver Figura 34 a).

Análisis globales del porcentaje de humedad muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó 69,19% \pm 18,33 y el sector de la RPFMS 65,84% \pm 9,02. No se evidenciaron diferencias significativas entre los sectores de estudio (Ver Figura 34 b).

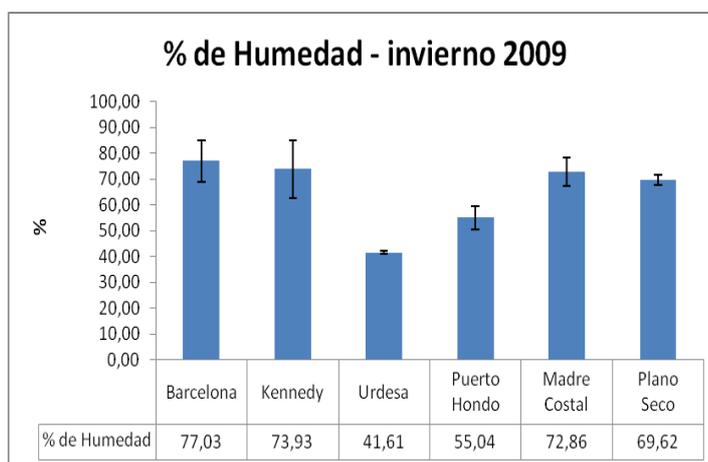


Figura 34 a. Valores promedios de humedad en cada estación de estudio, invierno 2009

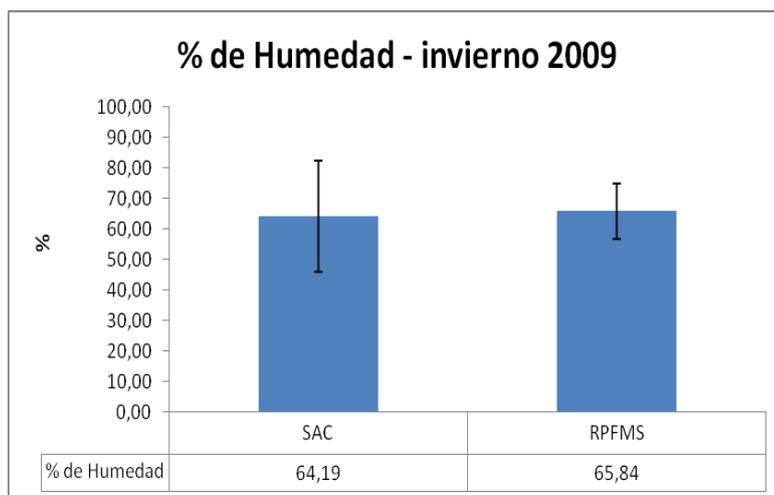


Figura 34 b. Valores promedios de humedad en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.3.11. Amoníaco en sedimento (NH_3)

Los valores promedio de amoníaco en sedimento en las estaciones de SAC fueron: Barcelona $0,12\text{mg/l} \pm 0,06$; Kennedy $0,98\text{mg/l} \pm 1,07$; y Urdesa $0,05\text{mg/l} \pm 0,08$. En las estaciones del sector de la RPFMS, los promedios de amoníaco en sedimento fueron: Puerto Hondo $0,12\text{mg/l} \pm 0,04$; Madre Costal $0,11\text{mg/l} \pm 0,08$; y Plano Seco $0,24\text{mg/l} \pm 0,10$ (Ver Figura 35 a).

Análisis globales de amoníaco en sedimento muestran que durante el invierno 2009, SAC presentó un promedio de amoníaco de $0,38\text{mg/l} \pm 0,70$ y el sector de la RPFMS $0,16\text{mg/l} \pm 0,09$. No se evidenciaron

diferencias significativas entre los sectores de estudio (Ver Figura 35 b).

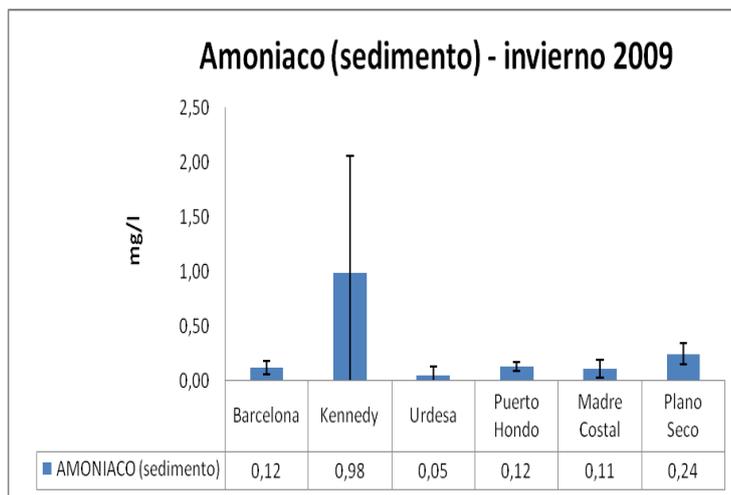


Figura 35 a. Valores promedios de amoniacó en sedimento en cada estación de estudio, invierno 2009

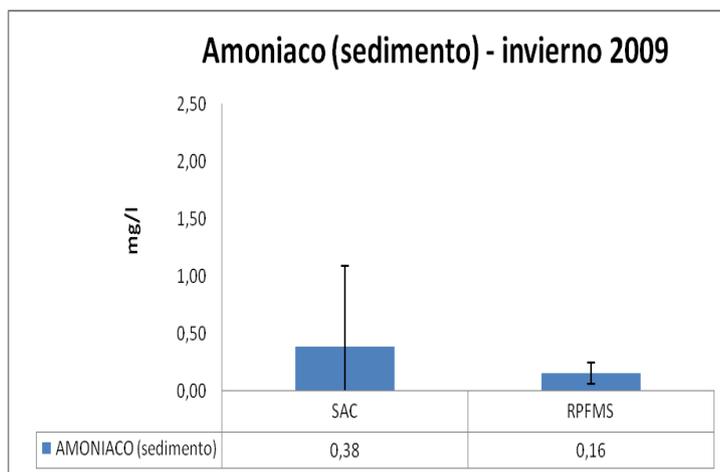


Figura 35 b. Valores promedios de amoniacó en sedimento en SAC y en el sector de la RPFMS, invierno 2009

3.4. Parámetros Biológicos

3.4.1. Macroinvertebrados bentónicos, SAC verano 2008

El promedio total de macroinvertebrados bentónicos identificados en SAC durante el verano del 2008, fue de 5734 organismos; donde el Phylum Annelida fue el más abundante con un 99,41% representado por las familias Tubificidae, Capitellidae; y en baja proporción el Phylum Mollusca con 0,59% representado por las familias Potamididae, Melampidae, Mytellidae y Veneridae (Ver Figura 36).

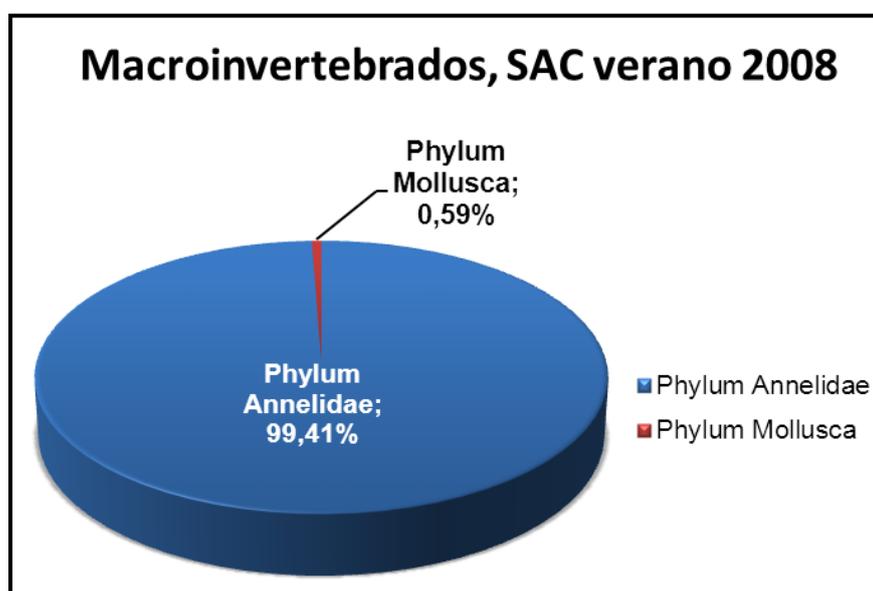


Figura 36. Phyla identificados en SAC verano 2008

En **Barcelona** se encontró un total de 99 ind/m², representado por las familias: Potamididae incluyendo las especies *Cerithidia valida*, *Cerithidia montganeii*; familia Melampidae; y la familia Mytilidae con la especie *Mytella* spp. En esta estación no se encontraron nemátodos, oligoquetos, ni poliquetos (Ver Tabla II).

Tabla II. Número de individuos encontrados en Barcelona, SAC
verano 2008

TAXONES			BARCELONA			Ind./m ²
			B.1	B.2	B.3	
P. MOLLUSCA	F. Potamididae	<i>Cerithidia valida</i>	0	15	146	54
		<i>Cerithidia montganeii</i>	0	15	0	5
		Individuos N.I.	0	0	44	15
	F. Melampidae (1 especie N.I.)		0	0	29	10
	F. Mytilidae	<i>Mytella</i> spp.	15	29	0	15
N.I.: No identificado			TOTAL			99

En **Kennedy** se encontró un total de 4836 ind/m², representado por las familias Tubificidae, Capitellidae con la especie *Capitella* spp.; seguido de la familia Veneridae con la especie *Prototaca* spp. (Ver Tabla III).

Tabla III. Número de individuos encontrados en Kennedy, SAC
verano 2008

TAXONES			KENNEDY			ind/m ²
			K.1	K.2	K.3	
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)		2834	5859	5727	4807
	F. Capitellidae	<i>Capitella</i> spp.	73	0	0	24
P. MOLLUSCA	F. Veneridae	<i>Prototaca</i> spp.	0	15	0	5
N.I.: No identificado			TOTAL			4836

En **Urdesa** se encontró un total de 12268 ind/m², representado por las familias Tubificidae y Capitellidae con su especie *Capitella* spp. (Ver Tabla IV).

Tabla IV. Número de individuos encontrados en Urdesa, SAC verano
2008

TAXONES			URDESA			ind/m ²
			U.1	U.2	U.3	
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)		4544	17707	14405	12219
	F. Capitellidae	<i>Capitella</i> spp.	0	0	146	49
N.I.: No identificado			TOTAL			12268

El índice de diversidad de Shannon-Weaver y valor de equitatividad, durante el verano de 2008, fue en SAC de 0,07 y 0,03 respectivamente. En la Tabla V, se muestran el promedio total de los grupos taxonómicos encontrados en SAC, indicando el nombre de las especies, el número de individuos, el total de individuos por metro cuadrado, la abundancia relativa y el porcentaje de macroinvertebrados.

Tabla V. Resumen del promedio total de los grupos taxonómicos en SAC verano 2008

Taxones	Total (ind/m²)	Abundancia Relativa	% de Macroinvertebrados
Phylum Annelidae	5699	0,9941	99,41%
Clase Clitellata F. Tubificidae (una especie N.I.)	5675	0,9898	98,98
Clase Polichaeta F. Capitellidae <i>Capitella</i> spp.	24	0,0042	0,42
Phylum Mollusca	34	0,0059	0,59%
Clase Gastropoda F. Potamididae <i>Cerithidia valida</i> <i>Cerithidia montganeii</i> individuos N.I. de la F. Potamididae F. Melampidae individuos N.I. de la F. Melampidae	18 2 5 3	0,0031 0,0003 0,0008 0,0006	0,31 0,03 0,08 0,06
Clase Bivalva F. Mytelligidae <i>Mytella</i> spp. F. Veneridae <i>Prototaca</i> spp.	5 2	0,0008 0,0003	0,08 0,03
Riqueza S =8	5734	1,0000	100%

3.4.2. Macroinvertebrados bentónicos, RPFMS verano 2008

El promedio total de macroinvertebrados bentónicos identificados en el sector de la RPFMS durante el verano del 2008, fue de 539 organismos; donde el Phylum Annelida fue el más abundante con el 62,05% representados con las familias Tubificidae, Nereididae, Nepthyidae, Sabellidae, Onuphidae y Capitellidae; seguido por el Phylum Nemata con el 18,07%; el Phylum Arthropoda con el 12,95% representado por las familias Corophiidae, Sphaeromatidae, Ocypodidae, Hyppolitidae, Ameiridae, Harpacticidae, y la clase Branchiopoda; y el Phylum Mollusca con el 6,93% representado por las familias Potamididae, Mytellidae, Donacidae y Ostreidae (Ver Figura 37).

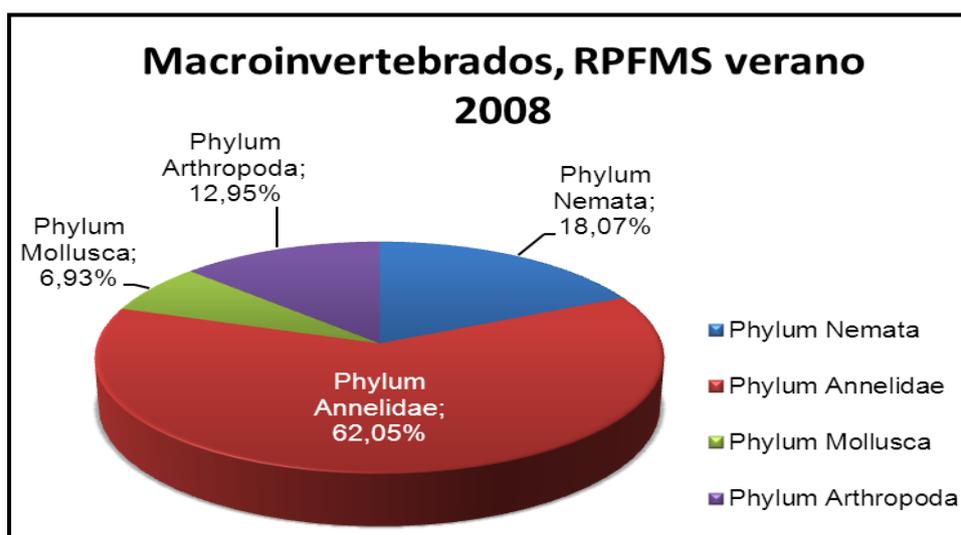


Figura 37. Phyla identificados en el sector de la RPFMS verano 2008

En **Puerto Hondo** se encontró un total de 633 ind/m², representado por la familia Tubificidae; seguido por la familia Potamididae representado por la especie *Cerithidea valida*; además de nemátodos (no identificados); seguido de la familia Nereididae con la especie *Nereis* spp.; Donacidae representada con la especie *Donax* spp.; y la familia Corophiidae con un individuo de una especie no identificada (Ver Tabla VI).

Tabla VI. Número de individuos encontrados en Puerto Hondo,
RPFMS verano 2008

TAXONES			PUERTO HONDO			Ind/m ²
			PH.1	PH.2	PH.3	
P. NEMATA	Nemátodos N.I.		0	0	44	15
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)		0	0	1636	545
	F. Nereididae	<i>Nereis</i> spp.	15	0	0	5
P. MOLLUSCA	F. Potamididae	<i>Cerithidea valida</i>	29	146	0	58
	F. Donacidae	<i>Donax</i> spp.	0	0	15	5
P. ARTHROPODA	F. Corophiidae	sp2 N.I.	0	15	0	5
N.I: No identificados			TOTAL			633

En **Madre Costal** se encontró un total de 770 ind/m², representado por individuos de nemátodos (no identificados), seguido de la familia Tubificidae; familia Ameiridae con la especie *Nitocra* spp.; familia

Nephtyidae con la especie *Nephtys singularis*; familias Sabellidae, y Capetillidae con la especie *Capitella* spp.; Onuphidae con la especie *Onuphis* spp.; Potamididae con las especies *Cerithidea valida* y *Cerithidea obtusa*; Mytellidae con la especie *Mytella* spp.; Ocypodidae con la especie *Uca* spp.; y Ameiridae con la especie *Nitroca* spp. (Ver Tabla VII).

Tabla VII. Número de individuos encontrados en Madre Costal, RPFMS verano 2008

TAXONES		MADRE COSTAL			ind/m ²	
		MC.1	MC.2	MC.3		
P. NEMATA	Nemátodos N.I.	541	117	131	263	
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)	234	44	394	224	
	F. Nephtyidae	<i>Nephtys singularis</i>	73	29	73	58
	F. Sabellidae	Individuos N.I.	0	29	0	10
	F. Onuphidae	<i>Onuphis</i> spp.	0	15	0	5
	F. Capitellidae	<i>Capitella</i> spp.	29	0	0	10
P. MOLLUSCA	F. Potamididae	<i>Cerithidia valida</i>	0	15	0	5
		<i>Cerithidia obtusa</i>	0	15	0	5
	F. Mytellidae	<i>Mytella</i> spp.	15	0	0	5
P. ARTHROPODA	F. Ocypodidae	<i>Uca</i> spp.	0	15	0	5
	F. Ameiridae	<i>Nitocra</i> spp	511	0	15	175
	F. Harpacticidae	<i>Tigriopus</i> spp.	15	0	0	5
N.I.: no identificados		TOTAL			770	

En **Plano Seco** se encontró un total de 216 ind/m², representado por individuos de una especie de la familia Tubificidae, seguido de la familia Mytelligidae con la especie *Mytella strigata*; nemátodos (no identificados); la familia Nephtyidae con la especie *Nephtys singularis*; la familia Capitellidae con la especie *Capitella* spp.; la familia Nereididae con la especie *Nephtys* spp.; la familia Onuphidae con la especie *Onuphis* spp., y un individuo de una especie no identificada; la familia Ostreidae con la especie *Crassostrea columbiensis*; la familia Corophidae con individuos de una segunda especie no identificada; y las familias Sphaeromatidae, e Hyppolitidae. (Ver Tabla VIII).

Tabla VIII. Número de individuos encontrados en Plano Seco, RPFMS verano 2008

TAXONES		PLANO SECO			ind/m ²	
		PS.1	PS. 2	PS. 3		
P. NEMATA	Nemátodos N.I.	0	44	0	15	
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)	0	336	0	112	
	F. Nereididae	<i>Nereis</i> spp	0	15	0	5
	F. Nephtyidae	<i>Nephtys singularis</i>	0	0	29	10
	F. Onuphidae	<i>Onuphis</i> spp.	0	15	0	5
		1 especie N.I.	0	15	0	5
F. Capitellidae	<i>Capitella</i> spp.	0	15	15	10	
P. MOLLUSCA	F. Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	0	0	88	29
	F. Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i>	0	0	15	5

TAXONES			PLANO SECO			ind/m ²
			PS.1	PS.2	PS.3	
P. ARTHROPODA	C. Branchiopoda	1 especie O. Conchostraca N.I.	0	0	15	5
	F. Corophidae	sp 1 N.I.	0	15	0	5
	F. Sphaeromatidae	1 especie N.I.	0	15	0	5
	F. Hyppolitidae	1 especie N.I.	0	15	0	5
N.I.: No identificado			TOTAL			216

El índice de diversidad de Shannon-Weaver y valor de equitatividad, durante el verano de 2008, en el sector de la RPFMS fue de 1,57 y 0,51. En la Tabla IX, se muestra el resumen del promedio total de los grupos taxonómicos encontrados el verano de 2008, en el sector de la RPFMS, indicando el nombre de las especies, el número de individuos, el total de individuos por un metro cuadrado, la abundancia relativa y el porcentaje de macroinvertebrados.

El análisis estadístico reveló diferencias significativas en diversidad ($p=0,0193$) entre SAC y la RPFMS, durante el verano 2008. Por otro lado, no se encontró diferencias significativas respecto al nivel de abundancia de macroinvertebrados entre ambos sectores.

Tabla IX. Resumen del promedio total de los grupos taxonómicos, encontrados en el sector de la RPFMS, verano 2008

Especies	Total (Ind/m2)	Abundancia Relativa	% de Densidad Poblacional
Phylum Nemata	97	0,1807	18,07%
Individuos N.I.	97	0,1807	18,07
Phylum Annelidae	334	0,6205	62,05%
Clase Clitellata F. Tubificidae (una especie N.I.)	294	0,5452	54,52
Clase Polichaeta F. Nereididae <i>Nereis</i> spp.	3	0,0060	0,60
F. Nephthyidae <i>Nepthys singularis</i>	23	0,0422	4,22
F. Sabellidae individuos N.I. de la F. Sabellidae	3	0,0060	0,60
F. Onuphidae <i>Onuphis</i> spp.	3	0,0060	0,60
una especie N.I. de la F. Onuphidae	2	0,0030	0,30
F. Capitellidae <i>Capitella</i> spp.	6	0,0120	1,20
Phylum Mollusca	37	0,0693	6,93%
Clase Gasteropoda F. Potamididae <i>Cerithidia valida</i>	21	0,0392	3,92
<i>Cerithidia obtusa</i>	2	0,0030	0,30
Clase Bivalva F. Mytellidae <i>Mytella strigata</i>	10	0,0181	1,81
<i>Mytella</i> spp.	2	0,0030	0,30
F. Donacidae <i>Donax</i> spp.	2	0,0030	0,30
F. Ostreidae <i>Crassostrea columbiensis</i>	2	0,0030	0,30
Phylum Arthropoda	70	0,1295	12,95%
Clase Branchiopoda 1 especie del O. Conchostraca N.I.	2	0,0030	0,30
Clase Malacostraca F. Corophidae sp 1 de la F. Corophiidae	2	0,0030	0,30
sp 2 de la F. Corophiidae	2	0,0030	0,30
F. Sphaeromatidae (una especie)	2	0,0030	0,30

Especies	Total (Ind/m ²)	Abundancia Relativa	% de Densidad Poblacional
N.I.)			
F. Ocypodidae <i>Uca</i> spp.	2	0,0030	0,30
F. Hyppolitidae (una especie N.I.)	2	0,0030	0,30
Clase Maxilopoda			
F. Ameiridae <i>Nitroca</i> spp.	58	0,1084	10,84
F. Harpacticidae <i>Tigriopus</i> spp.	2	0,0030	0,30
Riqueza s=22	539	1,0000	100%

3.4.3. Macroinvertebrados bentónicos, SAC invierno 2009

El promedio total de macroinvertebrados bentónicos identificados en SAC durante el invierno del 2009, fue de 1136 organismos; donde el Phylum Annelida fue el más abundante con un 98,77% representado por las familias Tubificidae, Capitellidae; seguido del Phylum Mollusca con 0,70% representado por la familia Mytilidae; y en baja proporción se encontró al Phylum Arthropoda con 0,53% representado por las familias Balanidae y Ameiridae. (Ver Figura 38).

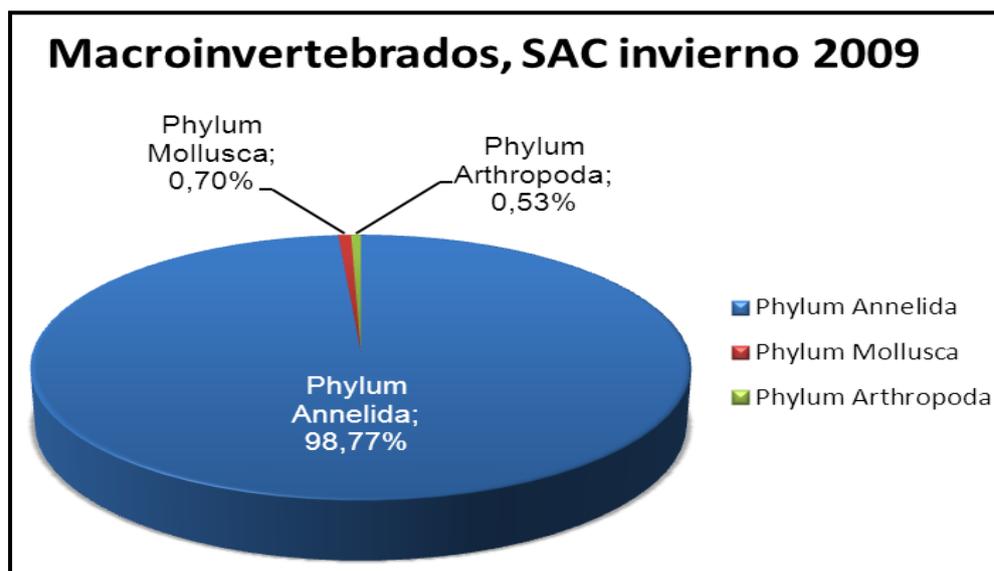


Figura 38. Phyla identificados en SAC invierno 2009

En **Barcelona** se encontró un total de 34 ind/m², representado por las familias Mytilidae y Balanoidea con sus especies *Mytella strigata* y *Balanus* spp., respectivamente. En esta estación no se encontró nemátodos, oligoquetos, ni poliquetos (Ver Tabla X).

Tabla X. Número de individuos encontrados en Barcelona, SAC invierno 2009

TAXONES			BARCELONA			ind/m ²
			B.1	B.2	B.3	
P. MOLLUSCA	F. Mytilidae	<i>Mytella strigata</i>	0	73	0	24
P. ARTHROPODA	F. Balanoidea	<i>Balanus</i> spp.	0	15	15	10
N.I.: No identificado			TOTAL			34

En **Kennedy** se encontró un total de 302 ind/m², representado por una especie de la familia Tubificidae, seguido de las familias Capitellidae y Ameiridae con sus especies *Capitella* spp. y *Nitocra* spp., respectivamente (Ver Tabla XI).

Tabla XI. Número de individuos encontrados en Kennedy, SAC
invierno 2009

TAXONES			KENNEDY			ind/m ²
			K.1	K.2	K.3	
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I)		847	0	0	282
	F. Capitellidae	<i>Capitella</i> spp.	0	29	0	10
P. ARTHROPODA	F. Ameiridae	<i>Nitocra</i> spp.	29	0	0	10
N.I.: No identificado			TOTAL			302

En **Urdesa** se encontró un total de 3073 ind/m², representado por la familia Tubificidae con una especie posiblemente del género *Monopylephorus* spp.; y la familia Capitellidae con su especie *Capitella* spp. (Ver Tabla XII).

Tabla XII. Número de individuos encontrados en Urdesa, SAC
invierno 2009

TAXONES			URDESA			ind/m ²
			U.1	U.2	U.3	
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)		3010	1753	2513	2425
	F. Capitellidae	<i>Capitella</i> spp.	1855	88	0	648
N.I.: No identificado			TOTAL			3073

El índice de diversidad de Shannon-Weaver y valor de equitatividad, durante el invierno de 2009, en SAC fue de 0,57 y 0,35. En la Tabla XIII, se muestran los grupos taxonómicos encontrados en SAC, indicando el nombre de las especies, el número de individuos, el total de individuos por un metro cuadrado, la abundancia relativa y el porcentaje de macroinvertebrados.

Tabla XIII. Resumen del promedio total de los grupos taxonómicos,
en SAC invierno 2009

Taxones	Total (ind/1m²)	Abundancia Relativa	% de Macro- invertebrados
Phylum Annelida	1122	0,9877	98,77%
Clase Clitellata			
F. Tubificidae (1 especie N.I.)	903	0,7948	79,48%
Clase Polychaeta			
F. Capitellidae			
<i>Capitella</i> spp.	219	0,1929	19,29%
Phylum Mollusca	8	0,0070	0,70%
Clase Bivalvia			
F. Mytilidae			
<i>Mytella strigata</i>	8	0,0070	0,70%
Phylum Arthropoda	6	0,0053	0,53%
Clase Maxillopoda			
F. Balanidae			
<i>Balanus</i> spp.	3	0,0026	0,26%
F. Ameiridae			
<i>Nitocra</i> spp.	3	0,0026	0,26%
Riqueza S=5	1136	1,0000	100%

3.4.4. Macroinvertebrados bentónicos, RPFMS Invierno 2009

El promedio total de macroinvertebrados bentónicos identificados en el sector de la RPFMS durante el invierno 2009, fue de 12553 organismos; donde el Phylum Nemata fue el más abundante con el 57,40%; seguido del Phylum Annelida con el 25,74% representado por las familias Tubificidae, Nereididae, Nepthyidae, Sabellidae,

Capitellidae; seguido por el Phylum Arthropoda con el 16,78% representado por las familias Harpacticidae, Ameiridae y Cyclopidae; y por último el Phylum Mollusca con el 0,07% representado por las familias Mytilidae, Ostreidae y Potamididae (Ver Figura 39).

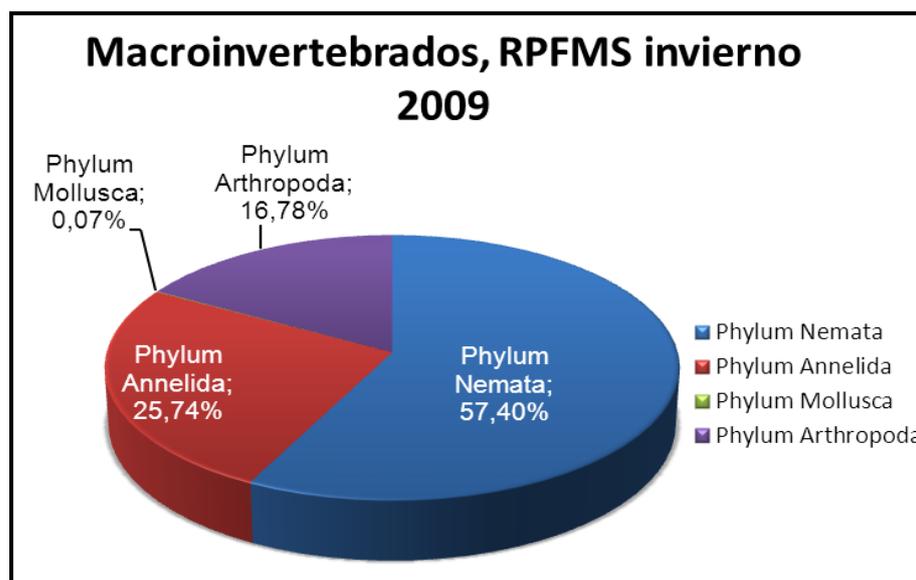


Figura 39. Phyla identificados en el sector de la RPFMS invierno
2009

En **Puerto Hondo** se encontró un total de 36597 ind/m², representado por nemátodos (no identificados); seguido de la familia Tubificidae; la familia Ameiridae con la especie *Nitocra* spp.; familia Sabellidae; familias: Nereididae representado por la especie *Nereis* spp.; Nephtyidae representado por *Nephtys singularis*; Capitellidae

representado por *Capitella* spp.; Potamididae representado por *Cerithidea valida*; y Cyclopidae representado por *Cyclops* spp. (Ver Tabla XIV).

Tabla XIV. Número de individuos encontrados en Puerto Hondo, RPFMS invierno 2009

TAXONES		PUERTO HONDO			ind/m ²	
		PH.1	PH.2	PH.3		
P. NEMATA	Nemátodos N.I.	28168	0	34012	20726	
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)	5362	0	15954	9043	
	F. Nereididae	<i>Nereis</i> spp.	0	29	0	10
	F. Nephtyidae	<i>Nephtys singularis</i>	29	468	0	166
	F. Sabellidae (1 especie N.I.)		0	0	3682	1227
	F. Capitellidae	<i>Capitella</i> spp.	0	745	15	253
P. MOLLUSCA	F. Potamididae	<i>Cerithidea valida</i>	29	0	0	10
P. ARTHROPODA	F. Ameiridae	<i>Nitocra</i> spp.	14318	0	1140	5152
	F. Cyclopidae	<i>Cyclops</i> spp.	0	0	29	10
N.I.: No identificado		TOTAL			36597	

En **Madre Costal** se encontró un total de 1340 ind/m², representado por individuos de nemátodos (no identificados); seguido de la familia Ameiridae con la especie *Nitocra* spp.; familia Tubificidae; y las

familias: Nereididae representado por la especie *Nereis* spp.; Potamididae representada por *Cerithidea valida* (Ver Tabla XV).

Tabla XV. Número de individuos encontrados en Madre Costal, RPFMS invierno 2009

TAXONES			MADRE COSTAL			ind/m ²
			MC.1	MC.2	MC.3	
P. NEMATA	Nemátodos N.I.		0	365	102	156
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)		0	73	15	29
	F. Nereididae	<i>Nereis</i> spp.	0	29	0	10
P. MOLLUSCA	F. Potamididae	<i>Cerithidea valida</i>	15	0	0	5
P. ARTHROPODA	F. Ameiridae	<i>Nitocra</i> spp.	1169	745	1505	1140
N.I.: No identificado			TOTAL			1340

En **Plano Seco** se encontró un total de 4792 ind/m², representado por individuos de nemátodos (no identificados); seguido de la familia Tubificidae; familia Harpacticidae por la especie spp.; familias Nereidae con la especie *Nereis* spp.; también las familias Ostreidae, Mytilidae representada por la especie *Mytella* spp.; Ameiridae representada por la especie *Nitocra* spp. (Ver Tabla XVI).

Tabla XVI. Número de individuos encontrados en Plano Seco, RPFMS invierno 2009

Taxones			PLANO SECO			ind/m ²
			PS.1	PS.2	PS.3	
P. NEMATA	Nemátodos N.I.		0	2206	0	735
P. ANNELIDA	F. Tubificidae (1 especie N.I.)		117	1169	1154	813
	F. Nereididae	<i>Nereis singularis</i>		0	29	10
P. MOLLUSCA	F. Mytilidae	<i>Mytella</i> spp.	0	0	15	5
	F. Ostreidae (1 especie N.I.)		0	15	0	5
P. ARTHROPODA	F. Ameiridae	<i>Nitocra</i> spp.	0	15	0	5
	F. Harpacticidae	<i>Tigriopus</i> spp.	0	29	15	15
N.I.: No identificado			TOTAL			1588

El índice de diversidad de Shannon-Weaver y valor de equitatividad, durante el invierno de 2009, en el sector de la RPFMS fue de 1,14 y 0,46. En la Tabla XVII, se muestra el resumen del promedio total de los grupos taxonómicos encontrados en la RPFMS, indicando el nombre de las especies, el número de individuos, el total de individuos por un metro cuadrado, la abundancia relativa y el porcentaje de macroinvertebrados.

Tabla XVII. Resumen del promedio total de los grupos taxonómicos encontrados en el sector de la RPFMS invierno 2009

Taxones	Total (ind/1m²)	Abundancia Relativa	% de Macro- invertebrados
Phylum Nemata	7206	0,5740	57,40%
Nemátodos N.I.	7206	0,5740	57,40%
Phylum Annelida	3231	0,2574	25,74%
Clase Clitellata			
F. Tubificidae (1 especie N.I.)	2649	0,2110	21,10%
Clase Polychaeta			
F. Nereididae			
<i>Nereis</i> spp.	6	0,0005	0,05%
F. Nephtyidae			
<i>Nephtys</i> singularis	83	0,0066	0,66%
F. Sabellida (1 especie N.I.)	409	0,0326	3,26%
F. Capitellidae			
<i>Capitella</i> spp.	84	0,0067	0,67%
Phylum Mollusca	9	0,0007	0,07%
Clase Bivalvia			
F. Mytilidae			
<i>Mytella</i> spp.	2	0,0002	0,02%
F. Ostreidae (1 especie N.I.)	2	0,0002	0,02%
Clase Gastropoda			
F. Potamididae			
<i>Cerithidia valida</i>	5	0,0004	0,04%
Phylum Arthropoda	2107	0,1678	16,78%
Clase Maxillopoda			
F. Harpacticidae			
<i>Tigriopus</i> spp.	5	0,0004	0,04%
F. Ameiridae			
<i>Nitocra</i> spp.	2099	0,1672	16,72%
F. Cycloipae			
<i>Cyclops</i> spp.	3	0,0002	0,02%
Riqueza S=12	12553	1,0000	100%

El análisis estadístico reveló diferencias significativas en la diversidad ($p=0,008072$) entre SAC y la RPFMS durante el invierno del 2009. Por otro lado, no se encontró diferencias significativas respecto al nivel de abundancia de macroinvertebrados entre ambos sectores.

3.5. Diferencias entre estaciones

3.5.1. Verano 2008

El análisis unilateral de varianza por el método de comparación múltiple de Kruskal-Wallis, demostró que en SAC existieron diferencias significativas entre Barcelona y Kennedy en lo que respecta a porcentajes de arenas ($p=0,0273$), limos ($p=0,0273$) y arcillas ($p=0,0273$). Las diferencias significativas entre Barcelona y Urdesa son: salinidad ($p=0,0273$), TDS ($p=0,0265$), y conductividad ($p=0,0273$).

El sector de la RPFMS, presentó diferencias significativas entre la estación Puerto Hondo y Plano Seco en las variables de salinidad ($p=0,0273$) y TDS ($p=0,0265$).

3.5.2. Invierno 2009

El análisis unilateral de varianza por el método de comparación múltiple de Kruskal-Wallis, demostró que en SAC existió diferencias significativas entre Barcelona y Urdesa en lo que respecta a salinidad ($p=0,0273$), pH ($p=0,0265$), TDS ($p=0,0390$), porcentaje de limos ($p=0,0390$). Y entre Kennedy y Urdesa diferencias significativas en la concentración de amonio ($p=0,0390$) y porcentaje de limos ($p=0,0390$).

El sector de la RPFMS, presentó diferencias significativas entre Puerto Hondo y Plano Seco en las variables de salinidad ($p=0,0265$), TDS ($p=0,0273$), conductividad ($p=0,0273$). También existió diferencias significativas entre Puerto Hondo y Madre Costal sólo en el porcentaje de limos ($p=0,039$).

3.5.3. Diferencias por Sector y época de año

El análisis estadístico de Kruskal-Wallis indicó las diferencias significativas entre: SAC 2008, RPFMS 2008, SAC 2009 y RPFMS 2009.

Entre SAC y el sector RPFMS durante el verano 2008 existieron diferencias significativas en las variables de: oxígeno disuelto ($p=0,0051$), salinidad ($p=0,0011$), TDS ($p=0,0011$), conductividad ($p=0,0012$), porcentaje de limos ($p=0,0189$) y arcillas ($p=0,0289$).

Entre SAC verano 2008 y SAC invierno 2009 existieron diferencias significativas en las variables de temperatura ($p=0,0021$) y porcentaje de limos ($p=0,0044$).

Entre RPFMS invierno 2009 y RPFMS verano 2008 existieron diferencias significativas en las variables de: temperatura ($p=0,0056$), oxígeno disuelto ($p=0,0176$) y pH ($p=0,0140$).

Entre RPFMS y SAC durante el invierno 2009 existieron diferencias significativas en las variables de: pH ($p=0,0108$), porcentajes de arenas ($p=0,0083$), y de arcillas ($p=0,0141$).

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN

4.1. Cubiertas no permeables como estresores en el Estero Salado

El Estero Salado a pesar de ser un ecosistema natural ha sido intervenido, desde los orígenes de la ciudad, por asentamientos humanos que están ubicados en sus orillas [48, 49].

El crecimiento demográfico de la ciudad de Guayaquil se traduce en las construcciones de puentes, carreteras, casas y edificios, categorizadas para este estudio como cubiertas no permeables. Las construcciones aledañas a ecosistemas naturales (esteros) han contribuido tanto a la reducción de las áreas de manglar como al cambio en la textura del sedimento [5, 50, 51].

El sector que atraviesa la ciudad de Guayaquil (SAC), ubicado dentro del área metropolitana, posee un elevado porcentaje de cubiertas no permeables en un 83,21% y con una densidad de 96 habitantes por hectárea, caracterizado por ser un sector urbano. El desarrollo urbano, especialmente en sitios como Barcelona, ha contribuido en la disminución del área de manglar que en años anteriores alcanzaba las 2 hectáreas [4].

En cambio, el sector de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS), existe un 16,34% de cubiertas no permeables y una densidad poblacional de 3 habitantes por hectárea. En este sector, existe la presencia de camaroneras en un 16,45%, por lo que se lo caracterizó como un suelo suburbano. Sin embargo, el porcentaje de cubiertas no permeables tiende a aumentar por ser un territorio planificado para la ampliación urbanística de la ciudad.

Según el criterio del modelo de Holland [7], para la clasificación de la cobertura de suelos en los estuarios de Carolina del Sur, indican que cuando las cubiertas no permeables exceden el 20% existen impactos en la calidad del agua y sedimentos como alteración en la hidrografía, cambios en la salinidad, textura de sedimento e

incremento de contaminantes químicos y carga bacterial; y cuando exceden el 30% existe adicionalmente una respuesta por parte de especies sensibles y tolerantes al estrés y alteraciones en la cadena alimenticia [7].

Por lo tanto, el incremento de cubiertas no permeables, producto del desarrollo urbano en SAC, repercuten en la alteración de calidad de agua, sedimento y recursos biológicos. A diferencia del sector de la RPFMS, que por estar ubicado en las afueras de la ciudad, es un lugar relativamente prístino.

4.2. Parámetros Físicos-Químicos

4.2.1. Temperatura

La temperatura es un requerimiento esencial para el óptimo desarrollo de los organismos vivos, razón por lo cual es importante su medición en la evaluación del ambiente estuarino. Los factores que influyen a este parámetro son la latitud, época del año, profundidad, volumen del agua [10], y descargas de aguas residuales domésticas e industriales que afectan al estero [48].

Durante el verano de 2008, SAC presentó diferencias significativas ($p=0,0380$) con una temperatura promedio de $27,45^{\circ}\text{C}$, que es mayor respecto a la observada en el sector de la RPFMS con $26,83^{\circ}\text{C}$. En el invierno de 2009, existió diferencias significativas ($p=0,0070$) con una temperatura promedio en SAC de $29,29^{\circ}\text{C}$, que es mayor respecto al sector de la RPFMS con $28,50^{\circ}\text{C}$. Estos valores muestran que existió un incremento de temperatura en invierno por ser la época cálida del año.

Adicional a esto, el Municipio de Guayaquil, indica que la evacuación de aguas de enfriamiento de las termoeléctricas en el sector de la RPFMS, presentan una temperatura elevada de 38 a 40°C , que exceden el límite máximo permisible en ecosistemas estuarinos. [50, 51].

Sin embargo, los valores de temperatura encontrados en SAC y en el sector de la RPFMS, tanto para verano del 2008 e invierno del 2009, se mantuvieron dentro del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce, marina y de estuarios (menores a 32°C), establecido en el Texto unificado de Legislación Ambiental Secundaria, TULAS [53].

Los valores de temperatura reportados por otros autores en verano indican: Ayarza [21] 25,73°C; Lahmeyer-Cimentaciones [49] 27,90°C, Cruz [59] 26,00°C; Calle [53] 29,70°C; Municipio de Guayaquil [17] valores de 26,30°C y 27.36 °C en verano, y en invierno, valores de 27,81°C y 29,63°C (Figura 40 a).

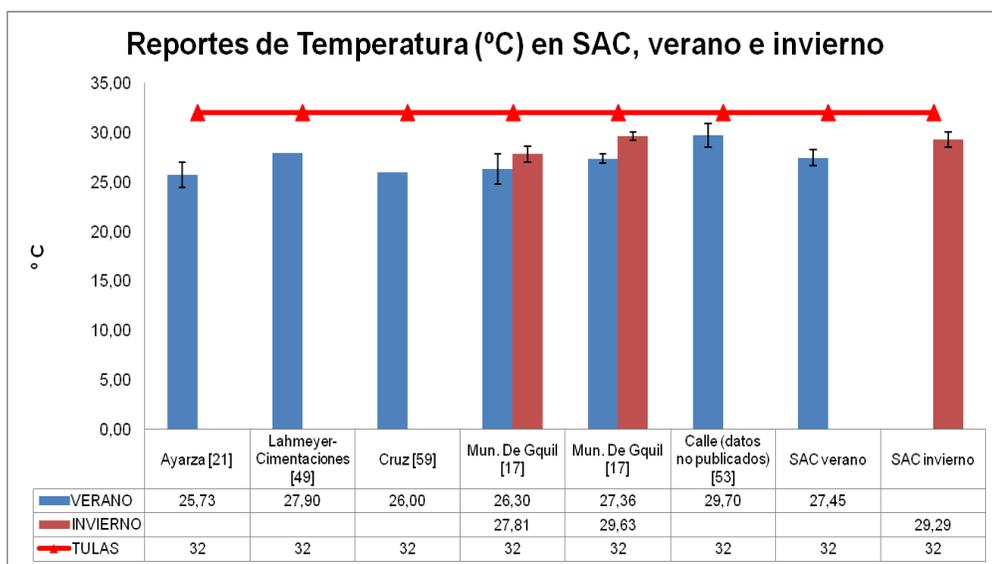


Figura 40 a. Reportes de temperatura de años anteriores en SAC

Así mismo, en el sector de la RPFMS, Pesantes [9] reportó en verano 24,75°C; Suéscum *et.al.* [16] en los años de 1994, 1995 y 1996, reportó valores de temperatura en verano de 26,52°C; 27,1°C; 25,03°C, respectivamente, y en invierno 29,20°C; 29,62°C y 29,53°C respectivamente.

Al igual que, Valencia [25] reportó en verano 27,78°C, Estrella [54] reportó en verano 26°C y en invierno 27°C y Calle datos no publicados [53], reportó en verano valores de 26,53°C y en invierno. 30.34°C (Figura 40 b).

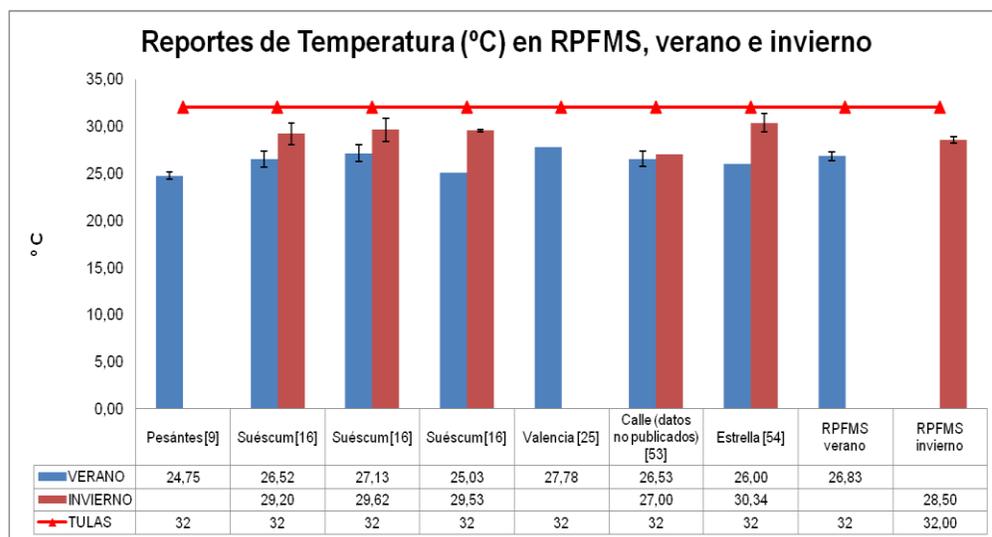


Figura 40 b. Reportes de temperatura de años anteriores en RPFMS

El incremento de la temperatura en ambientes estuarinos, podría causar efectos dañinos a la flora, fauna y reproducción de las especies; además de incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos que podrían reducir los niveles de oxígeno e incrementar el proceso de eutrofización en este ecosistema.

El incremento de la temperatura podría causar efectos dañinos a la flora, fauna y reproducción de las especies; además de incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos que podrían reducir los niveles de oxígeno e incrementar el proceso de eutrofización en este ecosistema [55].

4.2.2. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es el elemento más importante e indicador principal para la supervivencia de la vida de animales, plantas y bacterias; siendo uno de los indicadores de cuán contaminada está el agua [56].

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua varían constantemente por procesos físicos, químicos y biológicos como: productividad primaria, temperatura, salinidad, concentración de dióxido de carbono, sólidos disueltos, materia orgánica y contaminantes inorgánicos producto de la influencia antropogénica [49, 55].

Durante el verano de 2008, SAC presentó diferencias significativas ($p=0,0005$) con una concentración baja de oxígeno de 1,69mg/l y

21,50% de saturación, respecto al sector de la RPFMS con 6,46mg/l y 93,69% de saturación. En invierno del 2009, existió diferencias significativas ($p=0,0071$) con una concentración de oxígeno en SAC de 0,95mg/L y 13,11% de saturación, respecto al sector de la RPFMS con 1,97mg/l y 27,38% de saturación.

Estos valores muestran que, en ambas épocas del año, en SAC y en invierno en el sector de la RPFMS presentan niveles de anoxia ($<2\text{mg/l}$); y en verano, el sector de la RPFMS registró concentraciones normales de oxígeno dentro del límite mínimo permisible de TULAS (5mg/l). Es normal encontrar niveles bajos de oxígeno ($<28\%$ de saturación, hipoxia) en ecosistemas estuarinos, pero niveles más bajos de esta concentración indican que estas áreas son intervenidas por la actividad antropogénica [6, 57], y causan daños a ciertas especies como moluscos y peces [21, 58].

En general, en época de invierno se registran bajas concentraciones de oxígeno, este comportamiento se debe a la relación que guarda el oxígeno disuelto con la temperatura, ya que el agua fría almacena mayor cantidad de oxígeno que el agua caliente [57]; además las lluvias presentes en esta época, arrastran por medio de las

escorrentías, nutrientes de las áreas urbanas hacia el estero [58], que aumentan la demanda del oxígeno disuelto en los procesos biogeoquímicos de los nutrientes.

Adicional a esto, las descargas de aguas residuales de uso doméstico e industrial que son vertidas sin previo tratamiento al Estero [49], no permiten una reoxigenación de las aguas por poseer un escaso flujo y reflujos de la marea [12]; este factor se da especialmente en SAC, cuyos ramales se encuentran incrustados dentro de la ciudad; a diferencia del sector de la RPFMS que por estar dirigida hacia el estuario exterior del Golfo de Guayaquil, el efecto de las mareas favorece una mejor renovación en sus aguas.

Estudios anteriores reportaron que en SAC existían niveles de hipoxia (<4mg/l), como los encontrados por: Solórzano [14] en verano rangos entre 3,00 y 3,6mg/l; Ayarza [21] reportó valores entre 0,00 y 4,70mg/l; Lahmeyer-Cimentaciones [49] rangos entre 0,00 y 3,40mg/l en verano y 0,90 a 1,90mg/l en invierno; la Municipalidad de Guayaquil [18] valores en verano entre 4,20 y 5,60mg/l , en invierno de 4,3 a 5,3mg/l; en otro estudio la misma Municipalidad encontró valores entre 4,3 y 5,2mg/l en verano y entre 4,2 a 5,1mg/l en

invierno; y Calle datos no publicados [53] valores entre 0,02 a 0,81mg/l en invierno. (Figura 41 a).

Estos valores muestran que la concentración de oxígeno disuelto ha ido disminuyendo. Sin embargo, Cruz [59] reportó concentraciones de oxígeno disuelto estables (5,05mg/l) a lo largo del ramal de Barcelona, indicando que esos valores fueron normales para la época seca.

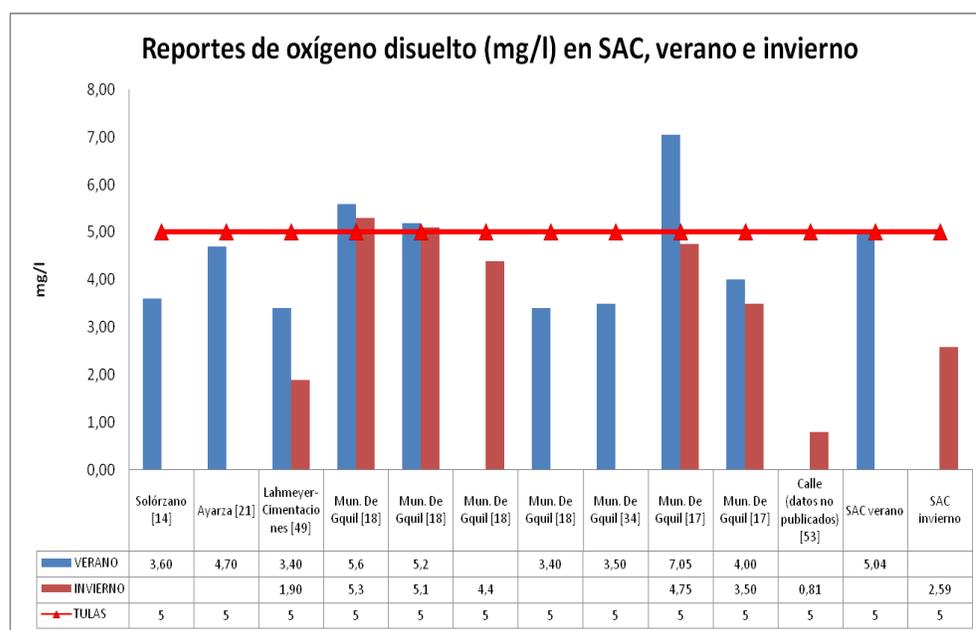


Figura 41 a. Reportes de oxígeno disuelto de años anteriores en SAC.

Por otro lado, algunos autores han reportado rangos de oxígeno disuelto en el sector de la RPFMS o cercanos a este como: Valencia [25] indicando valores entre 6,37 y 6,45mg/l en verano; Suéscum valores entre 5,40 y 7,30mg/l en verano, y 5,50 a 6,80mg/l en invierno; Estrella [54] reportó en invierno rangos entre 1,90 y 2,40mg/l; y Calle datos no publicados [53] valores de 4,97 y 7,57mg/L. (Figura 41 b).

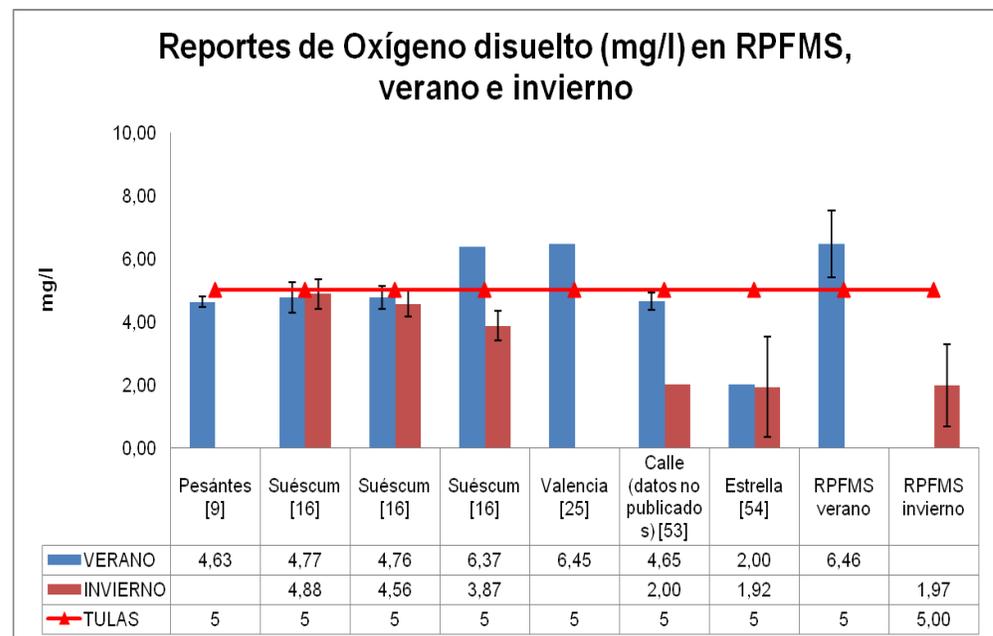


Figura 41 b. Reportes de oxígeno disuelto de años anteriores en RPFMS.

Las figuras de oxígeno disuelto indican los valores máximos registrados por cada autor en comparación con este estudio, los cuales en algunos casos exceden el límite mínimo permitido. Los valores de años anteriores y con los de este estudio indican que existe una disminución de la concentración de oxígeno hacia la ciudad de Guayaquil, reportándose niveles de hipoxia y anoxia, lo que representan condiciones estresantes para la mayoría de organismos macroinvertebrados bentónicos. Diversos estudios han reportado afectaciones en la tasa de crecimiento, composición y nivel de abundancia de diversos organismos expuestos a niveles similares de hipoxia y anoxia en ecosistemas estuarinos [6, 7, 37, 58, 60, 62].

4.2.3. Salinidad

El Estero Salado es un estuario de alta salinidad con ligeros cambios desde el estuario inferior hasta el superior [59]; la salinidad disminuye conforme se aleja de la boca del estuario y puede estratificarse de acuerdo a la profundidad [64]. Este parámetro está influenciado por la época del año, la evaporación, las escorrentías y el ciclo de mareas; y controla la distribución y tipo de biota en los ambientes estuarinos.

Durante el verano del 2008, SAC presentó diferencias significativas ($p=0,0003$) con una salinidad de 9,66ups, que es menor respecto a la observada en el sector de la RPFMS con 26,25ups. En el invierno de 2009, SAC presentó diferencias significativas ($p=0,0031$) con una salinidad promedio de 5,10ups, que es menor respecto a la observada en la RPFMS con 13,46ups.

Los valores en época seca (verano del 2008) fueron mayores debido al reducido aporte de agua dulce y los niveles mayores de temperatura que favorece la evaporación del agua. En cambio, en época húmeda (invierno del 2009), los valores disminuyeron debido a la presencia de lluvias que producen una dilución en el agua aumentando el caudal del estero [56].

Por lo general, el sector de la RPFMS, posee ramales más amplios y profundos que los de SAC, y están más expuestos a las salinidades del océano Pacífico. Las descargas de aguas residuales, que conllevan a niveles de hypoxia, también repercuten en las fluctuaciones de salinidad [57], lo que podría ser otra razón que SAC tenga niveles bajos de salinidad.

Los valores de salinidad reportados en años anteriores indican que ha existido un cambio constante de este parámetro. En la figura 42 a, se muestra la variación de salinidad, según valores reportados por varios autores en época de verano e invierno, en comparación con los valores obtenidos en esta tesis; y en la figura 42 b se muestra la variación de salinidad en la RPFMS.

Así, las fluctuaciones de salinidad de un año a otro, van a depender de la intensidad de la estación húmeda o lluviosa [59], de descargas de aguas residuales, y del incremento de escorrentías como resultado de modificaciones de la cobertura de suelo (cubiertas no permeables) y a los cambios de marea [6, 7].

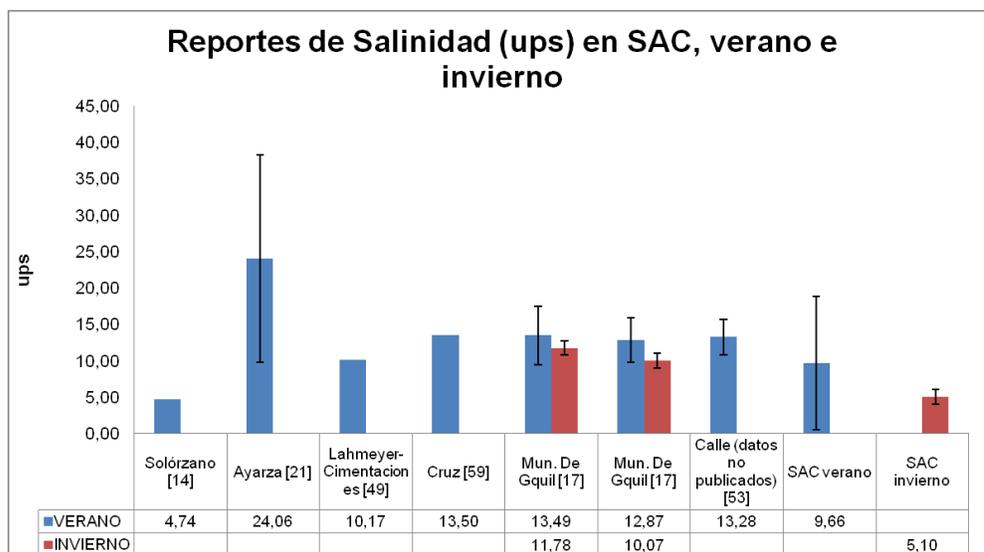


Figura 42 a. Reportes de salinidad de años anteriores en SAC

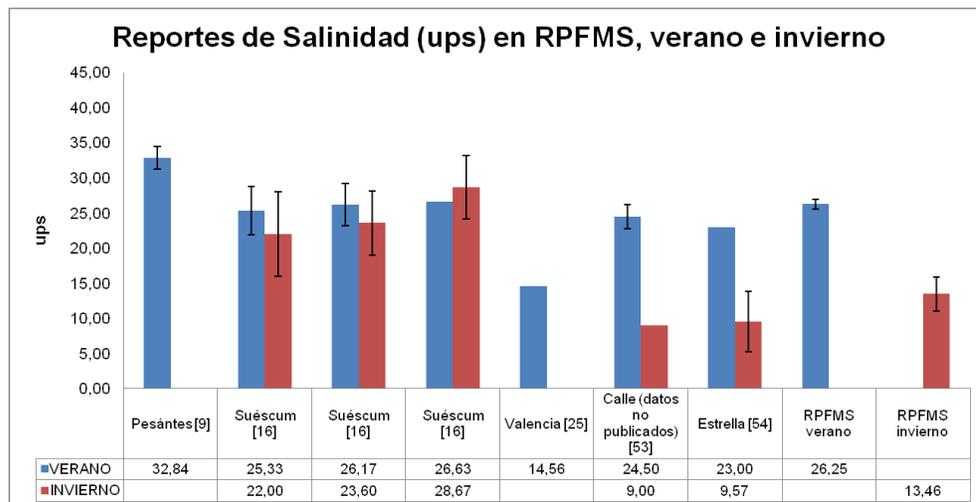


Figura 42 b. Reportes de salinidad de años anteriores en RPFMS

4.2.4. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua; aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática. Cuando el agua es muy básica (mayor a 7) o muy ácida (menor a 7), el pH puede causar perturbaciones celulares y destrucción de la flora y fauna acuática [17, 55]. En estuarios, el pH del agua puede ser alterado por descargas de agentes contaminantes, por eutrofización, desechos de aguas industriales y domésticas [10].

Durante el verano de 2008, SAC presentó diferencias significativas ($p=0,0118$) con un pH promedio de 6,94, que es menor respecto al observado en el sector de la RPFMS con 7,20. En el invierno de 2009, SAC presentó diferencias significativas ($p=0,0305$) con un pH promedio de 7,28, que es menor respecto al observado en el sector de la RPFMS con 6,79.

En la figura 43a, se muestra la variación del pH, según valores reportados por varios autores en época de verano e invierno, en comparación con los valores obtenidos en esta tesis; y en la figura 43b se muestra la variación del pH en la RPFMS.

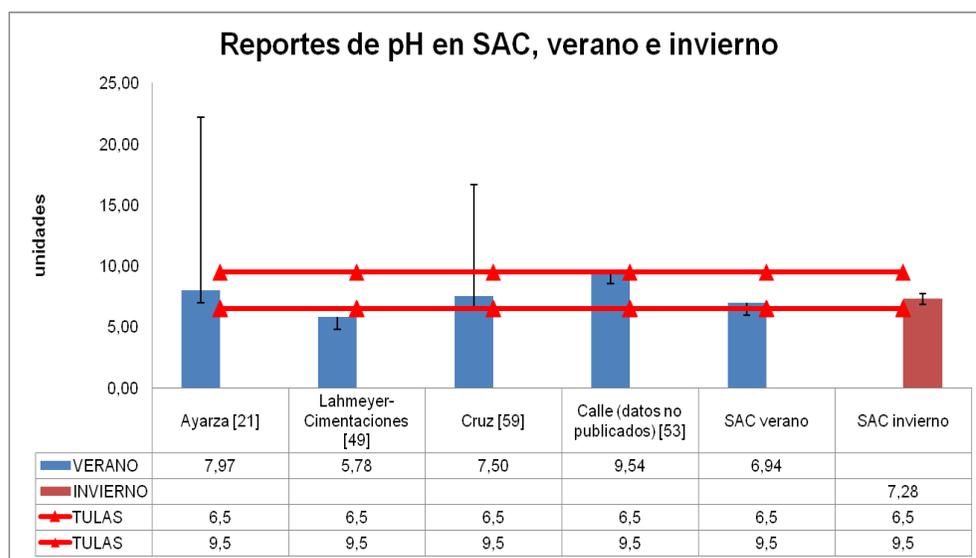


Figura 43 a. Reportes de pH de años anteriores en SAC

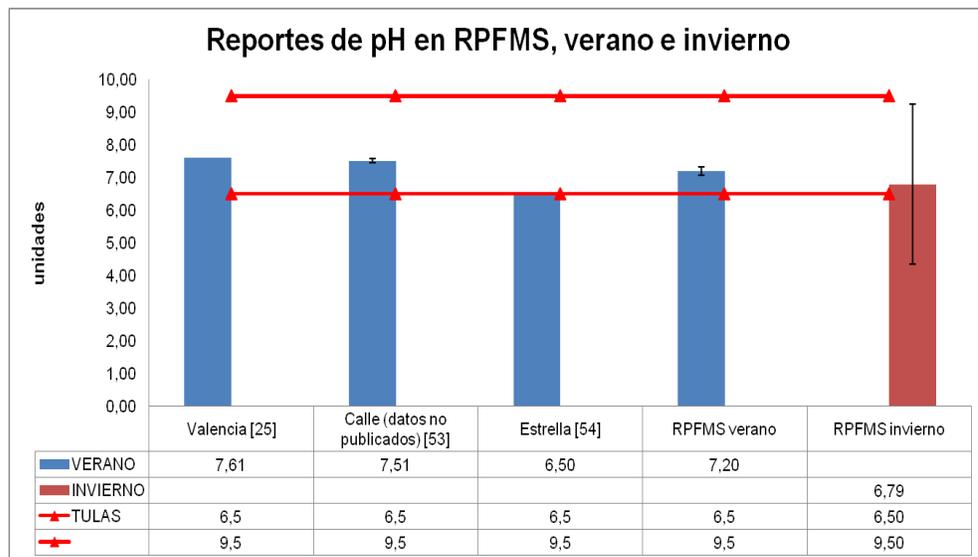


Figura 43 b. Reportes de pH de años anteriores en RPFMS

Teniendo como referencia al TULAS, que establece que el pH deber estar entre los rango de 6,5 a 9,5 en zonas estuarinas, los valores reportados en este estudio, se mantienen dentro del límite máximo permisible [22].

4.2.5. Sulfuro de Hidrógeno (SH₂)

El sulfuro de hidrógeno, denominado ácido sulfhídrico, es un gas tóxico, inflamable, incoloro y con olor a huevo podrido [65].

Este gas se forma mediante por la transformación anaeróbica del azufre y por la reducción bacteriana de sulfatos.

Durante el verano del 2008, SAC presentó diferencias significativas ($p=0,0273$) con una concentración promedio de sulfuro de 0,35mg/L, que es mayor respecto a la concentración del sector de la RPFMS con 0,04mg/l.

En la figura 44 a, se muestra la variación del sulfuro de hidrógeno, según valores reportados por varios autores en época de verano e invierno, en comparación con los valores obtenidos en esta tesis; y en la figura 44 b se muestra la variación del sulfuro de hidrógeno en la RPFMS.

El sulfuro de hidrógeno es un gas que puede afectar al comportamiento fisiológico y supervivencia animal, ya que influye directamente en la distribución de especies vivas en el ambiente estuarino [64, 65].

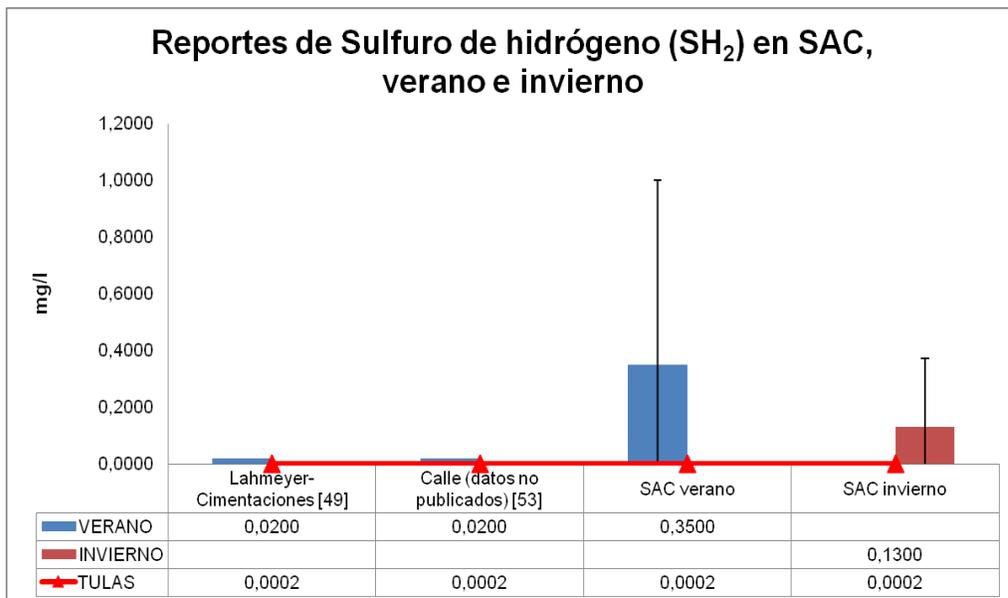


Figura 44 a. Reportes de sulfuro de hidrógeno de años anteriores en SAC

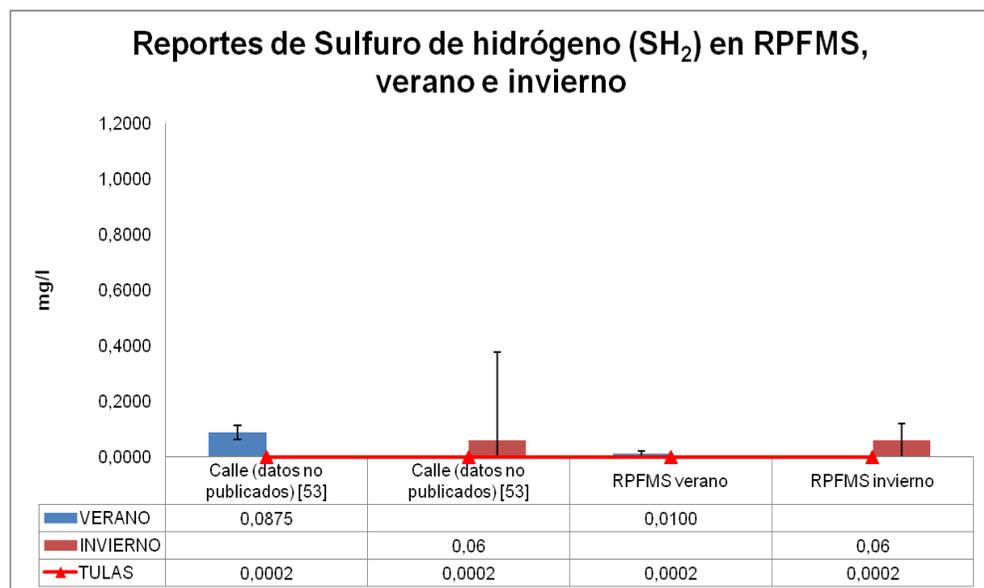


Figura 44 b. Reportes de sulfuro de hidrógeno de años anteriores en RPFMS

4.3. Porcentajes de la Textura Física del Sedimento

La importancia de la textura física del sedimento está dada por la relación existente entre la distribución de organismos bentónicos que habitan en él, y la presencia de contaminantes del lugar a evaluarse.

En los estuarios, la acción del oleaje, la amplitud de la marea y el aumento de las escorrentías procedentes de las cubiertas no permeables, arrastran los sedimentos más finos, lo que explicaría el complejo dinámico de sedimentos en suspensión [6, 64] y la presencia de granos finos en el Estero Salado.

El tipo de sedimento puede tener capacidades muy diferentes de retención de contaminantes de un lugar a otro, esto probablemente sería el factor más importante que controla la concentración de metales en sedimentos [14,64].

Durante el verano de 2008, SAC presentó diferencias significativas con el porcentaje de limos de 39,36% significativamente mayor ($p=0,0023$) en comparación al sector de la RPFMS con 21,91%. En el porcentaje de arcillas también existió diferencias significativas ($p=0,0041$) en SAC con un porcentaje de 37,34%, que es más bajo al

observado en el sector de la RPFMS con 64,83%. Por lo que, SAC se caracterizó por tener un suelo limo-arcilloso; a diferencia del sector de la RPFMS, que se encontró que tiene un suelo arcilla-limoso.

Durante el invierno de 2009, SAC presentó diferencias significativas en el porcentaje de arenas ($p=0,0005$) con un valor de 28,58% en comparación al sector de la RPFMS con 3,44%. Además, respecto al porcentaje de arcillas, SAC evidenció diferencias significativas ($p=0,0013$) con un porcentaje de arcillas de 52,87%, en comparación al sector de la RPFMS con 78,95%. Por lo tanto, SAC se caracterizó por tener un suelo arcilla-arenoso; a diferencia del sector de la RPFMS, que se encontró que tiene un suelo arcilla-limoso.

Cabe indicar que la estación de Barcelona en SAC, y Puerto Hondo en el sector de la RPFMS presentaron un alto porcentaje de arenas. En Barcelona, Ayarza *et al.* [21] determinó una textura de sedimento mayormente compuesta de arena, lo que podría estar relacionado a que en el sitio se encuentran diferentes puentes (puente de la A, puente Patria, puente peatonal de Barcelona y Portete), lo que contribuiría a la acumulación de sedimentos arcillosos, como resultado de la disminución de la velocidad de las corrientes por los

pilares de estos puentes [21]; y en Puerto Hondo podría estar influenciado por la arena introducida en el balneario de la zona.

Hacia la cabeza del Estuario es frecuente encontrar sedimentos gruesos como la arena [64], lo que sería una razón más de que SAC tenga mayor porcentaje de arenas.

4.4. Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos, son aquellos organismos mayores a 1mm que viven dentro y sobre el sedimento; entre los grupos más comunes están los moluscos, crustáceos, anélidos [62, 66, 67, 68]

La importancia ecológica en sí, de la comunidad bentónica, se debe a que estos organismos participan en varios procesos como: regulación de la productividad primaria, ciclo de nutrientes, provee carbono orgánico a niveles tróficos más altos y recicla el detritus. [66,70].

La distribución y zonificación de comunidades bentónicas dependen principalmente de la salinidad y de otros factores como la temperatura, oxígeno disuelto, concentraciones de sulfuro de

hidrógeno, textura del sedimento, de las mareas, y de la contaminación antropogénica [62, 64, 68, 70].

Los macroinvertebrados bentónicos suelen ser especies de ciclo corto de vida, son bastantes sensibles y presentan una respuesta inmediata a los cambios en el ecosistema donde viven. Por lo general, estos organismos son considerados como variables o indicadores biológicos de contaminación ambiental [17, 37].

Algunos organismos como copépodos, anfípodos, isópodos entre otros, utilizan la zona intermareal en algún estadio específico de su ciclo de vida, como lugar de alimentación, reproducción, albergue, o hacen migraciones fuera del estero, en busca de protección de los depredadores [6, 7, 37, 66].

En la presente tesis se muestra que la riqueza en SAC y en el sector de la RPFMS, en verano del 2008, estuvo representada por 8 y 22 especies respectivamente. En cambio, en invierno del 2009, la riqueza fue de 5 y 12 especies en SAC y RPFMS, respectivamente.

Siendo los grupos más abundantes, para estos sectores en ambas épocas de año, los individuos del Phylum Nemata; Annelida con

oligoquetos de la familia Tubificidae posiblemente del género *Monopylephorus*; y los poliquetos representados por las especies *Nepthis singularis*, *Nereis* spp. y *Capitella* spp.

Además, los análisis estadísticos muestran diferencias significativas en diversidad de especies en SAC respecto al sector de la RPPFMS en verano del 2008 ($p=0,0193$) y en invierno del 2009 ($p=0,0081$); más no en abundancia bentónica. Ciertos autores indican que mayor fauna en el Estero Salado se encuentran hacia las afueras de la ciudad de Guayaquil [13, 21, 59].

Uno de los motivos de la diferencia de especies, podría ser el mayor flujo de marea que existe en el sector de la RPPFMS, en comparación a SAC; lo cual permite una intrusión de agua oxigenada, que aún no ha sido mezclada con desechos procedentes de la ciudad [59], proporcionando así un ambiente más estable para los organismos. Además del complejo sistemas de raíces de mangle y los sedimentos limosos, produce un hábitat propicio para la variedad de invertebrados bentónicos marinos [66].

Durante el verano del 2008, SAC registró presencia de anélidos y moluscos, mientras que en el invierno del 2009 se presentó una

reducción de los moluscos, y un incremento de individuos del Phylum Artrópoda. Esto podría explicarse debido a que los moluscos necesitan una mayor salinidad [59], y de la tolerancia de ciertos crustáceos a condiciones bajas de oxígeno y de sulfuro de hidrógeno [65].

Estudios anteriores en estuarios de Carolina del Sur registran un mayor número de especies en esteros suburbanos, respecto a esteros urbanos, pero también reportan que encontraron mayor densidad de organismos tolerantes al estrés ambiental. [6, 7, 37]. Este comportamiento se da en invierno 2009 en la RPFMS, donde la riqueza de especies ha disminuido, pero la abundancia de especies tolerantes a niveles de hipoxia y anoxia, se ha incrementado, debido a que no presentan competidores.

En este estudio los individuos de nematodos se encontraron sólo en el sector de la RPFMS con un porcentaje de abundancia del 18,07% en verano y 57,40% en invierno. Estudios anteriores realizados en lugares cercanos al sector de la RPFMS, reportaron a los nemátodos como más abundantes y frecuentes [63].

Sin embargo, debido a la falta de claves y experiencia requerida para la identificación de este grupo, no se llegó a identificar a especies, que se podrían considerar como posibles indicadores de estrés ambiental [71].

Tanto en SAC, verano del 2008 e invierno del 2009, se presentaron un 99,41% y 98,77% de anélidos para cada época. Así también, en la RPFMS se encontró un 62,05% para verano 2008 y un 25,74% para invierno. Esto comprueba que, tomando como referencia estudios hechos en estuarios de Carolina del Sur, estas especies dominan la zona intermareal, ya que son especies tolerantes al estrés ambiental [6, 72, 73].

Los oligoquetos encontrados en SAC corresponden a la familia Tubificidae posiblemente del género *Monopylephorus*, y poliquetos correspondiente a los géneros Nereidae y Capitellidae, en las estaciones de Kennedy y Urdesa. Estos oligoquetos consumen plantas vasculares, y detritus [37, 74], y esto pudo haber influido a que no se encontraran en la estación de Barcelona, por la poca presencia de manglares y el tipo de sedimento de contextura arenosa.

Los oligoquetos del género *Monopylephorus* han sido reportados como un organismo indicador de estrés ambiental, presentes en niveles de hipoxia, cambios en el pH, temperatura, metales traza [64, 75] y un LT50 mayor a 14 días en condición de anoxia [72]; y también se encontró poliquetos del género *Nereis*, como indicador de niveles de anoxia [74].

Poliquetos del género Capitellidae, específicamente la especie *Capitella capitata* son de rápida colonización en ambientes perturbados, donde otras especies se excluyen, por lo que se consideran a estos poliquetos como oportunistas indicadores de ambientes contaminados [65,76,77].

La biota acuática presenta una respuesta como resultado de las modificaciones de la superficie de tierra, cuando las cubiertas impermeables exceden del 20 al 30%, presentándose cambios en el flujo de corriente (escorrentías), causando fluctuaciones en la salinidad [7], asociados a los cambios en la abundancia relativa de estas taxas, tanto en invierno como en verano [6].

En el Estero Salado no existe información sobre posibles organismos bioindicadores de estrés ambiental, en base a las cubiertas no permeables respecto al crecimiento demográfico y desarrollo urbano de la ciudad de Guayaquil. Es por eso la importancia de este trabajo, como el primero de este tipo, donde se necesita complementar con más estudios para identificar a los organismos hasta nivel de especie y determinar si efectivamente estos organismos son indicadores de tolerancia al estrés ambiental.

CONCLUSIONES

1. El grado de cubiertas impermeables, densidad poblacional y condiciones ambientales en SAC y el sector de la RPFMS, indica que existe diferente grado de desarrollo antropogénico entre estos sectores.
2. Según el sistema de clasificación de cubiertas de suelo empleado Holland, indica que SAC posee una cuenca de incidencia urbana por tener el 83,21% de cubiertas no permeables con una densidad poblacional de 96 habitantes por hectárea. Mientras que, el sector de la RPFMS, posee una cuenca de incidencia suburbana por tener 32,79% entre cubiertas no permeables y camaroneras con una densidad poblacional de 3 individuos por hectárea.
3. Existe efectivamente mayor grado de afectación en SAC versus la RPFMS evidenciado por la alteración de condiciones normales de oxígeno disuelto y sulfuro de hidrógeno que sobrepasaron los límites mínimo y máximo permisibles establecido por el TULAS (2007)

respectivamente, lo cual es crítico para los organismos que viven en el Estero Salado.

4. En ambas épocas del año (verano e invierno), SAC presentó niveles de hipoxia y anoxia. En cambio, la RPFMS presentó niveles de hipoxia solo durante el invierno, época en la cual se pueden percibir las condiciones más adversas del año.
5. Una mayor diversidad de especies se encontró en el sector de la RPFMS, tanto en verano de 2008 como en invierno de 2009, dado a que este sector posee una menor influencia antropogénica y una mayor zona de manglar.
6. Los oligoquetos de la familia Tubificidae fueron dominantes en ambos sectores y épocas del año. Algunos organismos de esta familia han sido considerados como especies tolerantes a bajas condiciones (hipoxia y anoxia) de oxígeno disuelto.
7. Según los resultados de abundancia durante el verano e invierno en todas las zonas de muestreo, indican que las especies: *Capitella* spp., e individuos de la familia Tubificidae son organismos indicadores de nivel de anoxia, y especies de los géneros *Nitocra*, *Nephtys* y *Nereis* pueden ser organismos tolerantes a nivel de hipoxia.

8. En general para ambos sectores en la época de invierno, se presentaron condiciones más estresantes para las especies, evidenciado por: fluctuaciones mayores de salinidad; niveles más bajos de oxígeno que alcanzó niveles de hipoxia ($< 30\%$) en el sector de la RPFMS y de hipoxia severa ($\sim 10\%$ saturación) y anoxia ($< 2\%$ de saturación) en SAC; y niveles altos de sulfuro de hidrógeno.
9. Finalmente, el Estero Salado en SAC (urbano) se encuentra más degradado en cuanto a sus condiciones físicas, químicas y biológicas que la RPFMS (suburbano) y esta degradación está relacionada directamente con el grado de desarrollo de la cuenca de cada sector. Sin embargo, las concentraciones de oxígeno disuelto reportadas durante el invierno en la RPFMS, nos indican que se deben tomar las medidas necesarias para preservar este sector que ha comenzado a ser afectado por el crecimiento urbano.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere continuar con monitoreos sistemáticos continuos en diversas zonas de SAC y el sector de la RPFMS durante el invierno y verano, para complementar y corroborar la información obtenida en esta tesis. Adicionalmente se podrían determinar si las medidas de remediación que diversas instituciones piensan tomar estarían dando resultado.
2. Se deberían realizar más trabajos de investigación en macroinvertebrados bentónicos en los ramales del estero que están alrededor de la ciudad de Guayaquil y en el sector de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado, y así complementar la base de datos de posibles organismos bioindicadores de estrés ambiental.
3. Se debe corroborar con futuras investigaciones si los individuos identificados en el Estero Salado de los géneros *Nephtys*, *Nereis*, *Nitocra*, y de la familia *Tubificidae* son organismos bioindicadores de tolerancia a bajos niveles de oxígeno. Es necesario así mismo, contar con claves de

identificación que permitan identificar organismos hasta el nivel de especies.

4. Los resultados de las especies de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el sector de la RPFMS, permitirán obtener una línea base y establecer medidas necesarias para la protección y conservación de las especies en la RPFMS.
5. Esta tesis podrá contribuir a la toma de medidas correctivas para un Plan de Manejo para Áreas Protegidas.
6. Futuros estudios del Estero Salado deberán incluir análisis de carbono total, ácidos volátiles de sulfitos (AVS), concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos para obtener así información complementaria que podría ser utilizada para un manejo adecuado del estuario.
7. Se recomienda que las instituciones gubernamentales y municipales continúen con proyectos pilotos para encontrar la alternativa más adecuada para la remediación del Estero Salado. Estos proyectos deberían incluir sistemas de aireación, dragados focalizados y sistemas de control de efluentes que permitan alcanzar niveles óptimos oxígeno disuelto, sulfuro de hidrógeno y la consecuente reinscripción de especies acuáticas que normalmente existirían en este estuario.

8. Se debe reforzar las regulaciones con respecto al crecimiento urbano, tomando medidas precautelarias (plantas de tratamiento de aguas servidas, controles y fiscalizaciones efectivas a industrias y todo tipo de contaminantes que por escorrentías podrían llegar al Estero), para evitar que descargas puntuales y no puntuales afecten directamente a la calidad ambiental del Estero y áreas protegidas como el sector de la RPFMS.
9. La cooperación entre la comunidad científica- académica y autoridades competentes, deben establecer una mayor educación ambiental y participación de la localidad, para concienciar la importancia ecológica y manejo sostenible de este sistema estuarino.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pritchard, D. W. 1967. What is an estuary: Physical viewpoint. In Lauff GH, ed Estuaries. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC, pp 93-99.
- [2] Pin, G., García, F., Castello, M. 1998. Microflora Bacteriana de las aguas del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil. En: Instituto Nacional de Pesca (INP). 1998. Comportamiento Temporal y Espacial de las características del Golfo de Guayaquil y sus afluentes durante 1994-1996. Guayaquil- Ecuador, pp: 287-301.
- [3] Smith, R.L., Smith, T.M. 2001. Ecología cuarta edición. Pearson Educación, S.A., Madrid-España.
- [4] Morna, R., Medina, F., Macias, R. 1980. Breve Estudio sobre el Ecosistema del Manglar en la costa Ecuatoriana.
- [5] Clirsen y Dirección Nacional Forestal. 1986. Inventario Forestal del Manglar del Ecuador Continental. Quito-Ecuador.
- [6] Lerberg, S.B., Holland, A.F., Sanger, D.M. 2000. Resposes of Tidal Creek Macrobenthic Communities to the Effects of Watershed Development. Estuaries Vol. 23(6): 838-853.
- [7] Holland, A.F., Sanger, D.M., Gawle, C. P., Lerberg, S.B., Santiago, M.S., Riekerk, G.H.M., Zimmerman, L.E., Scott, G.E.. 2004. Linkages

between Tidal Creek Ecosystems and the Landscape and Demographic Attributes of their Watersheds. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* Vol. 298: 151-178.

[8] Fundación Natura capítulo Guayaquil. 2006. Informe Técnico Final Zonificación de la Reserva de Producción y Fauna Manglares el Salado. Proyecto: Demarcación Física de la reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado. Grupo Editorial Holguín. Guayaquil-Ecuador.

[9] Pesantes, F. 1998. Algunas Características Geográficas y Oceanográficas del estuario Interior del Golfo de Guayaquil y sus Afluentes Daule y Babahoyo. En: Instituto Nacional de Pesca (INP). Comportamiento Temporal y Espacial de las características del Golfo de Guayaquil y sus afluentes durante 1994-1996. Guayaquil – Ecuador.

[10] Vera, T. 2003. Manejo Ambiental Integrado de la Acuicultura del camarón en el Golfo de Guayaquil Apoyado en Sistemas de Información Geográfica. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

[11] Pacheco, J. 2010. Rehabilitación de las Exclusas, ubicadas en el Estero Salado. Escuela Superior politécnica del Litoral.

[12] Empresa Municipal de Alcantarillado de Guayaquil (EMAG). 1980. Plan de Recuperación del Estero Salado primera parte. Guayaquil-Ecuador.

[13] Mora, E., Reinoso, B. 1981. Investigaciones Preliminares sobre el estado actual de las poblaciones de ostiones en tres zonas del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil. Revista de Ciencias del Mar y Limnología Vol. 1: 49-59.

[14] Solórzano, L., Viteri, G. 1993. Investigación Química del Estero Salado. Revista de Ciencias del Mar y Limnología Vol. 3 (1): 41- 48.

[15] Pesantes, F., Pérez , E. 1998. Condiciones Hidrográficas y Químicas en el Estuario del Golfo de Guayaquil. En: Instituto Nacional de Pesca (INP). Comportamiento Temporal y Espacial de las características del Golfo de Guayaquil y sus afluentes durante 1994-1996. Guayaquil-Ecuador, pp: 87-113.

[16] Suéscum, R., Marideña, A., Castro, R., Moncayo, D., Morán, C., Estrella, T., Guale, M., Sonnenholzner, J., Freire, M., Massuh, P. 1998. Condiciones Físicas y Químicas de los Ríos Babahoyo y Daule durante 1994-1996. En: Instituto Nacional de Pesca (INP). Comportamiento Temporal y Espacial de las características del Golfo de Guayaquil y sus afluentes durante 1994-1996. Guayaquil – Ecuador, pp: 183-205.

[17] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2007. Plan de Manejo Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado Tomo I-Fase II. Ecuador.

[18] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2000. Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y Selección de la Mejor Alternativa del PIRES; Informe Final: Parte II.

[19] Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC). 2007. Plan de Manejo del Bosque Protector Salado del Norte (BPSN). Guayaquil-Ecuador.

[20] Carvajal, R., Jiménez, M., Iturralde, P. 2006. Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado. Fundación Natura. Guayaquil –Ecuador.

[21] Ayarza, W., Coello, S., Chalén, N., Garcés, P., García, L., García, M.L., Omarza, F., Pérez, E., Pesantes, F., Solórzano, L. 1993. Estudios Geobioquímicos de la Sección Urbana del Estero Salado. Ecuador. Revista de Ciencias del Mar y Limnología. Guayaquil Vol. 3 (1): 1-19.

[22] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2007. Plan de Monitoreo Ambiental del Plan de Manejo de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado Tomo II-Fase II. Guayaquil – Ecuador.

[23] Putney, A. 1976. Estrategia preliminar para la conservación de áreas sobresalientes del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito – Ecuador.

[24] Rivera, J. Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado. 2007. Año. En: ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador.

[25] Valencia, M., Palacios, C., Rodríguez, A. 2000. Calidad físico, químico y bacteriológica de las aguas alrededor de la ciudad de Guayaquil, 1996-1998. Acta oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, 10 (1).

[26] Diario EXPRESO. 2010. Artículo de prensa "Guayaquil, una travesía por el estero Salado". Sección noticia al instante. 7 de Julio del 2010.

[27] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2000. Estudio de Prefactibilidad, Factibilidad y Selección de la Mejor Alternativa del PIRES; Informe Final: Parte III.

[28] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2000. Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y Selección de la Mejor Alternativa del PIRES; Informe Final: Parte III (Anexos: Proyecto Piloto, Programa BID).

[29] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2007. Resumen Ejecutivo Plan de Manejo de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado. Guayaquil – Ecuador

[30] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) 2001. Censo de población y vivienda, 2001. [Acceso el 18 de Enero de 2010] Página Web:

http://www.inec.gob.ec/web/guest/descargas/basedatos/cen_nac/cen_pob_nac_2001?doAsUserId=p%252Bx9vuBVM9g%253D. Visitado el 18 de Enero de 2010

[31] M.I. Municipalidad de Guayaquil. Unidad de Gobierno electrónico. [Acceso el 14 de Abril de 2010]. Página web: http://www.guayaquil.gov.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=82

[32] Vera, M.M. 2001. Evaluación de la Calidad y Nivel de Satisfacción de los Servicios Básicos en las parroquias: Sucre, García Moreno, Nueve de Octubre y Urdaneta de la ciudad de Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador.

[33] Gillet, D., Holland, A.F., Sanger, D. 2007. Ecología de Oligochaetos: Variación Mensual de la Comunidad y su relación con las Características Medioambientales en dos Arroyos de Marea de Carolina del Sur. *Estuarios y Costas* Vol. 30 (2): 238-252.

[34] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2002. PIREs: Diagnóstico y Evaluación del Sistema de Alcantarillado Existente; Fase I, Revisión 0

[35] Plumb Jr. R.H. 1981. Procedures for handling and chemical analysis of sediment and water samples. Technical Report EPA/CE-81-1. Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency/Corps of Engineers Technical

Committee on Criteria for Dredged and Filled Material. Published by Environmental Laboratory, U.S. Army Waterways Experiment Station, Vicksburg, M.S.

[36] Flores, V. 2005. Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra, Separación de Finos; Universidad de Chile; Octubre 2005.

[37] Gillet, D., Holland, A.F., Sanger, D. 2005. Secondary Production of a dominant Oligochaete (*Monopylephorus rubroniveus*) in the Tidal Creeks of South Carolina and its relation to ecosystem Characteristics. *Limnology and Oceanography* Vol.50 (2): 566-577.

[38] Bajer, J.E. 1996. Micro and Macro Arthropods. In: Hall, G.S (ed). *Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soil and Sediments*. CAB INTERNATIONAL. UK at the University Press, Cambridge, pp: 163- 172.

[39] Fauchald, K. 1977. *The Polychaete Worms; Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera*; Science Series 28.

[40] Fischer, W., Krupp, F., Schnelder, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., Niem, V.H. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro- Oriental volumen I, Plantas e Invertebrados*. Roma.

- [41] Hunt D.J., De Ley, P. 1996. Nematodes in Soil. In: Hall, G.S (ed). Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soil and Sediments. CAB INTERNATIONAL. UK at the University Press, Cambridge, pp: 227- 240.
- [42] Mackie, A.S.Y., Oliver, P.G. 1996. Marine Macrofauna: Polychaetes, Molluscs and Crustaceans. In: Hall, G.S (ed). Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soil and Sediments. CAB INTERNATIONAL. UK at the University Press, Cambridge, pp: 263- 284
- [43] Barnes, R. D. 1989. Zoología de los Invertebrados 5ta. Edición Interamericana, Mc Graw Hill.
- [44] Fauchald, K. 1977. The Polychaeta Worms Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Museum of Los Angeles County, California- United State.
- [45] Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T– Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza.
- [46] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2005 PIREs: Plan de Ordenamiento Ambiental Zona III, Fase I; Revisión 1
- [47] Daniel, W.W. 1996. Bioestadística quinta edición. Limusa, S.A. México, D.F

[48] Clirsen y PMRC. 2007. Actualización del Estudio Multitemporal de Manglares, Camaroneras y áreas Salinas en la Costa Continental Ecuatoriana al año 2006

[49] Lahmeyer-Cimentaciones. 1997. Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y Selección de la Mejor Alternativa del PIREs. Preparado para la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador; 1997.

[50] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2002. PIREs: Diagnóstico y Evaluación del Sistema de Alcantarillado Existente; Fase I, Revisión 0.

[51] M.I. Municipalidad de Guayaquil. 2004. PIREs: Plan Integral para la Recuperación del Estero Salado, Fase I, Documento # PIREs-IET-036; Revisión 0.

[52] Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, TULAS. 2007. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua; Libro VI Anexo 1.Tabla 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario. Ministerio de Ambiente, Ecuador

[53] Calle, P. 2011. Datos no publicados del Laboratorio de Ecotoxicología. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM-ESPOL).

- [54] Estrella, T. 2007. Usos del Recurso Agua y Manglares en el Estero de Puerto Hondo, Provincia del Guayas – Ecuador. Universidad Internacional de Andalucía. España.
- [55] Boyd, C. 1996. Manejo de Suelo y de la Calidad de Agua en la Acuicultura de Piscinas. Asociación Americana de Soya. México
- [56] Silva, A., Acuña-González, J. 2006. Caracterización físico-química de dos estuarios en la bahía de Golfito, Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José
- [57] Kuo, A. Y., Neilson, B.J. 1987. Hypoxia and Salinity in Virginia Estuaries. *Estuaries* Vol. 10 (4): 277-283
- [58] Rosenberg, R., Hellman, B., Johansson, B. 1991. Hypoxic Tolerance of Marine Benthic Fauna. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 79: 127-131.
- [59] Cruz, M. 2003. Malacología Bentónica existente en los alrededores de la ciudad de Guayaquil (Estero Salado y Río Guayas), Durante 2003. *Acta Oceanográfica del Pacífico* Vol. 12 (1): 135-145.
- [60] Sanders, H.L., Goudsmit, E.M, Mills, E.L., Hampson, G.E. 1962. A Study of the Intertidal Fauna of Barnstable Harbor, Massachusetts. *Limnology and Oceanography*, Vol. 7(1): 36-79.

- [61] Dauer, D. M., Rodi, A.J., Ranasinghe, J.A. 1992. Effects of Low Dissolved Oxygen Events on the Macrobenthos of the Lower Chesapeake Bay. *Estuaries* Vol.15 (3): 384-391.
- [62] Alonso, A., Camargo, J.A. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadores del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. Dpto. Interuniversitario de Ecología. Sección de Alcalá. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá, España.
- [63] Cruz, E., De González, M., Gualancañay, E., Villamar, F. 1980. Lista de la Fauna Sublitoral Bentónica del Estero Salado Inferior, Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, 1(1): 82-96
- [64] Chapman P.M., Wang, F. 2001. Assessing Sediment Contamination in Estuaries. *Annual Review Environmental Toxicology and Chemistry* Vol. 20, (1): 3-22
- [65] Llansó, R. J. 1991. Tolerance of Low Dissolved Oxygen and Hydrogen Sulfide by the Polychaete *Streblospio benedicti* (Webster). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* Vol. 153: 165-178
- [66] Marine Biology Section. 1997. *The Benthos of the Sea*. University of Gent. Belgium

[67] Mackie, A.S.Y., Oliver, P.G. 1996. Marine Macrofauna: Polychaetes, Molluscs and Crustaceans. In: Hall, G.S (ed). Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soil and Sediments. CAB INTERNATIONAL. UK at the University Press, Cambridge, pp: 263- 284.

[68] Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 275-285.

[69] Oscoz, J., Campos, F., Escala, M.C. 2006. Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. Departamento de Zoología y Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, Apdo. 177, E-31080, Pamplona, España. Limnetica, 25 (3): 683-692.

[70] Vásquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., Castro, T. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. Depto. El Hombre y su Ambiente, UAM-X.

[71] Hunt D.J., De Ley, P. 1996. Nematodes in Soil. In: Hall, G.S (ed). Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soil and Sediments. CAB INTERNATIONAL. UK at the University Press, Cambridge, pp: 227- 240.

- [72] Calle, K.P. 2006. Tolerance of Tidal Creek Macrobenthic Organisms to Multiple Stressors: Implications on Distributional Patterns. University of South Carolina. United State.
- [73] Erséus, C. 1988. Oligochaeta. In: Higgins, R.P. and H. Thiel (eds). Introduction to the Study of Meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington DC, pp. 349-353.
- [74] Cheng, J., Levinton, J.S., McCartney, M., Martinez, D., Weissburg, M.J. 1993. A Bioassay Approach to Seasonal Variation in the Nutritional Value of Sediment. Marine Ecology Progress Series Vol. 94: 275-285.
- [75] Sandberg, E., Vismann, B., Hagerman, L. 1999. Tolerance of the Baltic Amphipod *Monoporeia affinis* to Hypoxia, Anoxia and Hydrogen Sulfide. *OPHELIA* 50 (1): 61-68.
- [76] Villamar F. 1983. Estudio Taxonómico, Sistemático y Distribución de los Poliquetos (Annelida) Bentónicos del Golfo de Guayaquil.
- [77] Posey, M., Powell, C., Cahoon, L., Lindquist, D. 1995. Top down vs. Bottom up Control of Benthic Community Composition on an Intertidal Tideflat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* volume 185: 19-31.
- [78] Shepard, F.P. 1954. Nomenclature bases on sand-silt clay ratios. *J. Sediment Petrol.* 24(3): 151-158

ANEXOS

ANEXO A.

CUADRO DE PARÁMETROS AMBIENTALES POR ESTACIÓN, SAC VERANO 2008

SAC, verano 2008												
<i>Parámetros Físicos-Químicos del Agua y Sedimento</i>	BARCELONA				KENNEDY				URDESA			
	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>
Temperatura (°C)	27,67	0,98	26,80	28,76	27,01	0,99	25,92	27,85	27,66	0,21	27,41	27,80
Oxígeno disuelto (mg/l)	3,60	1,25	2,83	5,04	0,81	0,76	0,00	1,45	0,65	0,45	0,31	1,16
Saturación (%)	51,60	17,88	40,10	72,20	8,53	9,35	0,00	18,40	4,30	2,11	2,30	6,50
Salinidad (ups)	21,26	1,22	20,51	22,67	6,85	2,31	5,32	9,51	0,88	0,13	0,76	1,01
pH	7,20	0,23	7,03	7,46	6,71	0,25	6,45	6,94	6,92	0,02	6,90	6,93
TDS (mg/l)	22,10	1,11	21,46	23,38	7,84	2,36	6,19	10,54	1,07	0,19	0,86	1,22
Conductividad (mS/cm)	35,66	1,29	34,56	37,08	10,46	0,51	9,94	10,97	1,65	0,22	1,40	1,80
SH₂ (mg/l)	0,02	0,03	0,00	0,05	1,00	0,87	0,50	2,00	0,03	0,02	0,01	0,05
NH₃ - Agua (mg/l)	0,00	0,01	0,00	0,01	0,11	0,11	0,04	0,24	0,05	0,09	0,00	0,15
Arenas %	45,29	10,11	35,59	55,76	2,76	0,81	2,01	3,61	21,83	1,26	20,37	22,57
Limos %	30,01	3,61	25,93	32,80	46,77	2,47	44,01	48,80	41,31	0,09	41,22	41,40
Arcillas %	24,70	6,66	18,31	31,61	50,47	2,86	47,59	53,32	36,86	1,19	36,13	38,23
Humedad %	63,15	3,88	58,71	65,87	73,46	4,31	70,23	78,36	75,05	21,76	58,03	99,56
NH₃ - Sedimento (mg/l)	0,32	0,16	0,18	0,49	0,36	0,17	0,19	0,53	0,18	0,05	0,14	0,24

ANEXO B.

CUADRO DE PARÁMETROS AMBIENTALES POR ESTACIÓN, RPFMS VERANO 2008

RPFMS, verano 2008												
<i>Parámetros Físicos-Químicos del Agua y Sedimento</i>	PUERTO HONDO				MADRE COSTAL				PLANO SECO			
	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>
Temperatura (°C)	26,64	0,39	26,38	27,08	27,16	0,35	26,77	27,43	26,68	0,61	26,01	27,20
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,33	0,29	7,01	7,57	5,36	0,41	4,97	5,78	6,70	1,07	5,65	7,78
Saturación (%)	107,10	4,81	101,90	111,40	79,47	6,82	73,00	86,60	94,50	9,92	85,00	104,80
Salinidad (ups)	26,88	0,22	26,63	27,02	26,40	0,27	26,10	26,62	25,47	0,68	24,69	25,97
pH	7,34	0,06	7,29	7,40	7,16	0,11	7,08	7,28	7,09	0,04	7,04	7,11
TDS (mg/l)	27,28	0,20	27,05	27,39	26,83	0,25	26,56	27,04	25,98	0,65	25,24	26,46
Conductividad (mS/cm)	43,21	0,72	42,41	43,79	42,81	0,24	42,54	42,95	41,64	1,01	40,50	42,42
SH₂ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,15	0,00	0,30
NH₃ - Agua (mg/l)	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,04	0,02	0,01	0,01	0,03
Arenas %	34,51	29,72	11,16	67,97	2,69	0,99	2,04	3,83	2,60	1,46	1,10	4,02
Limos %	15,37	5,59	9,87	21,05	19,47	2,26	16,87	20,83	30,88	8,21	21,48	36,61
Arcillas %	50,12	24,49	22,16	67,79	77,84	2,84	75,34	80,93	66,52	9,59	59,37	77,42
Humedad %	54,48	16,71	37,70	71,12	72,52	2,66	70,55	75,55	67,84	4,64	62,63	71,49
NH₃ - Sedimento (mg/l)	0,20	0,06	0,13	0,26	0,47	0,31	0,16	0,78	0,24	0,11	0,14	0,36

ANEXO C.

CUADRO DE PARÁMETROS AMBIENTALES POR ESTACIÓN, SAC, INVIERNO 2009

SAC, invierno 2009												
<i>Parámetros Físicos-Químicos del Agua y Sedimento</i>	BARCELONA				KENNEDY				URDESA			
	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>
Temperatura (°C)	29,44	0,60	28,87	30,07	29,65	1,06	28,99	30,87	28,78	0,35	28,43	29,13
Oxígeno disuelto (mg/l)	2,39	0,30	2,04	2,59	0,22	0,10	0,16	0,34	0,25	0,07	0,17	0,30
Saturación (%)	33,00	3,78	28,70	35,80	3,07	1,42	2,20	4,70	3,27	0,95	2,20	4,00
Salinidad (ups)	11,40	0,48	10,92	11,87	3,03	1,86	1,26	4,97	0,90	0,44	0,39	1,20
pH	7,72	0,17	7,53	7,83	7,34	0,12	7,23	7,46	6,78	0,34	6,58	7,17
TDS (mg/l)	12,54	0,49	12,05	13,02	3,63	2,10	1,63	5,82	1,54	0,10	0,52	2,56
Conductividad (mS/cm)	20,84	0,99	20,07	21,96	4,72	4,28	1,74	9,62	1,98	0,97	0,86	2,54
SH₂ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	0,01	0,11	0,13	0,25	0,43	0,00	0,74
NH₃ - Agua (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,10	0,30	0,50	0,57	0,45	0,10	1,00
Arenas %	20,97	0,49	20,42	21,32	12,79	5,90	6,52	18,22	51,98	11,28	43,03	64,65
Limos %	29,00	5,09	23,65	33,77	19,15	5,03	15,22	24,81	7,50	1,41	6,22	9,01
Arcillas %	50,05	5,56	44,91	55,94	68,06	7,38	61,54	76,08	40,52	12,46	26,34	49,72
Humedad %	77,03	8,12	67,88	83,42	73,93	11,15	62,05	84,17	41,61	0,60	41,03	42,23
NH₃ - Sedimento (mg/l)	0,12	0,06	0,05	0,17	0,98	1,07	0,21	2,21	0,05	0,08	0,00	0,14

ANEXO D.

CUADRO DE PARÁMETROS AMBIENTALES POR ESTACIÓN, RPFMS, INVIERNO 2009

RPFMS, invierno 2009												
<i>Parámetros Físicos-Químicos del Agua y Sedimento</i>	PUERTO HONDO				MADRE COSTAL				PLANO SECO			
	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>
Temperatura (°C)	28,38	0,23	28,18	28,63	28,25	0,20	28,09	28,48	28,86	0,23	28,60	29,00
Oxígeno disuelto (mg/l)	2,87	0,33	2,68	3,25	2,73	0,78	2,27	3,63	0,32	0,06	0,25	0,37
Saturación (%)	39,60	5,14	36,10	45,50	37,97	10,77	31,60	50,40	4,57	0,91	3,60	5,40
Salinidad (ups)	10,37	1,27	8,96	11,42	14,63	0,19	14,41	14,74	15,37	0,74	14,93	16,23
pH	6,78	0,09	6,68	6,84	6,61	0,04	6,57	6,65	6,99	0,09	6,90	7,07
TDS (mg/l)	11,47	1,26	10,08	12,55	15,75	0,16	15,57	15,85	16,51	0,77	16,04	17,40
Conductividad (mS/cm)	18,83	2,13	16,47	20,61	25,76	0,26	25,48	26,00	27,29	1,21	26,70	28,68
SH₂ (mg/l)	0,04	0,04	0,00	0,07	0,12	0,07	0,06	0,20	0,02	0,02	0,00	0,03
NH₃ - Agua (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	0,83	0,40	2,00	0,33	0,58	0,00	1,00
Arenas %	4,53	2,97	2,04	7,81	3,06	1,66	1,65	4,89	2,73	1,56	1,28	4,38
Limos %	24,24	1,74	22,98	26,23	10,49	6,66	3,26	16,36	18,11	3,62	14,64	21,87
Arcillas %	71,23	2,81	69,21	74,44	86,45	7,57	81,01	95,09	79,16	4,40	75,60	84,09
Humedad %	55,04	4,45	50,20	58,95	72,86	5,61	66,49	77,03	69,62	1,94	68,27	71,84
NH₃ - Sedimento (mg/l)	0,12	0,04	0,08	0,16	0,11	0,08	0,06	0,20	0,24	0,10	0,16	0,35

ANEXO E.

CUADRO DE PARÁMETROS AMBIENTALES POR SECTOR, SAC Y RPFMS, VERANO 2008

SAC - VERANO 2008				
<i>Parámetros Químicos</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>
Temperatura (°C)	27,45	0,78	28,73	25,92
Oxígeno disuelto (mg/l)	1,69	1,63	5,04	0,00
Saturación (%)	21,50	24,81	72,20	0,00
Salinidad (ups)	9,66	9,17	22,67	0,76
pH	6,94	0,27	7,46	6,45
TDS (mg/l)	10,34	9,39	23,38	0,86
Conductividad (mS/cm)	15,92	15,30	37,08	1,40
SH ₂ (mg/l)	0,05	0,08	0,24	0,00
NH ₃ - Agua (mg/l)	0,29	0,14	0,53	0,14
NH ₃ - Sedimento (mg/l)	0,35	0,65	2,00	0,00
Humedad %	70,56	12,57	99,56	58,03
Arenas %	23,29	19,14	55,76	2,01
Limos %	39,36	7,72	48,80	25,93
Arcillas %	37,34	11,75	53,32	18,31

RPFMS - VERANO 2008				
<i>Parámetros Químicos</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>
Temperatura (°C)	26,83	0,47	27,43	26,01
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,46	1,05	7,78	4,97
Saturación (%)	93,69	13,62	111,40	73,00
Salinidad (ups)	26,25	0,73	27,02	24,69
pH	7,20	0,13	7,40	7,04
TDS (mg/l)	26,70	0,68	27,39	25,24
Conductividad (mS/cm)	42,55	0,95	43,79	40,50
SH ₂ (mg/l)	0,01	0,01	0,04	0,00
NH ₃ - Agua (mg/l)	0,30	0,21	0,78	0,13
NH ₃ - Sedimento (mg/l)	0,04	0,10	0,30	0,00
Humedad %	64,95	11,94	75,55	37,70
Arenas %	13,26	21,81	67,97	1,10
Limos %	21,91	8,62	36,61	9,87
Arcillas %	64,83	17,91	80,93	22,16

ANEXO F.

CUADRO DE PARÁMETROS AMBIENTALES POR SECTOR, SAC Y RPFMS, INVIERNO 2009

SAC - INVIERNO 2009				
<i>Parámetros Químicos</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>
Temperatura (°C)	29,29	0,74	30,87	28,43
Oxígeno disuelto (mg/l)	0,95	1,09	2,59	0,16
Saturación (%)	13,11	15,06	35,80	2,20
Salinidad (ups)	5,10	4,91	11,87	0,39
pH	7,28	0,46	7,83	6,58
TDS (mg/l)	5,91	5,20	13,02	0,52
Conductividad (mS/cm)	9,18	9,11	21,96	0,86
SH ₂ (mg/l)	0,13	0,24	0,74	0,00
NH ₃ - Agua (mg/l)	0,38	0,70	2,21	0,00
NH ₃ - Sedimento (mg/l)	0,32	0,34	1,00	0,00
Humedad %	69,19	18,33	84,17	41,03
Arenas %	28,58	19,00	64,65	6,52
Limos %	18,55	10,01	33,77	6,22
Arcillas %	52,87	14,38	76,08	26,34

RPFMS - INVIERNO 2009				
<i>Parámetros Químicos</i>	<i>Promedio</i>	<i>D S</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>
Temperatura (°C)	28,50	0,34	29,00	28,09
Oxígeno disuelto (mg/l)	1,97	1,31	3,63	0,25
Saturación (%)	27,38	18,14	50,40	3,60
Salinidad (ups)	13,46	2,45	16,23	8,96
pH	6,79	0,18	7,07	6,57
TDS (mg/l)	14,58	2,47	17,40	10,08
Conductividad (mS/cm)	23,96	4,09	28,68	16,47
SH ₂ (mg/l)	0,06	0,06	0,20	0,00
NH ₃ - Agua (mg/l)	0,16	0,09	0,35	0,06
NH ₃ - Sedimento (mg/l)	0,47	0,69	2,00	0,00
Humedad %	65,84	9,02	77,03	50,20
Arenas %	3,44	2,05	7,81	1,28
Limos %	17,62	7,12	26,23	3,26
Arcillas %	78,95	8,04	95,09	69,21

ANEXO G.

ÍNDICE DE SHANON-WEAVER EN SACVERANO 2008

SAC verano 2008	Especies	No. De especies	Ind/m2	Abundancia Relativa (pi)	ln pi	(pi) (ln pi)
	OLIGOCHAETA	3496	5675	0,98980747	-0,01024482	-0,01014040
	Capitellacapitata	15	24	0,00424689	-5,46156936	-0,02319466
	Cerithidia valida	11	18	0,00311438	-5,77172429	-0,01797536
	Cerithidiamontganei	1	2	0,00028313	-8,16961956	-0,00231303
	Potamididae sp2	3	5	0,00084938	-7,07100727	-0,00600595
	Melampidae sp1	2	3	0,00056625	-7,47647238	-0,00423356
	Mytellaspp	3	5	0,00084938	-7,07100727	-0,00600595
	Prototacaspp	1	2	0,00028313	-8,16961956	-0,00231303
	Riqueza S =8	3532	5734	1,00000000		0,07218195
			H máx. = Ln S	2,07944154	Indicé de Diversidad de Shannon	
Equitatividad:			J =H/Hmáx	0,03471218		

ANEXO H. ÍNDICE DE SHANON-WEAVER EN RPFMS VERANO 2008

RPFMS verano 2008	Especies	No. De especies	Ind/m2	Abundancia Relativa (pi)	ln pi	(pi) (ln pi)
	Nematodos	60	97	0,1807	-1,7108	-0,3092
	OLIGOCHAETA	181	294	0,5452	-0,6066	-0,3307
	Nereis spp.	2	3	0,0060	-5,1120	-0,0308
	Nepthissingularis	14	23	0,0422	-3,1661	-0,1335
	Sabellidae sp1	2	3	0,0060	-5,1120	-0,0308
	Onuphis sp1	2	3	0,0060	-5,1120	-0,0308
	Onuphidae sp2	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Capitellacapitata	4	6	0,0120	-4,4188	-0,0532
	Cerithidia valida	13	21	0,0392	-3,2402	-0,1269
	Cerithidia obtusa	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Mytellastrigata	6	10	0,0181	-4,0134	-0,0725
	Mytella spp.	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Donax spp.	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Crassostreacolumbiensis	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Conchostracasp	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Corophidae sp1	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Corophidae sp2	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Sphaeromatidaespp.	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Ucaspp.	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
	Hyppolitidaespp.	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175
Nitrocasp.	36	58	0,1084	-2,2216	-0,2409	
Tigriopusspp.	1	2	0,0030	-5,8051	-0,0175	
Riqueza s=22	332	539	1,00000000		1,56916881	
			H máx. = Ln (S)	3,091042453	Indice de Diversidad de Shanon	
Equitatividad:			J =H/Hmáx.	0,50765036		

ANEXO I.

ÍNDICE DE SHANON-WEAVER EN SAC INVIERNO 2009

SAC invierno 2009	Especies	No. De Especies	Org/ m2	Abundancia Relativa (pi)	ln pi	(pi) (ln pi)
	F. Tubificidae (1 especie N.I.)	556	903	0,7948149	-0,22964603	-0,18252609
	<i>Capitella</i> spp.	135	219	0,1928564	-1,64580947	-0,31740487
	<i>Mytella</i> strigata	5	8	0,0070450	-4,95543966	-0,03491098
	<i>Balanus</i> spp	2	3	0,0026419	-5,93626891	-0,01568284
	<i>Nitocras</i> spp	2	3	0,0026419	-5,93626891	-0,01568284
	Riqueza S=5	700	1136	1,0000000		0,56620762
			H máx. = Ln S	1,60943791	Índice de Diversidad de Shannon	
Equitatividad:			J =H/Hmáx.	0,351804575		

ANEXO J.

ÍNDICE DE SHANON-WEAVER EN RPFMS INVIERNO 2009

RPFMS 2009	Especies	No. De Especies	Organismos / m2	Abundancia Relativa (pi)	ln pi	(pi) (ln pi)
	Nemátodos N.I.	4439	7206	0,5740460	-0,55504567	-0,31862177
	F. Tubificidae (1 especie N.I.)	1632	2649	0,2110253	-1,55577747	-0,32830833
	<i>Nereisspp</i>	4	6	0,0004780	-7,64595549	-0,00365456
	<i>Nephtyssingularis</i>	51	83	0,0066120	-5,01887435	-0,03318462
	F. Sabellida (1 especie N.I.)	252	409	0,0325819	-3,4239998	-0,11156026
	<i>Capitellacapitata</i>	52	84	0,0066916	-5,00689816	-0,0335043
	<i>Cerithidia valida</i>	3	5	0,0003983	-7,82827705	-0,00311809
	<i>Mytellspp.</i>	1	2	0,0001593	-8,74456778	-0,00139322
	F. Ostreidae (1 especie N.I.)	1	2	0,0001593	-8,74456778	-0,00139322
	<i>Nitocraspp</i>	1293	2099	0,1672110	-1,78849864	-0,29905669
	<i>Tigriopusspp</i>	3	5	0,0003983	-7,82827705	-0,00311809
	<i>Cyclopsspp</i>	2	3	0,0002390	-8,33910267	-0,00199293
Riqueza S=12	7733	12553	1,0000000		1,13890610	
		H máx. = Ln S	2,48490665	Índice de Diversidad de Shannon		
Equitatividad:	J =H/Hmáx	0,458329531				

ANEXO K.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PHYLUM ANNELIDA

Kingdom Animalia

Phylum Annelida

Class Clitellata

Subclass Oligochaeta

Order Haplotaxida

Suborder Tubificina

Family Tubificidae

Genus Monopylephorus Levinsen, 1884

Class Polychaeta

Family Capitellidae Grube, 1862

Genus Capitella Blainville, 1828

Species Capitella capitata (Fabricius, 1780)

Subclass Palpata

Order Aciculata

Family Nereididae Johnston, 1865

Genus Nereis Linnaeus, 1758

Family Nephtyidae

Specie nephtys singularis

Family Onuphidae Kinberg, 1865

Order Canalipalpata

Family Sabellidae Malmgren, 1867

ANEXO L.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PHYLUM MOLLUSCA

Kingdom Animalia

Phylum Mollusca

Class Bivalvia Linnaeus, 1758

Order Mytiloida Ferussac, 1822

Family Mytilidae Rafinesque, 1815

Order Veneroida H. Adams and A. Adams, 1856

Family Veneridae Rafinesque, 1815

Class Gastropoda Cuvier, 1797

Order Neotaenioglossa

Family Potamididae H. and A. Adams, 1854

Genus Cerithidea Swainson, 1840

Species Cerithidea montagnei

(Orbigny, 1837)

Species Cerithidea valida

(C. B. Adams, 1852)

Class Gastropoda Cuvier, 1797

Order Archaeopulmonata

Family Ellobiidae

Genus Melampus Montfort, 1810

Class Bivalvia Linnaeus, 1758

Order Veneroida H. Adams and A. Adams, 1856

Family Veneridae Rafinesque, 1815

Genus Protothaca Dall, 1902

Family Donacidae Fleming, 1828

Genus Donax Linnaeus, 1758

Order Ostreoida

Family Ostreidae Rafinesque, 1815

Genus Crassostrea Sacco, 1897

Species Crassostrea columbiensis

(Hanley, 1846)

ANEXO M.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PHYLUM ARTHROPODA

Kingdom Animalia

Phylum Arthropoda

Subphylum Crustacea Brünnich, 1772

Class Malacostraca Latreille, 1802

Order Amphipoda Latreille, 1816

Family Corophiidae Leach, 1814

Order Isopoda Latreille, 1817

Family Sphaeromatidae Latreille, 1825

Order Decapoda Latreille, 1802

Family Ocypodidae Rafinesque, 1815

Genus Uca Leach, 1814

Infraorder Caridea Dana, 1852

Family Hippolytidae Dana, 1852

Class Maxillopoda Dahl, 1956

Order Harpacticoida G. O. Sars, 1903

Family Ameiridae Monard, 1927

Genus Nitocra Boeck, 1865

Subclass Copepoda Milne-Edwards, 1840

Order Harpacticoida G. O. Sars, 1903

Family Harpacticidae Dana, 1846

Genus Tigriopus Norman, 1868

Subphylum Crustacea Brünnich, 1772

Family Conchostraca

Class Maxillopoda Dahl, 1956

Order Sessilia Lamarck, 1818

Family Balanidae Leach, 1817

Genus Balanus Da Costa, 1778

Subclass Copepoda Milne-Edwards, 1840

Order Cyclopoida Burmeister, 1834

Family Cyclopidae Dana, 1846

Genus Cyclops O. F. Müller, 1776