



ZAMORANO

300542

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES
Y CONSERVACION BIOLOGICA

CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE DOS
ESTEROS DEL SUR DE HONDURAS EN EPOCA
LLUVIOSA

Tesis presentada como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de Licenciatura

por

José Antonio Serrano Interiano

Honduras, 27 de abril de 1996

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos del autor.



José Antonio Serrano I.

Zamorano, Honduras, 27 de abril de 1996

DEDICATORIA

A mis padres Yolanda Serrano y Antonio Serrano por todo el apoyo, cariño y comprensión que me brindaron para poder culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mis hermanas Cinthia María y Yolanda Gabriela, por el apoyo y cariño brindado en todos los momentos de mi vida.

A mi novia Naidia Lizeth por el gran amor, cariño y comprensión que me ha dado de una manera incondicional.

Y

AGRADECIMIENTO

A Dios "todopoderoso" por guiarme e iluminar mi mente en cada uno de los pasos de mi vida.

A mi querida Alma Mater Escuela Agrícola Panamericana ZAMORANO, plantel docente y compañeros, por todo el conocimiento que me han brindado.

Al personal de "Granjas Marinas", en especial al Ing. Rafael Zelaya y al Ing. Rubén Sánchez, por el apoyo logístico brindado en la realización de mi tesis.

Al Departamento de Recursos Naturales de la EAP y a la Universidad de Auburn, por el apoyo económico brindado para el financiamiento de mi tesis y de mi carrera.

A todos mis compañeros del programa de ingeniería, por su amistad y ayuda brindada durante mis estudios, en especial a mi gran amigo Gerardo Robleda.

RESUMEN

Dos esteros fueron estudiados en el sur de Honduras durante la época lluviosa del año. En cada uno de ellos se muestrearon en siete sitios diferentes durante cinco semanas consecutivas y en la marea alta y baja. Se tomaron datos de oxígeno disuelto, temperatura y salinidad desde la superficie hasta el fondo en cada sitio.

Según los resultados del estudio, el estero Pedregal tiene una salinidad y temperatura promedio mayor y una menor concentración promedio de oxígeno disuelto que el San Bernardo.

Se detectó una serie de diferencias entre la concentración de oxígeno disuelto, la salinidad y temperatura del agua en cada estero. Comparando datos de los siete puntos, las fechas de muestreo, entre la marea alta y baja.

Se encontró que ambos esteros son diferentes en sus características físico-químicas estudiadas. Presentando concentraciones de los parámetros estudiados en niveles inferiores del recomendado para el cultivo de camarón.

CONTENIDO

	Págs.
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
FIRMAS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 General.....	3
1.1.2 Específicos.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 ESTEROS.....	4
2.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ESTEROS.....	4
2.3 CLASIFICACION DE LOS ESTEROS.....	5
2.3.1 Tipos de esteros en base a la morfología.....	5
2.3.1.1 Esteros de valles de río inundado.....	5
2.3.1.2 Esteros del tipo Fjord.....	5
2.3.1.3 Esteros formados por barreras.....	5
2.3.1.4 Esteros tectónicos.....	6
2.3.2 Tipo de esteros en base a la circulación y estratificación del agua.....	6
2.3.2.1 Esteros altamente estratificados o de cuña de sal.....	6
2.3.2.2 Esteros parcialmente mezclados o moderadamente estratificados.....	6
2.3.2.3 Esteros completamente mezclados o verticalmente homogéneos.....	6
2.3.3 Tipos de esteros según los sistemas de energía.....	6
2.3.3.1 Esteros con ecosistemas físicamente compuestos.....	6
2.3.3.2 Esteros con ecosistemas árticos con presión por el hielo.....	7
2.3.3.3 Esteros con ecosistemas costeros templado.....	7
2.3.3.4 Esteros con ecosistemas costeros tropicales de alta diversidad.....	7
2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CIRCULACION DE LAS AGUAS DE LOS ESTEROS.....	7
2.4.1 Mareas.....	7
2.4.2 Morfología.....	8
2.4.3 Fuerzas meteorológicas.....	8

2.4.4 Flujo de agua fresca.....	8
2.4.5 Densidad de la corriente.....	9
2.4.6 Turbulencia del agua.....	9
2.5 CALIDAD DE AGUA.....	10
2.6 PARAMETROS PARA EL CULTIVO DEL CAMARON.....	11
2.6.1 Salinidad.....	11
2.6.2 Oxígeno disuelto.....	11
2.6.3 Temperatura.....	12
2.7 DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUI- MICAS ANALIZADAS EN LOS ESTEROS.....	12
2.7.1 Salinidad.....	12
2.7.2 Temperatura.....	13
2.7.3 Oxígeno.....	14
III. MATERIALES Y METODOLOGIA.....	17
3.1 ELECCION DE LOS SITIOS.....	17
3.2 CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS SELECCIONADOS.....	17
3.2.1 Estero Pedregal.....	17
3.2.2 Estero San Bernardo.....	17
3.3 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE LOS PUNTOS A MUESTREAR.....	20
3.4 METODOLOGIA.....	20
3.4.1 Calibración del equipo.....	20
3.4.1.1 Lectura de temperatura y salinidad.....	20
3.4.1.2 Lectura de oxígeno disuelto.....	21
3.5 PROTOCOLO DE MUESTREO.....	21
3.6 ANALISIS ESTADISTICO.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	22
4.1 ESTERO PEDREGAL.....	22
4.1.1 Clasificación hidrológica y morfológica.....	22
4.1.2 Descripción de cada variable en base a la separación de medias.....	22
4.1.2.1 Oxígeno.....	22
4.1.2.2 Salinidad.....	26
4.1.2.3 Temperatura.....	26
4.1.3 Análisis de varianza.....	34
4.2 ESTERO SAN BERNARDO.....	34
4.2.1 Clasificación hidrológica y morfológica.....	34
4.2.2 Descripción de cada variable en base a la separación de medias.....	34
4.2.2.1 Oxígeno.....	34
4.2.2.2 Salinidad.....	35
4.2.2.3 Temperatura.....	35
4.2.3 Análisis de varianza.....	36
4.3 COMPARACION ENTRE ESTEROS.....	36
4.3.1 Análisis de varianza.....	36
5. CONCLUSIONES.....	46

6. RECOMENDACIONES.....	47
7. BIBLIGRAFIA.....	48
8. ANEXOS.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura	Págs.
1. Estero Pedregal con los sitios de muestreo.....	18
2. Estero San Bernardo con los sitios de muestreo.	19
3. Promedio de oxígeno disuelto por muestreo en el estero Pedregal.....	23
4. Promedio de oxígeno disuelto en ambas mareas en el estero Pedregal.....	24
5. Promedio de oxígeno disuelto por punto en el estero Pedregal.....	25
6. Promedio de salinidad por muestreo en el estero Pedregal.....	27
7. Promedio de salinidad en ambas mareas en el estero Pedregal.....	28
8. Promedio de salinidad por punto en el estero Pedregal.....	29
9. Promedio de temperatura por muestreo en el estero Pedregal.....	30
10. Promedio de temperatura en ambas mareas en el estero Pedregal.....	31
11. Promedio de temperatura del agua por punto en el estero Pedregal.....	32
12. Promedio de la temperatura a cada profundidad en el estero Pedregal.....	33
13. Promedio de oxígeno disuelto en ambas mareas en el estero San Bernardo.....	37
14. Promedio de oxígeno disuelto por punto en el estero San Bernardo.....	38
15. Promedio de oxígeno disuelto a cada profundidad en el estero San Bernardo.....	39
16. Promedio de salinidad por muestreo en el estero San Bernardo.....	40
17. Promedio de salinidad en ambas mareas en el estero San Bernardo.....	41
18. Promedio de salinidad en cada punto en el estero San Bernardo.....	42
19. Promedio de temperatura por muestreo en el estero San Bernardo.....	43
20. Promedio de temperatura en ambas mareas en el estero San Bernardo.....	44
21. Promedio de temperatura por punto en el estero San Bernardo.....	45

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Págs.
1. Análisis de varianza del estero Pedregal.....	50
2. Análisis de varianza del estero San Bernardo.....	51
3. Análisis de varianza entre los dos esteros.....	52
4. Comparación entre las concentraciones de las variables analizadas entre ambos esteros.....	53

I. INTRODUCCION

En los últimos 10 años el cultivo de camarones marinos en el mundo tropical ha experimentado un explosivo desarrollo, acompañado de una fuerte competencia por obtener una parte de los mercados de los Estados Unidos, Japón y Europa (Mendoza; et al, 1989). En Honduras la industria camaronera se inició hace 15 años, y en los últimos años esta industria ha sufrido una reducción en la producción debido a enfermedades como 'el Síndrome De Taura ' y a problemas relacionados debido al mal manejo de las aguas (Torres, 1994).

Esta industria implica un rubro de exportación muy importante para el país; se ubica en el Golfo de Fonseca en el sur de Honduras, en donde se encuentran los dos esteros de mayor importancia para la producción de camarón cultivado, que son: ' El Pedregal y San Bernardo '.

Los esteros en el trópico y subtropico contienen una de las áreas más productivas del mundo en lo que se refiere a economía y ecología. Debido a los subsidios naturales de producción de la naturaleza y la humanidad. El estero además de ser soporte de una gran actividad socioeconómica es un sistema ecológico rico que contiene grandes cantidades de plantas y animales productivos (Ward y Montague, 1995). Existen alrededor de 24 millones de hectáreas dominadas por manglares en los países tropicales y subtropicales del mundo. El bosque de mangle tiene una serie de funciones importantes en el estero: Producción de hojarasca y de detritos, los cuales son transportados en el estero. Por medio de un proceso de descomposición microbiana, las partículas de detrito llegan a ser un recurso nutritivo de alimento para una gran variedad de animales marinos (Torres, 1994).

La calidad de agua en el estero está definida por interacciones químicas y físicas entre los sedimentos del estanque, el clima , el agua y los organismos habitantes en el ecosistema; y está en función de la calidad de agua en el río, de la calidad de agua en el mar y de las condiciones de la mezcla. La calidad de agua tanto en el río como en el mar, están en función de las cantidades y características hidrológicas y oceanográficas de los dos. Las cuales están determinadas por las condiciones climáticas que tienen

influencia en la cantidad de agua de lluvia que está en función del tiempo, marcando las diferencias entre verano e invierno.

El mantenimiento de una buena calidad de agua es esencial para obtener altos rendimientos de camarón y una producción sostenible (Coddington, 1994). Todo esto depende de un manejo de la calidad del agua de los esteros, la cual está directamente afectada por la cantidad y calidad de descargas provenientes de las granjas influyendo en la calidad aguas arriba de los esteros y por otras fuentes puntuales y no puntuales de contaminación. La calidad de agua en el estero no la podemos manejar porque ya está determinada, pero podemos buscar lugares con características relativamente similares a las que necesitamos, para la ubicación de las bombas de succión de agua de las camaroneras.

Los factores relacionados con la calidad de las aguas de los esteros no han sido considerados por los camaroneros desde el inicio de esta industria en Honduras, pues seleccionaron sus sitios en base a la disponibilidad de tierra y no en base a la calidad del agua. Ante tantos problemas como el apareamiento de enfermedades, mala calidad de agua de los estanques, disminución de sus rendimientos y otros; ellos han iniciado trabajos para estimar el nivel sostenible para el cultivo de camarones en el sur de Honduras.

Los esteros en el curso de un año experimentan notables variaciones de temperatura, salinidad, oxígeno y otras propiedades físico-químicas (Villee, 1987), lo cual trae consecuencias directas en el cambio de estos parámetros en las lagunas de cultivo de camarón, los cuales son esenciales para su buen crecimiento y desarrollo. Conociendo la importancia que constituye el estero como fuente de agua a las camaroneras, se hace necesario crear una base de datos para determinar si las mareas, así como el agua del Golfo de Fonseca tienen una influencia directa en la cantidad del oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y otros parámetros en los estanques de producción de camarón (Coddington, 1994). En vista de que poco se ha hecho, se propuso de parte de la Universidad de Auburn de Alabama y la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) realizar un estudio para obtener la base de datos y la caracterización de dos esteros en cuanto a la influencia de las mareas en la calidad del agua a lo largo de ellos.

Muchos son los estudios sobre esteros hechos en diferentes países sin tomar en cuenta la variación debido al sitio de

muestreo, la época del año, estación lunar y la profundidad del agua. Estos estudios no son adecuados para describir los sitios del estero ni para todas las épocas del año.

1.1. OBJETIVOS:

Los objetivos del presente estudio son:

1.1.1 General

Describir fluctuaciones del oxígeno disuelto, temperatura y salinidad del agua en dos esteros en marea alta y baja, durante un ciclo lunar en la época lluviosa del año.

1.1.2 Específicos

- Relacionar la marea con fluctuaciones en varios parámetros físicos a analizar.
- Calificar la variación en calidad de agua entre espacio, con profundidad y en tiempo.
- Determinar el mejor sitio, profundidad y tiempo en ambos esteros, que presenten la mejor calidad de agua para el cultivo de camarón.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. ESTEROS

La palabra estero se refiere a la boca de un río cuya salinidad es menor que la del mar abierto, esto es, intermedia entre la de este y el agua dulce (Turk, et al , 1981).

En los esteros el curso de agua es muy complejo y es transicional entre un sistema de río y un sistema marino, por lo que un estero está gobernado por procesos hidrográficos y marinos. También está sujeto a procesos únicos del ambiente del estero, originados de la influencia mar y río, y su morfología semicerrada (Ward, 1995).

2.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ESTEROS

La biota de un estero es usualmente un conjunto de organismos residentes, permanentes y transitorios que están relacionados a las variaciones de las características físicas y químicas del estero y a los factores que afectan la circulación de sus aguas (Reid, 1961).

Las aguas de los esteros son las más fértiles, que la del mar y que la del agua dulce de los ríos (Turk, et al, 1981) y sus valores de productividad varían de acuerdo a los productos primarios predominantes, la latitud, la época del año, y ciertos aportes críticos y limitantes de carácter físico y químico que entran al ecosistema. Entre los factores fundamentales según Snedake (1985), que explican estos altos grados de productividad se encuentran:

- El papel clave de las aguas dulces y marinas en el suministro y renovación de nutrientes, materia orgánica y oxígeno.
- La alta radiación solar que es llevada al máximo como una fuente de energía y aprovechada para la producción de fitoplancton, debido a los fondos poco profundos.
- Las altas tasas de mezclas por las mareas que facilitan el intercambio de oxígeno, la circulación de nutrimentos y la eliminación de desecho.
- Son ecosistemas muy eficientes y con mucha biodiversidad. Su dinámica gira alrededor de la circulación del agua. Su patrón específico del movimiento del agua que se puede

encontrar en una porción del estero de cualquier sistema costero, es el resultado de las influencias combinadas de volumen de escorrentía de aguas arriba, velocidad de flujo, acción de las mareas, la forma del estero en su largo y corte transversal, vientos y en menor grado por fuerzas oceánicas extrañas (Snedake, et al, 1985). La circulación y los procesos relacionados con dilución y transporte, imponen un límite en la habilidad de un estero a asimilar desechos sin degradar su calidad de agua. Esto es importante en las operaciones de cría comercial de camarones, porque esta produce altos volúmenes de desecho al agua y también porque requiere una fuente de agua no contaminada, para el buen desarrollo del cultivo (Ward, 1995).

Los usos de los esteros debido a su naturaleza y a la alta productividad que es característico del ambiente de los esteros, ha sustentado el aprovechamiento por parte del hombre desde periodos prehistóricos (Snedake, 1981).

2.3. CLASIFICACION DE LOS ESTEROS

Esteros son clasificados principalmente según su morfología, la circulación y la estratificación del agua y en base a los sistemas de energía. Un estero por tener las tres características puede ser clasificado en varios tipos a la vez.

2.3.1 Tipos de esteros en base a la morfología:

2.3.1.1 Esteros de valles de río inundados: Estos tipos de esteros se encuentran comunmente a lo largo de las regiones costeras de llanos litorales relativamente bajos y extensos, donde ha habido una elevación del nivel del mar (Odum, 1972). También se refiere a un valle de río sumergido asociado con un valle inundado, de tipo fluvial (Ward, 1995).

2.3.1.2 Esteros del tipo fjord: Son esteros con un sistema profundo que ha sido lavado por glaciales, su corriente es pequeña en comparación al volumen del estero. Por sus características de formación este sistema se encuentra en latitudes altas (Odum, 1972).

2.3.1.3 Esteros formados por barreras: Son esteros con cuencas de agua somera, expuestas a menudo en parte a la marea baja de arena o de islas formando barreras frente a la costa (Odum, 1972).

2.3.1.4 **Esteros Tectónicos:** Estos esteros con indentaciones costeras formadas ya sea por fallas geológicas o por depresiones locales, acompañadas a menudo de una abundante entrada de agua dulce (Odum, 1992). Estas fallas geológicas se caracterizan por su alto relieve y formas irregulares, y frecuentemente son de gran profundidad (Ward, 1995).

2.3.2 **Tipos de esteros en base a la circulación y estratificación del agua.**

2.3.2.1 **Esteros altamente estratificados o de cuña de sal:** Estos esteros se encuentran generalmente donde la corriente del agua del río predomina sobre las mareas, como en la desembocadura de un río grande, el agua dulce suele deslizarse por encima del agua salada más pesada (Odum, 1972). Este tipo de estero tiene límites bien definidos entre las aguas salinas y dulces (Vिलlee, 1987).

2.3.2.2 **Esteros parcialmente mezclados o moderadamente estratificados:** En este tipo de estero las corrientes de agua dulce y agua salada son aproximadamente iguales creando una estratificación vertical y horizontal; el agente de mezcla dominante es la turbulencia, causada por la periodicidad en las mareas. Los cambios en el perfil de salinidad no son tan bruscos como en los otros tipos de esteros (Odum, 1972). Este tipo es el más común y mantiene un régimen intermedio de estratificación de la salinidad (Vилlee, 1987).

2.3.2.3 **Esteros completamente mezclados o verticalmente homogéneos:** Estos tipos de esteros se dan cuando la acción de las mareas es dominante. El agua desde la superficie al fondo se encuentra bien mezclada y la salinidad suele ser relativamente alta, acercándose mucho a la del mar. Constituyen ejemplos de este tipo de estero los formados por barreras en costas donde no hay ríos (Odum, 1972).

2.3.3 **Tipos de esteros según los sistemas de energía**

2.3.3.1 **Esteros con ecosistemas físicamente expuestos:** Son esteros sometidos a fuertes mareas y severos cambios de temperatura y salinidad. Tienen escaso oxígeno durante la noche y están sometidos a fuertes cantidades de sedimentación. Los esteros sometidos a mareas de alta velocidad y los esteros hipersalinos pertenecen a esta categoría (Odum, 1972).

2.3.3.2 **Esteros con ecosistemas árticos con presión por el hielo:** Son los esteros que quedan con zonas entre mareas cubiertas de hielo en el invierno. Las costas y bahías árticas

constituyen una clase especial de ecosistemas físicamente expuestos, en los que la luz que está disponible básicamente durante la breve estación de verano y la baja temperatura son muy limitativas (Odum, 1972).

2.3.3.3 Esteros con ecosistemas costeros templados: Forman parte de este tipo de estero la mayoría de los esteros de valle inundado de río y los esteros formados por barreras o encerrados en bahías que se encuentran en latitudes templadas, donde la luz y la baja temperatura son limitativas durante la estación de verano (Odum, 1972).

2.3.3.4 Esteros con ecosistemas costeros tropicales de alta diversidad: Estos esteros se caracterizan por tener temperatura, salinidad y otros factores físicos en niveles bajos. Contienen una cantidad considerable de especies y una gran diversidad química, son los esteros más subsidiados de energía en el mundo (Odum, 1972).

2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CIRCULACION DE LAS AGUAS DE LOS ESTEROS

2.4.1 Mareas

La marea es la influencia marina más obvia del estero. Los rangos de marea oceánica por si mismos son variables alrededor de la Tierra y los rangos pueden variar de pocos centímetros a varios metros. El movimiento de agua en el océano se da en respuesta a aceleraciones diferenciales de gravedad por objetos celestiales (Sol y la Luna). Mientras la marea se propaga dentro del estero es generalmente atenuada y retrasada por fricción asociada con el curso de agua dulce, por presiones atmosféricas, el viento y por el efecto del agua poco profunda. La importancia de las mareas en el manejo de los esteros, es para determinar el intercambio del agua y su movimiento en el estero (Ward, 1995).

La Tierra gira sobre su eje hacia el este, lo que provoca el movimientos de las mareas hacia el oeste. En un día hay dos mareas altas y dos mareas bajas con una periodicidad de 12.5 horas. La Tierra da una vuelta completa sobre su eje en 24 horas, quedando un retraso de las mareas de 50 minutos (Villem, 1987).

Durante la Luna llena y la Luna nueva, la Tierra, el Sol y la Luna están en línea, sumándose sobre las aguas de la Tierra las atracciones del Sol y la Luna, provocando las mareas vivas que tanto la baja como la alta es mayor que la normal. En los

cuartos de Luna, cuando la atracción sobre las aguas de la Tierra, del Sol y la Luna es en ángulo recto, la diferencia entre la marea alta y baja del día es menor que la usual y se le denomina marea muerta (Villedo, 1987). Gran parte del volumen de agua del estero está representado entre la diferencia de marea alta y marea baja que fluye en el estero de adentro hacia afuera y viceversa en un corto tiempo (Reid, 1961).

La fuerza de atracción varía por las diferentes distancias entre la Luna y la Tierra en diferentes partes de la Tierra, las fuerzas no son iguales por las distancias, por lo que se producen las mareas (Bernhard, 1973).

2.4.2 Morfología

La morfología se define como la forma del estero y es básicamente el reflejo de los procesos que forman y mantienen el sistema (Ward, 1995). La forma de un estero es de mucha importancia para comprender mejor las fuerzas hidrológicas que actúan sobre el (Reid, 1961).

Las principales propiedades morfológicas de los esteros según Ward son las siguientes:

- Cuerpo costero semicerrado.
- Tiene conexión libre con el mar abierto.
- Tiene influencia de agua marina con agua fresca.

La boca del estero o su entrada al mar es una de sus características morfológicas más importantes que determina el intercambio de agua con el mar (Ward, 1995). La profundidad del estero está determinada por los procesos de erosión, transporte de sedimento, las mareas y el ancho inicial de su entrada (Reid, 1961).

2.4.3 Fuerzas meteorológicas

Estas fuerzas consisten básicamente en el efecto de vientos y sistemas de presión atmosférica en el estero. Las generadas por el viento, son responsables en parte por la mezcla horizontal del estero (Ward, 1995).

2.4.4 Flujo de agua fresca

El flujo de agua fresca es un criterio definidor en un estero. La dilución del agua del mar por el flujo de agua fresca resulta en gradientes de salinidad a lo largo del estero. Las características de la cuenca y la precipitación contribuyen al

grado de dilución del agua salada en el estero. El flujo de agua fresca establece gradientes de salinidad en el estero desde cero en el punto de origen, hasta valores de salinidad oceánicos cerca de la entrada del estero (Ward, 1995).

La corriente unidireccional del río y la corriente de las oscilaciones de las mareas, son dos sistemas de corrientes que se oponen y ejercen un complicado y considerable efecto en la sedimentación, mezcla del agua y las características fisico-químicas del estero. Estas corrientes que provocan principalmente la mezcla del agua fresca y agua salada, producen un ambiente químico y físico distinto del ambiente típico del mar y del río (Ward, 1995). Estas corrientes junto a otras que operan en el estero, determinan básicamente la cantidad y distribución de agua en los esteros (Reid, 1961).

2.4.5 Densidad de la corriente

Es un elemento básico en la circulación del estero. Esta corriente es generada por la diferencia horizontal en densidad, el agua más salina es más densa por lo que tiende a estar en el fondo desplazando el agua liviana, pero controlada por procesos de mezcla y de forma del estero. A lo largo del estero esto se manifiesta como una circulación dirigida corriente arriba en las capas de abajo, y corriente abajo en las capas de arriba (Ward y Montague, 1995).

La densidad del agua de los esteros varía de un lugar a otro según son los cambios de temperatura, salinidad, con la cantidad de materia que lleva en suspensión y dependiendo de la profundidad del estero (Ward, 1995). Un ejemplo respecto al cambio de temperatura lo constituye el hecho que el agua fría pesada se hunde bajo el agua de mayor temperatura (Leet, 1975).

La densidad del agua es el factor menos obvio y menos entendido, y que es esencial en la circulación del estero (Ward, 1995).

2.4.6 Turbulencia del agua

Es el efecto combinado en pequeño y gran escala del movimiento del agua que resulta en la mezcla de gradientes de concentración. Es principalmente importante en determinar la tasa de dilución de los contaminantes y la dispersión de los desechos de drenaje de las camaroneras (Ward, 1995).

Por el hecho de que los esteros están semicerrados, tienden a responder a fuerzas meteorológicas de las que el aire es el agente más importante; esto es importante en esteros anchos relativamente poco profundos y de climas variables (Ward, 1995).

El aire forma olas y es agente eficaz de mezcla, también hace su propia corriente dentro del estero. La turbulencia de los esteros tiene un número de fuentes, las olas del mar, la fuente del río, la velocidad de las corrientes de las mareas y las irregularidades de la profundidad que afecta el movimiento de sus aguas, su composición y otros componentes que transporta el agua del estero (Ward, 1995).

2.5. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas en su estado o después de haber sufrido una alteración ya sea por el hombre o en forma natural. Es un recurso natural renovable esencial para la vida en el planeta, su contenido en el protoplasma celular supera el 80% y sus cambios en el contenido en las células afectan a los seres vivos. El agua se renueva mediante el ciclo hidrológico. La evaporación, transpiración, precipitación, percolación, infiltración y escorrentía superficial integran este ciclo (Cubillos, 1988).

La calidad de agua se determina en base a sus características. Dentro de estas características tenemos: Físicas, químicas y biológicas; y se determinan al practicar medidas de una serie de parámetros, a las muestras de agua tomada o a los datos obtenidos de un muestreo, de acuerdo a técnicas específicas (Cubillos, 1988).

El buen desarrollo de los organismos acuáticos depende de muchos factores que pueden interactuar para alterar las propiedades físico-químicas del agua. El medio ambiente de un cultivo es muy artificial y pueden ocurrir cambios importantes y repentinos con respecto a la calidad del agua, lo que muchas veces trae consecuencias negativas y drásticas al cultivo. Por ejemplo, problemas con niveles bajos de oxígeno resultarán en una reducción en la tasa de crecimiento de los camarones cultivados (Aceituno, 1994).

La decisión de realizar o no una medida de control en el manejo de un cultivo acuático deben ser tomadas sobre una base de información cuantitativa y confiable. El análisis periódico del agua nos permite acumular datos importantes que describen

las condiciones actuales y que pueden indicar los futuros cambios en la calidad del agua del cultivo (Aceituno, 1994).

2.6. PARAMETROS PARA EL CULTIVO DE CAMARON

Los esteros, son de mucha importancia ya que sus aguas constituyen la fuente de abastecimiento de las lagunas de cultivo de camarón. El monitoreo de la calidad del agua en el estero y su debida interpretación son de vital importancia en el éxito de una finca camaronera (Torres, 1994).

Los parámetros físico-químicos del agua del estero que se estudiaron y los rangos necesarios de cada uno de ellos para el cultivo del camarón son los siguientes:

2.6.1 Salinidad

El camarón soporta cambios amplios de salinidad, pero no cambios bruscos. Su crecimiento continúa en rangos hasta de 5 a 45 ppt, aunque en el golfo de Fonseca muchas fincas reportan crecimiento en salinidades menores de 5 y mayores de 45 ppt (Torres, 1994). Con salinidades menores de 5 ppt hay crecimiento de camarón, sin embargo existe evidencia que el crecimiento se reduce, lo mismo sucede con valores de hipersalinidad mayores de 42 ppt (Coddington, 1995). Siendo un grado óptimo para su buen crecimiento, salinidades cerca de 14 ppt (Argentino, 1985), y un rango muy bueno salinidades de 10 a 30 ppt (Mendola, 1989).

2.6.2 Oxígeno disuelto

Es uno de los parámetros más importantes en el cultivo semi-intensivo de camarones. Una baja concentración de oxígeno disuelto en el estanque es la causa más común de mortalidad y disminución en la tasa de crecimiento en los sistemas de cultivo. Niveles entre dos y tres partes por millón en horas de la madrugada no son letales, pero no recomendables. El valor mínimo para su cultivo es de 3 ppm de oxígeno, y el óptimo es de 5 ppm en adelante (Torres, 1994).

Exposiciones prolongadas a niveles de oxígeno disuelto bajo 1 ppm, eventualmente resultan en la muerte del camarón, y niveles inferiores a los óptimos, probablemente den lugar a una disminución en el crecimiento, así como a la ocurrencia de problemas sanitarios (Coddington, 1995).

2.6.3 Temperatura

El camarón es un animal poiquiloterma y por lo tanto, la temperatura influye de modo directo sobre su metabolismo; las temperaturas óptimas de agua para un crecimiento rápido son superiores a los 26 °c y menores a los 32 °c (Torres, 1994).

2.7 DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS ANALISADAS EN LOS ESTEROS

2.7.1 Salinidad

La salinidad del agua se define como la concentración total de iones disueltos en el agua, y se expresa normalmente en partes por mil (ppt) (Coddington, 1995). El agua de mar contiene normalmente de 30 a 35 ppt de sal; esto es equivalente a una cantidad de 30 a 35 kilogramos de sal en cada metro cúbico de agua salada.

La importancia de la salinidad en el estero según Ward (1995), es la siguiente :

- La salinidad de agua fresca es cerca de cero ppt, y el valor de salinidad en un punto en el estero puede ser interpretada como la medida de la proporción de agua de mar en este punto.
- En un estero la variación de la densidad de agua es dominante por la salinidad y raramente afectada por la temperatura. Por lo que es importante en los procesos hidrodinámicos que afecta o controla, estos procesos son la turbulencia y la densidad de la corriente.
- Es una de las variables más importantes que determinan el habitat del estero.
- Al ser un indicador natural de agua salada, se convierte en el principal parámetro en el estero para estudiar los procesos de circulación.

El agua de un estero puede clasificarse como oligohalina, mesohalina y polihalina; según sea su promedio de salinidad. El estero de aguas oligohalinas contiene un rango de 0 a 3 ppt de sal, el de aguas mesohalinas contiene un rango de 4 a 17 ppt y el de aguas polihalinas de 18 a 34 ppt. Esta clasificación no refleja la variación en la salinidad del agua de un estero. Esta varía en cualquier lugar que sea, durante el día, el mes y el año. Los esteros hipersalinos, se dan donde las corrientes de agua dulce son débiles, la amplitud de la marea es baja y la evaporación es muy alta (Ocum, 1972). En esteros el gradiente de salinidad empieza con una gran concentración en la boca y disminuye conforme se avanza hacia dentro del estero (Snedake, 1985).

En Centroamérica las lluvias son estacionales. Los esteros de la costa del pacífico son influenciados por el flujo de agua dulce cuando llueve en el interior de los países y las salinidades de las aguas de los esteros alcanzan sus valores menores durante la época lluviosa de cada año. Sus valores aumentan en las aguas costeras durante los meses de la época seca del año (Meyer, 1994).

En algunas fincas hondureñas la salinidad alcanza hasta 60 ppt en abril y mayo; en otras fincas la salinidad puede bajar a 0 ppt al final de la época lluviosa (octubre y noviembre). El crecimiento de los camarones cultivados es menor durante la época seca del año cuando las salinidades de los esteros incrementan. Estos aspectos de la salinidad del agua y sus impactos en la acuicultura nos indican lo importante que es la planificación adecuada para la ubicación de un nuevo proyecto (Meyer, 1994); por lo que para la localización de las fuentes de agua se debe tener en cuenta las fluctuaciones de salinidad de los esteros (Coddington, 1995).

En el caso de aquellas granjas que toman el agua de esteros grandes, con conexión directa al golfo, carentes de influencia alguna de los aportes de ríos, tienen salinidades anuales de entre 28 a 44 ppt; su toma de agua refleja la salinidad del golfo. Las granjas que toman el agua de los esteros, que a su vez están influenciados por ríos, tienen una salinidad que va de 0 a 50 ppt. Las salinidades de esteros ribereños son influenciados por el flujo de agua dulce y por el intercambio de agua con el golfo o el océano. Los productores más alejados del golfo presentan las más amplias fluctuaciones en salinidad. Una fuerte entrada de agua dulce y un bajo intercambio de agua con el golfo, mantienen bajas salinidades durante la temporada de lluvia; en cambio, durante la temporada de sequía, el intercambio con el golfo es mínimo o no existe y la entrada de agua dulce es menor que la evaporación, por lo que el agua se torna hipersalina (Coddington, 1995).

2.7.2 Temperatura

Es el valor que representa el estado de calentamiento de un cuerpo, como la diferencia de calor de un cuerpo al otro. Es la medida del calor, que es una forma de energía. En términos más generales la temperatura expresa la cantidad de calor de energía radiante que hay en la atmósfera, en el agua o en la tierra. La energía que se recibe en la tierra proviene en su mayor parte del sol, y la cantidad de esa energía que cae

sobre un lugar determinado depende del estado de la atmósfera (estado brumoso, nuboso, etc.) (Constantino, 1972).

El agua tiene una gran capacidad para absorber y almacenar calor, este calor denominado calor específico del agua significa que 1 caloría es requerida para levantar la temperatura de un gramo de agua a 1°C. De esa manera, la absorción de energía en forma de luz solar penetra en la capa de agua y provoca un calentamiento de la misma durante las horas del día (Aceituno, 1994). La temperatura en el estero puede resultar de las diferencias de temperatura del agua fresca y del agua de mar (Ward y Montague, 1995).

Cuando el agua contiene elementos en suspensión o en disolución como sucede en los esteros principalmente durante la época lluviosa, estos absorben una parte de la radiación que llega a la superficie, provocando un calentamiento principalmente en la parte superficial. Las aguas son más cálidas en los cursos abiertos expuestos a la radiación solar, que en lugares sombreados por árboles; este aspecto es muy importante ya que la temperatura del agua es un factor importante en la composición de la fauna acuática (Dajoz, 1979).

La tasa metabólica y de crecimiento del camarón, son determinados en gran parte por la temperatura del agua. No pueden mantener una temperatura corporal constante y elevada como los mamíferos y aves, y los cambios en temperatura de su cuerpo reflejan las fluctuaciones en las temperaturas ambientales (Aceituno, 1994)

2.7.3 Oxígeno

El oxígeno disuelto es necesario para mantener condiciones aeróbicas en el agua, y es un indicador primario para indicar la vida acuática. En aguas naturales comunmente la concentración de oxígeno disuelto se aproxima a la saturación, pero este es consumido por procesos naturales de oxidación, provocados por la descomposición de la materia orgánica (Krenkel, 1980). Todos los animales y la mayor parte de las plantas requieren oxígeno para metabolizar los alimentos (Turk, et al, 1981). El oxígeno disuelto es considerado uno de los parámetros más importantes en el cultivo de camarón. Para su buen manejo es importante saber la cantidad de oxígeno en solución en el agua del cultivo y entender los principales factores que interactúan para determinar esta concentración (Aceituno, 1994).

La solubilidad del oxígeno en el agua muchas veces está en función de la temperatura y la salinidad. La concentración de oxígeno en el agua es mayor a 0 °C. Al subir la temperatura del agua, esta pierde capacidad de mantener oxígeno (y otros gases) en solución; esto nos indica que es más frecuente tener problemas de falta de oxígeno durante la época más caliente del año (Aceituno, 1994). Lo mismo sucede con la salinidad del agua, que al incrementar su concentración en el agua disminuye su capacidad de mantener oxígeno en solución, por lo que el agua salada contiene menos oxígeno disuelto que el agua dulce bajo condiciones similares (Ward y Montague, 1995).

La solubilidad del oxígeno en el agua disminuye mientras baja la presión atmosférica, es decir, a alturas mayores (sobre el nivel del mar) el agua puede mantener menores cantidades de gas en solución (Aceituno, 1994). Este aspecto de altura sobre el nivel del mar no influyó en este estudio, pues este se realizó al nivel del mar.

El oxígeno puede entrar en solución en el agua del estero por dos procesos principales que son: difusión y fotosíntesis. En el caso de difusión, el aire siempre contiene una mayor concentración de oxígeno que el agua, por ejemplo, a saturación a 10 °C, el agua contiene 11 mg/lit y el aire contiene 260 mg/lit. Así, normalmente existe un gradiente de concentraciones favoreciendo la difusión del oxígeno del aire al agua. Difusión es limitada por la alta densidad del agua y el movimiento lento de sus moléculas de oxígeno. La difusión de oxígeno ocurre únicamente donde el agua y el aire están en contacto y muchas veces el efecto del proceso es mínimo; este proceso es muy importante en la boca del estero donde el área de contacto de agua y aire es mayor por lo ancho del estero, que en las partes agua arriba del estero, pues este según se aleja de la boca se va haciendo más angosto. El viento y el oleaje ayudan a remover la capa superficial de agua en contacto con el aire, así se promueve una circulación y una mejor oxigenación del agua por difusión en la superficie (Aceituno, 1994); este es un mecanismo muy importante en los esteros, pues estos están en constante movimiento provocado por las mareas, el movimiento provocado por la entrada de agua dulce al estero y el movimiento provocado por los cambios de densidad del agua (Turk, et al, 1981).

Fotosíntesis en los estanques dedicados al cultivo de camarón representa el proceso de mayor importancia en introducción de oxígeno al agua. Durante las horas del día, el fitoplancton está liberando oxígeno molecular como producto de

fotosíntesis, encontrando en las horas de la tarde los niveles más altos de oxígeno disuelto en el agua; en la noche, tanto las algas como todos los animales utilizan el oxígeno disuelto en el agua en el proceso de respiración, por lo que su concentración baja hasta el día siguiente (Aceituno, 1994). Alto contenido de materia orgánica puede afectar la habilidad del agua en mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto.

Toda la materia orgánica tiene una alta demanda de oxígeno al descomponerse; sin embargo, en realidad el consumo de oxígeno se da por las bacterias y otros microorganismos que se están alimentando de la materia orgánica (Vegas, 1971). Este es un aspecto muy importante a considerar ya que los ríos que desembocan en el sur de Honduras están generalmente cargados con altas cantidades de materia orgánica.

III. MATERIALES Y METODOLOGIA

3.1. ELECCION DE LOS SITIOS

Se escogieron dos esteros para el estudio, el Pedregal y San Bernardo; en base a una serie de criterios los cuales se mencionan a continuación:

- a) Son fuentes de agua para varias camaroneras importantes en la región sur de Honduras.
- b) Debido a su ubicación, se consideró lo siguiente:
 - Son dos esteros que desembocan en el mismo golfo (Golfo de Fonseca).
 - Por estar en condiciones climatológicas semejantes. El banco de datos obtenidos de este estudio, servirá para posteriores estudios en esteros ubicados en el subtrópico.
 - Por las facilidades brindadas por una empresa, mediante apoyo logístico para la realización del estudio.

3.2. CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS SELECCIONADOS

El estudio se realizó en el sur de Honduras donde se concentra el 100% de las camaroneras de Honduras, que equivalen a un total de 11,000 hectáreas.

3.2.1 Estero Pedregal

Desemboca en él, el río Choluteca que drena aproximadamente el 9% del territorio nacional. Sus aguas son usadas para abastecimiento de las lagunas de varias camaroneras, en un total de 1500 hectáreas de camarón cultivado. Su ubicación geográfica es en el Golfo de Fonseca y los siete sitios de muestreo están representados en la figura 1.

3.2.2 Estero San Bernardo

Desemboca en él, el río Negro. Sus aguas son usadas para el abastecimiento de varias camaroneras, en un total de 1400 hectáreas de camarón cultivado. Su ubicación geográfica es en Golfo de Fonseca, y los siete sitios de muestreo están representados en la figura 2.

ESTERO PEDREGAL

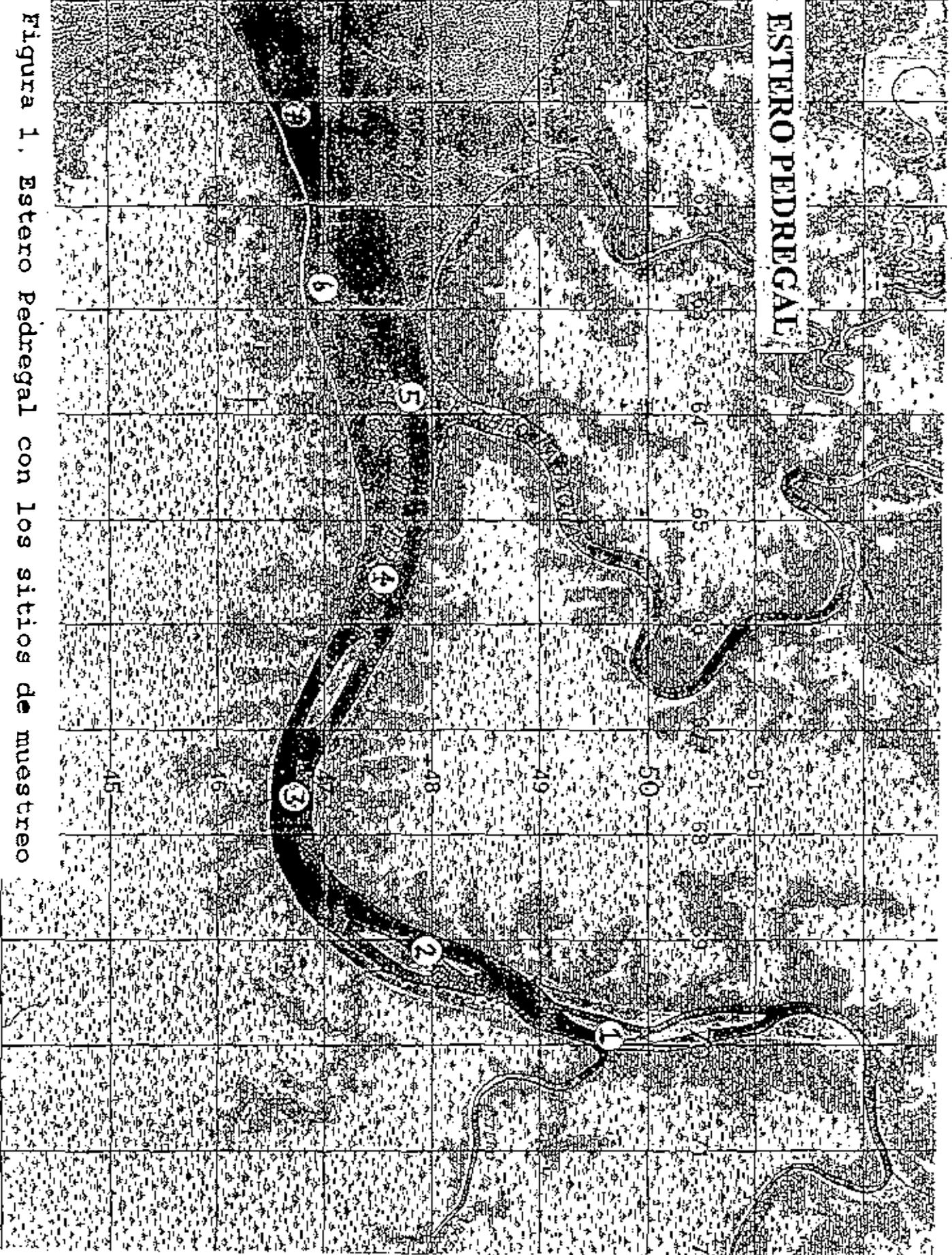


Figura 1. Estero Pedregal con los sitios de muestreo

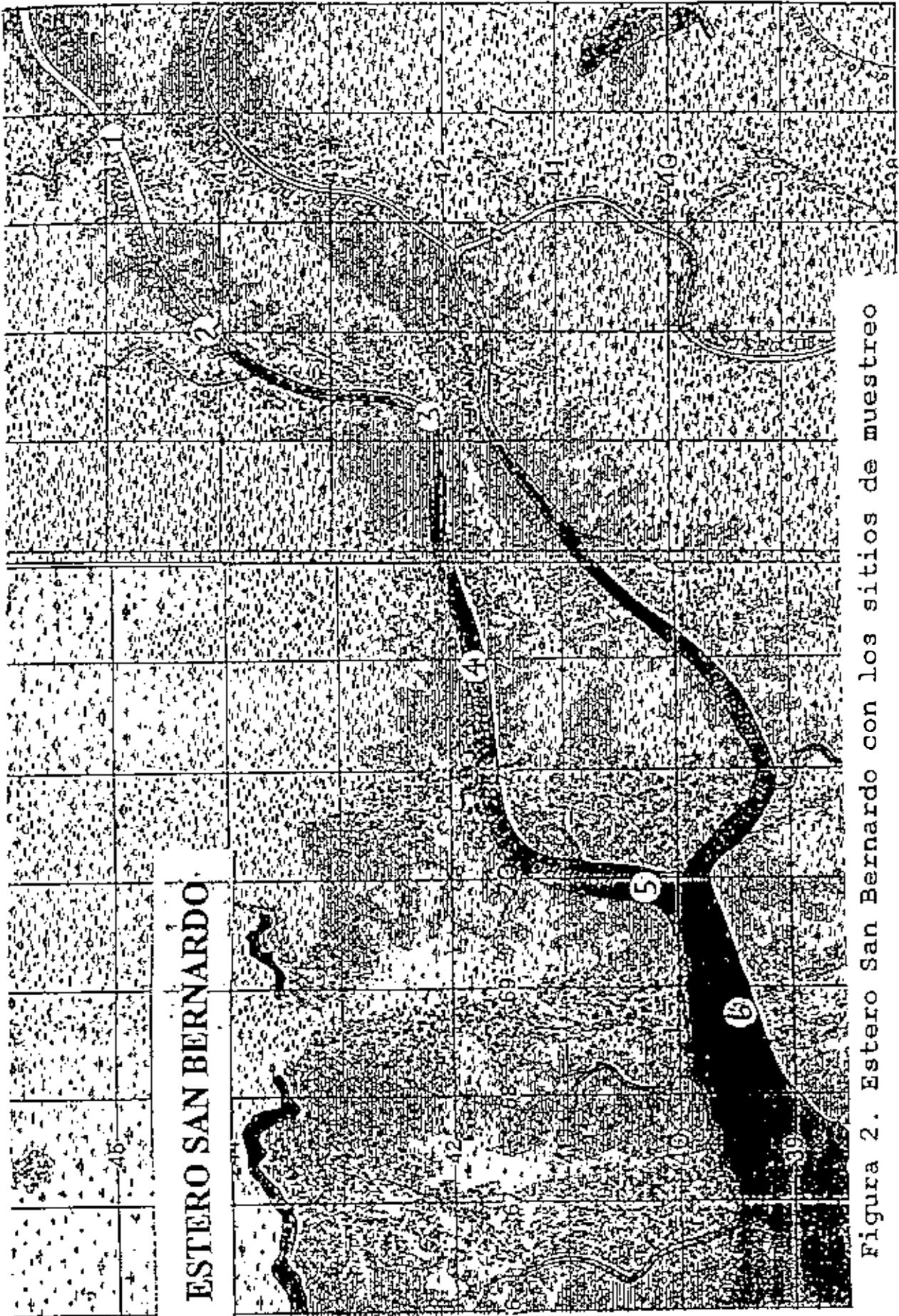


Figura 2. Estero San Bernardo con los sitios de muestreo

3.3. CRITERIOS PARA LA SELECCION DE LOS PUNTOS A MUESTREAR

En consulta con el PD/A CRSP, los criterios que se usaron para la selección de los 7 puntos a muestrear eran:

- Se determinó que con siete sitios es suficiente para el estudio de cada muestreo, pues la distancia a recorrer en lancha y el tiempo de las mareas estaba muy acorde con el tiempo necesario para la toma de datos en las siete estaciones, con el tiempo de duración de las mareas.
- Los siete sitios se marcaron con la ayuda de un mapa de cada estero, considerando que hubiera uniformidad de distancia entre sitios y evitando la influencia de la ubicación de las bombas de succión de agua de las camaroneras en los sitios de muestreo.
- En cada sitio se localizó la parte más profunda del estero.
- Que con los sitios seleccionados se cubriera la mayor área de actividad camaronera.

3.4. METODOLOGIA

A continuación se detallan los materiales y procedimientos utilizados para la realización del monitoreo de temperatura, oxígeno disuelto y salinidades en el presente estudio:

3.4.1 Calibración del equipo

3.4.1.1 Lectura de temperatura y salinidad: A continuación se detallan los pasos a seguir para el uso del medidor de temperatura y salinidad YSI modelo 33:

- El medidor se enciende 30 minutos antes de su uso.
- Se revisa la membrana del sensor que no tenga burbujas de aire. Si las tiene hay que quitar la membrana, llenar con solución de KCL y colocar una membrana nueva. Es importante no dejar burbujas de aire abajo de la membrana, las cuales interfieren en las mediciones.
- Se mantiene el sensor cerca de la superficie del agua durante el tiempo de calibración, con el sensor conectado al aparato.
- Se coloca el interruptor del medidor en " 0 " y se ajusta la aguja allí moviendo la perilla correspondiente.
- Se coloca el interruptor del medidor en " red line " y se ajusta la aguja allí con la perilla correspondiente.
- Se coloca el interruptor en donde mide la temperatura y se registra el dato obtenido por el medidor, desde la superficie del agua hasta el fondo, tomando datos cada 50 centímetros.
- Luego se mide tanto la temperatura como la salinidad a cada profundidad.
- El sensor se lavó con agua destilada después de la toma de

datos en cada estación y el medidor se calibró en cada una de las siete estaciones de muestreo.

3.4.1.2 Lectura de oxígeno disuelto: A continuación se detallan los pasos a seguir para el uso del medidor de oxígeno disuelto YSI modelo 58:

- El medidor se enciende 30 minutos antes de su uso.
- Se conecta el sensor al medidor, y se mantiene cerca de la superficie del agua durante su calibración.
- Se coloca el interruptor del medidor en " cero " y se ajusta la aguja allí con la perilla correspondiente.
- Se coloca el interruptor del medidor en " 1 " y se ajusta allí la aguja con la perilla correspondiente hasta llegar a 100.
- Una vez calibrado y con el dato de salinidad obtenido del otro medidor, se marca en la perilla correspondiente las ppt de salinidad con el dato obtenido en cada sitio de muestreo. Posteriormente se coloca la perilla para la lectura del oxígeno disuelto en el rango más adecuado ya sea a 0.1 mg/lit o a 0.001 mg/lit de oxígeno disuelto y se toma la lectura de oxígeno disuelto.
- El sensor se lavó con agua destilada después de la toma de datos en cada estación y el medidor se calibró en cada una de las siete estaciones de muestreo.

3.5. PROTOCOLO DE MUESTREO

Las mareas cambian durante un ciclo lunar, por lo que se tomó muestras durante cinco semanas consecutivas en cada estero. Se visitó cada sitio de muestreo 2 veces en cada fecha para obtener datos de marea alta y baja determinada por la tabla de mareas, a partir del 29 de junio de 1995 hasta el 27 de julio del mismo año en el estero El Pedregal, y a partir del 11 de agosto de 1995 hasta el 8 de septiembre del mismo año en el estero San Bernardo.

El muestreo se inicia 30 minutos antes de la hora establecida por la tabla de marea, para que la hora de la máxima o mínima, quedara a la mitad del tiempo en que se hizo el recorrido que duró aproximadamente una hora.

3.6 ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis de los datos se usó el paquete estadístico "Statistical Analysis System" (SAS). Este análisis comprende la separación de medias por la prueba SNK, análisis de varianza (Andeva) y la comparación de variables independientes para cada una de las variables dependientes.

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 ESTERO PEDREGAL

4.1.1 Clasificación hidrológica y morfológica

La figura 1 demuestra la relación entre el estero El Pedregal y la entrada de agua dulce del río Choluteca (Estero La Jagua) que desemboca al estero cerca del golfo de Fonseca. El río causa al estero cambios en el comportamiento del movimiento horizontal y vertical del agua debido a dos razones: la velocidad de la corriente del río y los cambios de densidad del agua. También tiene una influencia directa en disminuir la velocidad de la marea en el estero al entrar al río.

4.1.2 Descripción de cada variable en base a la separación de medias

4.1.2.1 Oxígeno: Las concentraciones encontradas durante los muestreos están por debajo del óptimo para el cultivo de camarón que es de 5-6 ppm (Torres, 1994). Se encontró la mejor concentración durante la estación de Luna llena (Figura 3), que podría deberse a las mareas más grandes, que causan mayor movimiento e intercambio de agua con el golfo. Se encontraron los mayores niveles de oxígeno disuelto durante la marea alta (Figura 4). Los muestreos realizados durante las demás estaciones lunares (Cuarto creciente representado solamente con los datos de marea baja), presentaron niveles por debajo del óptimo para el camarón (Figura 3). El oxígeno disuelto en las aguas de los esteros están en función de la dinámica de movimiento que estos tienen y de la entrada de las aguas dulces y marinas (Snedake, 1985).

Se encontró una diferencia muy significativa en la concentración de oxígeno disuelto en los puntos 4, 5, 6 y 7, con concentraciones arriba del mínimo aceptable para el cultivo del camarón, comparada con el punto 1 (Figura 5). Las concentraciones de oxígeno disuelto aumentaron conforme se acercó a la boca.

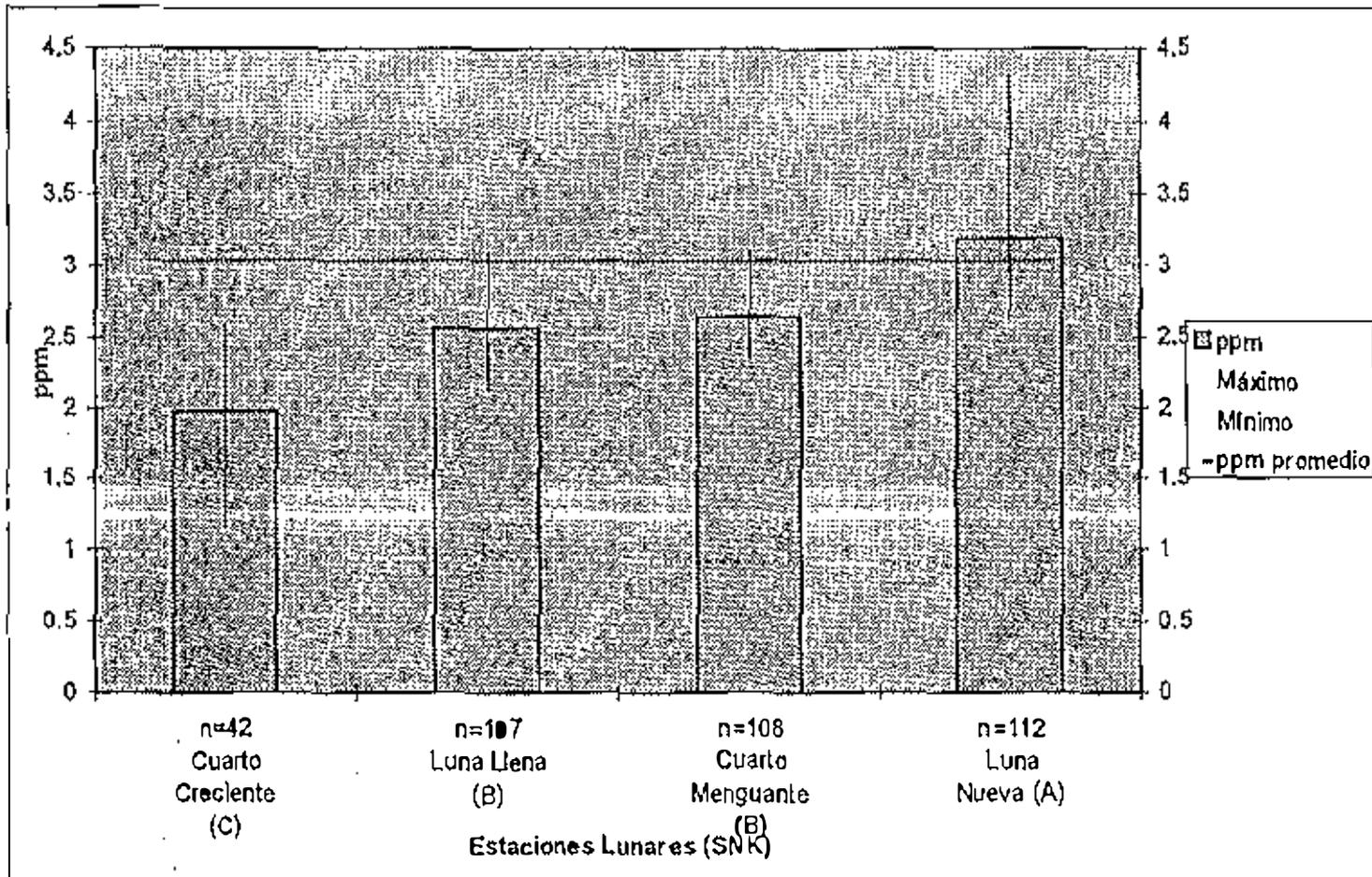


Figura 3. Promedio de Oxígeno Disuelto por Muestreo en el Estero Pedregal

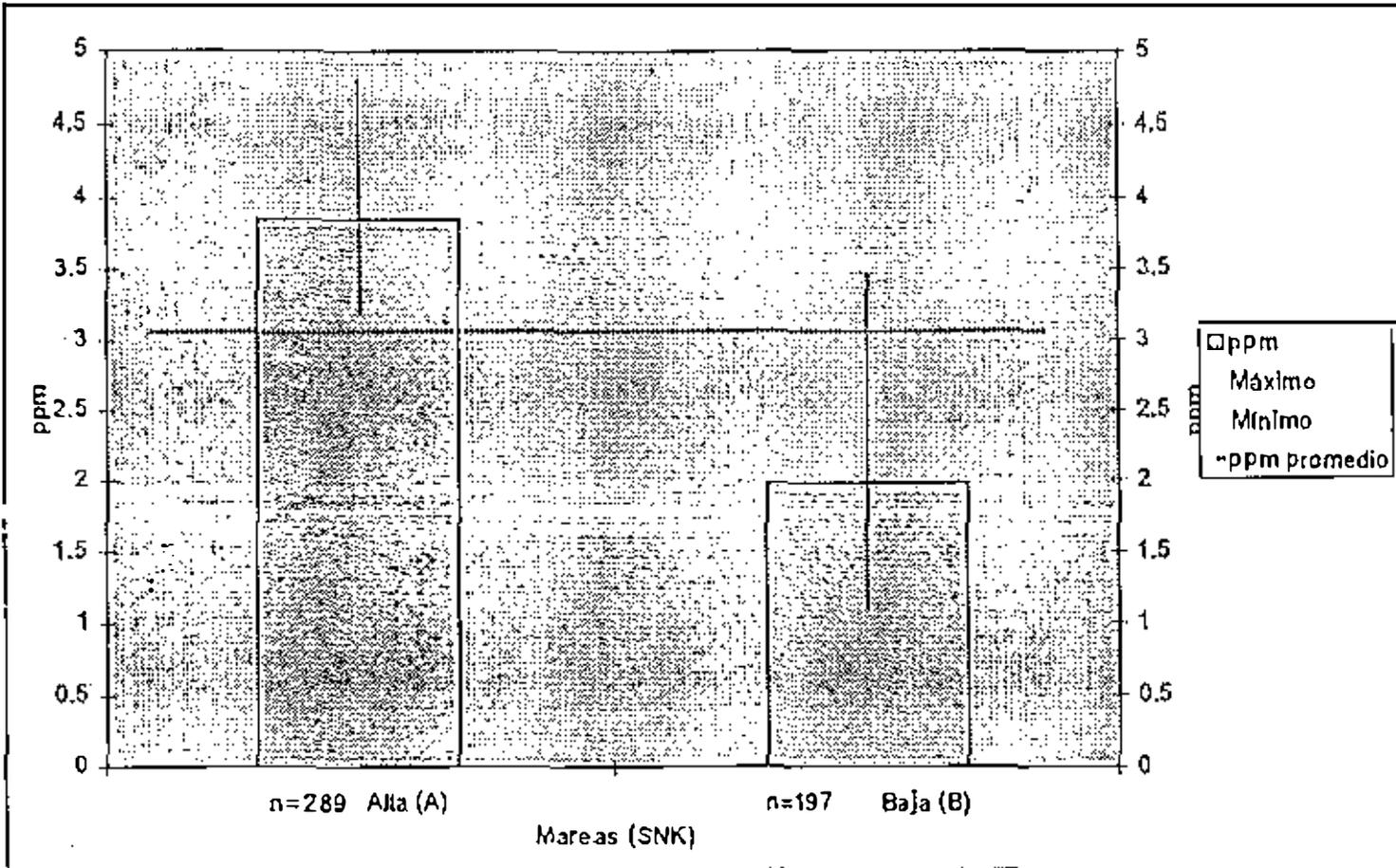


Figura 4. Promedio de Oxígeno Disuelto en Ambas Mareas en el Estero Pedregal

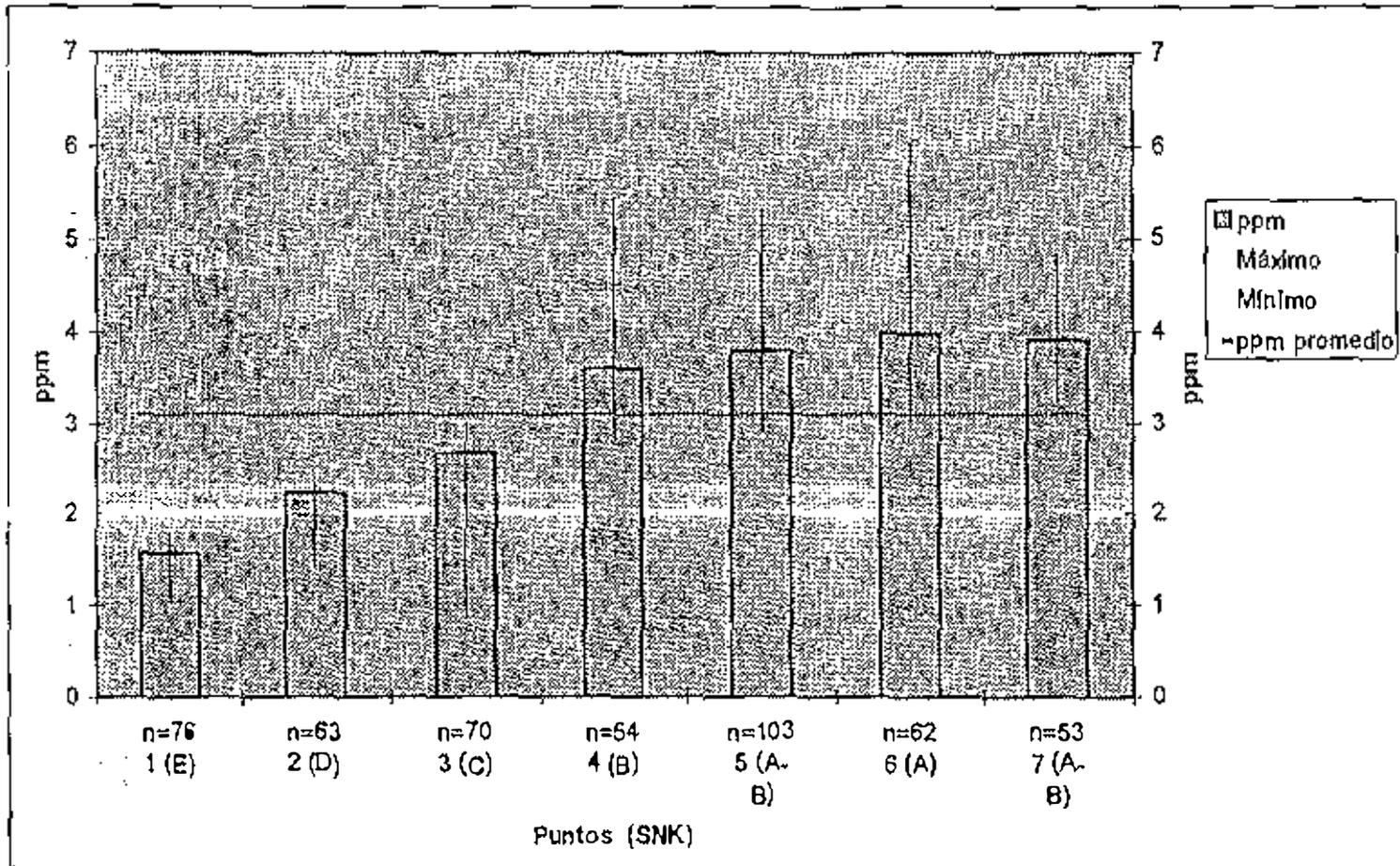


Figura 5. Promedio de Oxígeno Disuelto por Punto en el Estero Pedregal

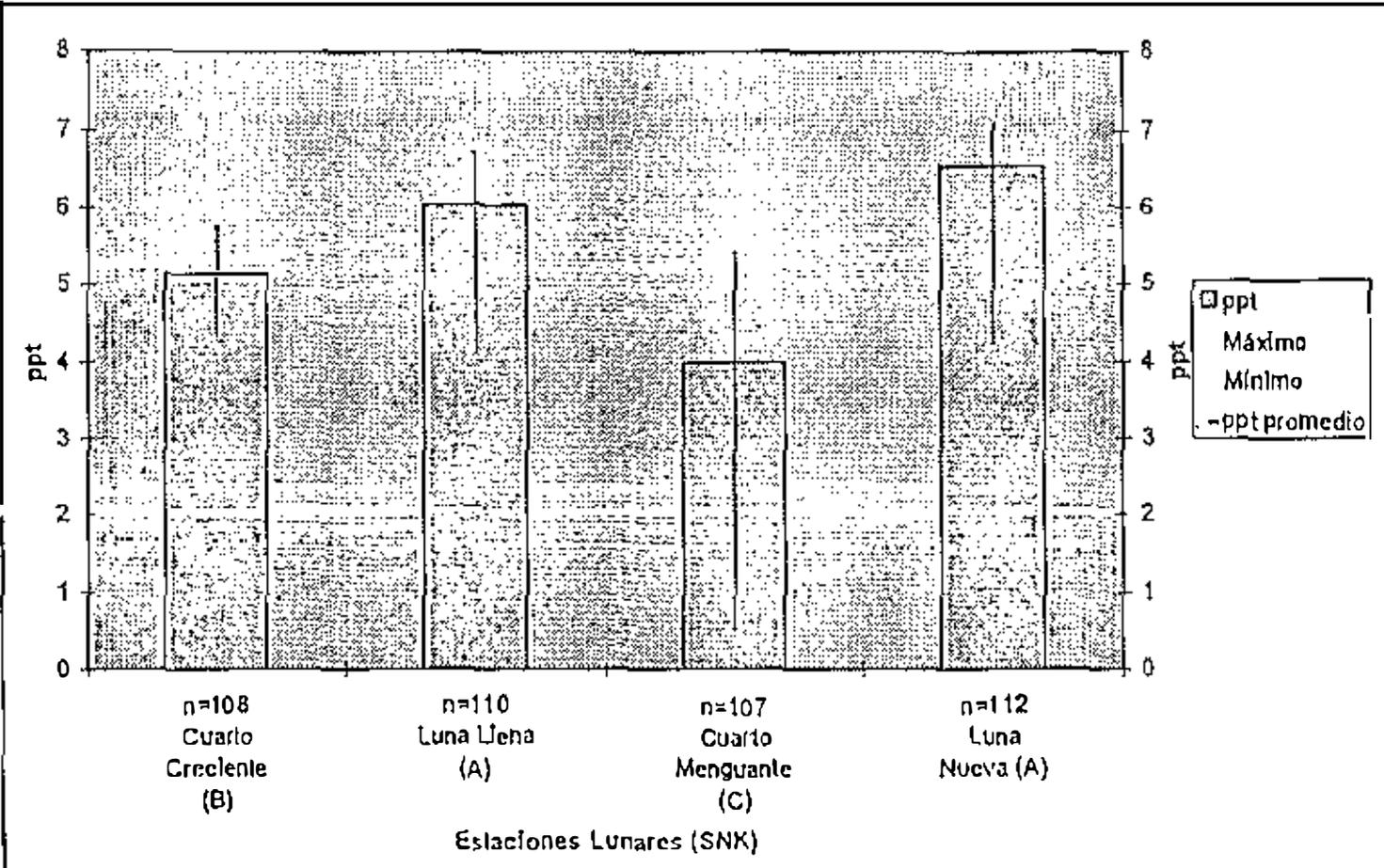


Figura 6. Promedio de Salinidad por Muestreo en el Estero Pedregal

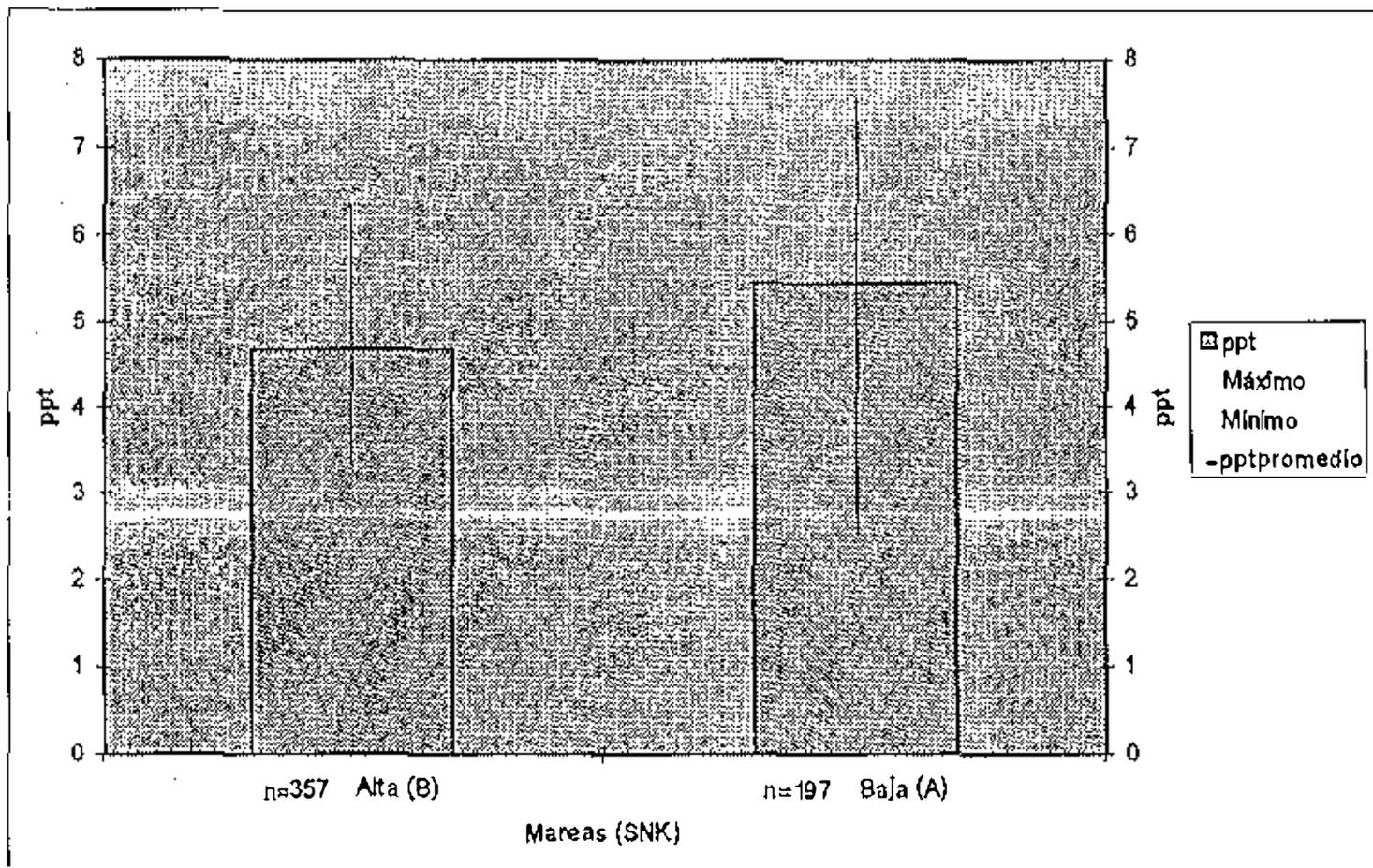


Figura 7. Promedio de Salinidad en Ambas Mareas en el Estero Pedregal

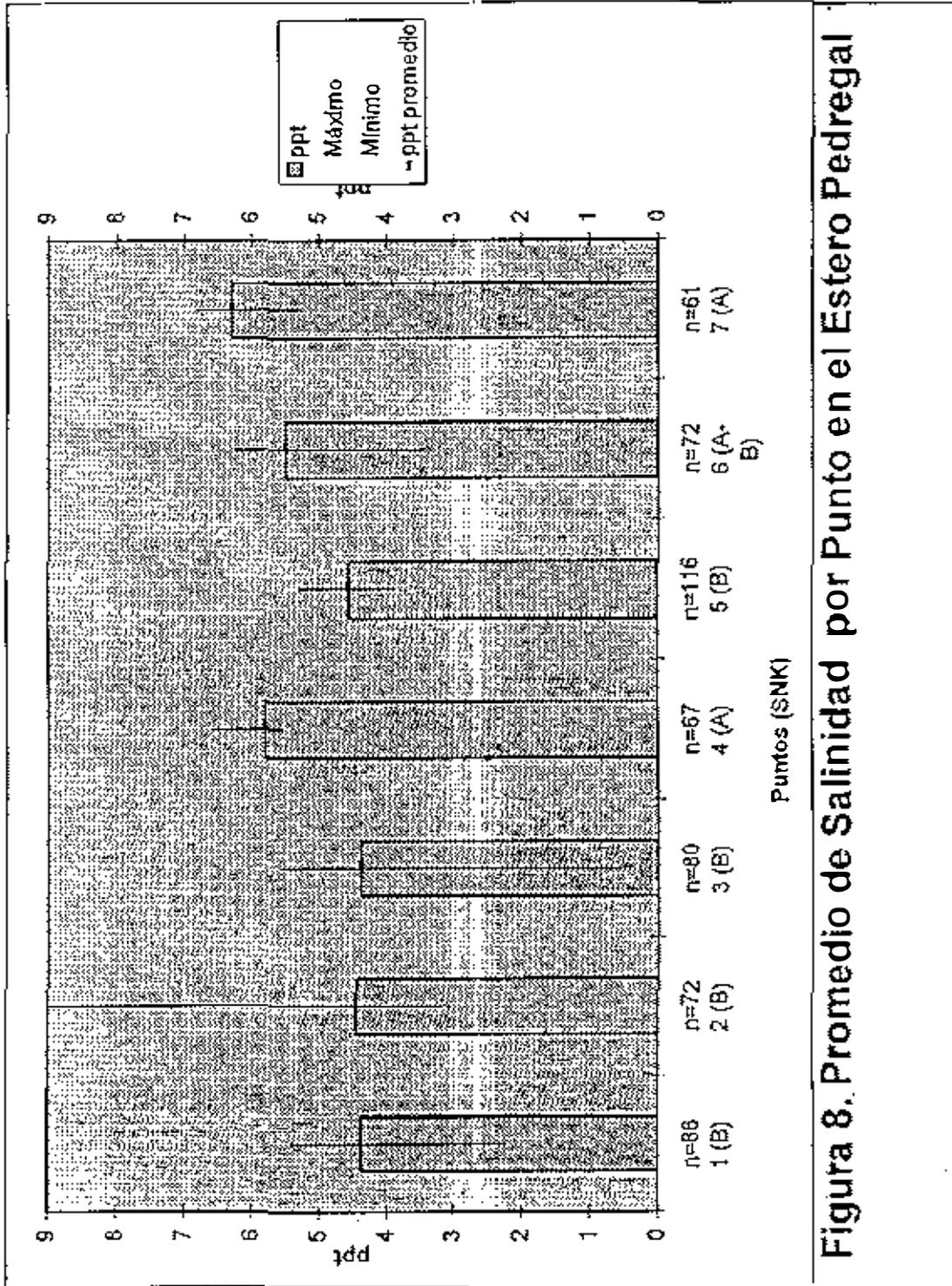
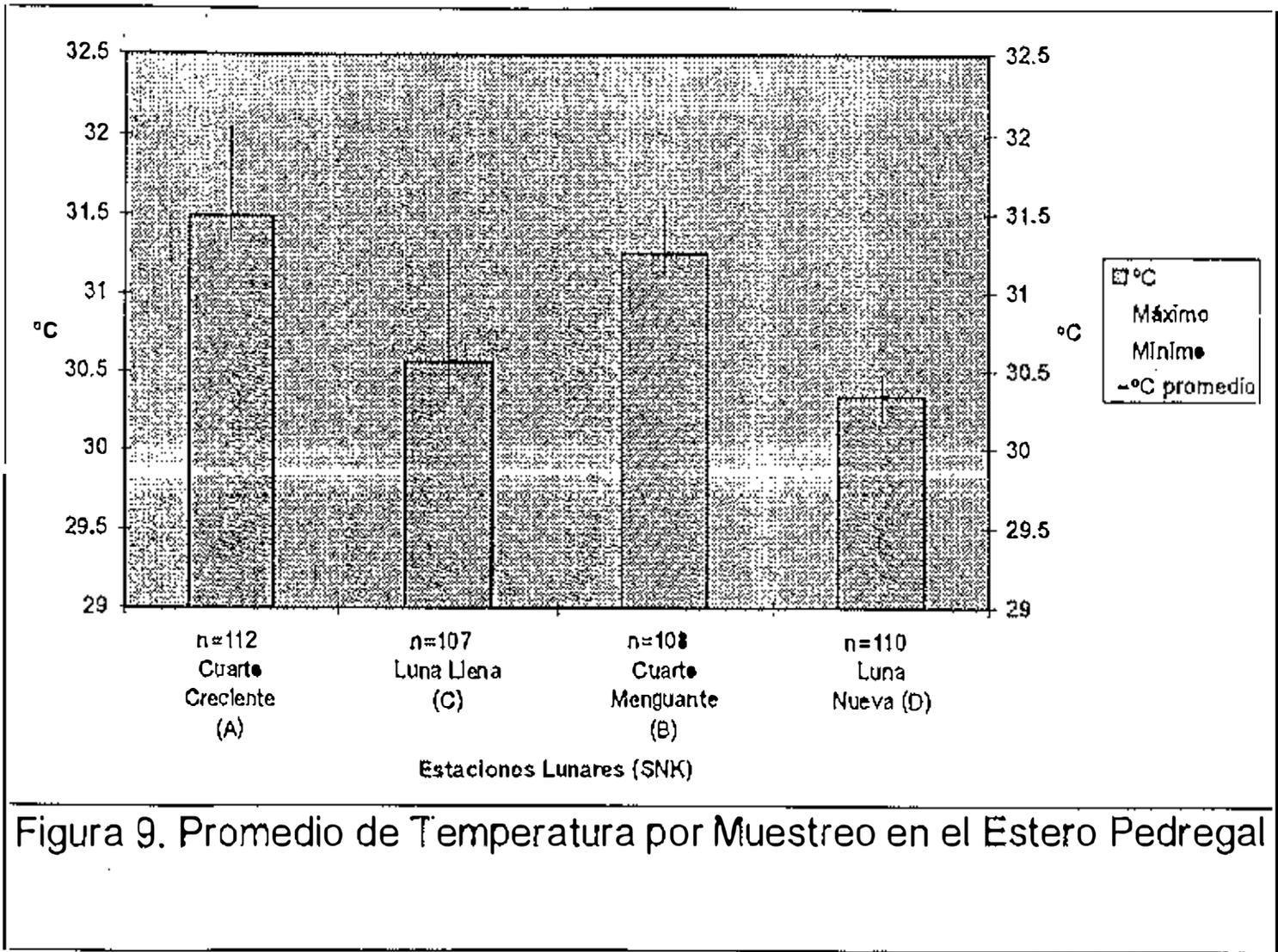


Figura 8. Promedio de Salinidad por Punto en el Estero Pedregal



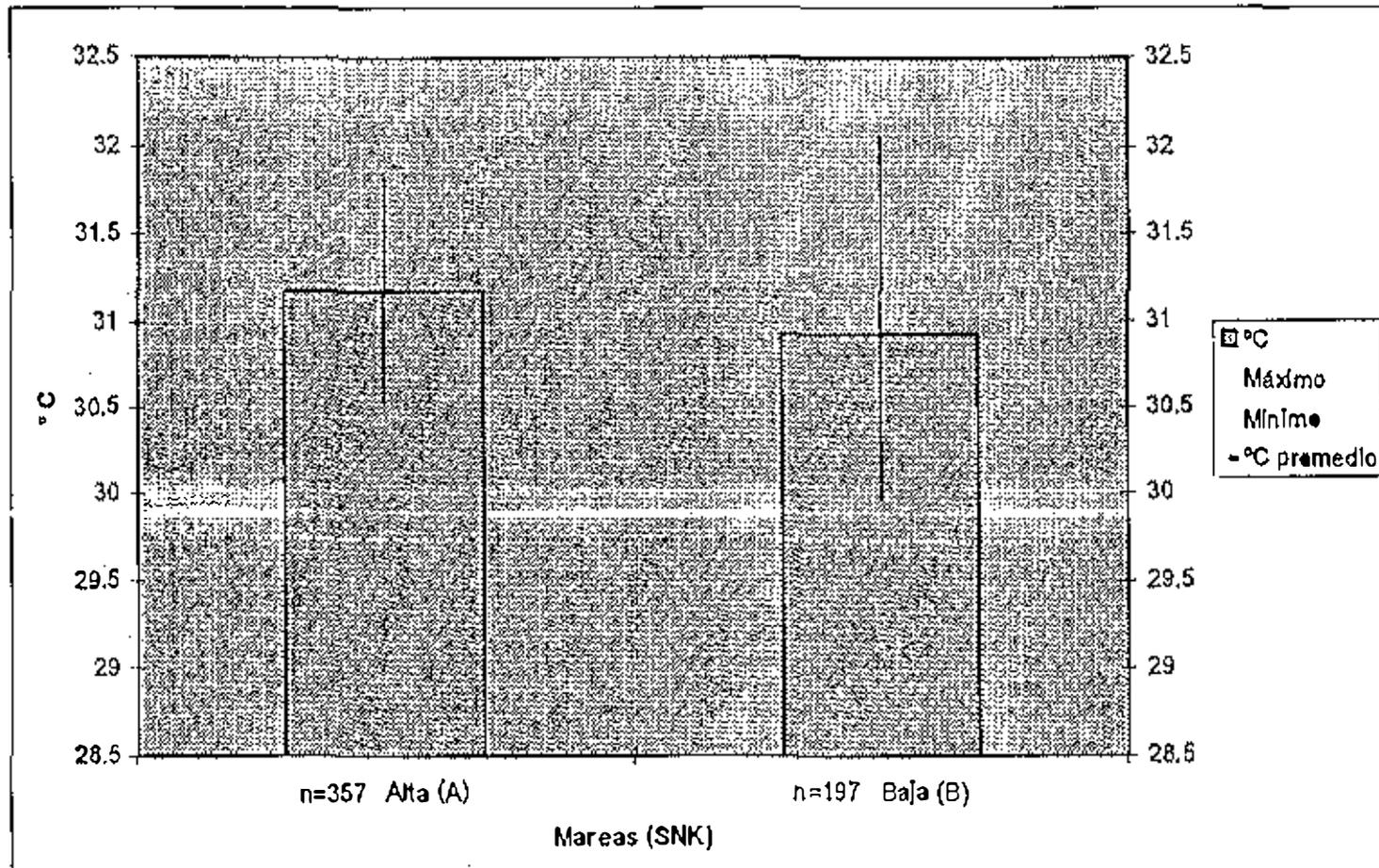


Figura 10. Promedio de Temperatura en Ambas Mareas en el Estero Pedregal

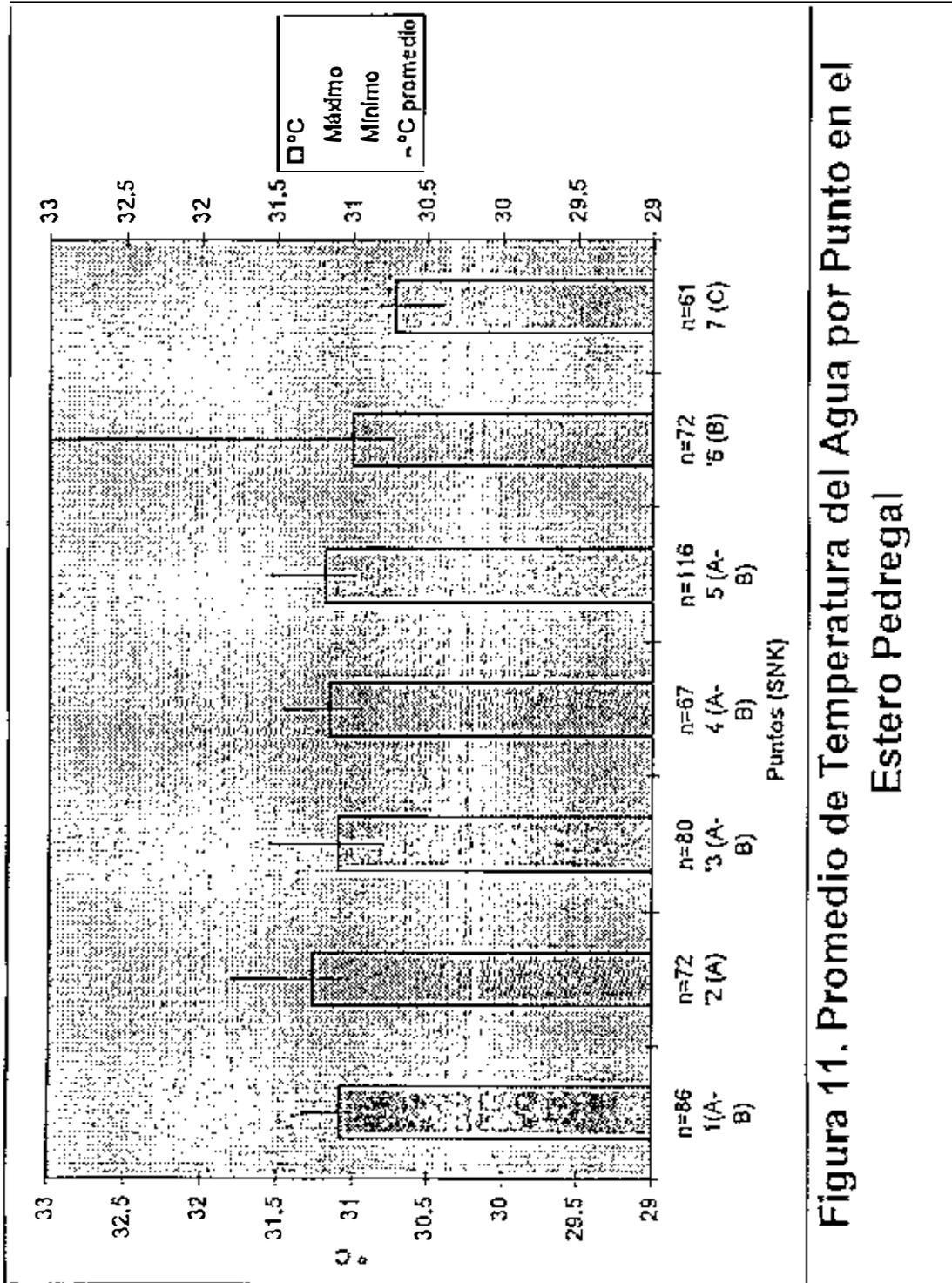


Figura 11. Promedio de Temperatura del Agua por Punto en el Estero Pedregal

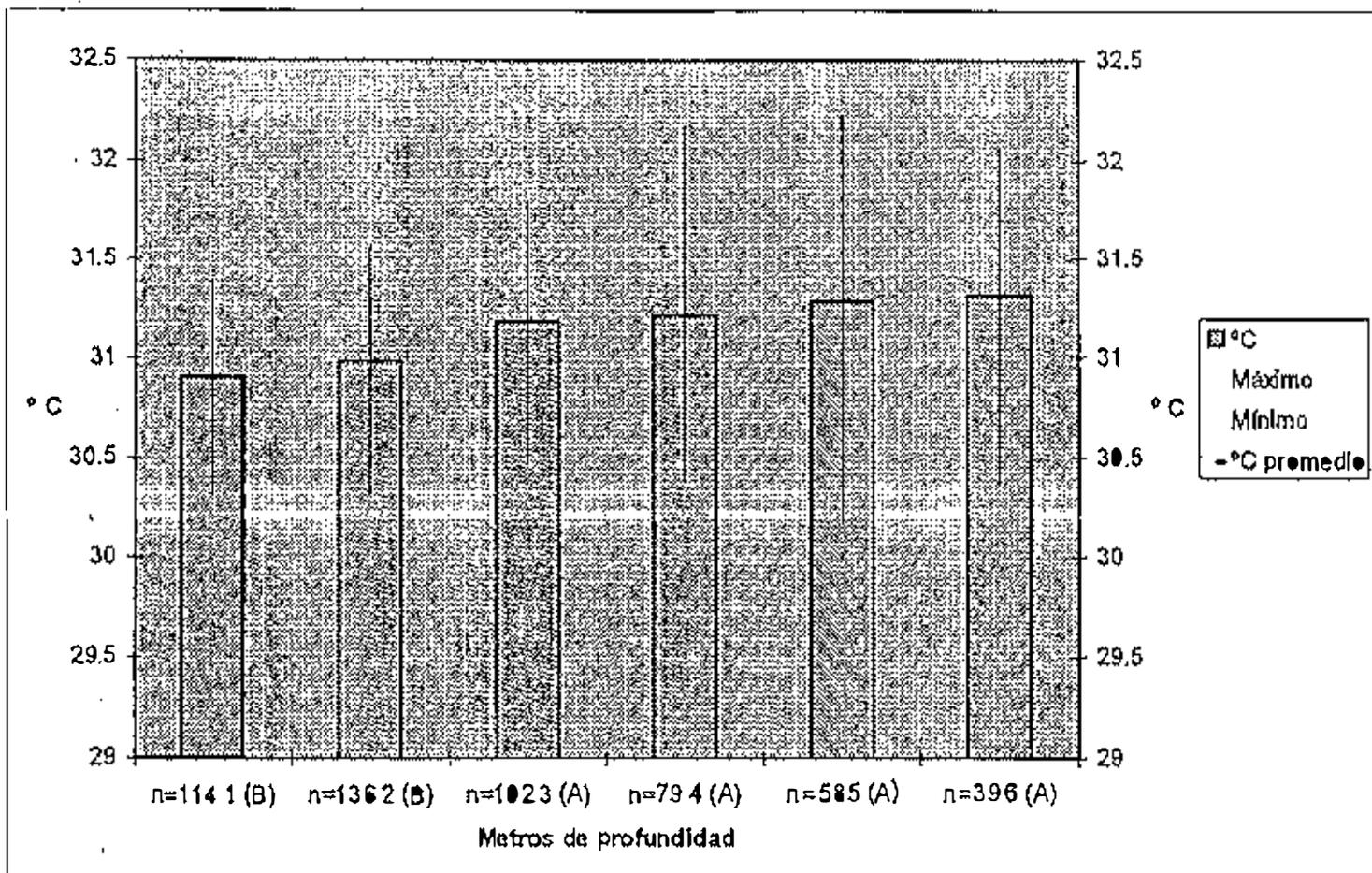


Figura 12. Promedio de la Temperatura a Cada Profundidad en el Estero Pedregal

4.1.3 Análisis de varianza

En el estero Pedregal hubo una fuerte interacción entre las variables independientes analizadas (Anexo 1). Esto demuestra lo complejo que es el sistema. La variación entre las mareas, punto y muestreo, fue muy significativa. Las cuales me explican la mayor variación que hay en el estero, para la variable oxígeno, salinidad y temperatura.

La profundidad y sus interacciones no fue significativa para las variables de oxígeno y salinidad. El constante cambio de estratificación y movimiento que sufren los esteros y por las influencias externas como la de agua dulce, no permiten el establecimiento de un perfil definido de cada una de ellas en el estero.

La temperatura fue altamente significativa en todas las interacciones y análisis simples de las variables independientes. Elementos en suspensión o en disolución en el agua absorben parte de la radiación solar, esto provoca un mayor calentamiento del agua superficial (Dajoz, 1979).

4.2 ESTERO SAN BERNARDO

4.2.1 Clasificación hidrológica y morfológica

En la figura 2 se demuestra la relación entre el estero San Bernardo y la entrada de agua dulce del río Negro que desemboca directamente al golfo. Es diferente al Pedregal debido a la fuerza de entrada de la marea al estero, y la distancia en que ocurrirá la mezcla del agua del golfo con la del río.

4.2.2 Descripción de cada variable en base a la separación de medias

4.2.2.1 Oxígeno: En este estero sólo se tomaron datos de oxígeno disuelto en dos estaciones lunares. Los niveles de oxígeno del estero están en promedio arriba del rango mínimo permitido para el cultivo del camarón (Figura 13). Se encuentran las mejores concentraciones de oxígeno disuelto durante la marea alta, debido al mayor movimiento e intercambio del agua del estero con el golfo.

Existe una diferencia marcada, entre los cambios producidos por la marea en el estero. En la marea alta hay las mayores cantidades de oxígeno disuelto en este estero. Los niveles de

oxígeno de la marea baja son inferiores pero están dentro de un rango óptimo para el cultivo de camarones.

Existen dos tendencias muy marcadas en los puntos de muestreo en este estero (Figura 14). El oxígeno disuelto contenido en el agua dulce es mayor en el punto 1, pero que conforme avanza hasta el punto 5 disminuye su concentración, que podría deberse a las altas cantidades de aguas desechadas por los camaroneros al estero, que contienen bajas cantidades de oxígeno disuelto y altas cantidades de materia orgánica. La segunda es el aumento del oxígeno disuelto en el agua en los puntos 6 y 7 debido al alto movimiento y recambio de sus aguas y a que el estero tiene una mayor área superficial de contacto con el aire, que favorece la entrada de oxígeno al agua por difusión.

En el promedio de oxígeno disuelto por profundidad se encontró diferencias poco marcadas en el fondo (Figura 15), pero muy significativas acercándose a la superficie del agua. Las cuales podrían deberse al proceso de difusión de oxígeno y a la producción de oxígeno por fitoplancton en la superficie del agua.

4.2.2.2 Salinidad: El efecto de la estación lunar sobre la salinidad también es muy marcada en este estero, encontrándose los mayores valores promedios durante los muestreos de Luna nueva y Luna llena (Figura 16). Las concentraciones de sal disueltas en el agua están en rangos muy inferiores a los requeridos para el cultivo de camarón. Este estero tuvo una dominancia de la corriente de agua dulce sobre la marea, debido al alto caudal del río Negro.

Las concentraciones de salinidad encontradas durante la marea baja fueron casi de cero (Figura 17), debido al dominio casi total en el estero de la corriente de agua dulce del río Negro. En la marea alta subieron las concentraciones, por la influencia de la marea que provocó la entrada de agua salina al estero. Los promedios de salinidad en los puntos acercándose a la boca del estero fueron muy diferentes entre si (Figura 18). Encontrándose un dominio casi total de la corriente de agua dulce en los puntos 1, 2 y 3. El aumento se encontró a partir del punto 4, hasta el punto 7, donde hay una mayor entrada del agua de mar al estero durante la marea alta.

4.2.2.3 Temperatura: La estación lunar ejerció un efecto en la temperatura muy variado en el estero (Figura 19). El cual podría deberse a las temperaturas de las aguas dulces que dominaron la corriente del estero, y al estado climático

registrado durante los muestreos. Aunque existe una diferencia significativa entre el promedio de temperatura de marea alta y baja (Figura 20) la variación no es muy marcada debido a que el río determinó la temperatura del estero San Bernardo. Los rangos promedios de temperatura entre las mareas en el estero San Bernardo, está dentro de los requeridos para el desarrollo normal del camarón.

El comportamiento de la temperatura del agua por los puntos es muy variado (Figura 21). Esta aumenta significativamente hasta el punto 7. Se podría deber al ancho del estero, que es mayor en la boca causando mayor área superficial del agua en contacto con la radiación solar.

4.2.3 Análisis de varianza

En base a la andeva (Anexo 2) se puede concluir que el estero San Bernardo por su clasificación morfológica y sus características hidrográficas presenta una dinámica dominada por la influencia del río. Para las variables de oxígeno y salinidad las interacciones de profundidad con muestreo y marea, no fueron significativas, lo que podría deberse a la dominancia de las corrientes de agua dulce del río.

4.3 COMPARACION ENTRE ESTEROS

4.3.1 Análisis de varianza

En base al análisis de variables independientes para cada una de las variables estudiadas entre los dos esteros (Anexo 3), se encontró diferencias significativas entre ambos esteros, lo cual está determinado por la caracterización morfológica e hidrográfica de cada uno de ellos y sus cuencas que controlan la calidad y características del agua dulce; las cuales son muy distintas al compararseles. Esto trae consecuencias directas en los cambios físico-químicos de cada estero. La influencia mayor se debe principalmente a la localización de la entrada de las fuente de agua dulce, la que dependiendo del caudal que tenga disminuirá la entrada de la marea al estero; lo que provoca una menor entrada de agua del golfo. Los resultados de las medias de las variables estudiadas en cada uno de los estero, presentan diferencias al compararse entre esteros (Anexo 4).

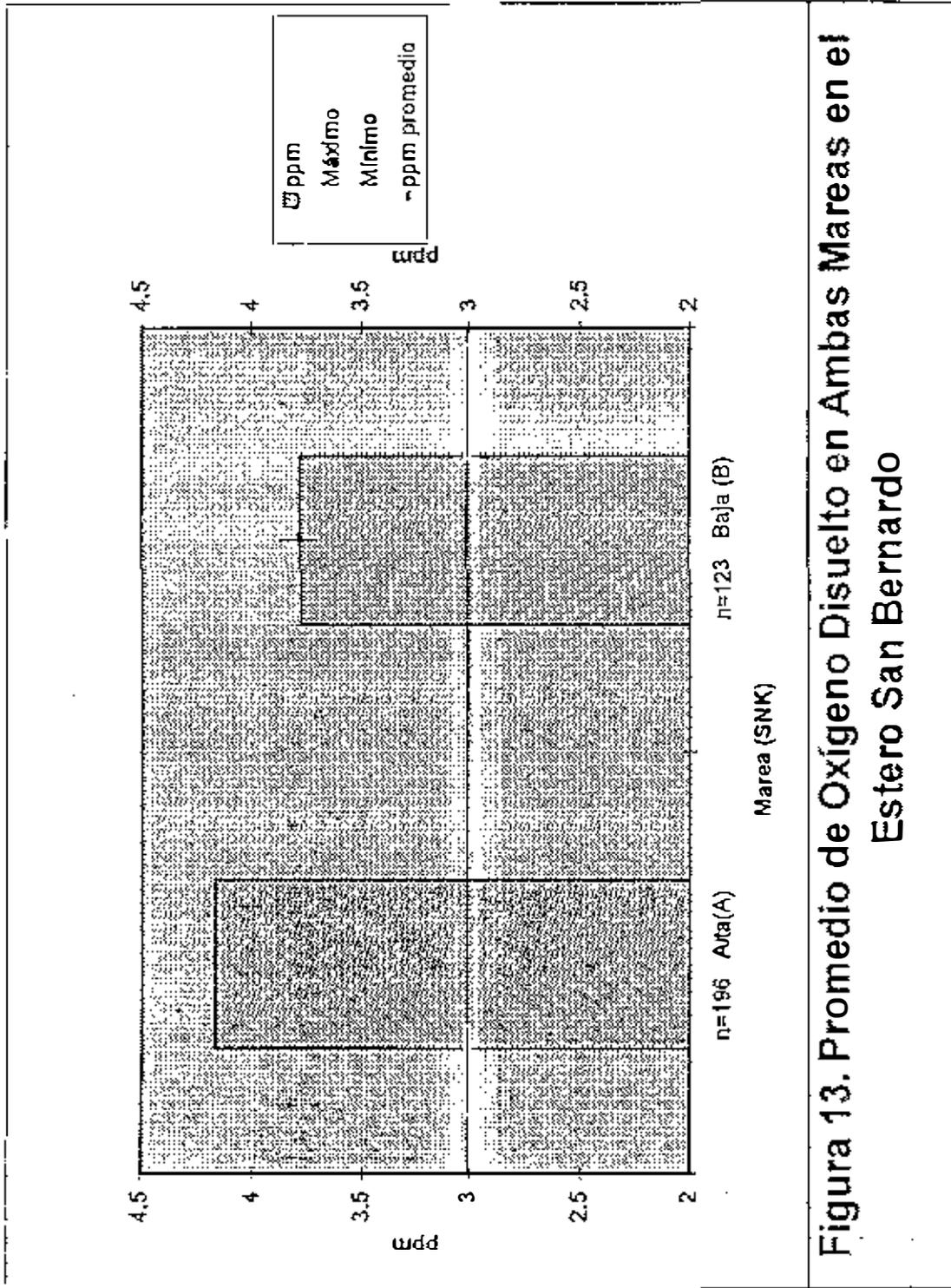


Figura 13. Promedio de Oxígeno Disuelto en Ambas Mareas en el Estero San Bernardo

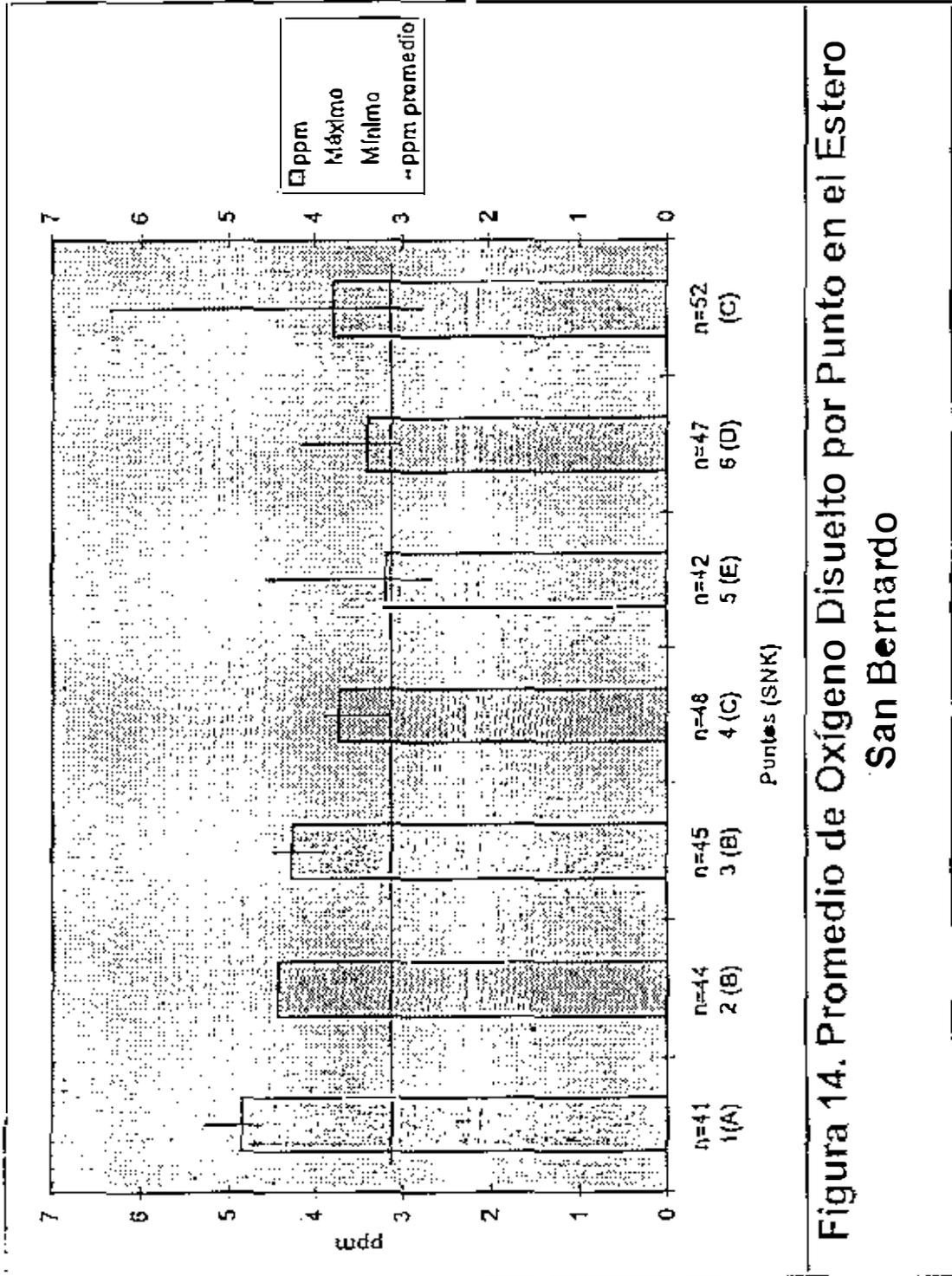


Figura 14. Promedio de Oxígeno Disuelto por Punto en el Estero San Bernardo

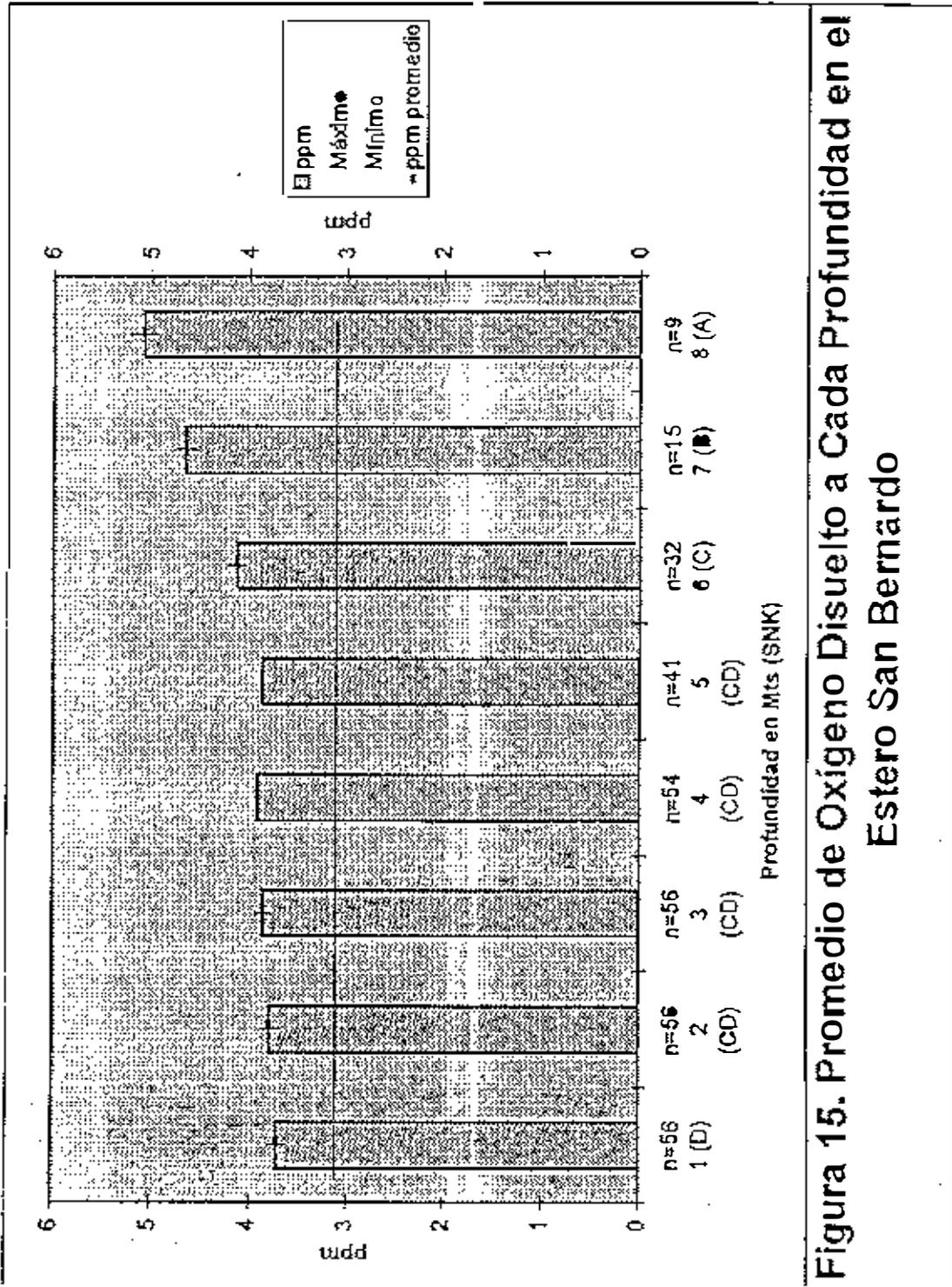


Figura 15. Promedio de Oxígeno Disuelto a Cada Profundidad en el Estero San Bernardo

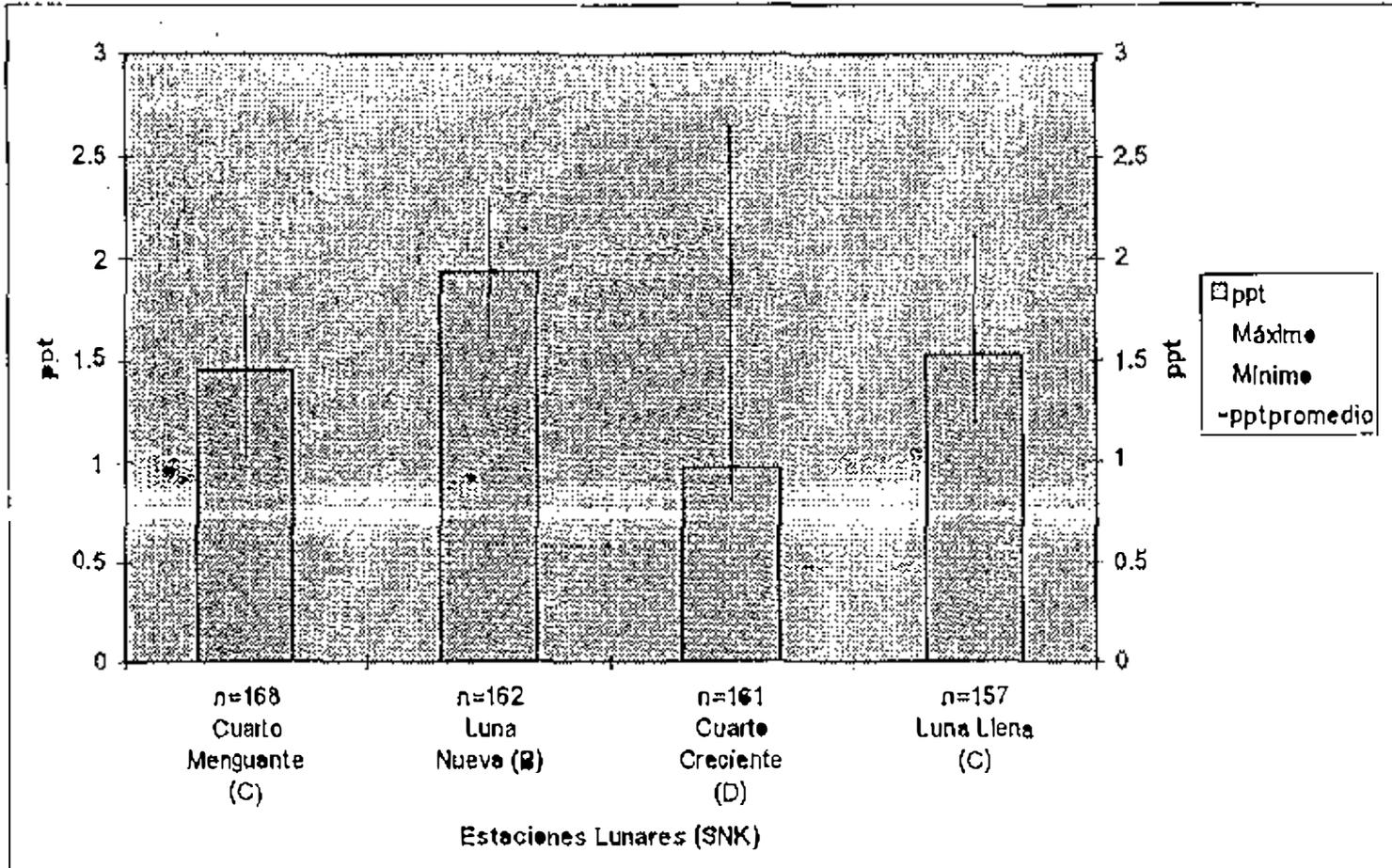


Figura 16. Promedio de Salinidad por Muestreo en el Estero San Bernardo

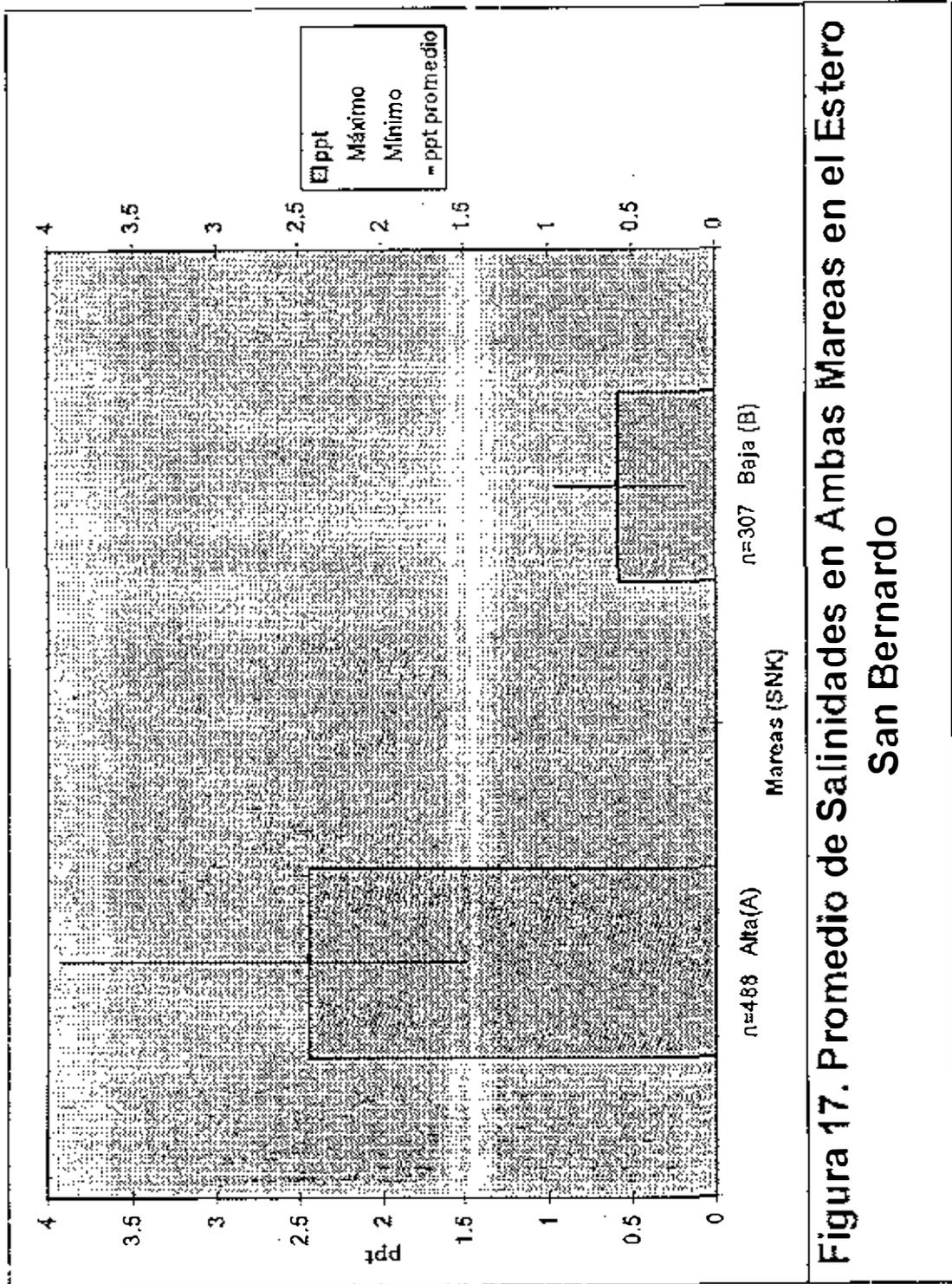


Figura 17. Promedio de Salinidades en Ambas Mareas en el Estero San Bernardo

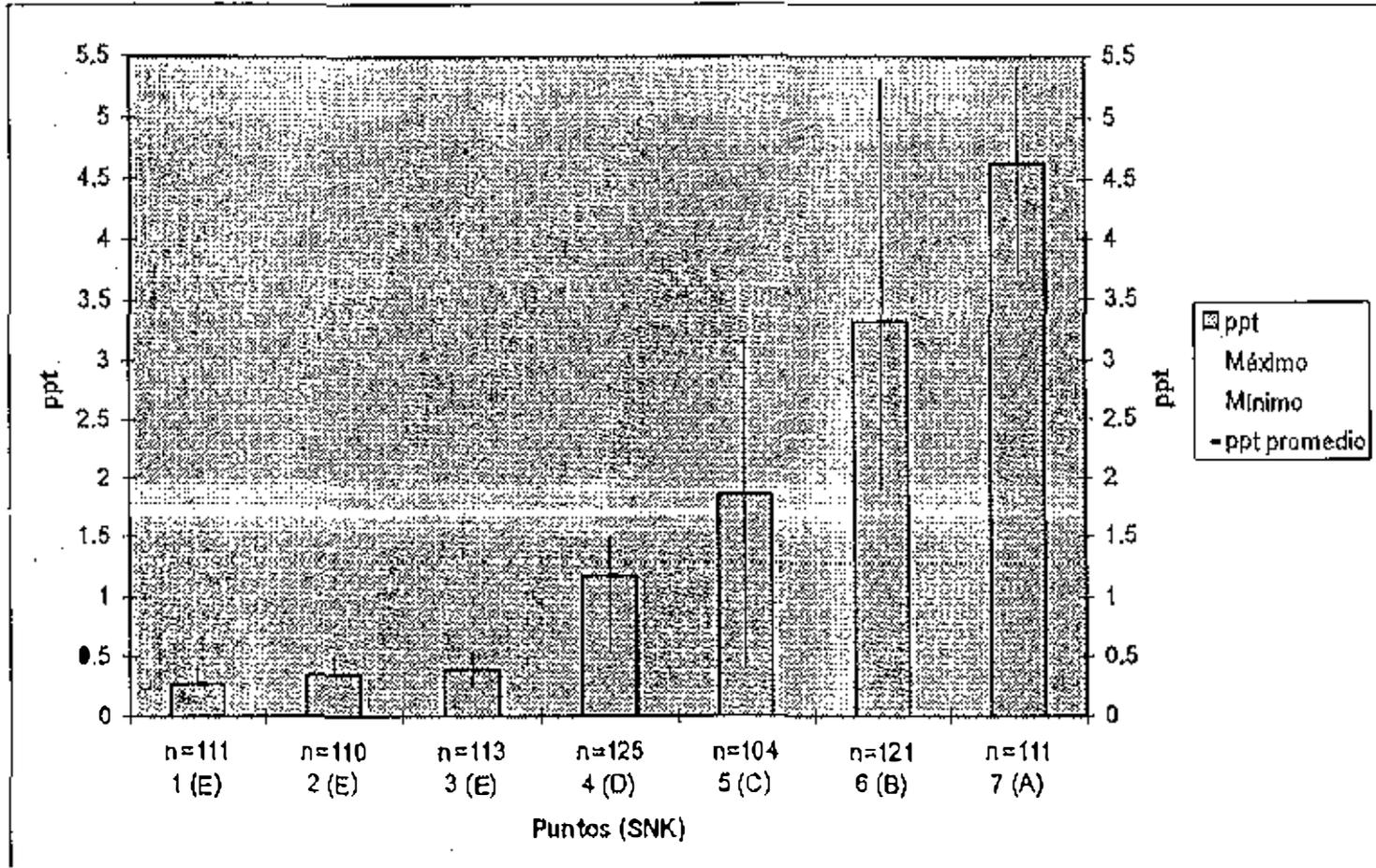


Figura 18. Promedio de Salinidad en Cada Punto en el Estero San Bernardo

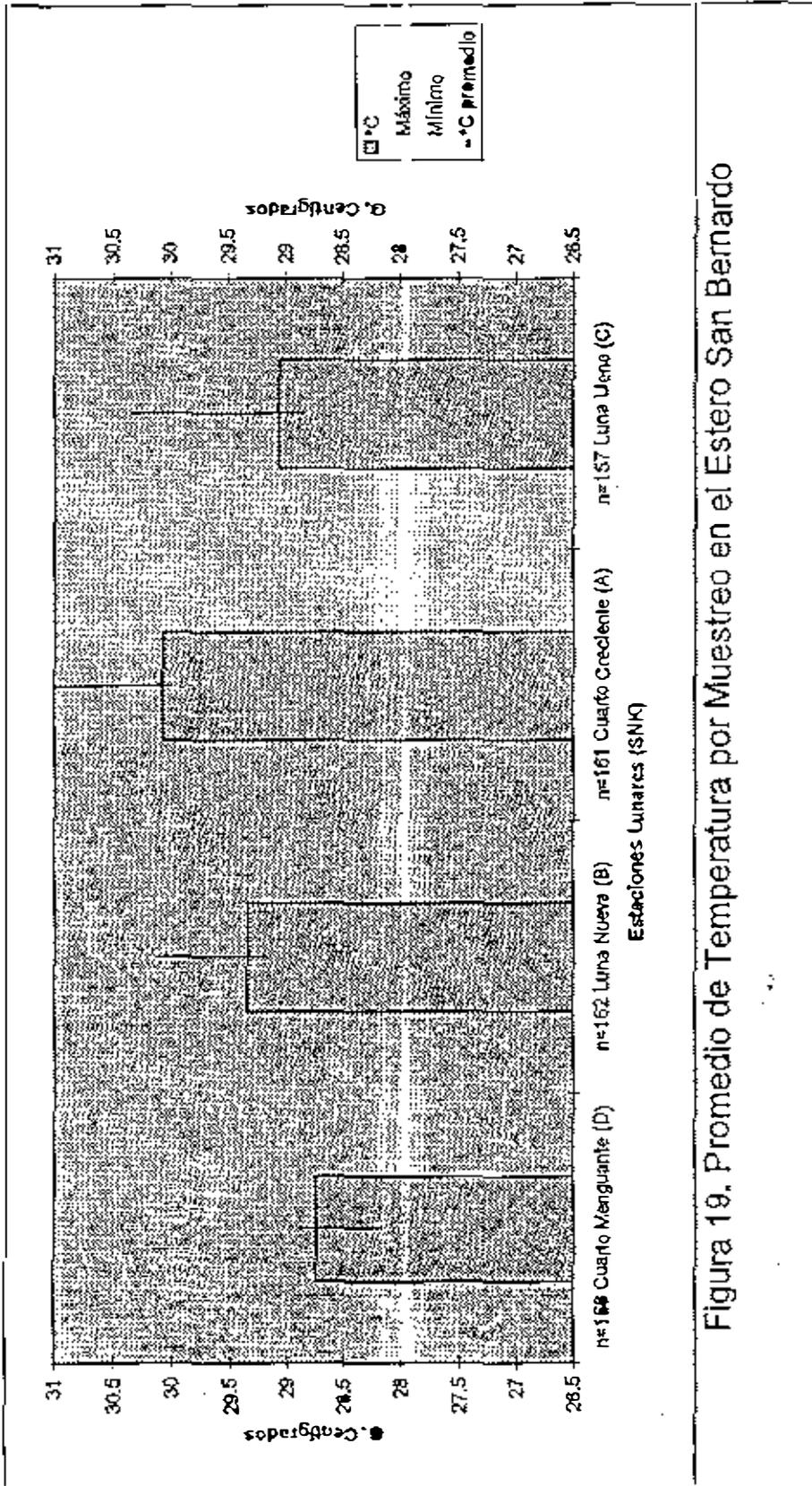


Figura 19. Promedio de Temperatura por Muestreo en el Estero San Bernardo

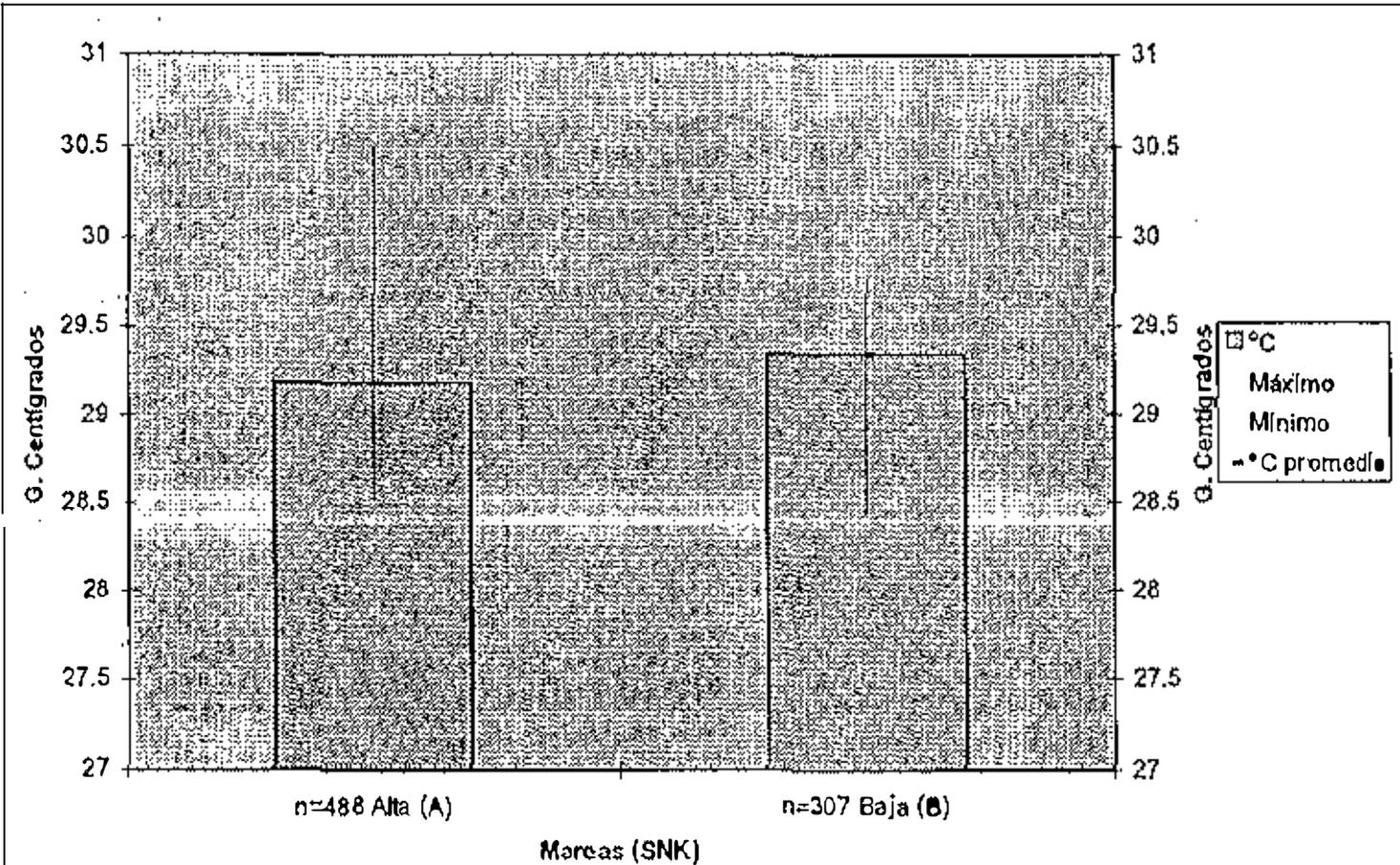


Figura 20. Promedio de Temperatura en Ambas Mareas en el Estero San Bernardo

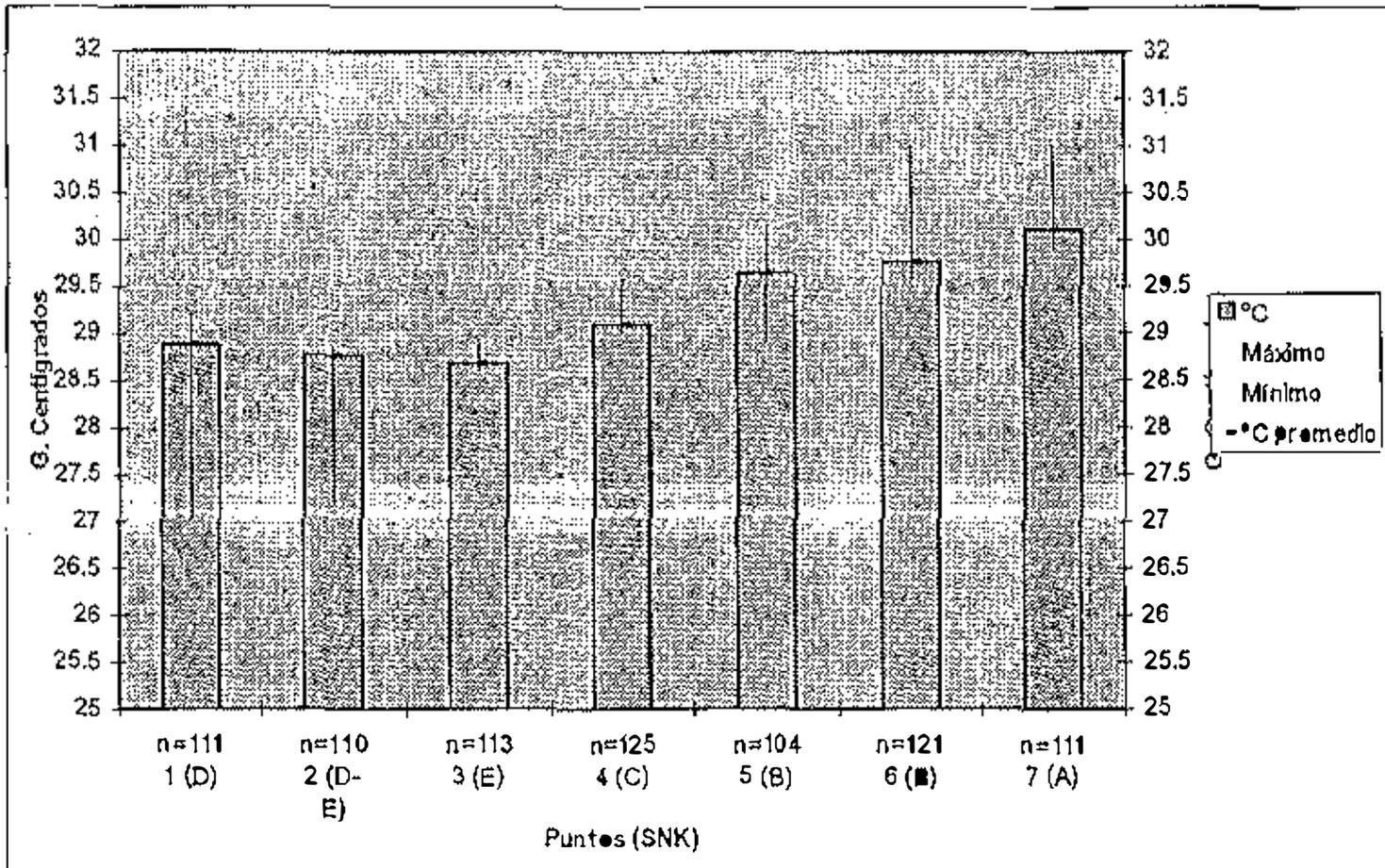


Figura 21. Promedio de Temperatura por Punto en el Estero San Bernardo

5. CONCLUSIONES

1- La dinámica del movimiento de agua en un estero está determinada por sus características morfológicas e hidrológicas propias, las cuales influyen en las propiedades fisico-químicas del agua del estero.

2- Se detectó una serie de diferencias entre la concentración de oxígeno disuelto, la salinidad, y temperatura del agua en cada estero.

3- El estero Pedregal y San Bernardo son diferentes en sus características físicas y químicas. Según los resultados del estudio, el estero Pedregal tiene una salinidad y temperatura promedio mayor y una menor concentración promedio de oxígeno disuelto que el estero San Bernardo.

4- El entender la dinámica del movimiento del agua y conocer los sitios que presentan las mejores características físicas y químicas en el estero; es de mucha importancia para el camaronicultor para la obtención de la mejor calidad de agua para sus estanques y para la sostenibilidad de la industria.

6. RECOMENDACIONES

1- Se debe continuar el estudio durante un mayor tiempo para obtener datos más representativos del comportamiento de cada uno de los esteros.

2- Se debe realizar estudios en los esteros la capacidad de cada estero para asimilar y absorber los desechos del cultivo de camarones sin sufrir alteraciones negativas.

3- Se debe estudiar el caudal de agua dulce que entra a cada estero y las descargas de las camaroneras, que son factores no medidos en el presente estudio.

4- Este tipo de estudio se debe realizar antes de la construcción de un nuevo proyecto, para orientar la infraestructura del proyecto en base al sitio o a los sitios del estero que presentan la mejor calidad de agua para el desarrollo sostenible del cultivo de camarón.

7. BIBLIOGRAFIA

- ACEITUNO, C. 1994. Cátedra de piscicultura. Programa de agrónomo (PA). Departamento de Ciencias Básicas ;EAP, Zamorano, Honduras. 5 p.
- ARGENTINO, B; CASTILLO, H. 1985. Piscicultura en aguas continentales de América Latina. Washinton .D.C. p 89.
- BERNHARD, G; ILLIES, J. 1973. Ed. Van Nostrand Reinhold Company. Inglaterra. p 3,20,322.
- BOYD, C. 1981. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University . Tercera Edición. p 3-8, 20-25.
- CODDINGTON, A. 1994. La calidad de agua y su manejo en estanques de camarón. Universidad de Auburn. p 1-6 y 9.
- CONSTANTINO, C. 1972. Meteorología descriptiva. Segunda Edición. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. p 34,35,38,105,108.
- CUBILLO, A. 1988. Calidad del agua y control de la polución. Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras . Mérida, Venezuela. p 3,9,11.
- DAJOZ, R. Tratado de ecología. Segunda Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. p 87-88.
- EUGENE, O. 1972c. Trad. Carlos Gerhard. Ed. Interamericana. México. p 87,89,391,362,389,390-393.
- FROBIS, L. 1989. Water quality management and aeration in shrimp farming. Alabama Agricultural Experimental Station. p 5-7, 23-24.
- KRENKEL, P; NOUTHY, U. 1980. Water quality management. Edit.Academic Press. USA. p 25.
- LEET, D; JUDSON, S. 1975. Fundamentos de geología física. Segunda Reimpresión. Edit. Limusa. México. p 150,153,253.

- MELLER, D. 1994. Cátedra de biología, Programa de agrónomo (PA). Departamento de Ciencias Básicas; EAP, Zamorano, Honduras. p 5.
- MENDOLA, D; RAMIREZ, E. 1989. Manual para inversionistas en la industria camaronera. Ed. Tropical Research and Development. FUSADES/PSUAGRO. Florida, USA. p 40,47,48.
- REID, G. 1961. Ecology of inland water and estuaries. Edit. Van Nostrand Reinhold Company. New York; USA. p 70,71, 73-78.
- SNEDAKE, S; GETTER, Ch. 1985. Costas: Pautas para el manejo de los recursos costeros. Ed. Cumbia. South, Carolina, Enero. p 73,74.
- TORRES, A. 1994. Manual práctico de cultivo de camarón en Honduras. F.P.X. Honduras, C.A. p 26,28,29,42.
- TURK, A; TURK, I; WITTES, T; WITTES, R. 1981. Tratado de ecología. Trad. Carlos Gerhard O. Ed. Interamericana. Segunda Edición, México D.F. p 10,11.
- VEGAS, M. 1971. Introducción a la ecología del bentos marino. Ed. Eva V. Washington D.C. p 17,18.
- VILLEE, C. 1987. Biología. Trad. Dr. Roberto Espinoza. Ed. Interamericana. México. p 724-726.
- WARD, G; CLAYO, M. 1995. Center for Research in Water Resources. Austin, Texas. p 85.
- WARD, G. 1995. Límites hidrográficos para el desarrollo de la camaronicultura en el Golfo de Fonseca. II Simposio Centroamericano sobre camarón cultivado. Universidad de Texas. Tegucigalpa, Honduras. p 1-9 ,26.

8. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza del estero Pedregal

	GL	Oxi.	Sal.	Temp.
Punto-Profundidad	29	0.0001	ns	0.0310
Marea-Punto	6	0.0001	0.0001	0.0013
Muestreo-Profundidad	20	ns	ns	0.0001
Punto	6	0.0001	0.0001	0.0032
Profundidad	5	ns	ns	0.0118
Marea-Muestreo	3	0.0001	0.0001	0.0001
Marea-Profundidad	10	ns	ns	0.0004
Muestreo-Punto	30	0.0001	0.0001	0.0001
Muestreo	4	0.0001	0.0001	0.0001

Alpha= 0.05

Anexo 2. Análisis de varianza del estero San Bernardo

	GL	Oxí.	Sal.	Temp.
Marea-Muestreo	2	0.0022	0.0001	0.0001
Punto-Profundidad	37	0.0001	ns	0.0002
Marea-Punto	6	0.0001	0.0001	0.0001
Punto	6	0.0001	0.0001	0.0001
Profundidad	7	0.0001	ns	ns
Marea-Profundidad	4	ns	0.023	ns
Muestreo-Punto	12	0.0001	0.0001	0.0001
Muestreo-Profundidad	7	ns	0.0050	ns
Muestreo	4	GL<2	0.001	0.0001

Alpha= 0.05

Anexo 3. Análisis de varianza entre los dos esteros

	GL	Oxi.	Sal.	Temp.
Punto-Estero	6	0.0001	0.0001	0.0001
Muestreo	4	0.0001	0.0001	0.0001
Marea-Punto	6	0.0001	0.0001	0.0001
Muestreo-Punto	24	0.0001	0.0001	0.0001
Marea-Muestreo	3	0.0001	0.0001	0.0001
Alpha= 0.05				

Anexo 4. Comparación entre las concentraciones de las variables analizadas entre ambos esteros.

	Oxígeno	Salinidad	Temperatura
Estero Pedregal	3.09 (B)	4.94 (A)	31.09 (A)
Estero San Bernardo	3.93 (A)	1.72 (B)	29.23 (B)

P > 0.05

Grupos (SNK)