



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

DISTRIBUCION ESPACIAL Y REGISTROS CIRCADIANOS
DE TEMPERATURA, SALINIDAD Y OXIGENO DISUELTO
EN EL DELTA DEL RIO COLORADO



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

MARTHA KARLA MARTINEZ ROJAS REYNOSO

ENSENADA, B.C. AGOSTO DE 1990.

DEDICATORIA

A DIOS

CON TODO AMOR Y ADMIRACION
A MIS PADRES:
MARTHA Y FERNANDO
POR SU EJEMPLO, SU CARÍÑO,
SU CONFIANZA Y SU APOYO CONSTANTE.

A MIS HERMANOS:
PAOLA Y FERNANDO
POR SU APOYO MORAL Y POR SU AMISTAD; LOS AMO

A MI ABUE OFELIA Y AL RECUERDO DE MI ABUELITA MARY
Y DE MI TIA CHATITA

A JAVIER
POR SU AMOR Y SU TIEMPO

A MIS AMIGOS
POR EL GUSTO DE CONOCERLOS

AGRADECIMIENTOS

Al Oc. Manuel Salvador Galindo Bect, por su orientación en la realización de esta tesis.

A los sinodales Oc. Bernardo P. Flores Baéz, Oc. Guillermo M. Martínez García, M.C. Eduardo Santamaría del Angel y Oc. Victoria Orozco Borbón ; por sus acertadas sugerencias en la elaboración del presente trabajo.

A la Facultad de Ciencias Marinas, por permitirme formar parte de ella.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas, por su valioso apoyo en la realización de esta tesis, ya que forma parte del proyecto Delta Camarón.

A los profesores M.C. Roberto Millán, Dr. Jorge de la Rosa, M.C. Armando Rodríguez P. y Oc. Edgar Arroyo por sus consejos y ayuda.

Al M.C. Luis Felipe Navarro O. y al Oc. Sergio Larios por su colaboración y su paciencia.

A CONACYT y a la U.A.B.C. por el apoyo económico.

A la Fam. Bonilla, por hacerme sentir como en mi casa.

A Chava, Primi y Gabriel, por su paciencia y su amistad.

A mis compañeros de crucero en "El Golfo", por los momentos compartidos, especialmente a Irma, Almita, Lola, Javier, Martín, Cándido, Pedro, Amilcar, Renato y Alex.

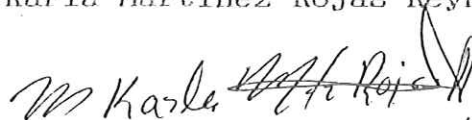
GRACIAS

RESUMEN

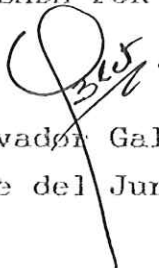
Se determinó la variación espacial y temporal mediante distribución superficial y registros circadianos de temperatura, salinidad y oxígeno en el delta del Río Colorado. Observando gran fluctuación en la temperatura, la cual debido a lo somero de la zona fué influenciada fuertemente por la temperatura ambiental y el viento, estableciéndose una época cálida, una fría y una templada; las dos primeras perfectamente definidas estadísticamente. La salinidad aunque fué muy homogénea, permitió observar un gradiente horizontal que disminuye de la boca del estuario hacia el río, así como una disminución en los valores durante el refluo, lo que comprueba la existencia de agua dulce del Río Colorado a través de subsuelo y la influencia de una alta evaporación en la zona. El patrón presentado por el oxígeno fué similar al de la salinidad, reportando por lo regular porcentajes menores al 100 % de saturación debido a la alta demanda de oxígeno, ya sea por respiración de los organismos u oxidación de materia orgánica.

DISTRIBUCION ESPACIAL Y REGISTROS CIRCADIANOS DE TEMPERATURA
SALINIDAD Y OXIGENO DISUELTOS EN EL DELTA DEL RIO COLORADO


TESIS PRESENTADA POR
Martha Karla Martínez Rojas Reynoso



APROBADA POR




Oc. Manuel Salvador Galindo Bect
Presidente del Jurado




Oc. Bernardo P. Flores Báez
Sinodal Propietario



Oc. Guillermo M. Martínez García
Sinodal Propietario



MC. Eduardo Santamaría del Ángel
Sinodal Suplente



Oc. Victoria Orozco Borbón
Sinodal Suplente

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.	I
HOJA DE APROBACION.	II
INDICE GENERAL.	III
LISTA DE FIGURAS.	V
LISTA DE TABLAS.	VII
I. INTRODUCCION.	1
I.1. OBJETIVOS.	4
II. MATERIALES Y METODOS.	
II.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.	6
II.2. METODOS DE CAMPO.	8
II.3. METODOS DE ANALISIS.	10
II.4. METODOS ESTADISTICOS.	10
III. RESULTADOS.	
III.1. DISTRIBUCION SUPERFICIAL.	12
III.1.1. TEMPERATURA.	12
III.1.1.1. JUNIO.	12
III.1.1.2. AGOSTO.	12
III.1.1.3. NOVIEMBRE.	12
III.1.1.4. DICIEMBRE.	16
III.1.1.5. FEBRERO.	16
III.1.1.6. MARZO.	16
III.1.1.7. ABRIL.	16
III.1.2. SALINIDAD.	21
III.1.2.1. JUNIO.	21
III.1.2.2. AGOSTO.	21
III.1.2.3. NOVIEMBRE.	21
III.1.2.4. DICIEMBRE.	21
III.1.2.5. FEBRERO.	26
III.1.2.6. MARZO.	26
III.1.2.7. ABRIL.	26
III.1.3. OXIGENO DISUELTO.	26
III.1.3.1. JUNIO.	26
III.1.3.2. AGOSTO.	31
III.1.3.3. NOVIEMBRE.	31
III.1.3.4. DICIEMBRE.	31
III.1.3.5. FEBRERO.	31
III.1.3.6. MARZO.	31
III.1.3.7. ABRIL.	37
III.2. REGISTROS CIRCADIANOS.	37
III.2.1. TEMPERATURA.	37
III.2.1.1. JUNIO.	37
III.2.1.2. AGOSTO.	37
III.2.1.3. NOVIEMBRE.	37
III.2.1.4. FEBRERO.	40
III.2.1.5. ABRIL.	40
III.2.2. SALINIDAD.	40
III.2.2.1. JUNIO.	40
III.2.2.2. AGOSTO.	40
III.2.2.3. NOVIEMBRE.	40
III.2.2.4. FEBRERO.	44

III.2.2.5. ABRIL.	44
III.2.3. OXIGENO.	44
III.2.3.1. JUNIO.	44
III.2.3.2. AGOSTO.	44
III.2.3.3. NOVIEMBRE.	49
III.2.3.4. FEBRERO.	49
III.2.3.5. ABRIL.	49
III.2.4. PROMEDIOS.	49
III.3. TRATAMIENTO ESTADISTICO.	53
IV. DISCUSIONES.	58
V. CONCLUSIONES.	64
VI. RECOMENDACIONES.	65
VII. LITERATURA CITADA.	66

LISTA DE FIGURAS

Fig.		Pag.
1.	Reservorios del Río Colorado.	5
2.	Localización geográfica y plan de estaciones de muestreo en el delta del Río Colorado. ..	7
3.	Distribución espacial de temperatura junio.	13
4.	Distribución espacial de temperatura agosto.	14
5.	Distribución espacial de temperatura noviembre.	15
6.	Distribución espacial de temperatura diciembre.	17
7.	Distribución espacial de temperatura febrero.	18
8.	Distribución espacial de temperatura marzo.	19
9.	Distribución espacial de temperatura abril.	20
10.	Distribución espacial de salinidad junio. ..	22
11.	Distribución espacial de salinidad agosto. .	23
12.	Distribución espacial de salinidad noviembre.	24
13.	Distribución espacial de salinidad diciembre.	25
14.	Distribución espacial de salinidad febrero.	27
15.	Distribución espacial de salinidad marzo. ..	28
16.	Distribución espacial de salinidad abril. ..	29
17.	Distribución espacial de oxígeno disuelto junio.	30
18.	Distribución espacial de oxígeno disuelto agosto.	32
19.	Distribución espacial de oxígeno disuelto noviembre.	33
20.	Distribución espacial de oxígeno disuelto diciembre.	34
21.	Distribución espacial de oxígeno disuelto febrero.	35

22.	Distribución espacial de oxígeno disuelto	36
	marzo.	
23.	Distribución espacial de oxígeno disuelto	38
	abril.	
24.	Registro circadiano de temperatura	39
	junio y agosto.	
25.	Registro circadiano de temperatura	41
	noviembre y febrero.	
26.	Registro circadiano de temperatura	42
	abril. ..	
27.	Registro circadiano de salinidad	43
	junio y agosto.	
28.	Registro circadiano de salinidad	45
	noviembre y febrero.	
29.	Registro circadiano de salinidad	46
	abril.	
30.	Registro circadiano de oxígeno disuelto y	47
	porcentaje de saturación para junio.	
31.	Registro circadiano de oxígeno disuelto y	48
	porcentaje de saturación para agosto.	
32.	Registro circadiano de oxígeno disuelto y	50
	porcentaje de saturación para noviembre. ...	
33.	Registro circadiano de oxígeno disuelto y	51
	porcentaje de saturación para febrero.	
34.	Registro circadiano de oxígeno disuelto y	52
	porcentaje de saturación para abril.	
35.	Relación entre el valor medio, máximo y mínimo	54
	de temperatura en los registros circadianos.	
	
36.	Relación entre el valor medio, máximo y mínimo	55
	de salinidad en los registros circadianos. .	
37.	Relación entre el valor medio, máximo y mínimo	56
	de oxígeno disuelto en los registros	
	circadianos.	

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pag.
I.	Fechas de muestreo hidrológico en el Delta del Río Colorado.	9
II.	Resultados de la prueba de Tukey para la temperatura de los registros circadianos..	57
III.	Resultados de la prueba de Tukey para la temperatura de las épocas.	57

I INTRODUCCION

Los océanos son de gran importancia para el hombre en la producción de alimento, provisión de recursos minerales, establecimiento del comercio, comunicación con otras culturas y como parte integral del medio controlando el clima terrestre.

Solamente una mirada a los aspectos sociales y económicos que afligen a México, permiten predecir la imperiosa necesidad de alimento. Para satisfacer tal demanda, será necesario contar con una administración más conciente y cuidadosa de los recursos marinos, apoyada en investigación científica y tecnológica .

Durante las últimas décadas, el Intituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.), el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), la Facultad de Ciencias Marinas (F.C.M.) y otros centros de investigación, han realizado estudios con el objeto de entender el comportamiento de zonas que puedan dar solución al problema alimentario y económico del país, (Galindo-Bect, 1979).

Los estuarios, se conforman por el encuentro de agua dulce proveniente de escurrimientos locales y agua marina acarreada por la marea, abarcando aproximadamente 1,600,000 Has de los 10,000 Km de litoral con que cuenta México, (Contreras, 1988).

El alto potencial productivo de éstas zonas, las convierte en áreas de cría y alimentación para especies migratorias de amplio espectro ecológico procedentes de mar abierto, pudiendo también utilizarse como centros experimentales en el cultivo de animales marinos potencialmente útiles, (Margaleff, 1969), un ejemplo claro puede observarse en el cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas* en la Bahía de San Quintín, B.C., (Islas-Olivares, 1976).

Acosta-Ruíz *et al.*, (1974), mencionan que el primer paso para el desarrollo de maricultivos, es conocer la hidrología del lugar, así como los diversos aspectos ecológicos que afectan a las especies que se desean cultivar. La importancia de conocer la hidrología de los cuerpos costeros, como una herramienta en la que se base el establecimiento y evolución de estos maricultivos, radica en que las diferentes especies cultivables, solo

pueden desarrollarse de una manera óptima, dentro de ciertos intervalos de variación de los diferentes parámetros físicos y químicos, que actúan directa ó indirectamente sobre ella, (Alvarez-Borrego *et al.*, 1975a).

Díaz-Heredia (1978), realizó estudios de distribución superficial de parámetros físicos y químicos en la laguna oriental del Istmo de Tehuantepec, Oax. y recomienda estudios hidrológicos y biológicos, durante las cuatro estaciones del año, con el fin de conocer el comportamiento de las especies en el medio.

Leighton *et al.*, (1987), mencionan que ríos, esteros y sistemas estuarinos, se caracterizan por presentar gran fluctuación en sus variables físicas y químicas. La evaluación de esta variación, esta directamente relacionada a la escala espacio-temporal, ya que esta difiere con el tiempo, de lugar a lugar y con la profundidad, (Grasshoff, 1976 y Livingston, 1987).

La justificación del presente trabajo, se encuentra en el interés, por parte de cooperativas del Valle de Mexicali, B.C. y del norte de Sonora, para el establecimiento de granjas camaroneras en la región del Alto Golfo de California, específicamente en el delta del Río Colorado. Por tal motivo el Instituto de Investigaciones Oceanológicas y la Facultad de Ciencias Marinas, se encuentran desarrollando un programa interdisciplinario en las diferentes áreas del conocimiento (Física, Química, Biología y Geología), con la finalidad de fincar las bases científicas que permitan la planeación adecuada de dichas granjas.

El área de química, enfoca sus esfuerzos en el establecimiento del cuadro ambiental básico de la zona, mediante el estudio de variables como temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (o/oo) y oxígeno disuelto (ml/l), debido a que pueden influir en el ciclo de vida de los camarones, ya que los camarones adultos desovan frente a la costa en condiciones marinas y los estadíos larvales se mueven a condiciones estuarinas, donde encuentran el alimento y la protección necesarias para su rápido crecimiento, para posteriormente siendo juveniles regresar al mar abierto, (Barnes, 1984).

Por otra parte, fotografías de satélite sugieren en la región norte del Golfo de California, una compleja circulación del agua en sentido rotatorio, debido a las mareas.

En verano una corriente caliente y somera fluye mar adentro proveniente de las costas y del delta del Río Colorado, curvándose hacia la derecha por el efecto de coriolis, (Lepley *et al.*, 1975).

La depositación en el norte del Golfo de California, fué regulada tanto por el Río Colorado, el cual durante el cuaternario formó un cono de sedimentos de 300 millas cuadradas y surtió hasta 150 millones de toneladas de lodo y arena al año, como por el golfo, debido a sus rangos extremos de marea, (Meckel, 1975).

Recientemente, Vandivere y Vorste (1984) señalan que el Río Colorado se encuentra regulado por una serie de reservorios, que impiden conocer realmente su comportamiento. Schreiber (1969), menciona que existen datos de flujo del sistema del Río Colorado en E.U.A. desde principios de siglo. A partir de 1935, el flujo del río ha sido atrapado en su mayor parte en el Lago Mead, mientras el resto, se retiene en la parte superior del delta (valle de Mexicali, B.C.) para fines agrícolas. Datos proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1975 a 1989) y Graf (1985) señalan la gran inestabilidad que ha sufrido el curso del Río Colorado debido a la construcción de presas a lo largo de su cauce (Fig. 1), ya que anteriormente contribuía con cerca del 50% del total de agua dulce vertida al golfo.

En 1973, el barco de investigación estadounidense "Alexander" efectuó un crucero oceanográfico que abarcó las cercanías de la desembocadura del Río Colorado, al igual que el barco "Adventyr" utilizado por la Unidad de Ciencias Marinas para realizar muestreos oceanográficos en la zona norte del Golfo de California, (Villaseñor-Casales, 1974).

Alvarez-Borrego y Galindo-Bect (1974), Alvarez-Borrego *et al.*, (1975b) y Galindo-Bect y Flores-Baéz (1974), señalan la variabilidad en el Alto Golfo de California, con una temperatura mínima de 8.25 °C en diciembre y máxima de 32.58 °C en agosto; salinidad superficial mínima de 35.28 o/oo en octubre y máxima de 41.00 o/oo en julio, concentración de oxígeno disuelto mínima de 1.33 ml/l en octubre y una máxima de 7.20 ml/l en febrero.

Alvarez-Borrego (1980), señala que en el Golfo de California existen durante todo el año, procesos de surgencias y de mezcla por las fuertes corrientes de marea. El acoplamiento funcional de este sistema y el del Río Colorado, son los responsables de la alta fertilidad en el Alto Golfo de California, que también debe considerarse como una fuente importante de energía física, flujo de nutrientes disueltos y materia orgánica particulada.

I.1. OBJETIVOS

- Establecer el cuadro ambiental en el delta del Río Colorado, mediante una descripción de la distribución superficial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (o/oo) y concentración de oxígeno disuelto (ml/l), en un ciclo anual.

- Determinar la variación temporal en el delta mediante registros circadianos de las mismas variables, en una localidad aledaña a la desembocadura del Río Colorado entre el norte de la Isla Montague y la costa de Sonora, para cada estación del año.

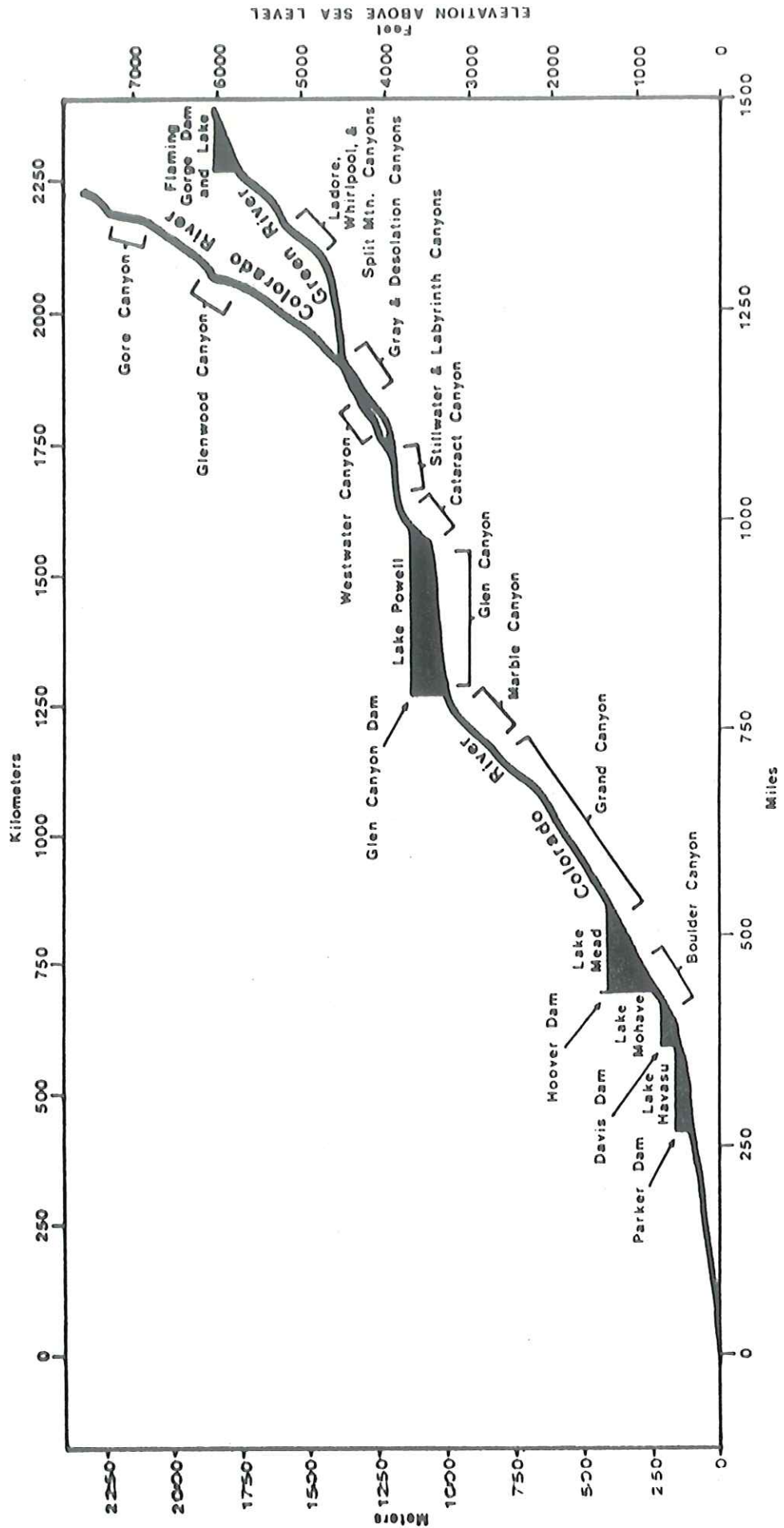


FIG. 1 - RESERVORIOS DEL RIO COLORADO (GRAF, 1985)

II MATERIALES Y METODOS

II.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

La zona de estudio, se encuentra localizada entre los 31° 41' y 31° 59' de latitud Norte y los 114° 36' y 115° 03' de longitud Oeste, entre los estados de Sonora y Baja California, (Fig. 2). Presenta clima semicálido, muy seco, con temperaturas de 0 °C a 55 °C, con promedio anual de 23 °C, evaporación promedio de 2,400 mm anuales y precipitación mínima de 50 mm y máxima de 300 mm anuales, con lluvias especialmente en verano, (Contreras, 1988).

El Alto Golfo de California, posee una forma mas o menos triangular (Lepley *et al.*, 1975); el vasto contenido de sedimentos de origen continental, fué acarreado en su mayoría por el Río Colorado, constituyendo un amplio delta sumergido en su mayor parte, con un alcance de aproximadamente 200 Km, su hundimiento parece estar en relación a la última transgresión post-pleistocénica, con rocas ígneas intrusivas y extrusivas del cenozoico medio (Carranza-Edwards *et al.*, 1975), presenta además una serie de fallas, al Este las fallas son laterales provocando separación en el desierto de Sonora y datan del pleistoceno, mientras al Oeste la falla data del mesozoico, es normal y larga, separada de la cuenca por la Sierra Juárez y otras montañas, (Meckel, 1975).

Contreras (1988), define a la zona como un estuario y de acuerdo a Lankford (1975 citado por Contreras, 1988), menciona que tuvo su origen como "boca de valle inundado abierto", sin barrera física, con forma y batimetría modificadas por procesos marinos y fluviales, con salinidad variable que va desde gradientes hipersalinos a oceánicos (raramente hipersalinos).

En el estuario del Río Colorado, existen canales submarinos separados por barras de sedimentos, emergiendo en islas, (Meckel, 1975). Tales son los casos de la Isla Montague (de mayor extensión, situada más al norte) y de la Isla Gore (de menor tamaño, situada entre la I. Montague y la costa de Sonora), (Fig. 2).

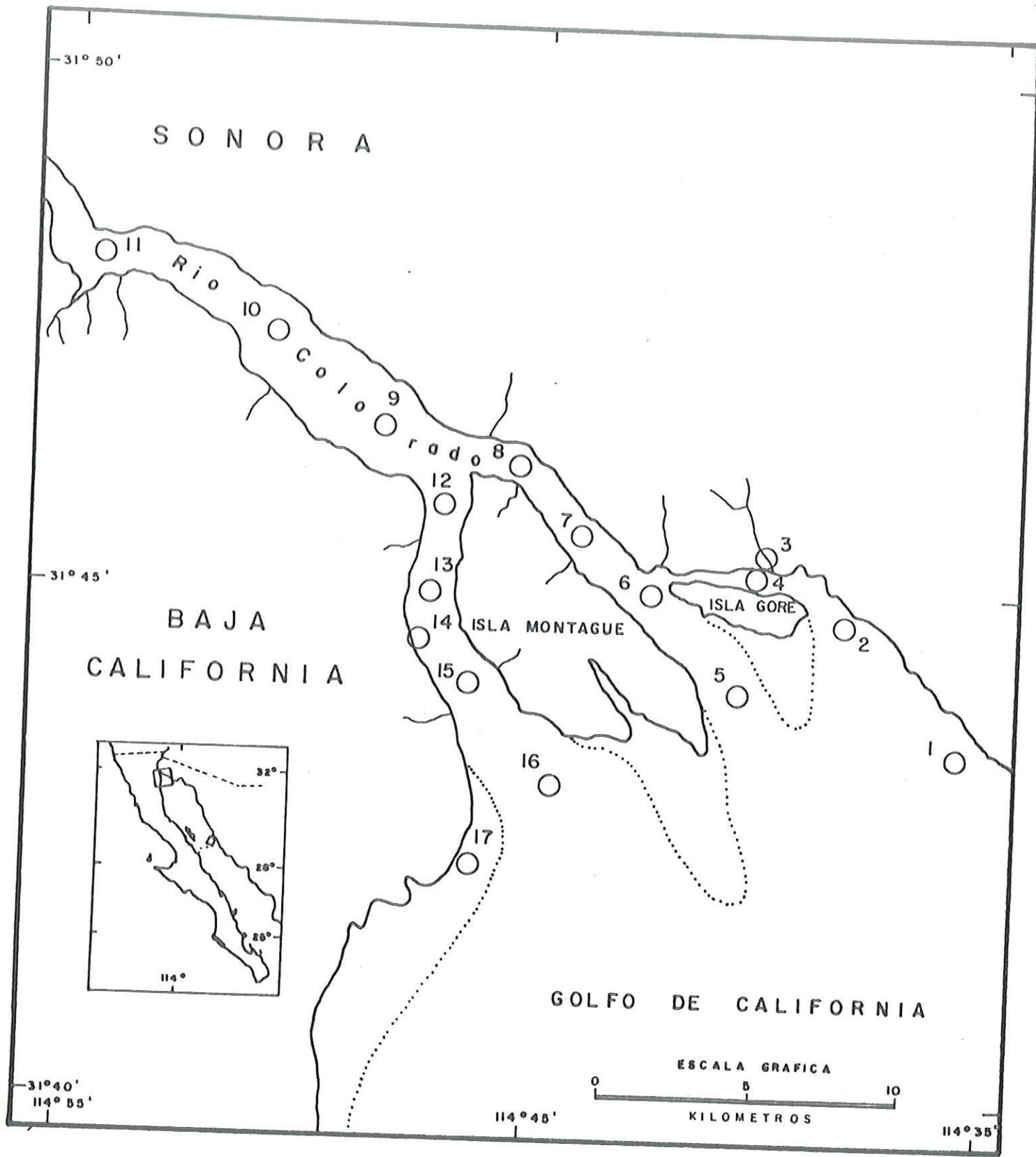


FIG. 2- LOCALIZACION GEOGRAFICA Y PLAN DE ESTACIONES DE MUESTREO EN EL DELTA DEL RIO COLORADO.

La zona adyacente a Isla Montague es muy somera, por lo que se ve muy afectada por el clima y en general por las condiciones atmosféricas. Es una zona de máximos y mínimos en sus parámetros hidrológicos, con características muy variables, (Alvarez Borrego *et al.*, 1975b).

La resuspensión de sedimentos del Río Colorado en esta región produce una turbidez constante de las aguas cercanas a la costa. El contenido orgánico de estas aguas es muy alto, lo que ocasiona que la zona del extremo norte del golfo sea muy rica en bacterias, plancton, peces y crustáceos juveniles. (Bourillón-Moreno *et al.*, 1988).

Las mareas en el golfo son predominantemente del tipo semidiurno, con un patrón de 2 mareas altas y 2 bajas en 24 horas. En el Alto Golfo de California, las mareas se encuentran entre las mayores del mundo. Durante primavera se han medido fluctuaciones de más de 9 metros, (Bourillón-Moreno *et al.*, 1988).

La vegetación, es esparcida y restringida a lo largo del fondo lodoso que hay en la planicie deltaica, (Meckel, 1975), en general esta constituida por plantas de marisma, especialmente *Salicornia spp.*

II.2. METODOS DE CAMPO

La colecta de las muestras de agua sub-superficial, se realizó con botellas tipo Van Dorn, de 3 litros de capacidad con estructura reversible, por lo general en períodos de mareas vivas.

Se diseñó un plan de 17 estaciones, utilizando puntos fijos en la costa para su ubicación (Fig.2), con el fin de abarcar la mayor área que pudiese brindar la información requerida para determinar la variación espacial de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

Para determinar la variación temporal, se estableció una estación fija para efectuar registros circadianos, colectando muestras de agua cada 2 horas. La estación fija (Estación 8, Fig.2), se eligió por localizarse aproximadamente en el centro de la región donde se desean establecer las granjas camaroneras.

La tabla I, muestra las fechas en que se realizaron los muestreos para la distribución espacial y para los registros circadianos.

TABLA I - FECHAS DE MUESTREO HIDROLOGICO EN EL
DELTA DEL RIO COLORADO.

	DISTRIBUCION SUPERFICIAL	REGISTRO CIRCADIANO
20 - 23 JUNIO 1989	X	X
22 - 25 AGOSTO 1989	X	X
26 - 27 NOVIEMBRE 1989	X	X
14 - 16 DICIEMBRE 1989	X	
24 - 26 FEBRERO 1990	X	X
25 MARZO 1990	X	
25 - 26 ABRIL 1990	X	X

II.3. METODOS DE ANALISIS

Las mediciones de temperatura se realizaron "in situ", con termómetros reversibles modelo 295WA100, con precisión de 0.1 °C, acoplados a las estructuras reversibles de las botellas Van Dorn.

La salinidad fué determinada por medición del radio de conductividad, utilizando un salinómetro conductímetro Beckman modelo RS10, con una precisión de +0.003o/oo.

Las muestras de oxígeno disuelto fueron colectadas, fijadas y analizadas de acuerdo al método Winkler, descrito por Strickland y Parsons (1972), el cual ofrece una precisión de 0.7 mg at/l.

Se calculó también el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Saturación de Oxígeno} = (O_2/O'_2)100$$

Donde O_2 es el valor de la concentración medida de oxígeno disuelto y O'_2 es el valor de la solubilidad de oxígeno correspondiente a la temperatura y salinidad medidas. La solubilidad se calculó mediante la tabla proporcionada por Weiss, 1970.

II.4. METODOS ESTADISTICOS

Debido a la naturaleza de los datos y la diferencia entre la media, mediana y moda, se utilizaron análisis estadísticos no paramétricos.

Se realizó una comparación general, entre los datos de temperatura, salinidad y oxígeno obtenidos de los registros circadianos para cada mes, mediante un ANOVA no paramétrico de 1 vía de Kruskal-Wallis al 99 % de confianza, cuya hipótesis nula (H_0) que todos los meses en que se llevó a cabo registro circadiano son iguales.

Posteriormente, se realizó una comparación más detallada, comparando mes con mes, para la temperatura, mediante la prueba de Tukey al 95 % de confianza.

En base a los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, se hicieron asociaciones entre meses, en-base a las cuales se bloqueo la información y se comparó, mediante las pruebas de Kruskal-Wallis (99 % de confianza) y de Tukey (95 % de confianza), con una hipótesis nula que establece igualdad entre las asociaciones temporales.

III RESULTADOS

III.1. DISTRIBUCION SUPERFICIAL

III.1.1. TEMPERATURA

En general, la distribución superficial de temperatura a través del año, presentó un intervalo muy amplio de variación que va desde un valor mínimo de 9.8 °C en diciembre hasta un valor máximo de 31.4 °C en junio y agosto.

La tendencia general fué de incrementar los valores de temperatura del río hacia la boca y en los meses cálidos se registraron los mayores valores en el centro de la zona. La estación 11 perteneciente a la zona del río registro las menores temperaturas durante todo el año.

III.1.1.1. Junio

Las estaciones de la costa de Baja California presentaron valores muy similares (29 a 30 °C), mientras que la costa de Sonora presentó mayor variabilidad (29 a 32 °C); la zona de transición entre el estuario y el río fué localizada en las estaciones 8 y 12 de la costa este y oeste respectivamente. Las temperaturas mas elevadas se registraron en el centro de la zona muestreada, disminuyendo en forma radial hacia el río y el mar con el que se comunica. Para este mes se encontró una temperatura mínima de 28.7 °C en la estación 11 y máxima de 31.4 °C en la estación 6 de la costa de Sonora, (Fig. 3).

III.1.1.2. Agosto

Este mes presentó un patrón muy homogéneo en la distribución de la temperatura para ambas costas, con un gradiente a incrementar los valores del río hacia el mar, encontrando una temperatura mínima de 29.7 °C en la estación 11 y máxima de 31.4 °C en la estación 16, (Fig. 4).

III.1.1.3. Noviembre

En este mes vientos provenientes de la costa de Baja California no permitieron realizar todo el muestreo, por lo que solo se cuenta con datos de la costa de Sonora. Presentando valores muy similares en la distribución de temperatura a lo largo de todo el muestreo,

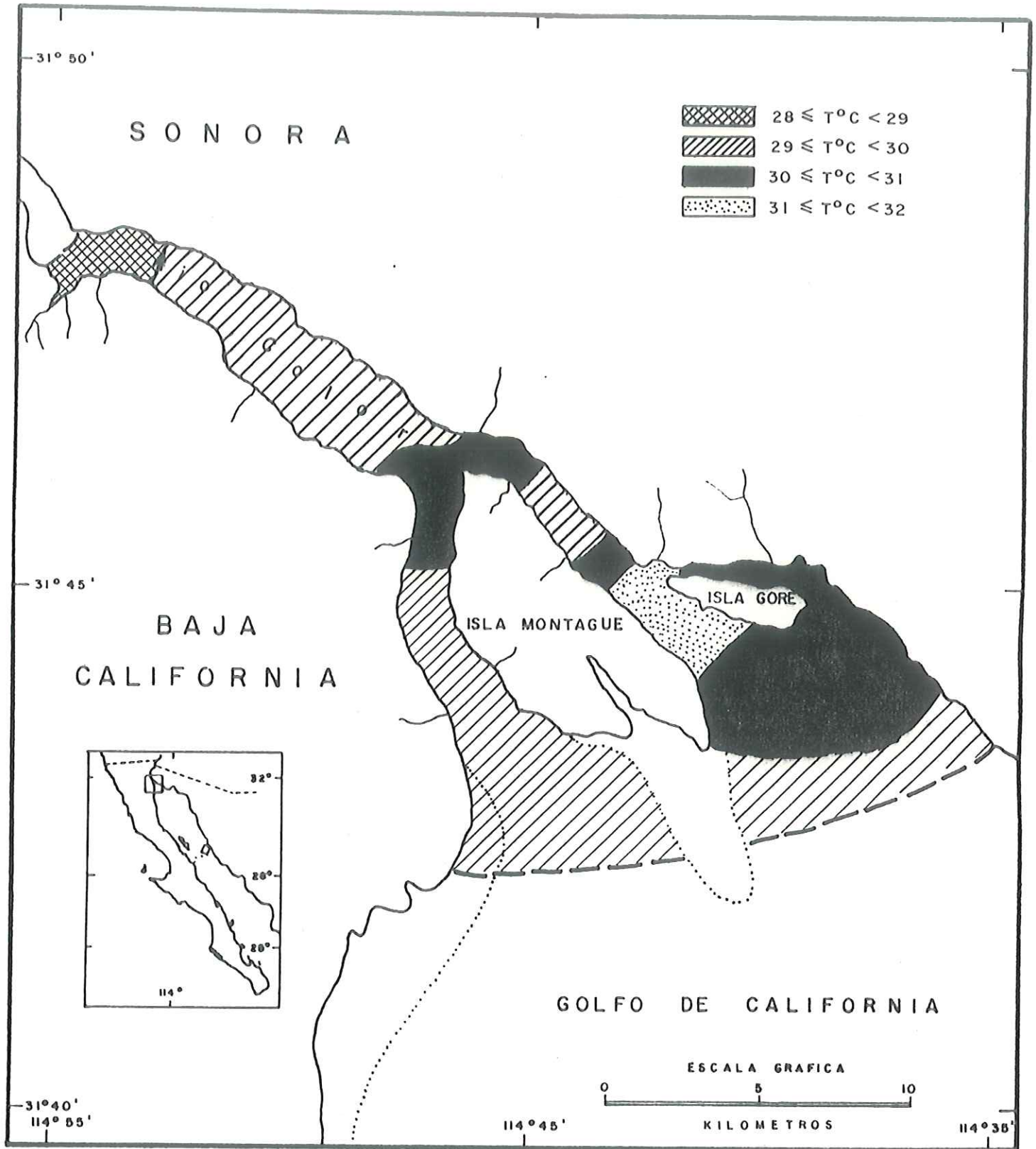


FIG. 3 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE TEMPERATURA (°C) JUNIO 1989.

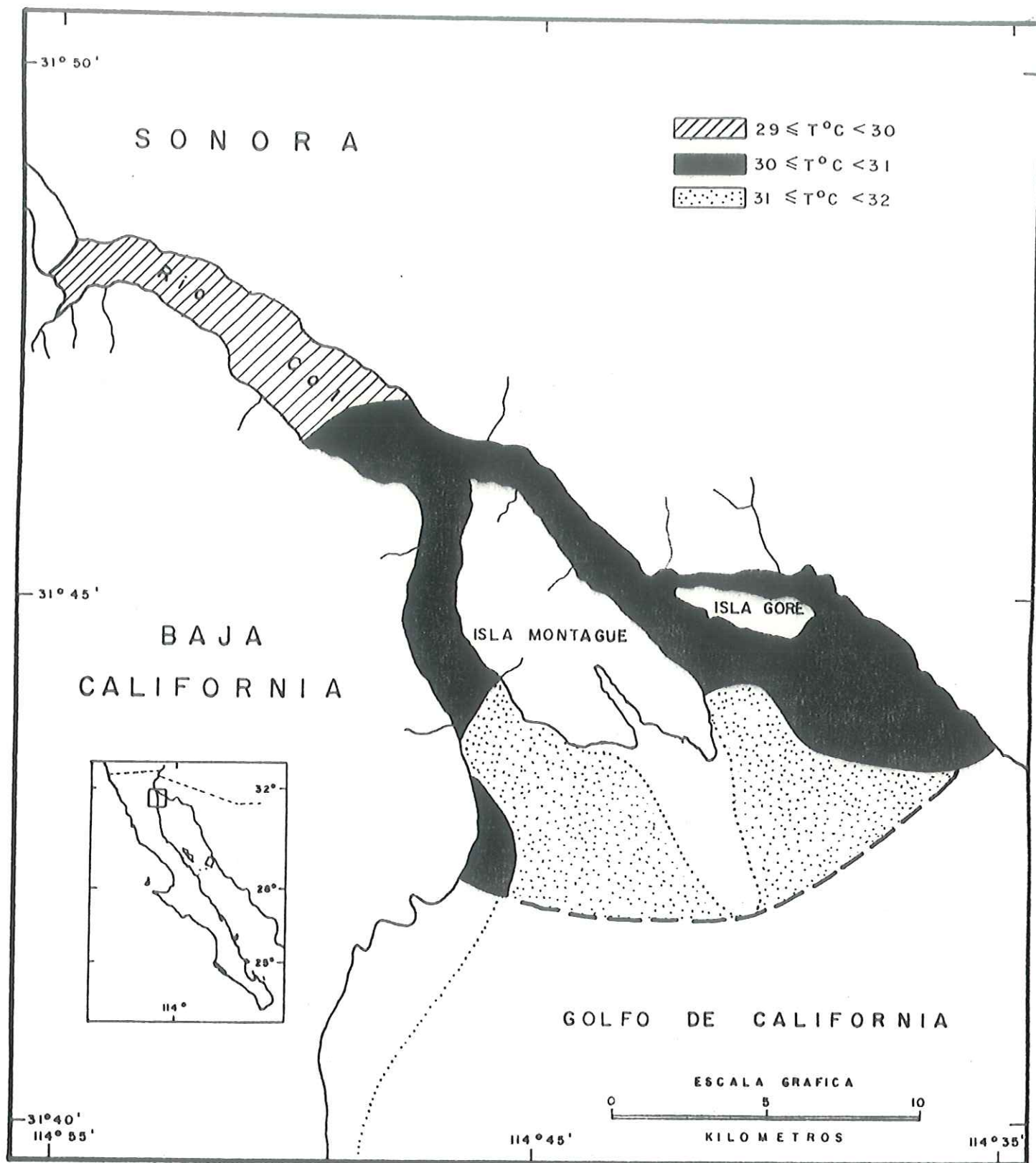


FIG. 4 = DISTRIBUCION ESPACIAL DE TEMPERATURA (°C) AGOSTO 1989.

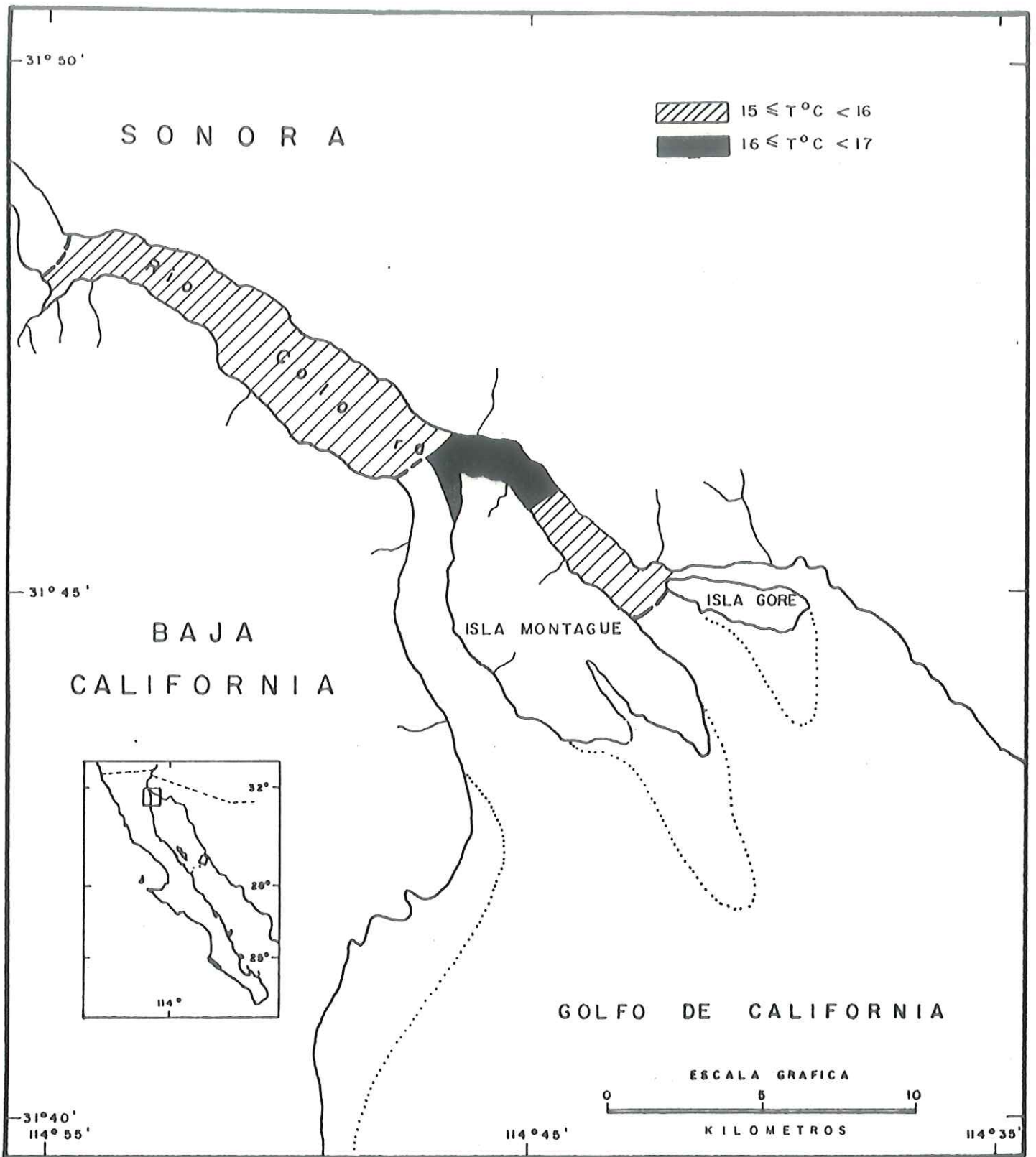


FIG. 5 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE TEMPERATURA (°C) NOVIEMBRE 1989.

excepto en la zona de interacción río-estuario, la que presentó un valor máximo de 16.9 °C en la estación 8, mientras que el valor mínimo fué de 15.05 °C localizado en la estación 11, (Fig. 5).

III.1.1.4 Diciembre

La distribución superficial de temperatura muestra claramente tanto la zona de mezcla ó de interacción río-estuario entre la estación 8 y 9, como la interacción estuario-mar en la estación 5, ambas en la parte este de la Isla Montague, mientras la parte oeste de la Isla se mantiene muy homogénea. Nuevamente se presenta un valor mínimo en la estación 11 de 9.8 °C, y un máximo de 15.8 °C en la estación 1, frente al poblado de Santa Clara. Presentando una tendencia a incrementar los valores del río hacia el mar, (Fig. 6).

III.1.1.5 Febrero

Debido a que el equipo utilizado en la determinación de temperatura sufrió averías, se realizó únicamente una parte del muestreo, contando solamente con datos de la costa de Baja California y las primeras estaciones de la costa de Sonora, presentando ésta última valores homogéneos en la temperatura, mientras que en la parte oeste de la isla Montague se observan variaciones a lo largo de toda la costa, encontrando un valor mínimo de 14.15 °C en la estación 13 y un máximo de 16.6 °C en la estación 17, (Fig. 7).

III.1.1.6 Marzo

Este mes presentó un rango de temperatura muy corto (19 a 22 °C) y una distribución homogénea entre la costa de Sonora y el río, la zona de mezcla río-estuario es observada en la costa oeste en la estación 12, nuevamente las temperaturas más elevadas se localizan en las estaciones intermedias de la zona, y los menores en las orillas (río y mar). Con un máximo de 21.8 °C en la estación 12 y mínimo de 19.55 °C en la estación 11, (Fig. 8).

III.1.1.7 Abril

Este mes comparado con el anterior, presentó mayor variabilidad, registrando un gradiente que disminuye de la parte central hacia el río, mientras que del centro a la boca no se presenta un patrón definido. El valor mínimo de 20.1 °C lo presentó la estación 11, y el máximo de 24.4 °C la estación 7, (Fig. 9).

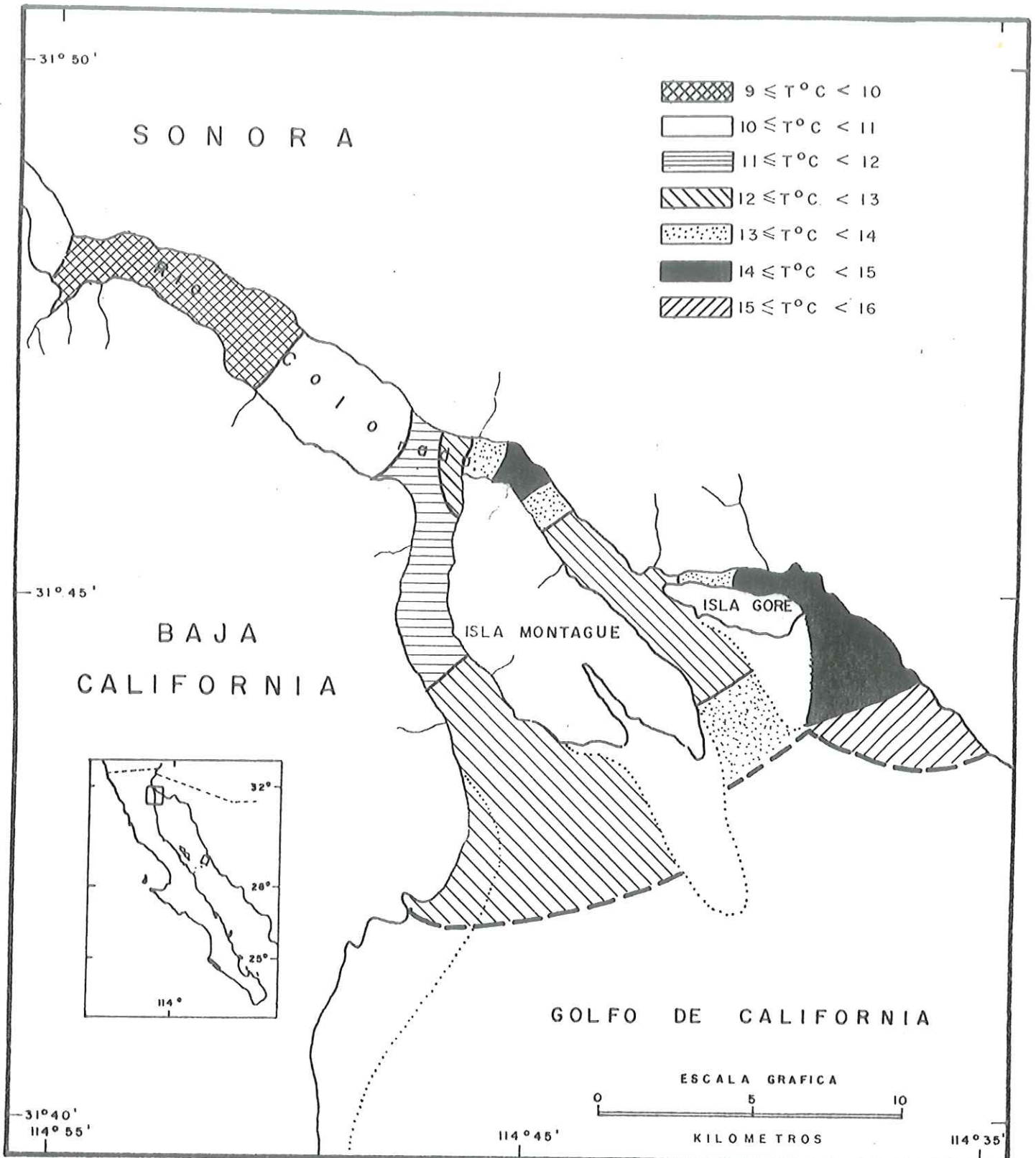


FIG. 6 ▸ DISTRIBUCION ESPACIAL DE TEMPERATURA (°C) DICIEMBRE 1989.

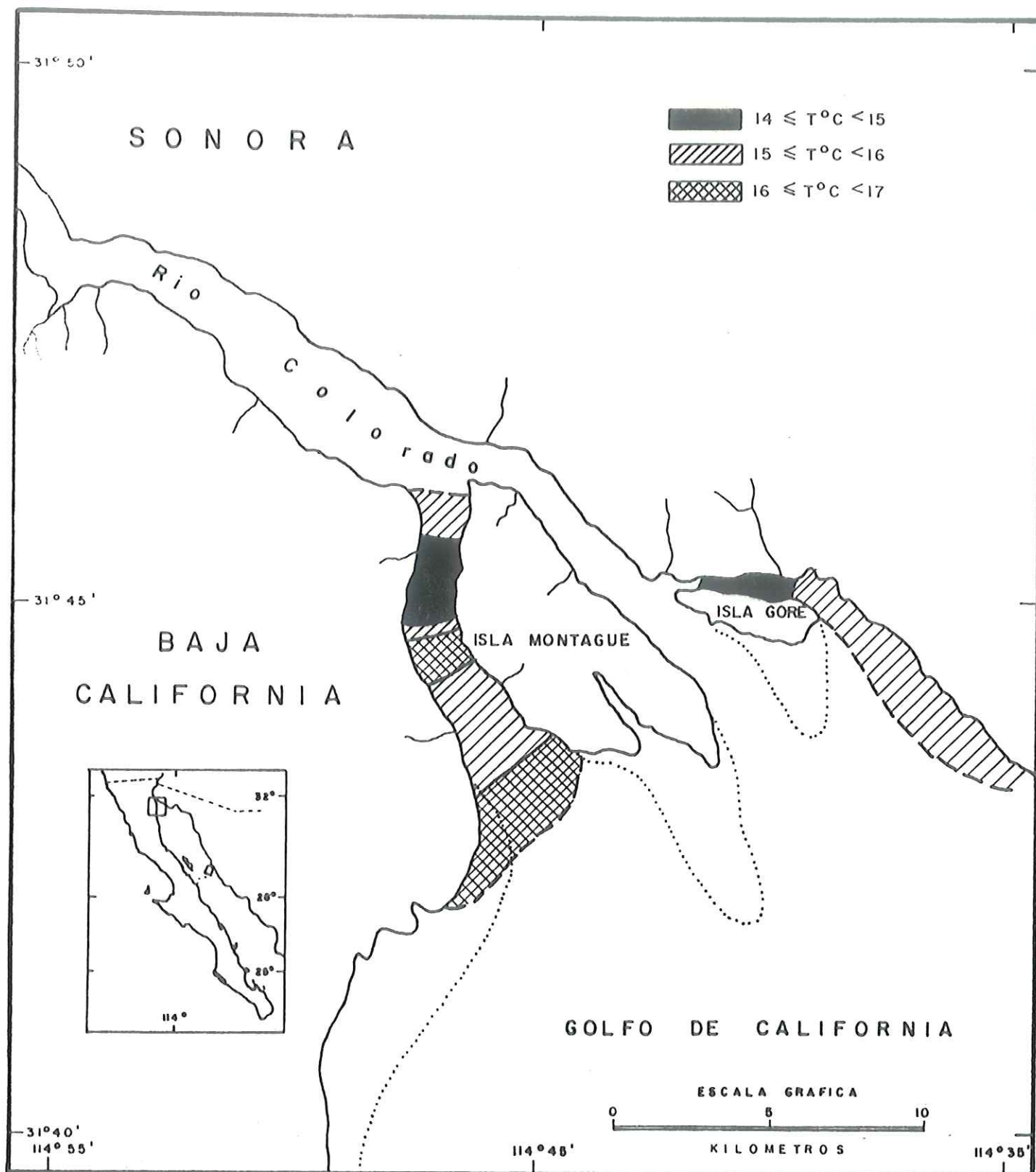


FIG. 7 -DISTRIBUCION ESPACIAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) FEBRERO 1990.

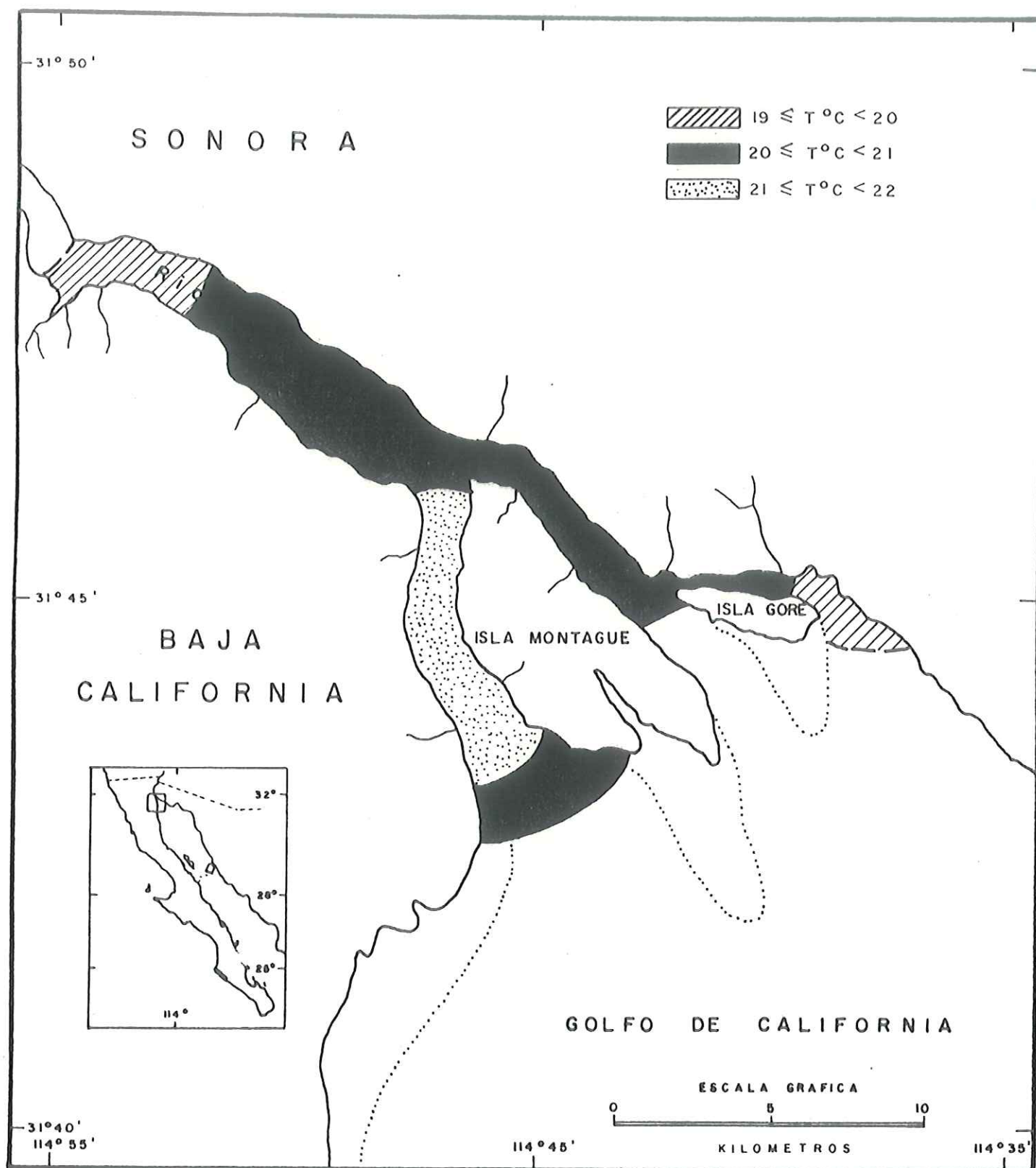


FIG. 8 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) MARZO 1990.

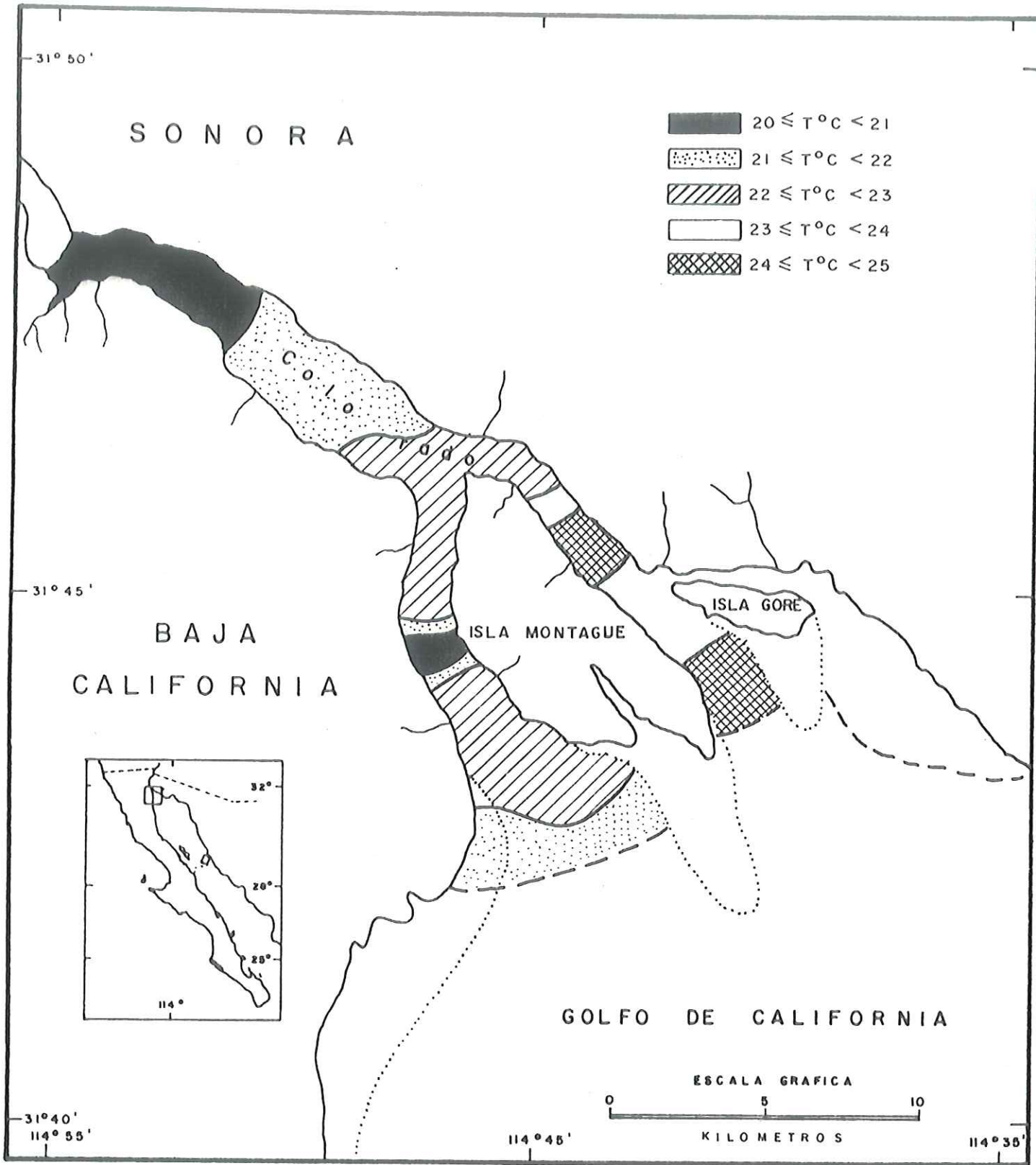


FIG.9 -DISTRIBUCION ESPACIAL DE TEMPERATURA (°C) ABRIL 1990.

III.1.2. SALINIDAD

Durante todo el año se observan salinidades sumamente elevadas en la zona, presentando un patrón común que muestra los máximos valores en la región del centro, disminuyendo en forma radial hacia el río y el mar. Siendola zona del río la que generalmente registra los valores mínimos específicamente en la estación 11. A diferencia de la temperatura, la salinidad establece un comportamiento muy similar para ambas costas, y un rango de variación reducido durante el año.

III.1.2.1 Junio

Los valores máximos de salinidad se presentaron en la región central de la zona, disminuyendo en forma radial hacia el río y el mar con el que se comunica. Encontrándose un valor mínimo de 35.375 o/oo en la estación 11 y un máximo de 38.920 o/oo en la estación 12 de la costa de Baja California, (Fig. 10).

III.1.2.2 Agosto

Presenta un fuerte incremento en los valores de salinidad con respecto a los encontrados para Junio, con tendencia a disminuir en los valores hacia el Sur, conforme se acercan a la zona marina. Localizándose el valor mínimo de 36.408 o/oo en la estación 1 y el máximo de 39.254 o/oo en la estación 10 (zona río), (Fig. 11).

III.1.2.3 Noviembre

Nuevamente las mayores salinidades se concentran en la zona centro, disminuyendo los valores tanto en la zona del río como en la región marina. Presentando un mínimo de 36.922 o/oo en la estación 6 y máximo de 38.070 o/oo en la estación 9, (Fig. 12).

III.1.2.4 Diciembre

Los valores de salinidad en la zona norte del área se incrementan con respecto a noviembre, sin embargo sigue presentándose la tendencia de concentrar los mayores en el centro y disminuir hacia el río y el mar. Se logra apreciar un patrón sumamente homogéneo entre ambas costas. El valor mínimo para este mes fue de 35.801 o/oo en la estación 1 y el máximo de 38.415 o/oo en la estación 8, (Fig. 13).

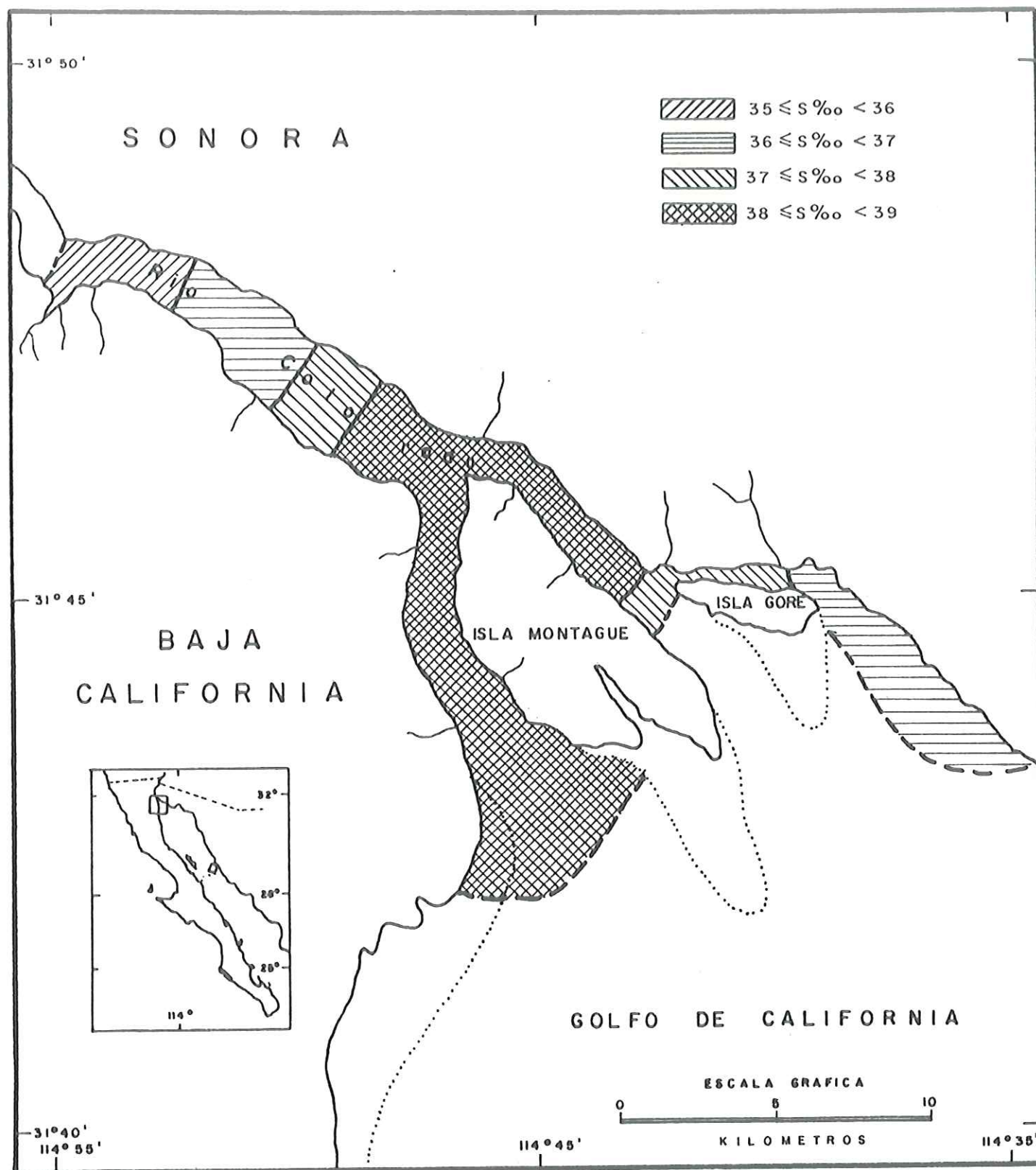


FIG.10- DISTRIBUCION ESPACIAL DE SALINIDAD (‰) JUNIO 1989.

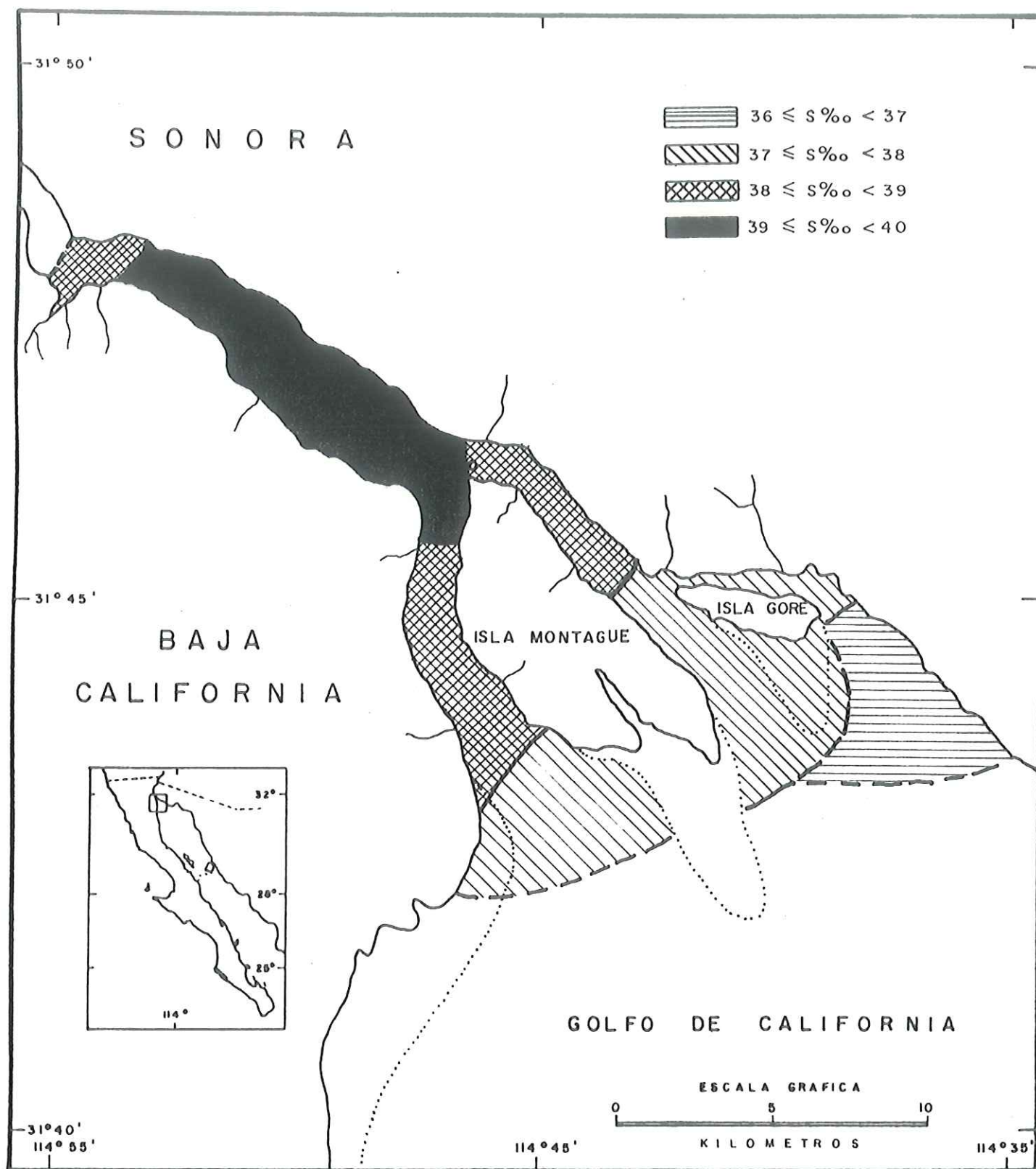


FIG. 11 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE SALINIDAD (‰) AGOSTO 1989.

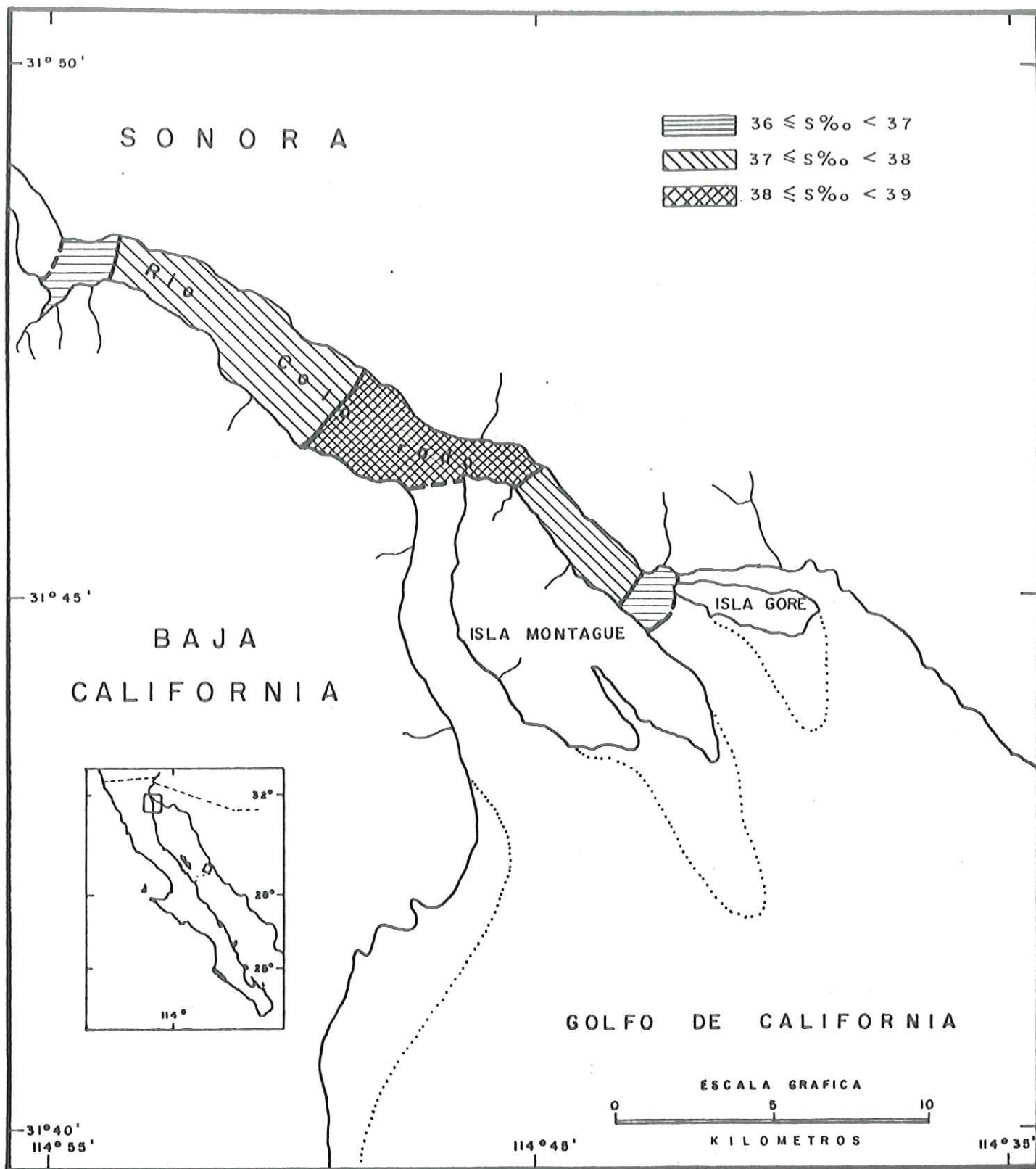


FIG. 12 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE SALINIDAD (‰) NOVIEMBRE 1989.

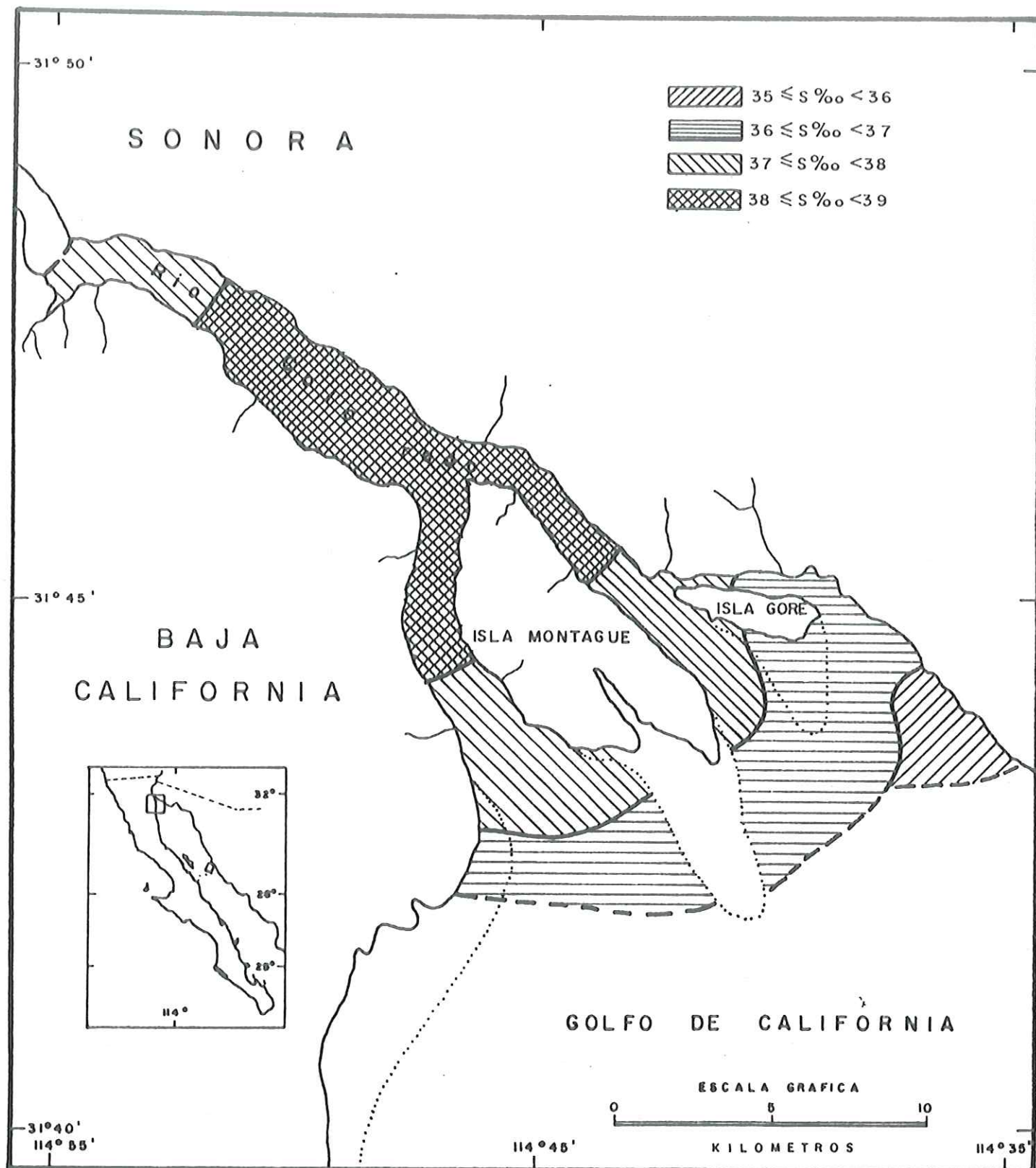


FIG. 13 ▸ DISTRIBUCION ESPACIAL DE SALINIDAD (‰) DICIEMBRE 1989.

III.1.2.5. Febrero

En comparación con diciembre los valores se ven disminuídos. La zona del río vuelve a caracterizarse por poseer los mínimos de salinidad (33.377 o/oo en la estación 11), observando nuevamente los mayores valores en la zona centro donde se encuentra el valor máximo de 36.798 o/oo en la estación 13, (Fig. 14).

III.1.2.6. Marzo

El patrón de comportamiento de la zona, es similar a los meses anteriores. El rango de salinidades (3.957 o/oo) es mayor comparado con febrero, localizando un mínimo de 33.852 o/oo en la estación 11 y un máximo de 37.809 o/oo en la estación 14, (Fig. 15).

III.1.2.7. Abril

En general los valores de salinidad son mayores que en el mes de marzo. La tendencia a concentrar las salinidades mayores en el centro vuelve a presentarse, observando además una mayor variabilidad en los valores de la costa Este, donde se localiza el valor máximo para este mes en la estación 7 siendo éste de 38.272 o/oo, mientras el valor mínimo de 34.945 o/oo lo presenta nuevamente la estación 11, (Fig. 16).

III.1.3. Oxígeno Disuelto

El patrón general de la distribución espacial del oxígeno disuelto fué de registrar los valores altos en la región de la boca disminuyendo hacia el río. Con un rango de variación muy amplio que va de 2 ml/l en abril hasta 8.5 ml/l en febrero.

III.1.3.1. Junio

Se observó un decremento en las concentraciones de oxígeno disuelto de la boca hacia el río, presentando un valor máximo de 5.17 ml/l en la estación 4 y un mínimo de 3.18 ml/l en la estación 9. Obteniendo un comportamiento muy similar para ambas costas y altamente homogéneo en la zona del río, (Fig. 17).

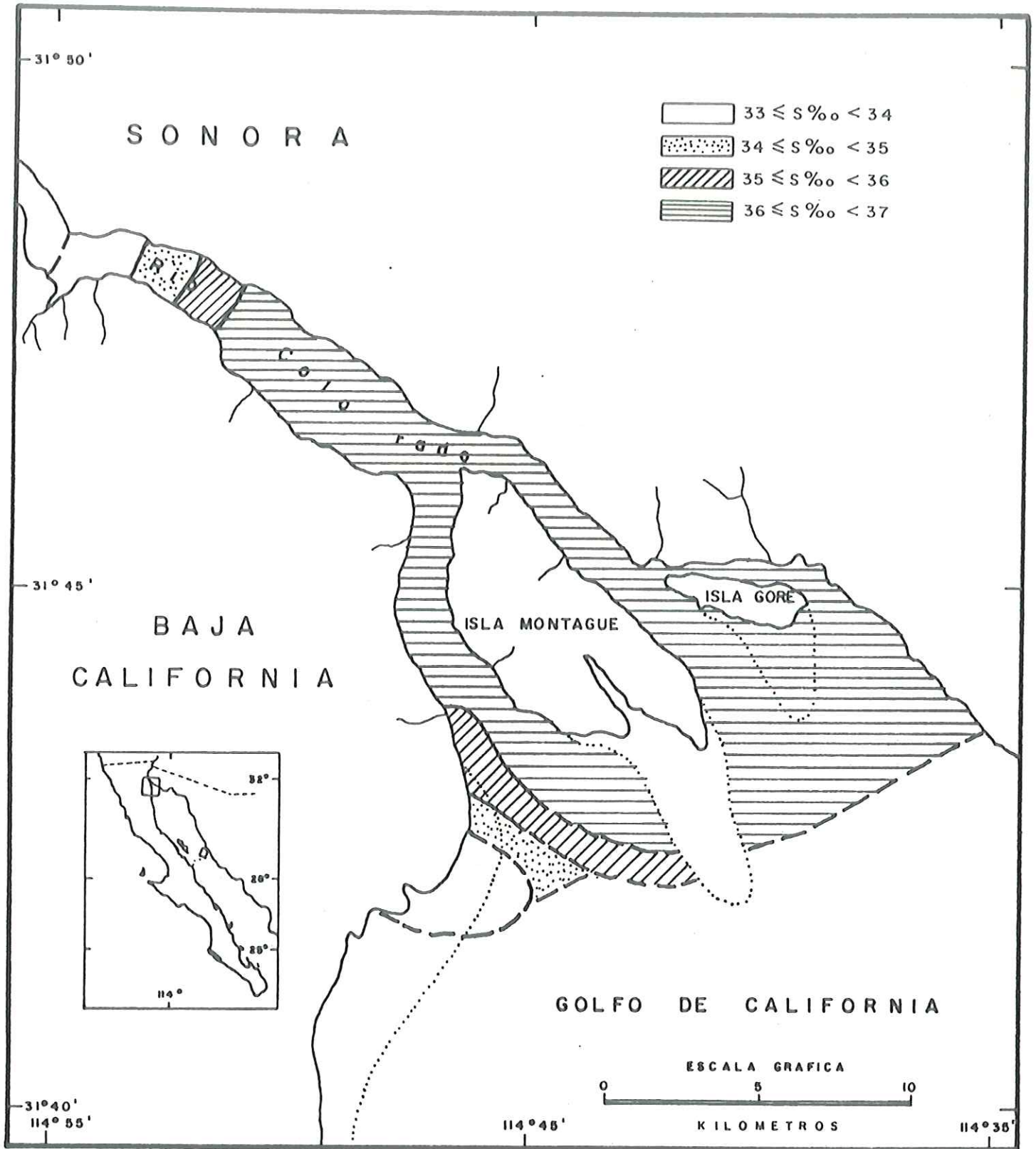


FIG. 14 ▸ DISTRIBUCION ESPACIAL DE SALINIDAD (‰) FEBRERO 1990.

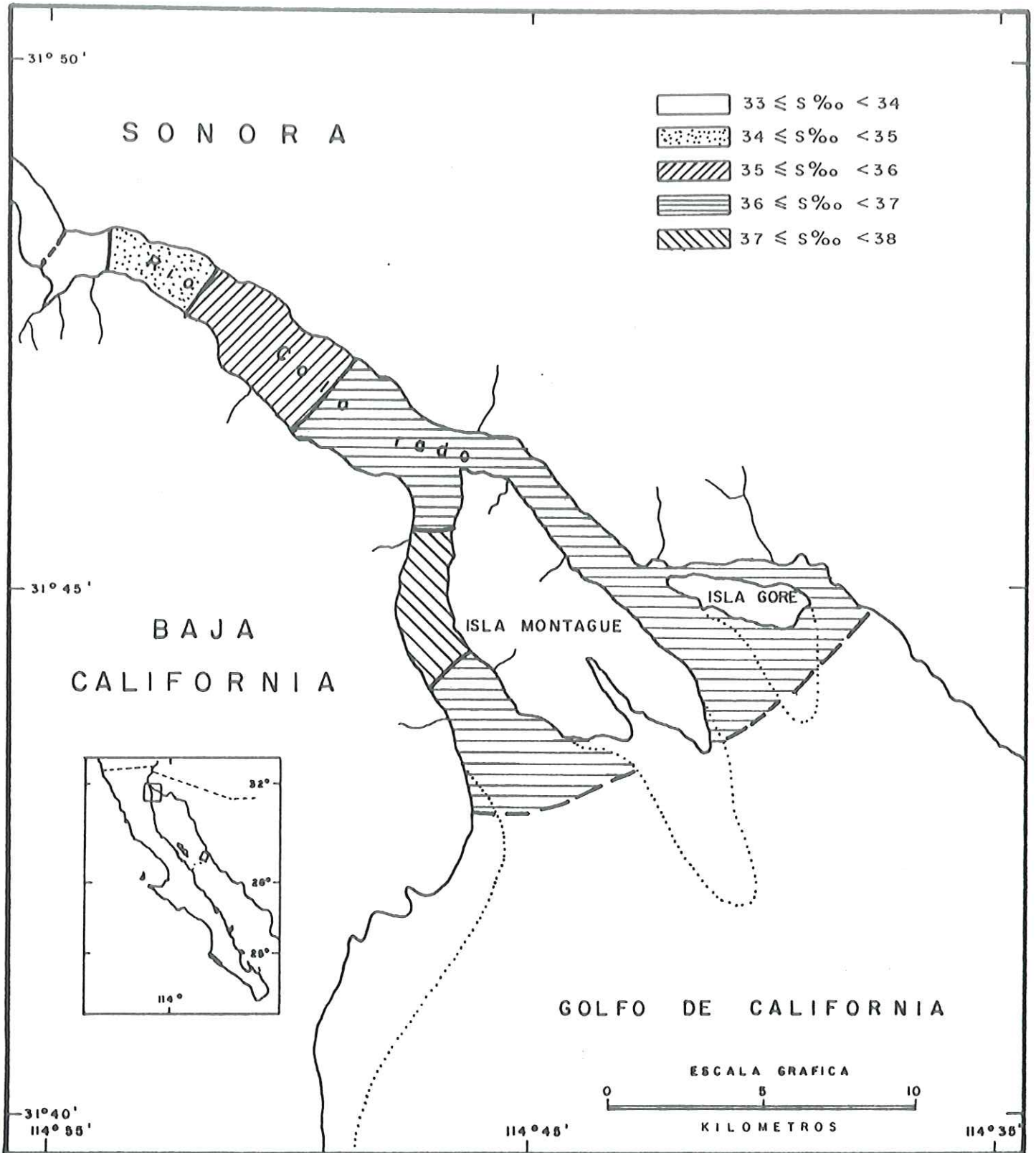


FIG. 15 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE SALINIDAD (‰) MARZO 1990.

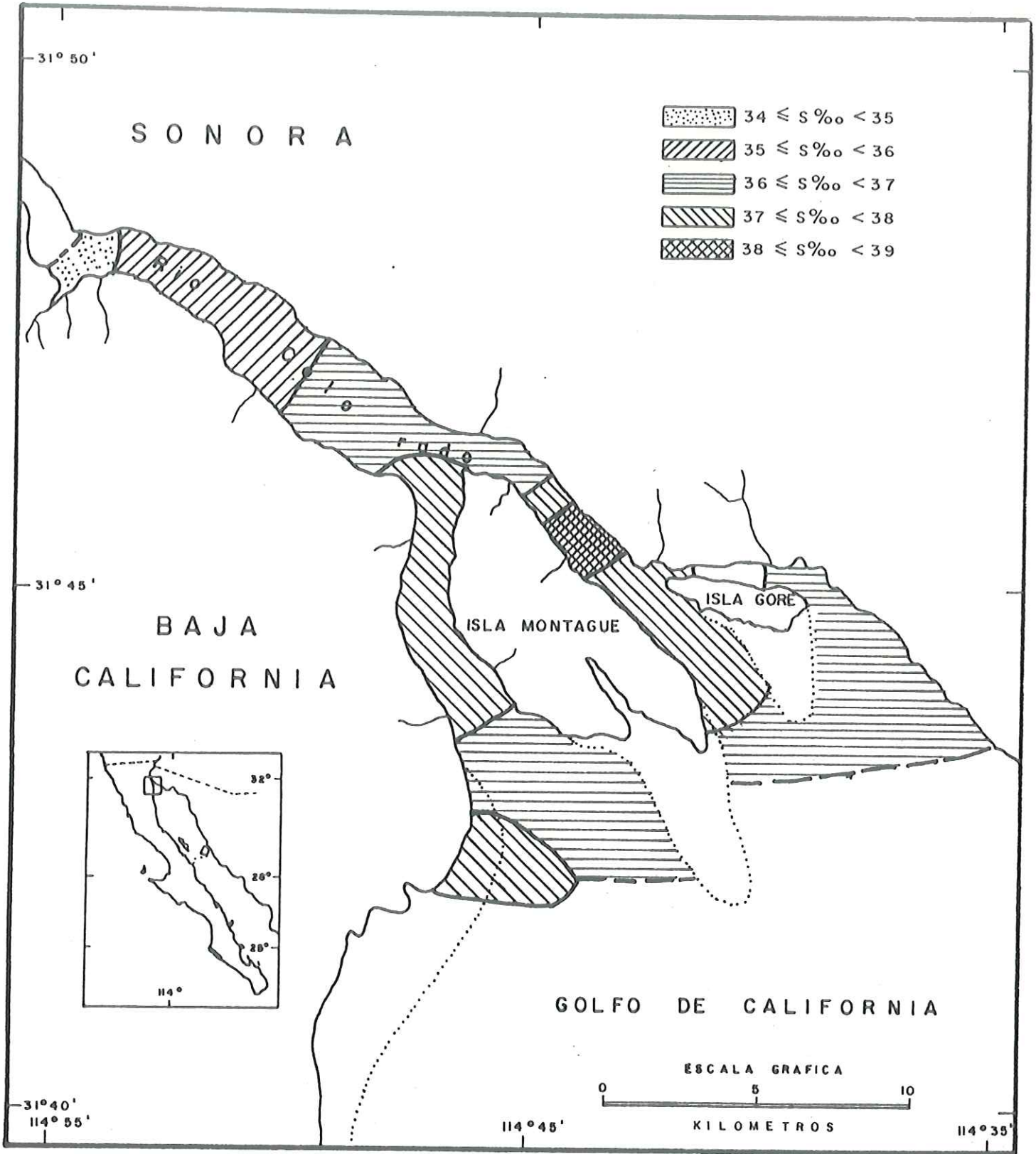


FIG. 16 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE SALINIDAD (‰) ABRIL 1990.

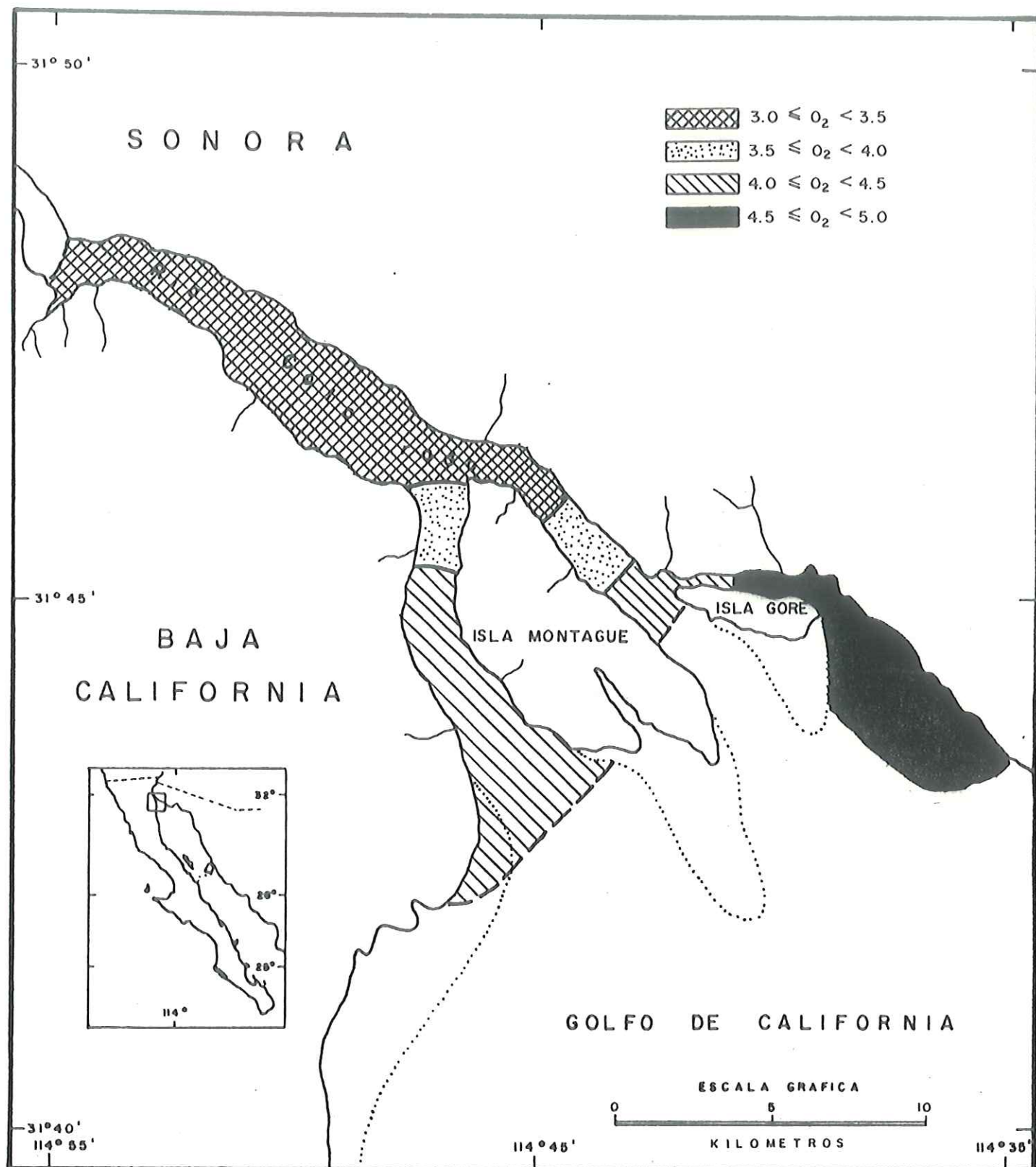


FIG. 17 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE OXIGENO DISUELTU (ml/l) JUNIO 1989.

III.1.3.2. Agosto

Se presenta un patrón general similar al obtenido para el mes anterior, con los valores descendiendo de la boca hacia dentro del estuario. No se cuenta con los datos pertenecientes a la zona del río. El valor mínimo se localiza en la estación 12 siendo este de 4.40 ml/l. La costa cercana al pueblo presenta valores bajos de oxígeno disuelto, mientras que la estación 5 (que sería la zona de interacción río-estuario) presenta el valor máximo de 6.51 ml/l, (Fig. 18).

III.1.3.3. Noviembre

La distribución del oxígeno disuelto durante este mes se presenta muy variable. Registrándose las menores concentraciones en la zona centro del río, aumentando en forma radial hacia la boca (por la costa de Sonora) y el Norte del río, encontrando el valor mínimo de 3.2 ml/l en la estación 10 y un máximo de 5.83 ml/l en la estación 6, (Fig. 19).

III.1.3.4. Diciembre

A diferencia del mes anterior, la distribución superficial de oxígeno disuelto en la zona se presenta muy homogénea, con un rango general en la zona entre los 6.5 y 7.0 ml/l. En general, las concentraciones descienden de la boca hacia el río. El valor mínimo de 3.3 ml/l se localiza en la estación 17, mientras el máximo de 7.0 ml/l es localizado en la estación 13, (Fig. 20).

III.1.3.5. Febrero

Este mes, muestra un patrón claro de la variación espacial en la superficie de la zona, donde los valores de oxígeno disuelto descienden de la boca hacia el río, presentando un valor máximo de 8.12 ml/l en la estación 1 y un mínimo de 6.59 ml/l en la estación 11, (Fig. 21).

III.1.3.6. Marzo

El comportamiento se presenta similar al mes de febrero, con los valores altos en la boca, disminuyendo hacia el río. El máximo fué localizado en la estación 2 con un valor de 5.35 ml/l, mientras el valor mínimo de 2.92 ml/l se localizó en la estación 11, (Fig. 22).

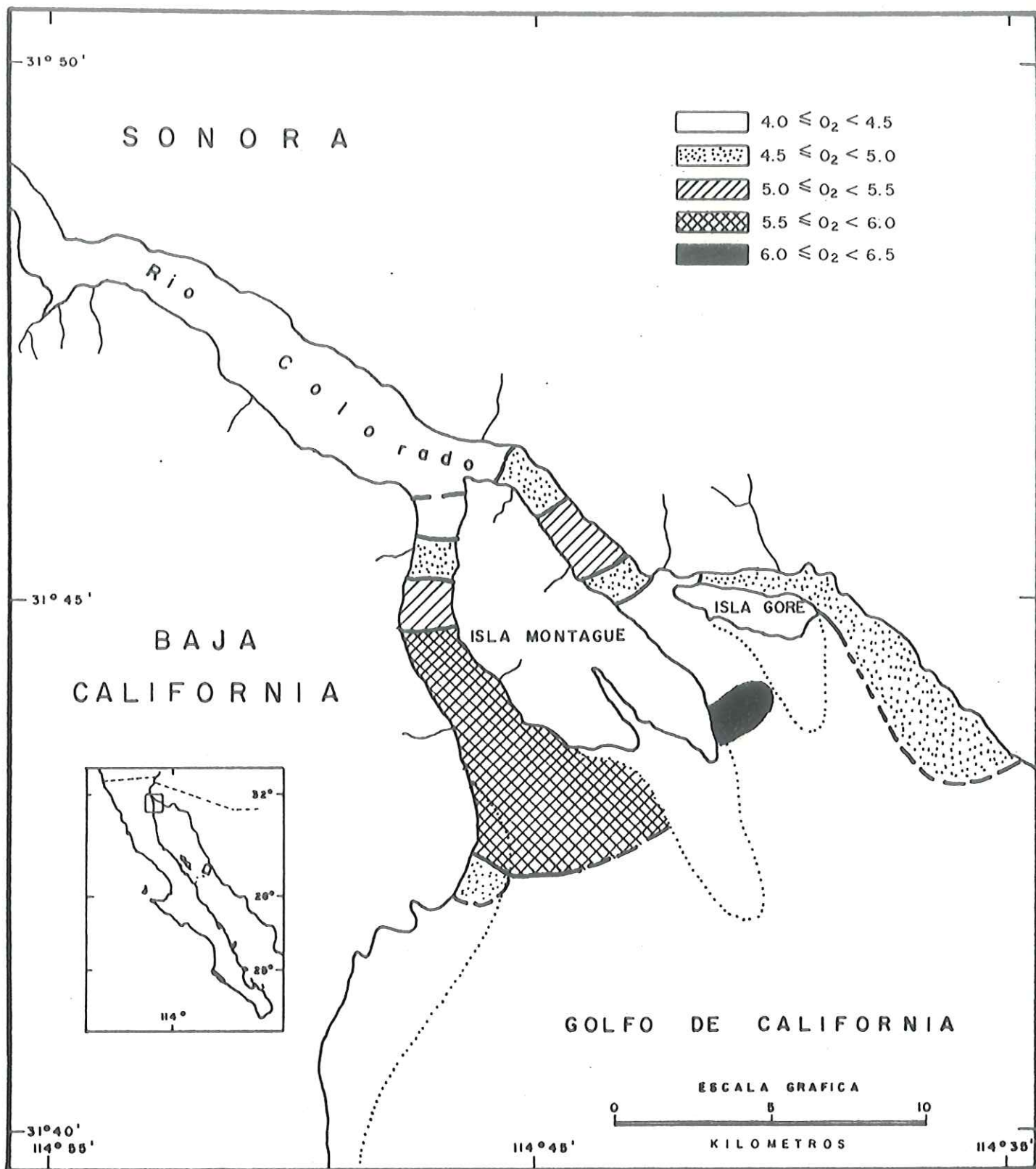


FIG. 18 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE OXIGENO DISUELTO (ml/l) AGOSTO 1989.

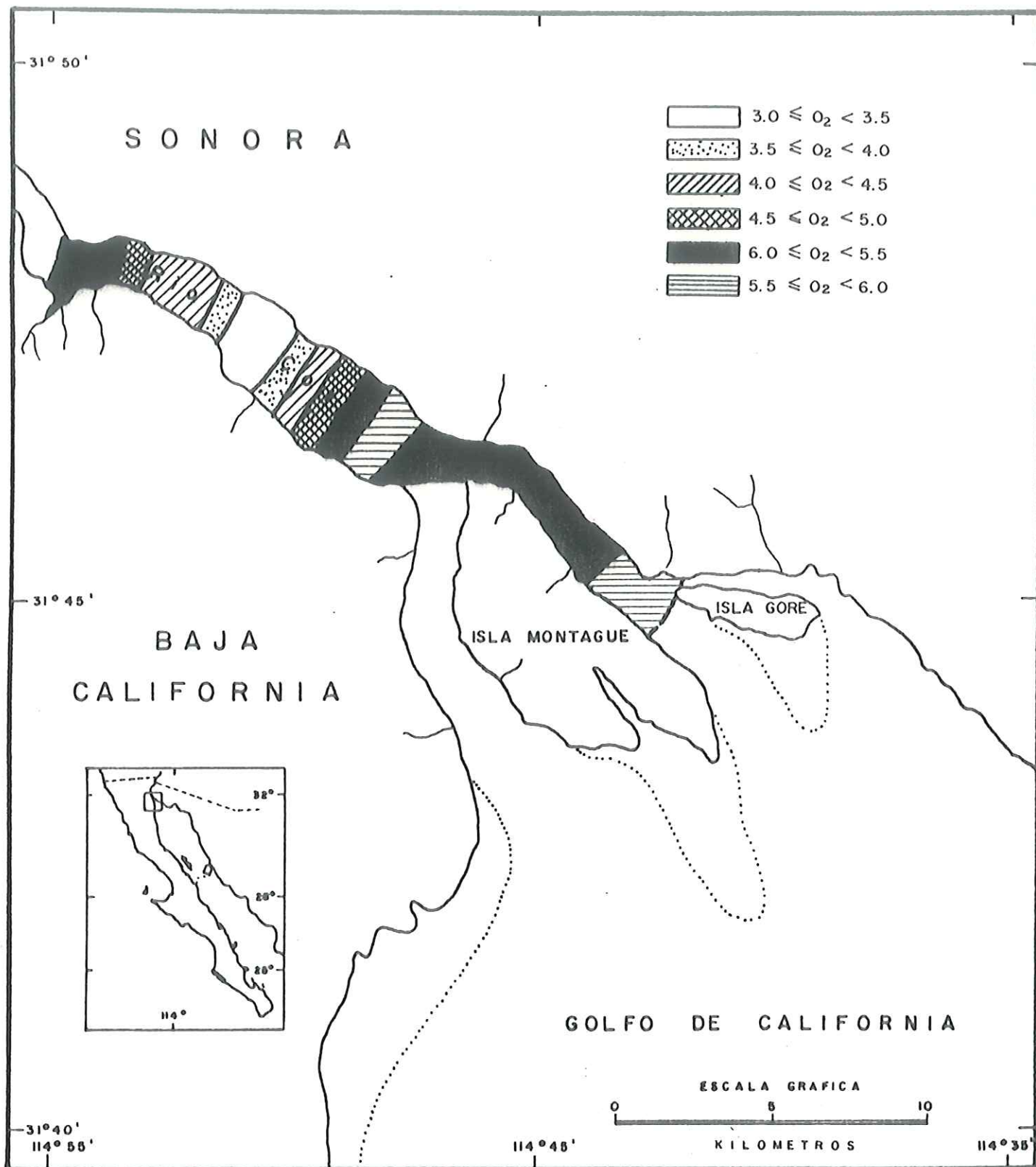


FIG. 19.- DISTRIBUCION ESPACIAL DE OXIGENO DISUELTO (ml/l) NOVIEMBRE 1989.

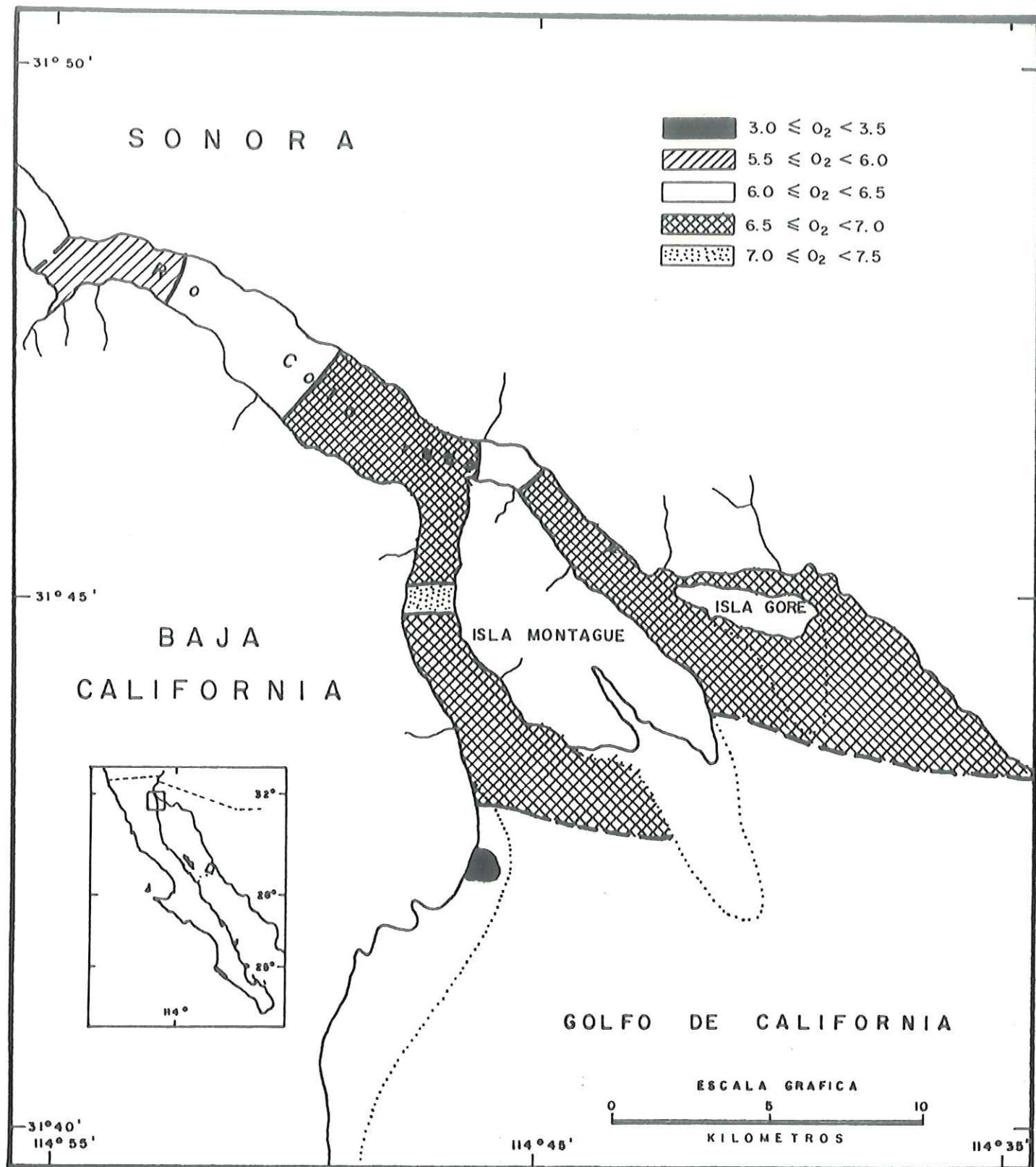


FIG. 20.- DISTRIBUCION ESPACIAL DE OXIGENO DISUELTO (ml/l) DICIEMBRE 1989.

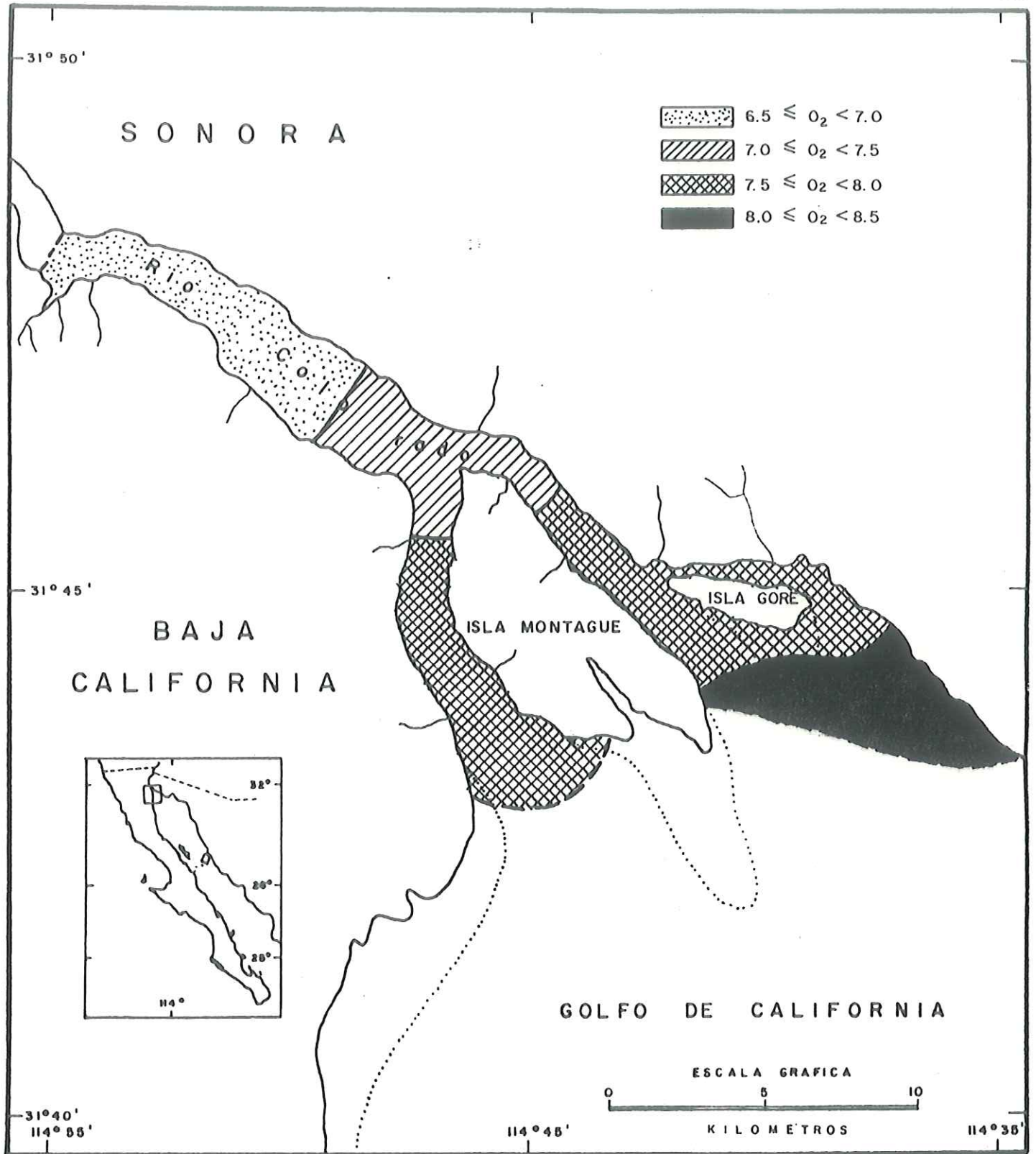


FIG. 21 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE OXIGENO DISUELTO (ml/l) FEBRERO 1990.

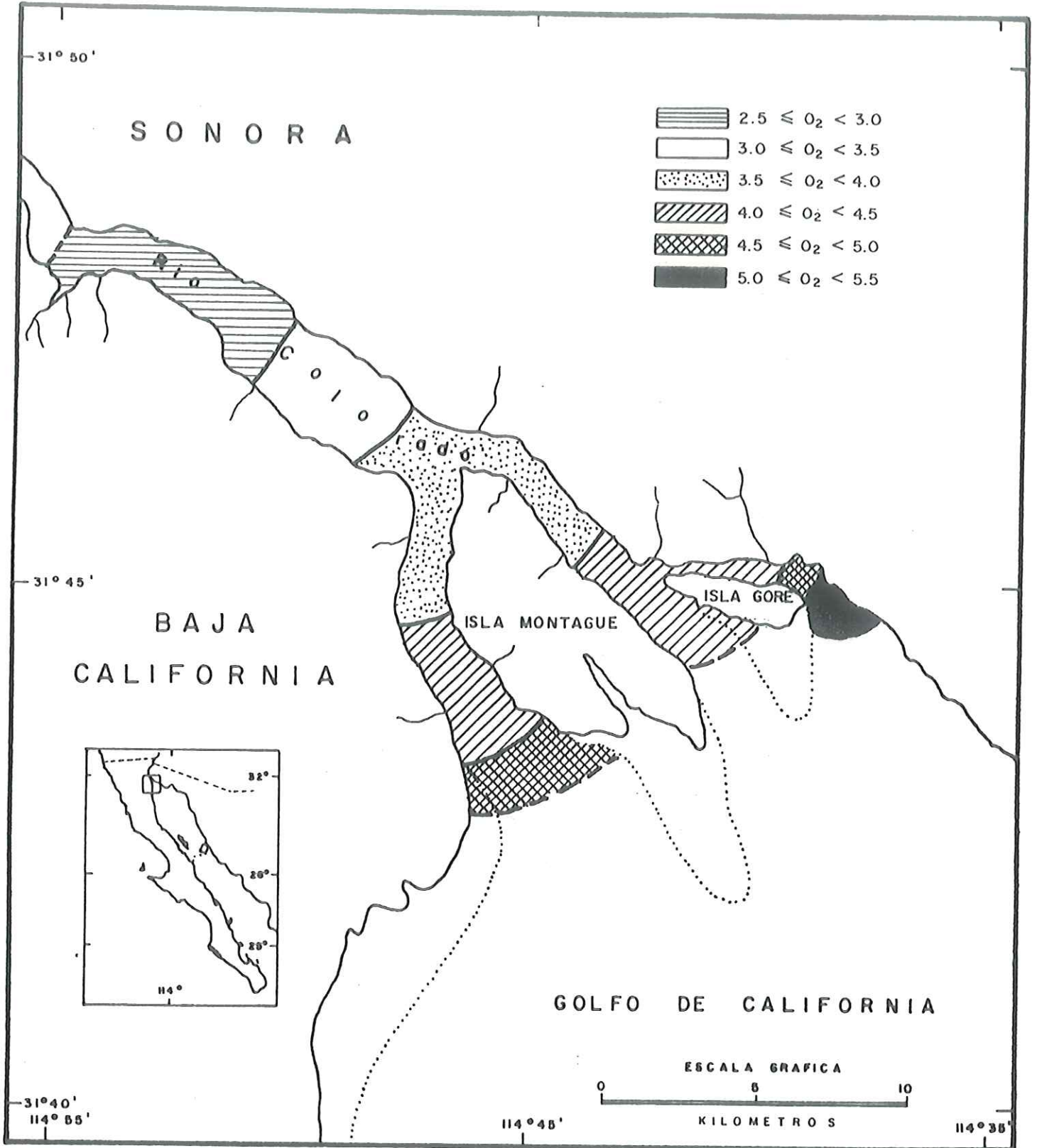


FIG. 22 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE OXIGENO DISUELTO (ml/l) MARZO 1990.

III.1.3.7. Abril

El patrón general de la distribución de oxígeno disuelto fue similar a los meses anteriores, con un gradiente descendiendo de la boca hacia el río, sin embargo se observó una disminución en los valores en la costa de Sonora al norte de la Isla Montague, al igual que en la estación 17. En la zona media del río se observa un ligero incremento con respecto a sus zonas extremas. El valor máximo de 4.52 ml/l lo presentó la estación 16, mientras el mínimo de 2.35 fué en la estación 11, (Fig. 23).

III.2. REGISTROS CIRCADIANOS

III.2.1. TEMPERATURA

III.2.1.1. Junio

El comportamiento general de esta variable se presenta en relación directa al ciclo de irradiación solar, con un valor máximo de 29.7 °C a las 15:00 horas y el mínimo de 27.9 °C a las 23:00 horas (Fig. 24a). No se puede observar claramente una influencia de la marea.

III.2.1.2. Agosto

En este mes se observó un comportamiento similar al descrito en el mes anterior, sin embargo los valores registrados se incrementaron, presentándose un máximo de 31.4 °C a las 12:00 horas y un mínimo de 29.0 °C a las 02:00 horas, (Fig. 24b).

III.2.1.3. Noviembre

Se observa una clara disminución en los valores de temperatura registrados para este mes con respecto al anterior de 11.35 °C. Presentándose un valor máximo de 20.05 °C a las 14:00 hrs y un mínimo de 16.1 °C a las 08:00 hrs. A diferencia de los meses anteriores, se detecta mejor la influencia de la marea con los valores disminuyendo durante el reflujó y viceversa, (Fig. 25a).

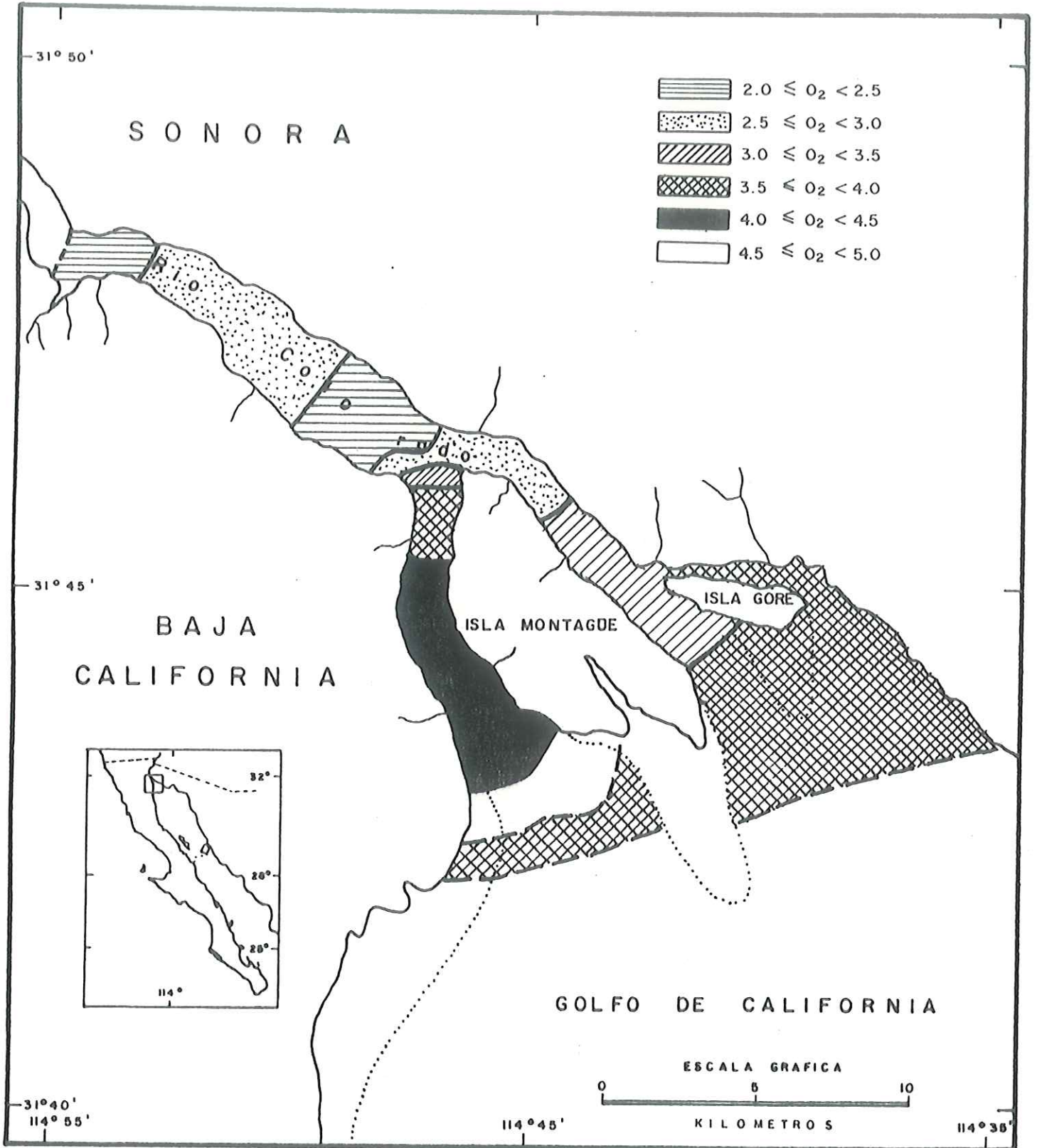


FIG. 23-DISTRIBUCION ESPACIAL DE OXIGENO DISUELTO (ml/l) ABRIL 1990.

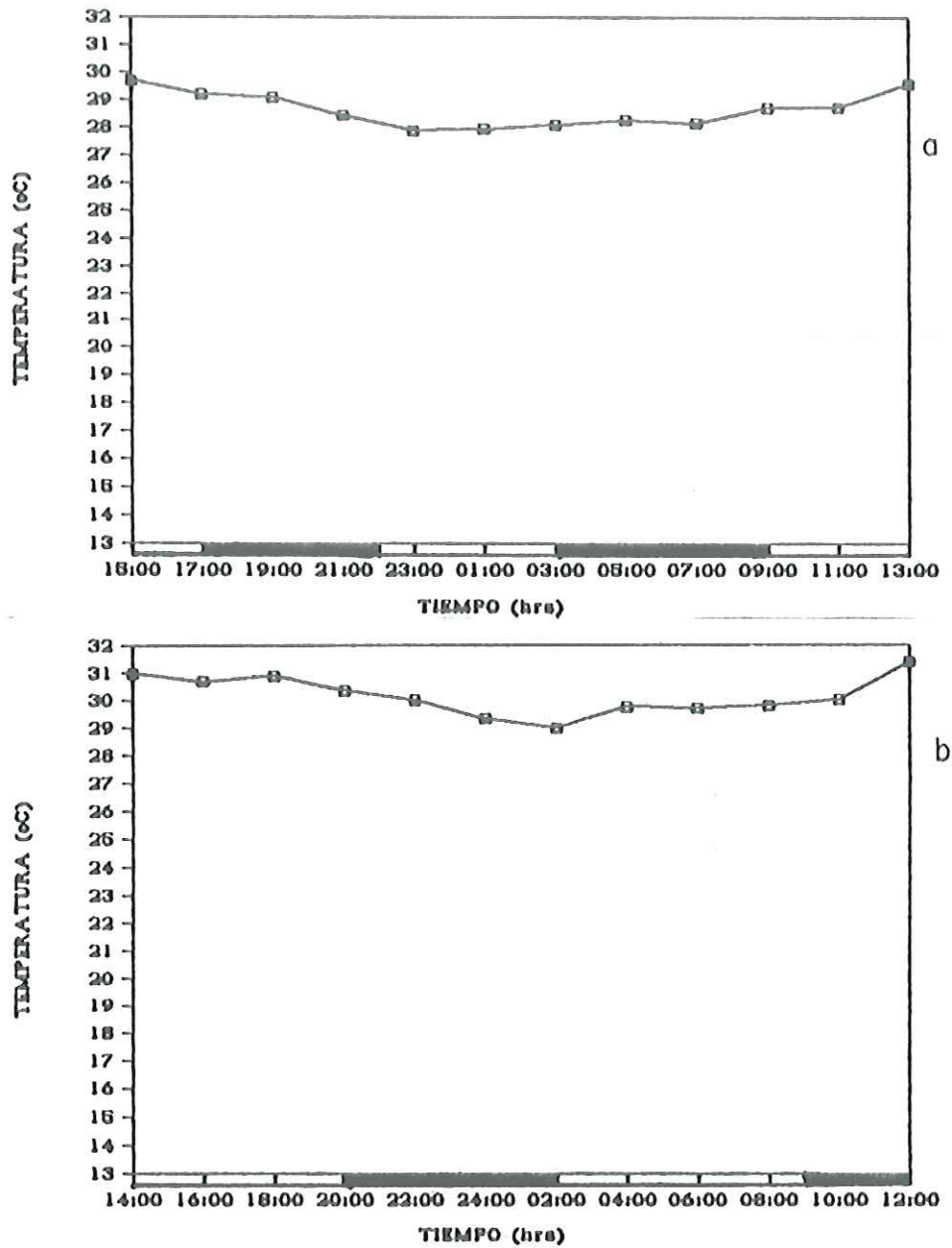


FIG. 24 - REGISTRO CIRCADIANO DE TEMPERATURA (°C)
a) JUNIO ; b) AGOSTO

□ Flujo
■ Reflujo

III.2.1.3. Febrero

Continúa el decremento en los valores de temperatura registrados, encontrando un máximo de 15.1 °C a las 14:00 y 16:00 hrs y un mínimo de 13.0 °C a las 06:00 hrs. El comportamiento general no presenta una tendencia clara, (Fig. 25b).

III.2.1.5. Abril

Al igual que en junio y agosto el comportamiento general muestra una influencia clara por el ciclo de radiación solar, es decir, presenta valores altos durante el día y bajos durante la noche. Mientras que la marea provoca ligeros cambios, con una cierta tendencia a incrementarse durante el flujo y viceversa. Siendo el valor máximo de 27.0 °C a las 13:00 y 15:00 hrs y el mínimo de 17.5 °C a las 07:00 hrs, (Fig. 26).

III.2.2. SALINIDAD

III.2.2.1. Junio

A diferencia de la temperatura, la salinidad presenta un comportamiento general regido por el ciclo de marea, con los valores disminuyendo durante el reflujó y viceversa. El rango de variación de la salinidad es de 2.1 o/oo, con un valor máximo de 38.746 o/oo a las 19:00 horas y un mínimo de 36.717 o/oo a las 11:00 horas, (Fig. 27a).

III.2.2.2. Agosto

En este mes se registraron los mayores valores de salinidad del año, con valor máximo de 39.167 o/oo a las 22:00 horas y un mínimo de 38.739 o/oo a las 08:00 horas. Nuevamente se observó la influencia de la marea, con los valores disminuyendo durante el flujo y viceversa, contrario al registrado en el mes anterior, (Fig. 27b).

III.2.2.3. Noviembre

A diferencia de los meses anteriores, la salinidad muestra un patrón más inestable con una cierta tendencia a disminuir en el reflujó y viceversa. El rango de variación fué de 0.7 o/oo, con un valor máximo de 38.080 o/oo a las 16:00 horas y el mínimo de 37.489 o/oo a las 20:00 horas, (Fig. 28a).

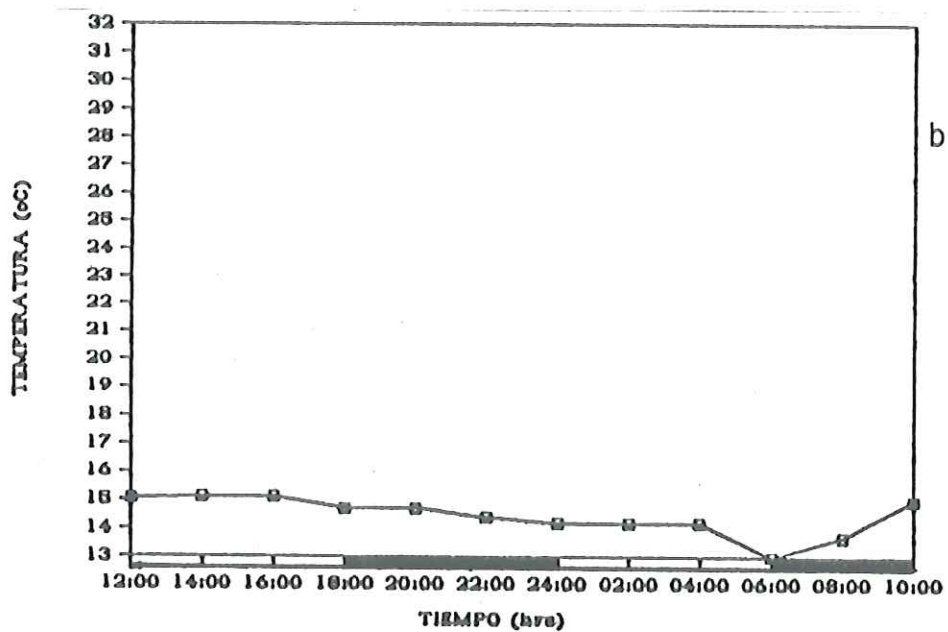
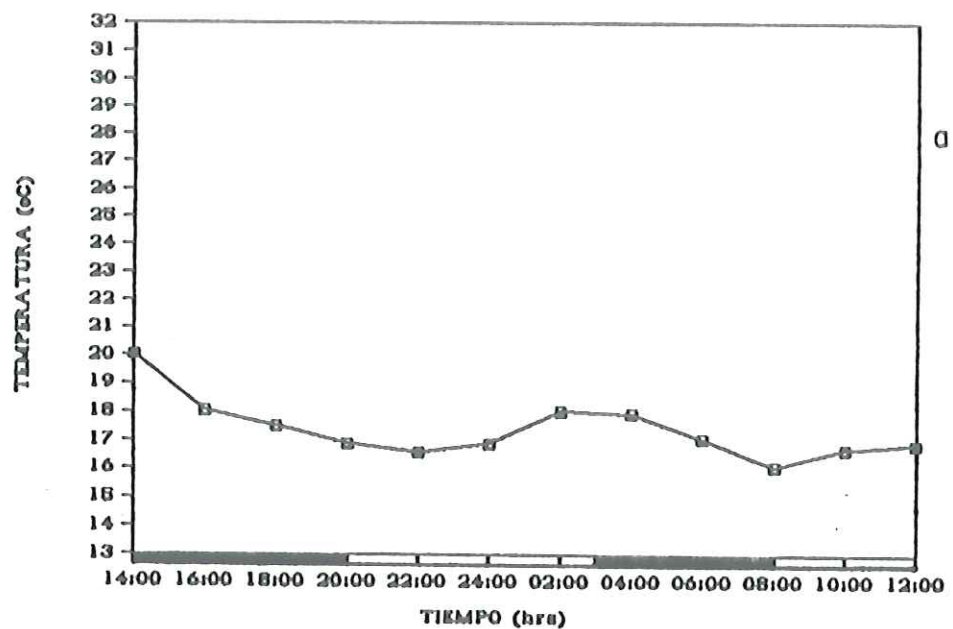


FIG. 25 - REGISTRO CIRCADIANO DE TEMPERATURA (°C)
 a) NOVIEMBRE ; b) FEBRERO

□ Flujo
 ■ Reflujo

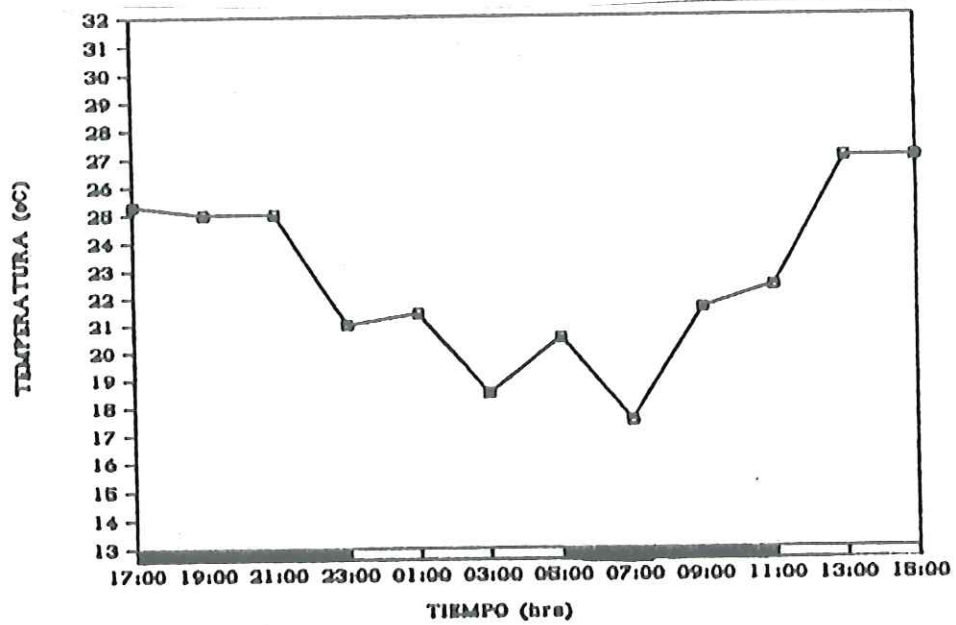


FIG. 26 - REGISTRO CIRCADIANO DE TEMPERATURA (°C)
EN ABRIL .

Flujo
Reflujo

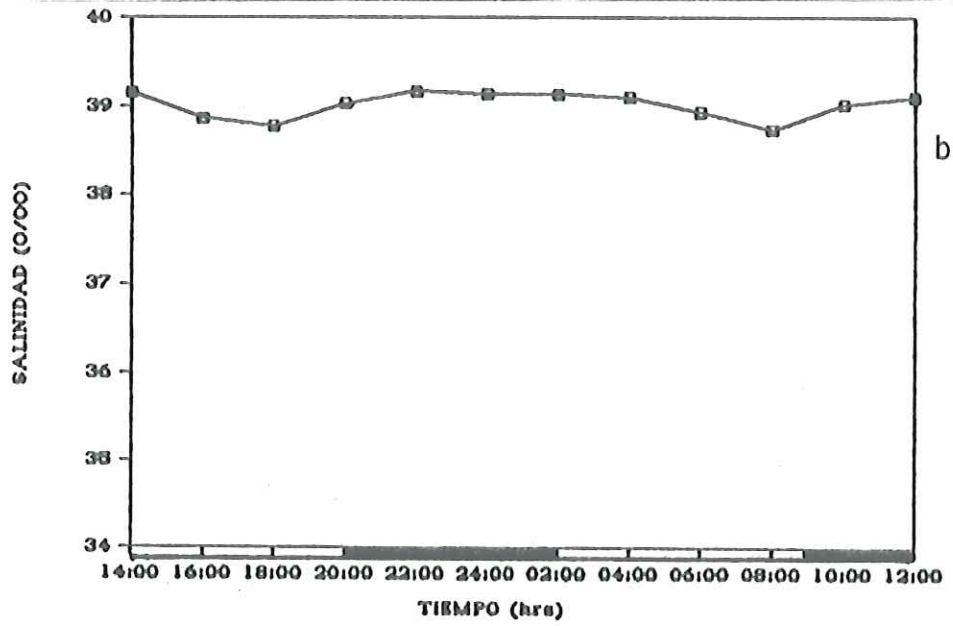
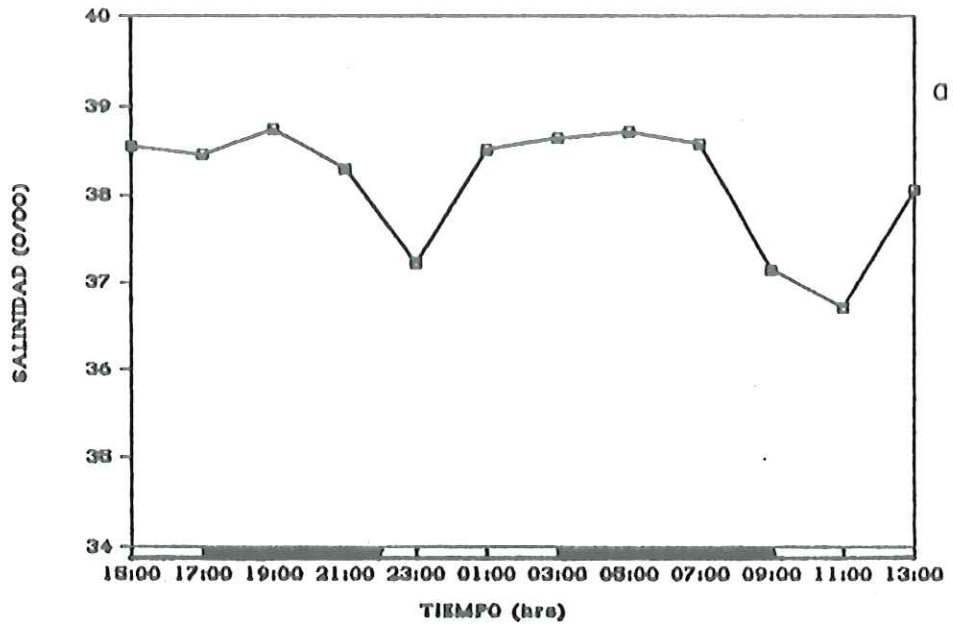


FIG. 27 - REGISTRO CIRCADIANO DE SALINIDAD (‰)
 a) JUNIO ; b) AGOSTO

□ Flujo
 ■ Reflujo

III.2.2.4. Febrero

Nuevamente la salinidad muestra un comportamiento en relación directa con el ciclo de marea, con los valores disminuyendo durante el reflujó. El valor máximo fué de 36.703 o/oo a las 16:00 horas y el mínimo de 34.421 o/oo a las 22:00 horas, (Fig. 28b).

III.2.2.5. Abril

El patrón general se presenta en relación directa a la marea, con un comportamiento semidiurno. Los valores de salinidad en general fueron mayores que los registrados en febrero, pero muy similares al los meses de noviembre y junio. El valor máximo fué de 38.449 o/oo a las 05:00 horas y el mínimo de 36.639 o/oo a las 11:00 horas, (Fig. 29).

III.2.3. OXIGENO

III.2.3.1. Junio

La figura 30a, presenta un comportamiento general de oxígeno disuelto regido por el ciclo de marea, de manera que los valores decrecen durante el reflujó y viceversa. El rango de variación es de 1.21 ml/l, presentando un máximo de 4.21 ml/l a las 17:00 hrs. y un mínimo de 3.0 ml/l a las 23:00 hrs. Por otra parte la figura 30b señala que el patrón general del porcentaje de saturación de oxígeno, está estrechamente relacionado con la concentración de oxígeno disuelto, observándose además que los valores registrados se encuentran por debajo del 100 % de saturación. Siendo estos del 67 al 97 %.

III.2.3.2. Agosto

El patrón registrado para la concentración de oxígeno disuelto (Fig. 31a) se ve influenciado en forma directa por el ciclo de marea, es decir, con los valores aumentando durante el flujo y viceversa. En general los valores de oxígeno disuelto decrecen con respecto al mes anterior, presentando un máximo de 3.61 ml/l a las 16:00 hrs. y un mínimo de 2.68 ml/l a las 24:00 hrs. El porcentaje de saturación de oxígeno y su relación con la concentración de oxígeno disuelto es evidente, mostrando también la influencia de la marea, y los valores menores al 100% (62 a 86 %), (Fig. 31b).

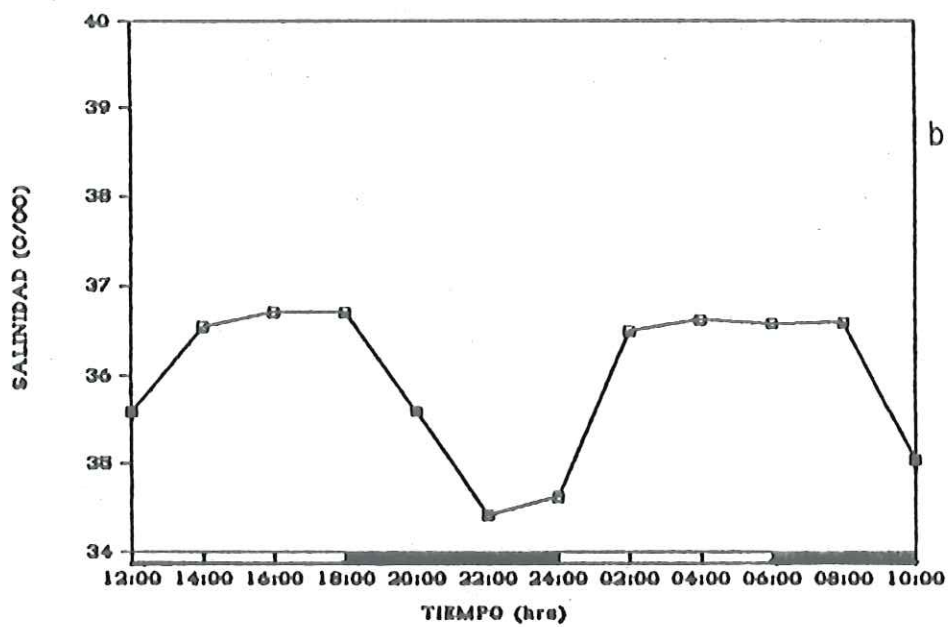
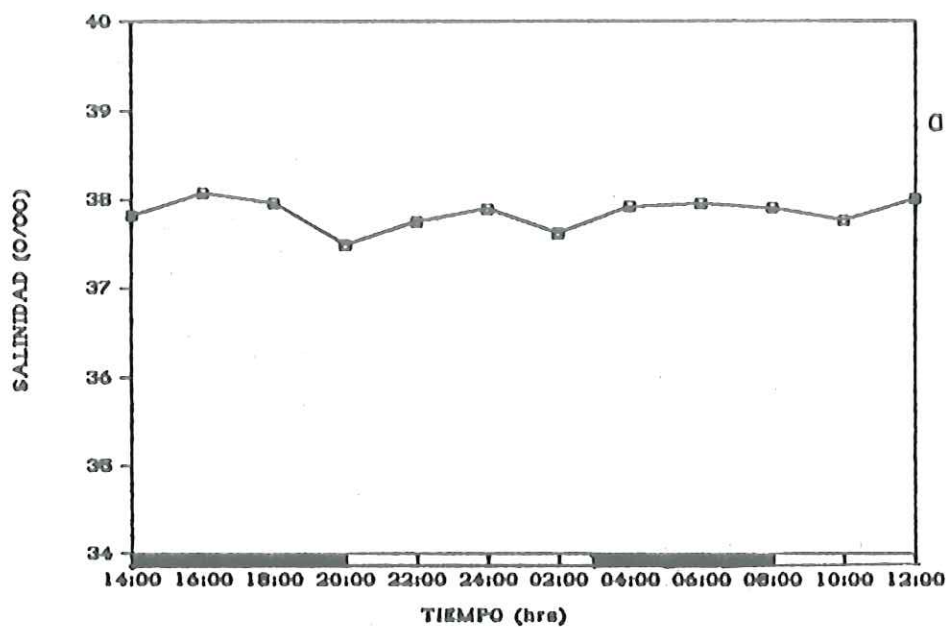


FIG. 28 - REGISTRO CIRCADIANO DE SALINIDAD (‰)
a) NOVIEMBRE ; b) FEBRERO

□ Flujo
■ Reflujo

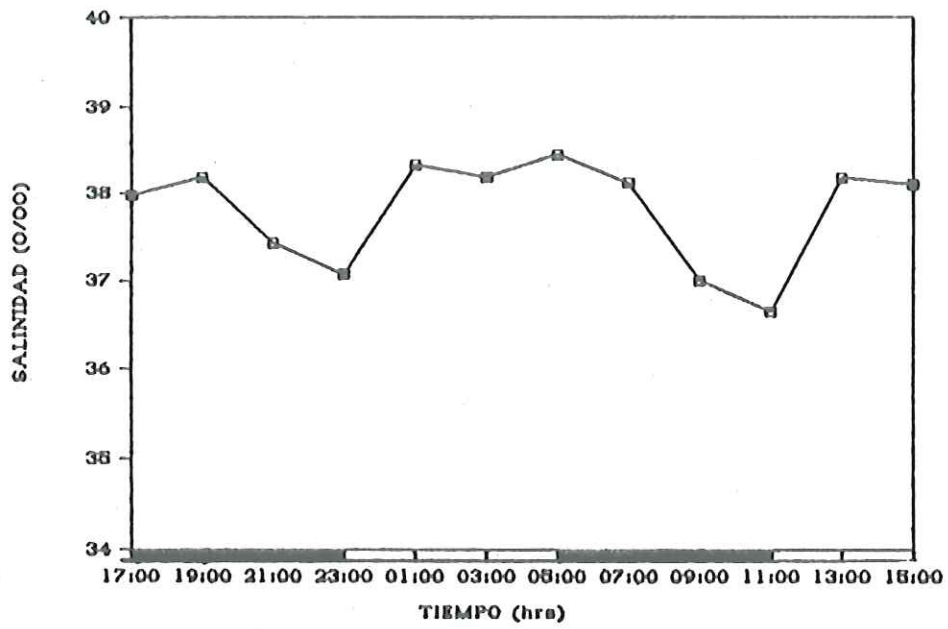


FIG. 29 - REGISTRO CIRCADIANO DE SALINIDAD (‰)
EN ABRIL .

□ Flujo
■ Reflujo

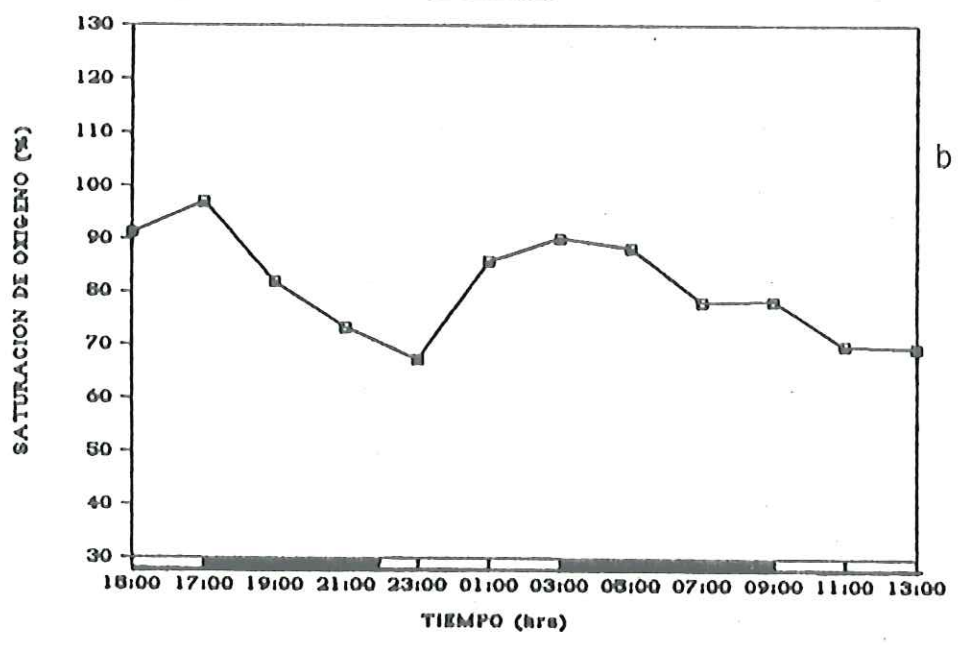
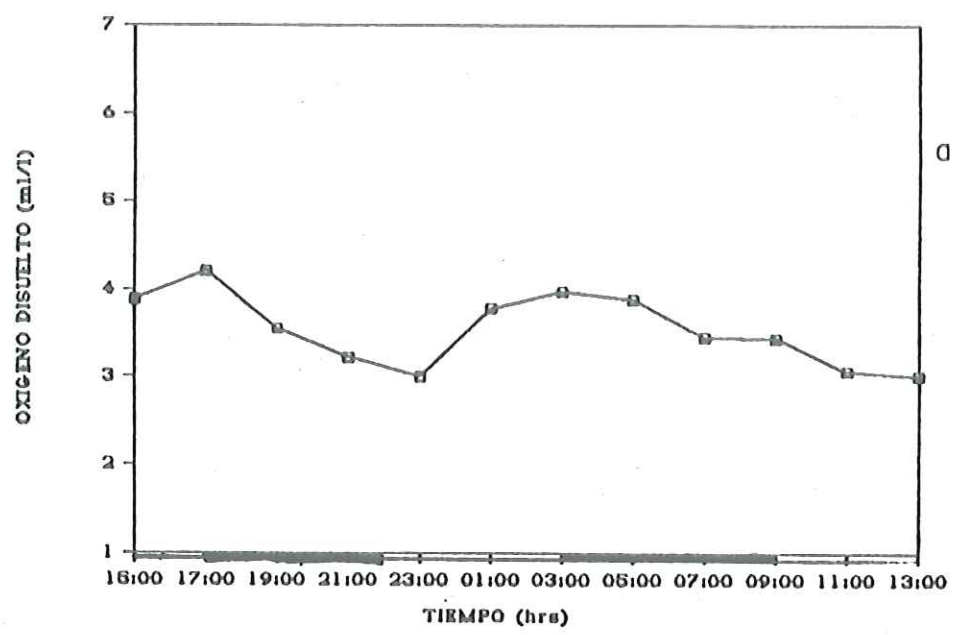


FIG. 30 - REGISTRO CIRCADIANO PARA JUNIO

- a) OXIGENO DISUELTO (ml / l)
- b) SATURACION DE OXIGENO (%)

□ Flujo
■ Reflujo

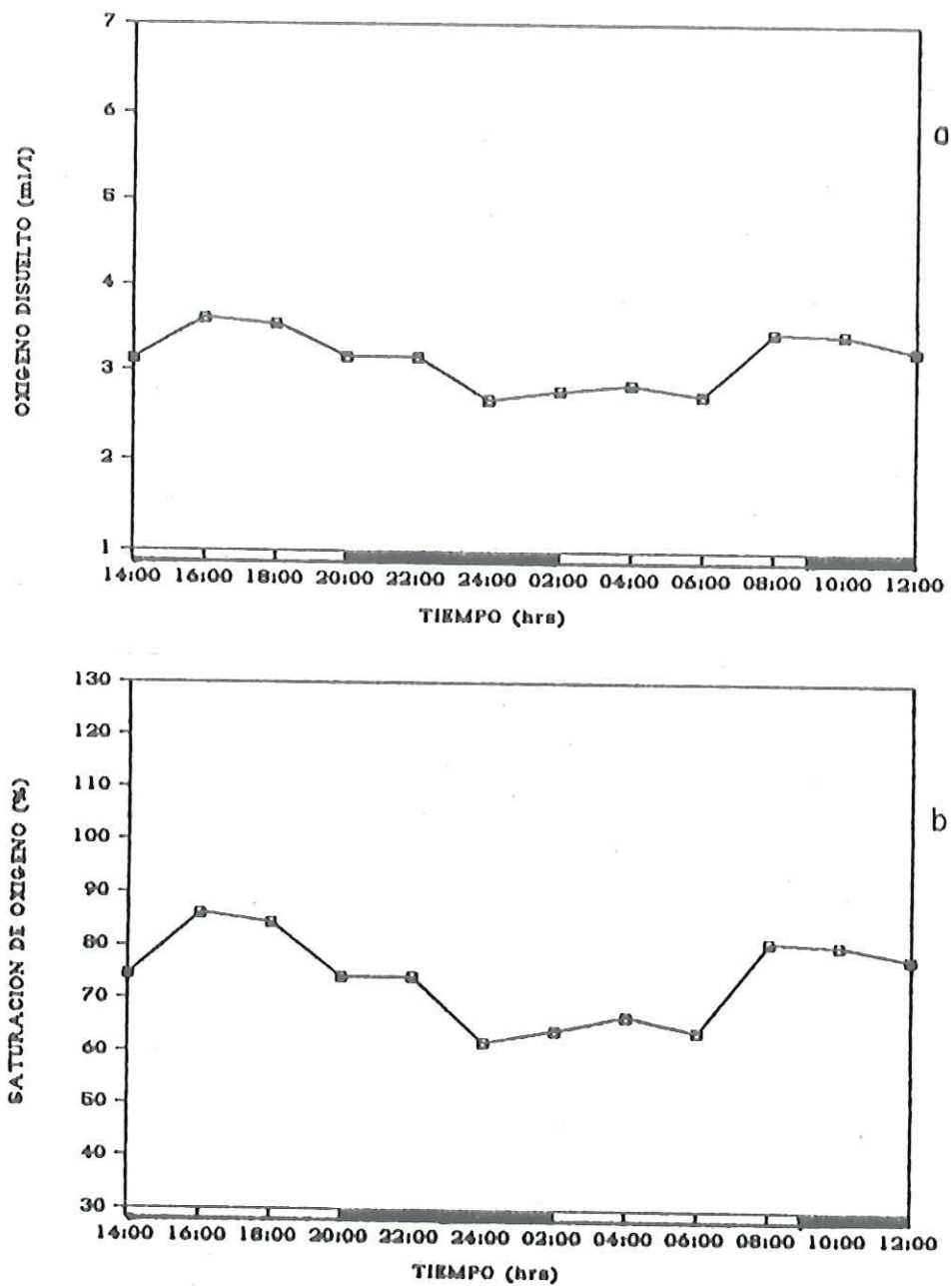


FIG. 31.- REGISTRO CIRCADIANO PARA AGOSTO

a) OXIGENO DISUELTO (ml/l)

b) SATURACION DE OXIGENO (%)

□ Flujo

■ Reflujo

III.2.3.3. Noviembre

Tanto para la concentración de oxígeno disuelto como para el porcentaje de saturación de oxígeno, se presenta un comportamiento muy inestable, lo que no permite una asociación con el ciclo de marea, sin embargo entre ellos muestran una estrecha relación. El valor máximo de oxígeno disuelto fue de 6.14 ml/l a las 14:00 hrs, mientras que el mínimo fue de 5.32 ml/l se registró a las 04:00 hrs, (Fig. 32a). Este fue el único mes que presentó valores superiores al 100 % de saturación (100 a 121 %), (Fig. 32b).

III.2.3.4. Febrero

El patrón para este mes se presenta nuevamente influenciado por la marea, con los valores de oxígeno disminuyendo durante el reflujó y viceversa, (Fig. 33a), mostrando también una íntima relación con el porcentaje de saturación (Fig. 33b) el cual fue menor al 100 % (41 al 90 %). El rango de variación de oxígeno disuelto fue de 3.0 ml/l con un valor máximo de 5.35 ml/l a las 04:00 hrs y un mínimo de 2.4 ml/l a las 10:00 hrs, (Fig. 33a).

III.2.3.5. Abril

Al igual que los meses anteriores, el ciclo de marea ejerce una influencia directa sobre el oxígeno, con los valores disminuyendo durante el reflujó y viceversa. Presentando un valor máximo de 3.43 ml/l a las 17:00 hrs y un mínimo de 2.52 ml/l a las 11:00 hrs (Fig. 34a). La relación entre el oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación de oxígeno vuelve a presentarse, sin embargo, éste mes presentó los valores más bajos de porcentaje de saturación en el año, (Fig. 34b).

III.2.4. PROMEDIOS

La figura 35 muestra el promedio mensual de las temperaturas obtenidas de los registros circadianos, presentando los mayores valores en los meses de junio y agosto (> 28 °C), y los menores durante noviembre y febrero (< 18 °C), mientras que el mes de abril se mantiene intermedia (22 a 24 °C).

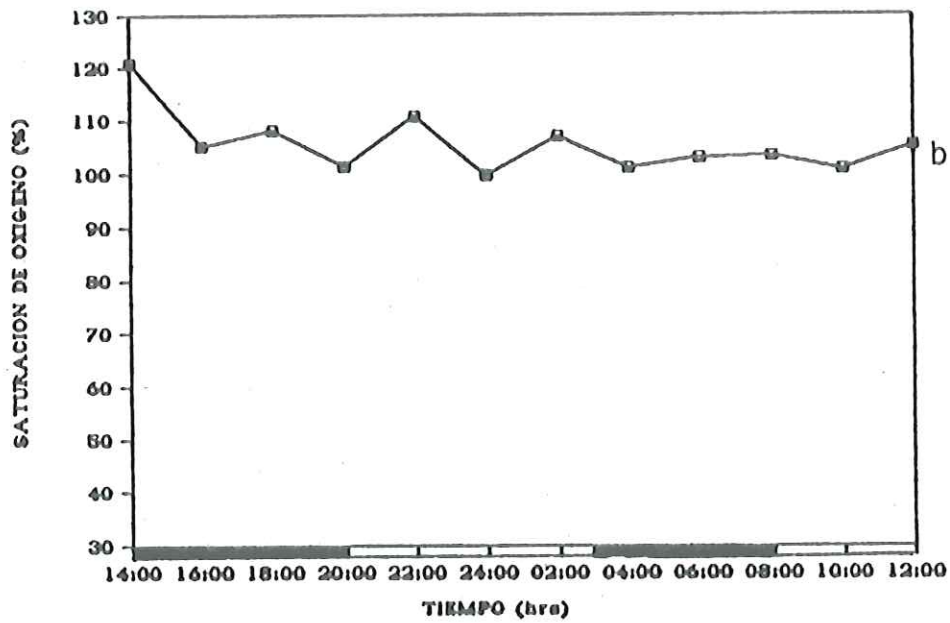
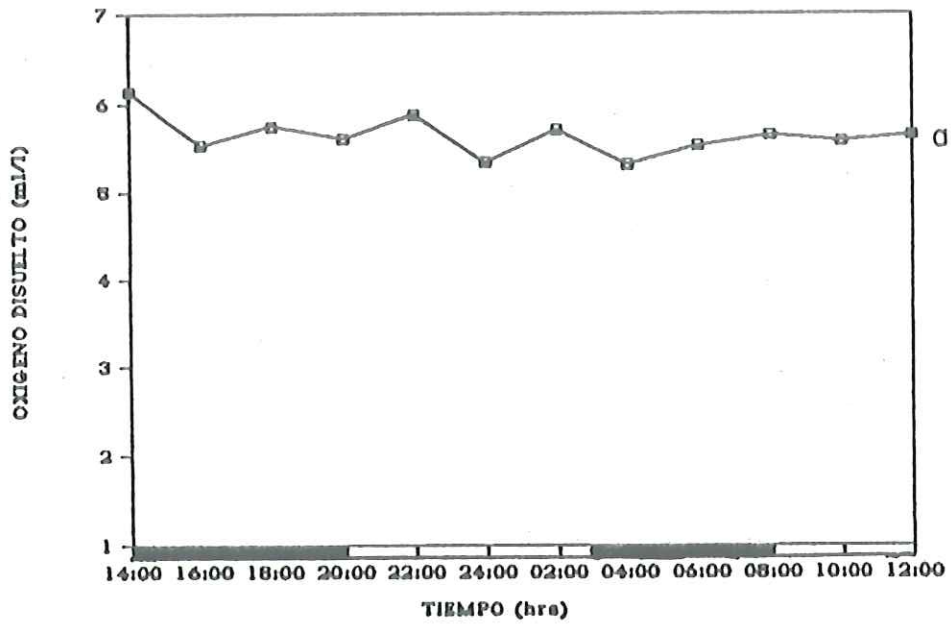


FIG. 32- REGISTRO CIRCADIANO PARA NOVIEMBRE

a) OXIGENO DISUELTO (ml/l)

b) SATURACION DE OXIGENO (%)

- Flujo
- Reflujo

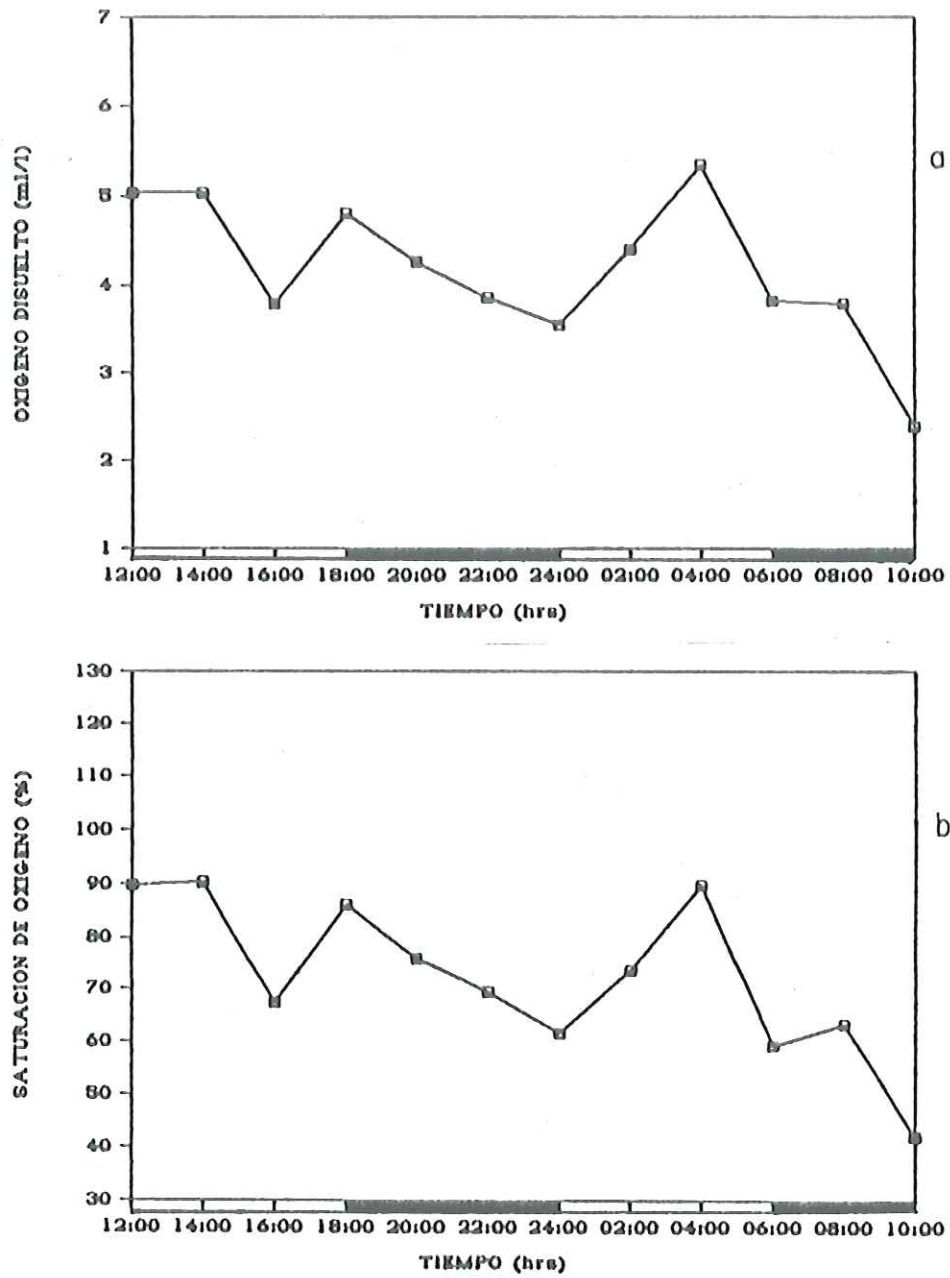


FIG. 33 - REGISTRO CIRCADIANO PARA FEBRERO
 a) OXIGENO DISUELTO (ml/l)
 b) SATURACION DE OXIGENO (%)

□ Flujo
 ■ Reflujo

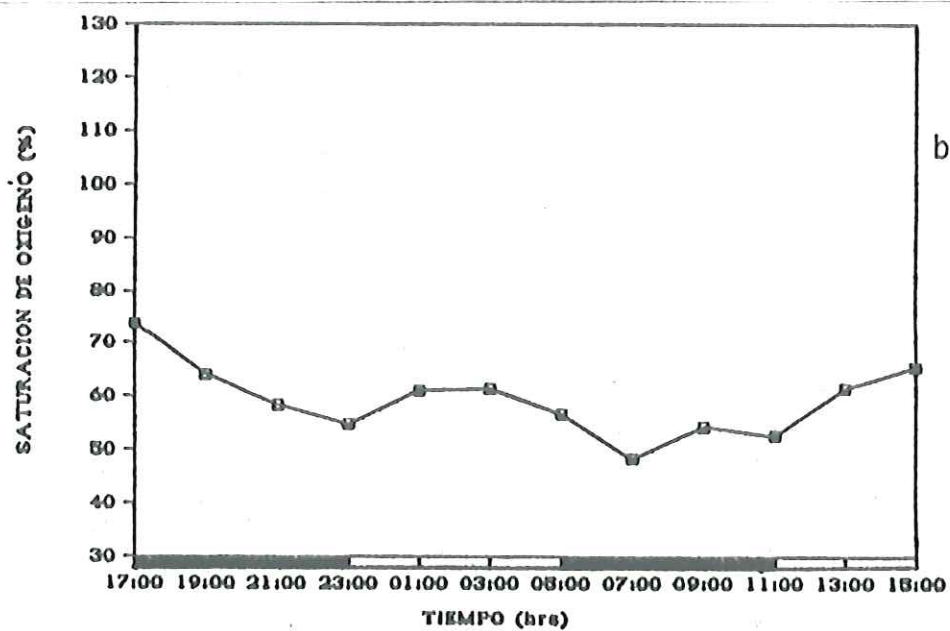
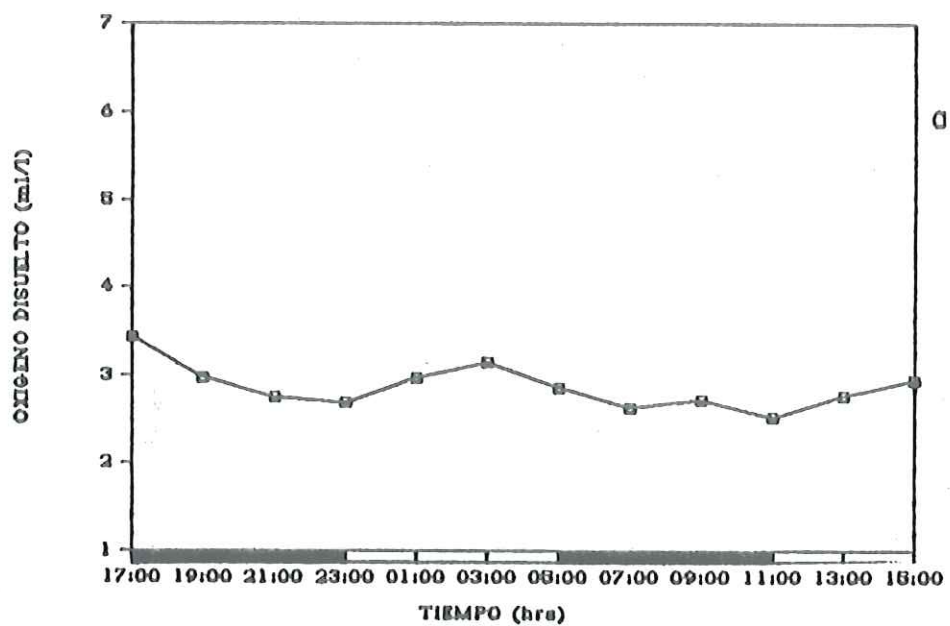


FIG. 34 - REGISTRO CIRCADIANO PARA ABRIL
 a) OXIGENO DISUELTO (ml/l)
 b) SATURACION DE OXIGENO (%)

□ Flujo
 ■ Reflujo

A diferencia de la temperatura, el comportamiento de los promedios mensuales de salinidad, los cuales fluctúan de 36 a 38 o/oo, permiten observar una homogeneidad a través del año, (Fig. 36).

El comportamiento de los valores promedio de oxígeno disuelto en los meses, es más variable que el de la salinidad, mostrando una relación inversa con la temperatura, con los menores en los meses de junio, agosto y abril (> 3.5 ml/l), mientras que febrero y en especial noviembre presentaron los valores altos de 4.1 y 5.7 ml/l, respectivamente, (Fig. 37).

III.3. TRATAMIENTO ESTADISTICO

El ANOVA no paramétrico de una vía de Kruskal-Wallis en la comparación de los registros circadianos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, con un valor crítico de $H = 13.3$ ($\alpha = 0.01$; g.l. = 4), señaló la existencia de diferencias significativas entre los meses, con valores calculados para H de 55.75, 47.13 y 44.07 para temperatura, salinidad y oxígeno disuelto respectivamente, rechazándose la hipótesis nula.

Los resultados de la prueba de Tukey, mostrados en la tabla II, señalan que no existen pruebas significativas entre los meses de agosto-junio, noviembre-febrero, abril-junio y abril-noviembre, a tales asociaciones les denomine épocas, correspondiendo a la época cálida asociación agosto-junio, la asociación noviembre-febrero a la época fría y el mes de abril a la época templada.

La comparación entre las épocas para todas las variables, mediante el ANOVA no paramétrico de 1 vía, con valor crítico de $H = 9.21$ ($\alpha = 0.01$; g.l. = 2), señala diferencias estadísticamente significativas entre las épocas.

Los resultados de la prueba de Tukey (Tabla III) confirman tales diferencias, con respecto a la temperatura, rechazando la hipótesis nula.

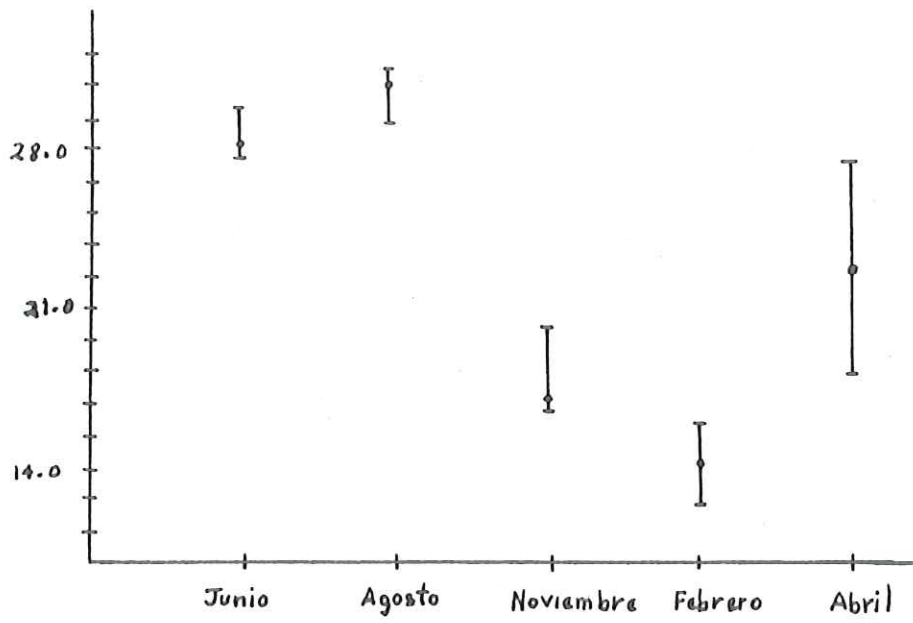


Fig. 35.- Relación entre el valor promedio, máximo y mínimo de temperatura en los registros circadianos.

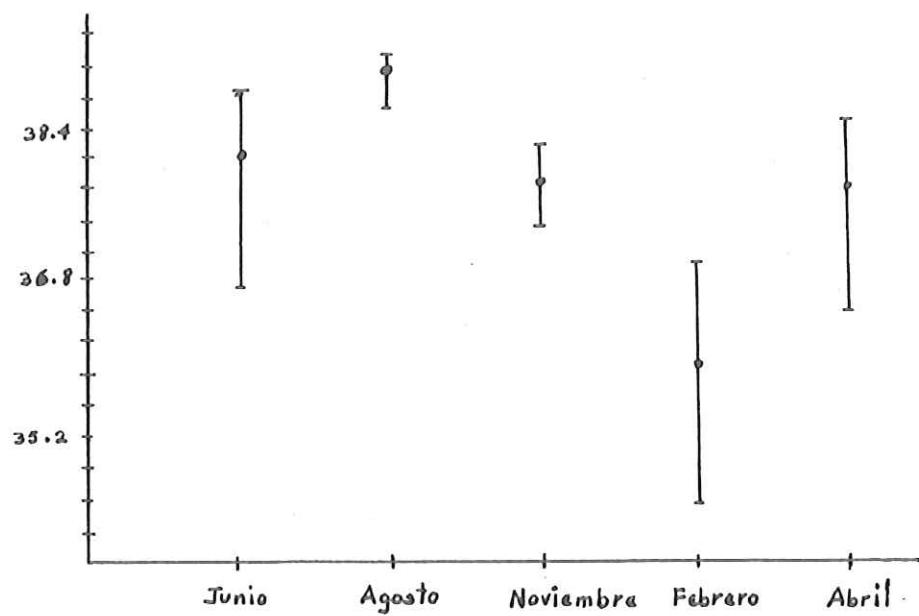


Fig. 36.- Relación entre el valor promedio, máximo y mínimo de salinidad en los registros circadianos.

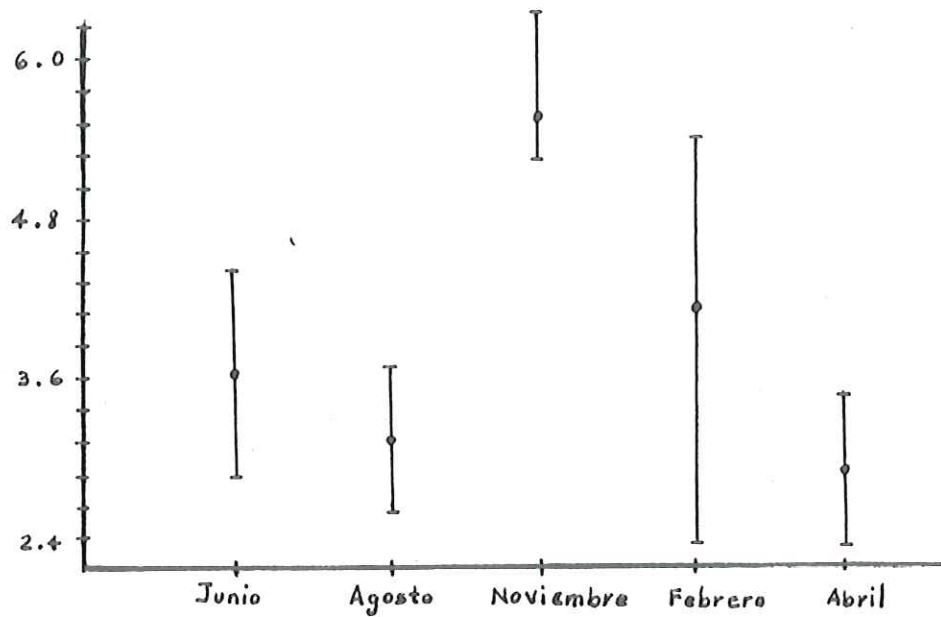


Fig. 37.- Relación entre el valor promedio, máximo y mínimo de oxígeno disuelto en los registros circadianos.

TABLA II - RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TUKEY NO PARAMETRICA DE COMPARACION MULTIPLE PARA LA TEMPERATURA DE LOS REGISTROS CIRCADIANOS EN LA ESTACION 8.

H_0 : TODOS LOS MESES EN QUE SE LLEVO A CABO REGISTRO CIRCADIANO SON IGUALES.

Q CRITICA = 2.807 ($\alpha = 0.5$; g. l. = 5)

	JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	FEBRERO
AGOSTO	2.1654			
NOVIEMBRE	4.770 *	6.9424 *		
FEBRERO	7.2482 *	9.4135 *	2.4712	
ABRIL	2.5786	4.7440 *	2.1984	4.696 *

* SE RECHAZA H_0

TABLA III - RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TUKEY NO PARAMETRICA DE COMPARACION MULTIPLE PARA LA TEMPERATURA DE LAS EPOCAS.

H_0 : TODAS LAS EPOCAS SON IGUALES

Q CRITICA = 2.394 ($\alpha = 0.5$; g. l. = 3)

	CALIDA	FRIA
FRIA	7.097 *	
TEMPLADA	2.998 *	2.812 *

* SE RECHAZA H_0

IV DISCUSIONES

Tanto la distribución espacial como los registros circadianos de temperatura, mostraron una marcada fluctuación a través del año, (Fig. 35). Específicamente, los registros circadianos y la prueba estadística de Tukey (Tabla I y Tabla II) establecen claramente, la existencia de dos épocas bien definidas: una cálida (para el período junio-agosto), con intervalo de variación de 2.1 °C y otra fría (para el período de noviembre-febrero), cuyo intervalo de variación es de 3.3 °C, señalando también al mes de abril como una época no bien definida, ya que se asocia con un mes cálido y uno frío, por lo que se denominó como templada, presentando el mayor intervalo de variación (10 °C), por lo que la temperatura ambiental influyó fuertemente a la del agua, (Figs. 5, 6, 7, 24a, 24b, 25a y 25b). Lo anterior concuerda con lo citado por Contreras (1988), en cuanto a que por lo general en los estuarios y lagunas costeras la temperatura del agua es similar a la atmosférica. Así mismo, Bourillón-Moreno *et al.*, (1988) reportan para el delta del Río Colorado, que la temperatura superficial del agua, se encuentra controlada principalmente por las condiciones atmosféricas como temperatura ambiental y vientos que se presentan durante el año. Esta estrecha relación, es debido a lo somero de la zona.

En junio y agosto, que fueron los meses que presentaron mayor temperatura del agua, la influencia de la temperatura atmosférica, no es tan clara en la parte norte del río (Figs. 3, 4, 8 y 9), lo que puede explicarse con el posible afloramiento de agua dulce con menor temperatura procedente del subsuelo, ya que a pesar de que el Río Colorado no vierte sus aguas en forma directa a la zona, no debe descartarse la posibilidad de escurrimiento de agua dulce a través de los sedimentos.

Los valores bajos de temperatura registrados en las zonas central y sur, se pueden deber a la presencia de bajos que acentúan lo somero de la zona permitiendo la influencia del viento y la temperatura ambiental.

Harrison y Phyzacklea (1987a y b), señalan la existencia de gradientes verticales de temperatura, desarrollados en los sedimentos lodosos, afirmando que la temperatura está sujeta a procesos de difusión por el intercambio lodo-agua. La zona de interés posee también sedimentos lodosos, pero desgraciadamente no contamos con estos datos.

El establecimiento de las diferentes épocas del año y a la influencia de las condiciones ambientales sobre la temperatura en las zonas someras, seguramente serán factores importantes a considerar en la planeación de granjas camaroneras.

En cuanto a la salinidad, el estudio mostró una gran uniformidad, con variaciones de 3 o/oo a través del año, (Fig. 36). Coincidiendo con Morton (1989), quien reporta salinidades homogéneas en la zona y durante el día, en un estuario en Australia, con variaciones de 2 o/oo en períodos de 24 hrs. Tal comportamiento se debe, a la batimetría, a la evaporación y a la alta mezcla que se presenta en el delta del Colorado, debido a las fuertes corrientes de marea.

Se observa un gradiente horizontal de la salinidad durante la distribución espacial (Figs. 10, 12, 14, 15 y 16), que disminuye de la boca del estuario hacia el río. Lo anterior, resultó similar a lo reportado por Silva (1989), en el Golfo St. Vincent y con Leighton *et al.*, (1987), para esteros de la zona central de Chile, así como también con lo citado por Darmonoian y Linqvist (1988), para estuarios del delta de los ríos Tigris y Eufrates en el Golfo Arabigo.

Se observó también, la existencia de valores bajos durante reflujos y viceversa (Figs. 27a, 28b y 29), por lo que la variación temporal de la salinidad fué controlada por el ciclo de marea. Este mismo comportamiento, fué reportado por Lafontaine *et al.*, (1984) para el estuario de St Lawrence, pero con salinidades mucho más bajas (24-26 o/oo). Por otra parte, Meshal (1987) reporta para la laguna Hatiba, un gradiente horizontal de la salinidad y su relación con el ciclo de marea, pero en forma inversa, es decir con mayores salinidades en la cabeza durante marea baja, la diferencia estriba en que su estudio se refiere a una laguna costera hipersalina (>50o/oo), sin aporte de agua dulce y limitadas por lo tanto a la marea.

Tanto la variación espacial como temporal de la salinidad, se debe posiblemente a la batimetría de la zona, la cual presenta menor profundidad hacia el río y al aporte de agua dulce del Río Colorado, por filtración a través de los sedimentos. La gran turbulencia,

provoca fuertes procesos de mezcla , que impedirían la formación de la cuña salina, desgraciadamente no fue posible corroborarlo ya que las fuertes corrientes de la zona impidieron tomar muestras del fondo.

Existen dos excepciones al patrón general presentado por la salinidad; agosto que presentó un comportamiento inverso, en el gradiente horizontal y con respecto a la marea (Fig. 11 y 27b) y noviembre, que no mostró un patrón bien definido, (Fig. 28a). Contreras (1988), menciona que en delta del Colorado es una zona con gran evaporación. También, la influencia del viento sobre el incremento en la evaporación y por consecuencia en la salinidad es reportada por Silva (1989) para el Golfo St Vincent. Por lo que muy posiblemente, las variaciones encontradas en agosto se deban a que, al registrarse las mayores temperaturas del año para este mes, así como un ambiente seco, se hayan intensificado los procesos de evaporación, enmascarando el aporte de agua dulce del río, mientras que para noviembre, días antes del muestreo, se reportaron lluvias y fuertes vientos, lo que causó gran turbulencia en la zona y no permitió observar un comportamiento definido.

Es posible que los altos valores de salinidad (>36 o/oo) durante todo el año, influyan en el ciclo de vida de los organismos que habitan la zona, específicamente en los camarones, ya que los camarones requieren aguas con diferentes concentraciones de salinidad a través de su ciclo de vida (Barnes, 1984). El insignificante aporte de agua dulce del Río Colorado, durante los últimos años (SARH, 1984-1989) trae consigo, modificaciones en el habitat, pudiendo asociarse a los descensos en la pesquería del camarón y otras especies comerciales, señalados por cooperativas del Golfo de Santa Clara, Son., (comunicación personal).

Al-Hassan y Hussain (1985) reportan que el cambio en parámetros físicos, químicos y biológicos característicos de una zona, influyen en la ictiofauna nativa del lugar. Contreras (1988), menciona que la salud de los sistemas estuáricos está en función de una buena mezcla y el establecimiento de regímenes salobres.

Los valores superficiales de oxígeno disuelto, señalaron un gradiente horizontal que disminuye de la boca del estuario hacia el río (Figs. 17, 18, 20, 21 y 22), un descenso en los valores de oxígeno durante el refluo (Figs. 30a, 31a, 33a y 34a), así como valores de porcentaje de saturación de oxígeno menores a la capacidad que tiene el medio de contenerlo,

(Figs. 30b, 31b, 33b y 34b). La influencia de la marea, su consecuente acarreo de sedimentos a la zona estuarina y su influencia sobre el oxígeno, es similar a lo citado por Morton (1989) para un estuario australiano. Bourillón-Moreno *et al.*, (1988), menciona que los sedimentos del delta del Colorado, poseen alto contenido de material orgánico, lo que hace que la zona sea rica en bacterias, plancton, peces y crustáceos. Stross y Souol (1989) mencionan que en un ambiente estuarino del Río Hudson, la luz que penetra es atenuada por los sedimentos y el fitoplancton, y que mucho del material suspendido flocula y se asienta incrementando el contenido de material orgánico en el fondo.

Sharp *et al.*, (1982), reportan para el Estuario Delaware valores superiores al 35% de saturación de oxígeno, señalando también una alta suspensión de los sedimentos y sus efectos sobre la productividad. Weihaupt (1984), menciona que la concentración de oxígeno disuelto en el agua, se ve regulada por el intercambio mar-atmósfera, la temperatura, la salinidad, a procesos oxidativos y a la actividad biológica. Los valores de subsaturación de oxígeno (Figs. 30b, 31b, 33b y 34b), indican una alta demanda de oxígeno en la zona, posiblemente debida a la alta suspensión de sedimentos ricos en materia orgánica, trayendo consigo procesos de respiración por los organismos y oxidación de la materia orgánica. Además, datos de nutrientes en la zona, presentan un comportamiento inverso al ciclo de marea, con incrementos durante el reflujo, (Hernández-Ayón, comunicación personal*), lo que también puede ser causa de los bajos valores de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno durante marea baja, por la formación de sus formas oxidadas, tales como NO_3^- , NO_2^- y PO_4^{3-} .

Se observa también, que las concentraciones máximas de oxígeno disuelto durante el día, son registradas en las horas de la tarde ó de la madrugada, (Figs. 30a, 31a, 32a y 33a), lo que se puede deber a que en esas horas, la temperatura descendía permitiendo una mayor solubilidad, así como a la marea, ya que esta se encontraba subiendo, provocando el intercambio mar atmósfera y atenuando la influencia de la temperatura ambiental, sobre la zona. Esta relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto, se observa también en los valores promedio, (Fig. 35 y 37), correspondiendo valores bajos de oxígeno a la época cálida y viceversa.

Al igual que la salinidad, el oxígeno durante el mes de noviembre no presentó un patrón definido observándose una gran variabilidad tanto en la distribución superficial (Fig. 19) como en el registro circadiano de oxígeno disuelto (Fig. 32a). Además, el porcentaje de saturación de oxígeno para el mes de noviembre (Fig. 32b), señala una sobresaturación de oxígeno en la zona, siendo único este comportamiento, durante los meses muestreados.

Gabrielson y Lukatelich (1985) y Demers *et al.*, (1987), señalan la influencia que ejerce el viento sobre las mareas, formación de olas y su consecuente resuspensión de sedimentos y materia orgánica particulada.

La presencia de lluvias y vientos días antes del muestreo, originó descensos en la concentración de oxígeno por resuspensión de los sedimentos del fondo conteniendo materia orgánica y por exceso de respiración de los organismos, mientras los incrementos en los valores de oxígeno pueden atribuirse a la turbulencia que promueve el intercambio océano-atmósfera. La sobresaturación de oxígeno para este mes, indica que hay más producción que demanda, siendo la única ocasión del año en que se presenta.

El intervalo de variación de las distintas variables, fué menor durante el día (registros circadianos) (Figs. 24 a 34), que en la distribución espacial (Figs. 3 a 23). Lo que señala que en el Delta del Colorado, la variación espacial es mayor a la temporal.

En general la distribución espacial para la temperatura, presentó un valor máximo en junio y agosto de 31.4 °C y un mínimo de 9.8 °C en diciembre. El valor máximo de salinidad (39.25 o/oo), se registró en agosto y el mínimo (33.37 o/oo) en febrero; el valor máximo de oxígeno (8.12 ml/l) correspondió al mes de febrero, mientras el mínimo (2.5 ml/l) al mes de abril.

Comparando lo anterior, con los resultados obtenidos por Alvarez-Borrego y Galindo-Bect (1974) y Alvarez-Borrego *et al.*, (1975b) estos presentan una gran similitud, señalando a la zona como una región extremosa. Las diferencias existentes, entre los estudios antes mencionados y el presente son debidas a que los valores puntuales registrados, durante la distribución espacial, varían con el tiempo, de lugar a lugar, con las mareas, con las condiciones ambientales y con el intervalo de fluctuación de las variables, (Grasshof, 1976 y Livingston, 1987).

La batimetría que presenta el delta del Colorado, es un factor que debe considerarse en la planeación de las granjas camaroneras, ya que permite que condiciones ambientales, tales como temperatura atmosférica, vientos y por consiguiente la evaporación y resuspensión de los sedimentos, influyan sobre la temperatura superficial del agua, la salinidad y el oxígeno disuelto, alterando el ciclo de vida de los organismos.

V CONCLUSIONES

1) La temperatura superficial del agua, posiblemente se vea regida principalmente por la temperatura ambiental y el viento, presentándose una gran fluctuación durante el año (9-32°C)

2) Se establecen tres épocas con respecto a la temperatura, dos de ellas claramente definidas, una cálida con valores de temperatura mayores de 28 °C y otra fría con valores menores a 18 °C, así como una templada con valores entre 20 y 25 °C.

3) El gradiente de salinidad, que disminuye de la boca hacia el río, así como un comportamiento durante el día regido por el ciclo de marea generalmente en forma directa, con los valores disminuyendo durante el reflujó y viceversa, puede ser debido a un posible aporte de agua dulce por el Río Colorado mediante filtración a través de los sedimentos, así como fuertes procesos de evaporación.

4) El oxígeno al igual que la temperatura presenta una gran variabilidad a través del año, correspondiendo valores altos a los meses fríos y viceversa, así como un patrón general similar al de la salinidad, con los valores disminuyendo de la boca hacia al río y regido durante el día por el ciclo de marea. Reportando valores de porcentaje de saturación de oxígeno, por lo regular menores al 100%, indicando una alta demanda de oxígeno ya sea por respiración de los organismos u oxidación de materia orgánica.

5) Se observó la importancia que presenta la batimetría de la zona, ya que la poca profundidad permite que la temperatura atmosférica, los vientos, la evaporación y la resuspensión de los sedimentos influyan sobre la temperatura del agua, la salinidad y la concentración de oxígeno disuelto.

VI RECOMENDACIONES

- Se sugieren análisis de agua intersticial para corroborar la filtración de agua dulce a través de los sedimentos.
- Se sugieren estudios hidrológicos en canales y bajos de la zona para observar su influencia y elegir el mejor lugar para el establecimiento de las granjas camaroneras.

VII LITERATURA CITADA

- Acosta-Ruíz, M.deJ. y S. Alvarez-Borrego; 1974. DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ALGUNOS PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA EN OTOÑO E INVIERNO. *Ciencias Marinas*, 1(1):16-45
- Al-Hassan, L.A.J. and Hussain, N.A. 1985. HYDROLOGICAL PARAMETER INFLUENCING THE PENETRATION OF ARABIAN GULF FISHES INTO THE SHATT AL ARAB RIVER, IRAQ. *Cybum*, 9(1):7-16
- Alvarez-Borrego, S.; 1980. ECOLOGIA DE LAGUNAS COSTERAS Y MARES ADYACENTES DE BAJA CALIFORNIA. En: *Discusiones Internas Sobre Labores de Investigación y Docencia C.I.C.E.S.E. Ensenada, B.C.* pp. 130-137.
- Alvarez-Borrego, S., Ballesteros-Grijalva, G. y A. Chee-Barragán; 1975a. ESTUDIO DE ALGUNAS VARIABLES FISICOQUIMICAS SUPERFICIALES EN SAN QUINTIN, EN VERANO, OTOÑO E INVIERNO. *Ciencias Marinas*, 2(2):1-9
- Alvarez-Borrego, S., Flores-Baéz, B.P. y Galindo-Bect, L.A. 1975b. HIDROLOGIA DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA. II. CONDICIONES DURANTE INVIERNO, PRIMAVERA Y VERANO. *Ciencias Marinas*, 2(1):21-36
- Alvarez-Borrego, S. y L.A. Galindo-Bect; 1974. HIDROLOGIA DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA. I. CONDICIONES DURANTE OTOÑO. *Ciencias Marinas*, 1(1):46-64
- Barnes, R.D.; 1984. ZOOLOGIA DE LOS INVERTEBRADOS 4a. ed. Edit. Interamericana S.A. de C.V., México. pp. 1157
- Bourillón-Moreno, L., Cantú-Díaz Barriga, A., Ambrosi-Eccardi, F., Lira-Fernández, E., Ramírez-Ruíz, J., Velarde-González, E. y Zavala-González, A.; 1988. ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA. Coedición Secretaría de Gobernación/UNAM. México. pp. 59-75
- Carranza-Edwards, A.; Gutiérrez-Estrada, M. y Rodríguez T.R. 1975. UNIDADES MORFOTECTONICAS CONTINENTALES DE LAS COSTAS MEXICANAS. *An. Centr. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M.* 2(1):81-88

- Contreras, F.; 1988.LAS LAGUNAS COSTERAS MEXICANAS. 2a. ed. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. pp. 263.
- Darmoian, S.A. and Lindqvist, K. 1988. SEDIMENTS IN THE ESTUARINE ENVIRONMENT OF THE TIGRIS/EUPHRATES DELTA; IRAQ; ARABIAN GULF. *Geological Journal* (23):15-37.
- Demers, S., Therriault, J.C., Bourget, E. and Bah, A. 1987. RESUSPENSION IN THE SHALLOW SUBLITTORAL ZONE OF A MACROTIDAL ESTUARINE ENVIRONMENT: WIND INFLUENCE. *Limnol. Oceanogr.* 32(2):327-339.
- Díaz-Heredia, R.; 1978. DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ALGUNOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS EN LA LAGUNA ORIENTAL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, OAXACA. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. pp. 69
- Gabrielson, J.O. and Lukatelich, R. J. 1985. WIND-RELATED RESUSPENSION OF SEDIMENTS IN THE PEEL-HARVEY ESTUARINE SYSTEM. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (20):135-145.
- Galindo-Bect, L.A. y B.P. Flores-Baéz; 1974. HIDROGRAFIA DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C.
- Galindo-Bect, M.S.; 1979. HIDROLOGIA COMPARATIVA EN LA BOCA DE DOS SISTEMAS ANTIESTUARINOS DE BAJA CALIFORNIA DURANTE OTOÑO E INVIERNO. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. pp. 40
- Graf, W.L.; 1985. THE COLORADO RIVER. Commercial Printing Inc. U.S.A. pp. 47-51
- Grasshoff, K.; 1976. METHODS OF SEAWATER ANALYSIS. Alemania. pp. 5-19
- Harrison, S. J. and Phizacklea, A. P. 1987a. VERTICAL TEMPERATURE GRADIENTS IN MUDDY INTERTIDAL SEDIMENTS IN THE FORTH ESTUARY, SCOTLAND. *Limnol. Oceanogr.* 32(4):954-963.

- Harrison, S. J. and Phlizacklea, A. P. 1987b. TEMPERATURE FLUCTUATION IN MUDDY INTERTIDAL SEDIMENTS, FOR THE ESTUARY SCOTLAND. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 24:279-288.
- Islas-Olivares, R.; 1976. CULTIVO PILOTO DEL OSTION JAPONES *Crassostrea gigas* EN BAHIA SAN QUINTIN B.C. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. pp.38
- Lafontaine, G. de, Sinclair, M., El-Sabh, M.I., Lassus, C. and Fournier, R. 1984. TEMPORAL OCURRENCE OF ICTHYOPLANKTON IN RELATION TO HYDROGRAPHIC BIOLOGICAL VARIABLES AT A FIXED STATION IN THE ST LAWRENCE ESTUARY. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (18):177-190.
- Leighton, G.; Lobo, E. y Ugarte, R. 1987. ESTRUCTURAS AMBIENTALES EN LOS SISTEMAS DE DESEMBOCADURAS DE RIOS Y ESTEROS DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE (V REGION). *Rev. Biol. Mar., Valparaíso* 23(2):139-157.
- Lepley, L.K., Vonder Haar, S.P., Hendrickson, J.R. and Calderón R.G.; 1975. CIRCULATION IN THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA FROM ORBITAL PHOTOGRAPHS AND SHIP INVESTIGATIONS. *Ciencias Marinas*, 2(2):86-93
- Livingston, R.J. 1987. FIELD SAMPLING IN ESTUARIES: THE RELATIONSHIP OF SCALE TO VARIABILITY. *Estuaries* 10(3):194-207.
- Margalef, R.; 1969. COMUNIDADES PLACTONICAS EN LAGUNAS COSTERAS. En: Ayala-Castañares, A.F. y B. Phleguer, eds. *Lagunas Costeras. Memorias del Simposio Internacional sobre Lagunas Costeras (Origen, Dinámica y Productividad)*. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30 México, D.F. pp. 653-662
- Meckel, L. D. 1975. HOLOCENE SAND BODIES IN THE COLORADO DELTA AREA, NORTHERN GULF OF CALIFORNIA. In: Broussard, M. L. *Deltas: Models Exploration*. Houston Geol. Soc. pp. 555.
- Meshal, A. H. 1987. HIDROGRAPHY OF A HIPERSALINE COASTAL LAGOON IN THE RED SEA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (24):167-175.

- Morton, R.M. 1989. HIDROLOGIA Y FAUNA DE PISCES DE LOS DESARROLLOS DE CANALES EN UN ESTUARIO AUSTRALIANO INTENSIVAMENTE MODIFICADO. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (28):43-58
- Sharp, H. J.; Culberson, H. C. and Church, T.M. 1982. THE CHEMISTRY OF DELAWARE ESTUARY. GENERAL CONSIDERATIONS. *Limnol. Oceanogr.* 27(6):1015-1028.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1975-1989). Balance Hídrico del Distrito.
- Schreiber Jr. J.F.; 1969. GEOGRAPHICAL AND GEOLOGICAL FEATURES. En: *Environmental Impact of Brine Effluents on Gulf of California*. U.S. Dept. Int. Res. and Dev. Prog. Rep. No. 387.
- Silva, S. J. R. de 1989. TRANSIENT SALT-WEDGES IN A TIDAL GULF: A CRITERION FOR THEIR FORMATION. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (28):129-148.
- Strickland, J.D.H. y Parsons, T.R.; 1972. A PRACTICAL HANDBOOK OF SEAWATER ANALYSIS. 2a. ed. Fish. Res. Bd. Can. Bull. 167. Canadá.
- Stross, R. G. and Souol, R. C. 1989. RUNOFF AND FLOCCULATION MODIFY UNDERWATER LIGHT ENVIRONMENT OF THE HUDSON RIVER ESTUARY. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (29):305-316.
- Vandiver, W. P. y Vorster, P. 1984. HIDROLOGIA Y ANALISIS DE LAS INUNDACIONES DEL RÍO COLORADO EN 1983. *Geo. Journal* 9.4:343-350.
- Villaseñor-Casales, A.; 1974. HIDROLOGIA DE LA PARTE NOROCCIDENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA A FINALES DE INVIERNO. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C.
- Weihsaupt, J.G.; 1984. EXPLORACION DE LOS OCEANOS. INTRODUCCION A LA OCEANOGRAFIA. C.E.C.S.A. México.
- Weiss, R.F.; 1970. THE SOLUBILITY OF NITROGEN, OXYGEN AND ARGON IN WATER AND SEAWATER. En: *Deep Sea Res.* 17:4:721-735