



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



UNAM

DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE MEGALOPAS DE
LA FAMILIA PORTUNIDAE (DECAPODA: BRACHYURA) EN
EL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

T E S I S

que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

(Biología Marina)

p r e s e n t a

YEMIN HERNÁNDEZ TORRES

Director de Tesis: DR. ADOLFO GRACIA GASCA

Comité tutorial: DRA. ADELA MONREAL GÓMEZ

Dr. RAMIRO ROMÁN CONTRERAS

Dr. FERNANDO ÁLVAREZ NOGUERA

Dr. SERGIO CHÁZARO OLVERA

México D. F. 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



DEDICATORIA.

A mis padres que siempre me han apoyado en todo:

Victoria Torres M. y Fulgencio Hernández P.

A mi hermana por todo lo que hemos vivido juntos:

Lucia Hernández T.

A mis sobrinas por darme alegría, diversión y cariño:

Isabel, Montserrat y Citlali



AGRADECIMIENTOS.

Al Dr. Adolfo Gracia Gasca por su paciencia, apoyo y dirección en la realización de esta tesis.

A la Dra. Gloria Vilaclara Fatjó y al Dr. Martín Merino Ibarra por su apoyo y confianza.

A los miembros de mi comité tutorial: Dra. Ma. Adela Monreal Gómez, Dr. Ramiro Román Contreras, Dr. Fernando Álvarez Noguera y al Dr. Sergio Cházaro Olvera por la revisión y comentarios que hicieron posible la realización de esta tesis.

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología y todos los profesores por su contribución a mi formación.

Al CONACYT por la beca otorgada durante la realización de esta tesis.

Al M. en C. Alejandro Gómez Ponce por su amistad y apoyo incondicional y haberme facilitado el uso de las instalaciones del laboratorio de Ecología Pesquera de Crustáceos.

Al M. en C. Miguel Díaz F. por su amistad y haberme facilitado información de corrientes del Golfo de México.

Al M. en C. Margarito Álvarez Rubio por sus consejos y ayuda en la realización de los análisis estadísticos.

A la Dra. Ana Rosa Vázquez Bader por ayudarme en la interpretación de los análisis estadísticos.

Al B/O “Justo Sierra” y su tripulación ya que sin ellos no hubiera sido posible la realización del trabajo de campo de esta tesis.

Al ICMYL de la UNAM por haberme facilitado el uso de sus laboratorios y demás instalaciones.

Al Dr. Raul Gío A. por su amistad y consejos.

A mis compañeras de laboratorio de Ecología Pesquera de Crustáceos por su amistad y por haber hecho de mi estancia en el laboratorio amena y divertida:
Ana, Estela, Etel y Talina.

A mis compañeros del posgrado y del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología donde quiera que se encuentren por su amistad y compañía:
Miguel, Leonardo, Bárbara, Gabriel, Ikebana, Adriana, Roberto, Gilberto, Antonio, Abigail, Maribel, Alejandra, Kicho, Pati, Erica...



INDICE.

RESUMEN.	1
CAPITULO I.	
1.1. INTRODUCCIÓN.	3
1.2. ANTECEDENTES.	7
1.3. JUSTIFICACIÓN.	12
1.4. OBJETIVOS.	13
1.5. ÁREA DE ESTUDIO.	14
CAPITULO II.	
2.1. MATERIAL Y MÉTODOS.	17
CAPITULO III.	
3.1. RESULTADOS.	20
3.1.1. Campaña oceanográfica MOPEED XV.	22
3.1.2. Campaña oceanográfica MOPEED XVI.	27
3.1.3. Campaña oceanográfica MOPEED XVII.	31
CAPITULO IV.	
4.1. DISCUSIÓN.	35
CAPITULO V.	
5.1. CONCLUSIONES.	44
5.2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	46
TABLAS Y FIGURAS.	52



RESUMEN.

Se realizó un estudio de distribución espacio temporal de las megalopas o postlarvas de la familia Portunidae. Las muestras fueron tomadas en tres campañas oceanográficas: MOPEED XV (agosto de 1995), MOPEED XVI (noviembre de 1995) y MOPEED XVII (febrero de 1996) en el suroeste del Golfo de México. Se estableció una red de 28 estaciones ubicadas en 5 transectos distribuidos frente a la desembocadura de varios sistemas costeros en el suroeste del Golfo de México, desde el río Coatzacoalcos hasta la laguna de Términos en Campeche. Las muestras de zooplancton fueron recolectadas mediante redes de apertura-cierre General Oceanics modelo 5100 de 0.75 m de diámetro de boca y con abertura de malla de 500 μm , a profundidades que variaron de 2 a 200 m. Los arrastres duraron 15 minutos en cada lance. En cada estación de colecta se tomaron datos de la sonda CTD (conductividad, temperatura y profundidad). Los datos obtenidos en la campaña se utilizaron para realizar perfiles de temperatura, salinidad y densidad (σ_t) en cada una de las estaciones de muestreo. Para analizar la distribución vertical de los organismos en la columna de agua y determinar si existe algún patrón de migración vertical, las horas del día se dividieron en 2 fases de acuerdo con periodos de luminosidad. Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre la cantidad de organismos capturados en las diferentes etapas climáticas, profundidades y periodos del día, así como en las diferentes profundidades. Se realizó un análisis de correlación múltiple para determinar las variables que pudieran presentar una relación con la distribución de los organismos, el cual indicó que el parámetro que tuvo mayor relación fue la hora del día y la salinidad. Se obtuvieron un total de 272 muestras correspondientes a las tres campañas oceanográficas. De las tres campañas oceanográficas, la especie de la que se recolectó la mayor cantidad de



megalopas fue *Callinectes similis*, seguida de organismos del género *Portunus*. La mayoría de las megalopas se ubicaron en los niveles 1 (2 m) y 2 (10 m). En la noche se encontró una mayor concentración de megalopas en el nivel 1 y 2 (2 y 10 m) y en el día se concentraron en los niveles 3, 4 y 5 (20, 45 y 100 m). Las mayores concentraciones de megalopas se obtuvieron en las estaciones mas alejadas de la costa. Las pruebas estadísticas no mostraron una correlación entre la densidad de megalopas de las diferentes especies de portúnidos identificadas y los parámetros ambientales registradas tomados en este estudio (temperatura, salinidad y densidad), y sólo en el caso de *Arenaeus cribrarius* se tuvo correlación con la hora, y *Callinectes sapidus* con la salinidad.



CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN.

México cuenta con más de 11,000 km de costas que son bordeados por varios mares, los cuales son el Océano Pacífico en la costa occidental y el Golfo de México y el Mar Caribe que forman parte del Océano Atlántico, en la costa oriental. En estos mares podemos encontrar infinidad de especies de una amplia gama de organismos vertebrados e invertebrados. Entre ellos se encuentran organismos de importancia comercial como los crustáceos que incluyen a camarones, jaibas y langostas (Lankford 1977).

Las jaibas son un grupo de cangrejos que pertenecen a la familia Portunidae, la cual cuenta con 20 especies distribuidas en la costa este de Norteamérica. Esta familia está dividida en 3 subfamilias: *Carcininae*, *Polybiinae* y *Portuninae*. Esta última incluye los cangrejos nadadores llamados comúnmente jaibas, y está dividida en 4 géneros: *Arenaeus* Dana, 1851, *Callinectes* Stimpson, 1860, *Cronius* Stimpson, 1860 y *Portunus* Weber, 1795 (Williams, 1984).

La pesquería de jaibas es una de las más importantes en el país y en algunas regiones se considera como un recurso pesquero alternativo al camarón. En 1988 este recurso ocupó el noveno lugar en México, con 19,387 ton y un valor de 135.709 millones de pesos. La mayor producción se concentra en 4 estados de la República Mexicana: Veracruz, que aporta el 46 %, Tamaulipas el 30 %, Campeche el 15 % y Tabasco el 9 %. De manera general el Golfo de México aporta el 64% de la producción de jaiba a nivel nacional (SEMARNAP, 1999).



A nivel mundial esta pesquería ocupa el décimo lugar. Entre jaibas y otros cangrejos se capturan 18 especies de las cuales 10 pertenecen al género *Callinectes*. Este género ocupa el 9 % de la producción total mundial de jaibas y cangrejos (FAO, 1996).

A pesar de estar entre los diez productores más importantes del mundo, la pesquería se lleva acabo aún en forma artesanal lo cual, además, representa para el país una gran fuente de alimento y empleo en las comunidades ribereñas. La mayor parte de las capturas se destina para el consumo humano directo. Principalmente se capturan en lagunas costeras, esteros y en la desembocaduras de los ríos, principalmente con aros jaiberos, nazas jaiberas y trampas jaiberas, aunque también pueden utilizarse redes como las atarrayas, utilizando embarcaciones menores (Osterling, 1984; Arzate, 1991).

Generalmente las comunidades pesqueras de jaibas no cuentan con una infraestructura. La extracción de pulpa se realiza en unidades domésticas donde intervienen los pescadores y sus familias, aunque se han establecido algunas plantas procesadoras de pulpa en Campeche, Tamaulipas y Veracruz. En este último cabe señalar que se ha incursionado en la producción de jaiba suave (SEMARNAP, 1997).

Las jaibas son organismos con dimorfismo sexual que presentan fecundación interna; las hembras sólo se aparean una sola vez en su ciclo de vida. Durante el desove la hembra coloca los huevos en el abdomen formando con ellos una masa a la que comúnmente se le denomina “esponja”. Las hembras se dirigen hacia las zonas de alimentación de las lagunas costeras o estuarios donde las larvas eclosionan como larva zoea, las cuales pasan por siete estadios larvarios; este proceso tiene una duración de 31 a 49 días (Williams 1984). Estas



larvas son planctónicas y requieren para su desarrollo de altas salinidades, por lo cual tienen que ser arrastradas por medio de las corrientes producidas por el reflujo mareal hacia el mar. Durante los últimos estadios de zoea estos organismos son arrastrados hacia zonas estuarinas donde se transforman en postlarva, cuyo estadio dura entre 6 y 20 días, si bien pueden alcanzar este estadio aun cuando estén en el mar. El estadio postlarval es conocido comúnmente como “megalopa” o “decapodito” (Rice 1981; Gore 1985), y es clasificado como un estado de transición entre la vida planctónica de la zoea y la vida bentónica del juvenil, ya que presenta una combinación de caracteres de ambos estadios para ocupar cualquiera de los ambientes (Rice, 1981).

La megalopa se caracteriza por tener una región cefalotorácica ocasionalmente armada, con o sin rostro, con pereópodos bien desarrollados, abdomen con seis segmentos abdominales que llevan pleópodos setosos natatorios del segundo al sexto segmento (Cházaro, 1996).

Una vez en la laguna costera o estuario mudan al primer estadio de jaiba con un tamaño aproximado de 10 mm. En la etapa de juvenil mudan entre 18 y 20 veces antes de alcanzar la madurez sexual, cuando tienen aproximadamente un año de edad. El primer desove se produce alrededor de los dos años de edad, entre dos a nueve meses después del apareamiento; en verano pueden tener un segundo desove y un tercero a los tres años de edad. En campeche se han observado hembras apareándose en el mes de octubre mientras que en la bahía de Chesapeake, U. S. A., el periodo de apareamiento es de mayo a octubre. En la Laguna de Términos se han observado dos periodos importantes de madurez sexual en las hembras entre los meses de julio y octubre, aunque todo el año se pueden encontrar



hembras maduras sexualmente (Williams, 1974; Millikin y Williams, 1984; Steele y Perry, 1990, Domínguez, 1998).

El estadio de megalopa, además de representar la transición entre ambientes tan diferentes como el mar y los estuarios, también representa una parte muy importante en la dinámica de la población ya que en la siguiente muda reemplazará a los juveniles que al cabo de 1 año, estarán listos para la reproducción. Por lo tanto, el número de organismos adultos en la población depende del número de megalopas que ingresen a los estuarios o lagunas costeras.

La importancia del estadio de megalopa se basa principalmente en que ocupan una considerable fracción del zooplancton y por ende, participan activamente en la red trófica como consumidores de organismos productores y como presas de otros organismos ubicados en niveles más altos de la red trófica. Estos organismos también participan activamente en una gran variedad de ecosistemas marinos y terrestres, con lo que contribuyen al equilibrio ecológico de los mismos.



1.2. ANTECEDENTES.

Los trabajos realizados sobre estos organismos en México se refieren tanto al desarrollo larvario como al comportamiento de la población.

Román (1986), realizó un estudio de la población de *Callinectes* en el sector occidental de la Laguna de Términos, encontrando que el ingreso de los organismos de este género a la laguna es durante todo el año a través de la Boca del Carmen, con un máximo que se presenta en la época de secas que coincide con las mayores salinidades.

Ramírez (1988) realizó una contribución a la distribución de larvas de crustáceos decápodos en el Golfo de México, encontrando que las zonas de afloramientos más importantes se encuentran en la región oriental de la bahía de Campeche, y se acentúa entre los meses de mayo y agosto.

Cházaro (1996) describió las megalopas de las especies *Callinectes sapidus* Rathbun; *C. similis* Williams; *C. rathbunae* Contreras; *Arenaeus cribarius* Lamarck y *Pachygrapsus gracilis* Saussure, en la boca de la laguna Camaronera en Alvarado, Veracruz.

Rocha *et al.* (1996) realizaron una clave para la identificación de estadios de zoea, mysis, postlarvas (Caridea y Penaidea) y megalopas (Anomura y Brachyura) de la laguna de Alvarado, Veracruz.

López (1999) realizó un estudio sobre el reclutamiento de postlarvas de crustáceos decápodos del sistema lagunar de Alvarado y encontró que los parámetros que tuvieron



mayor influencia en la densidad de los organismos fueron la temperatura y la salinidad; que a su vez se encuentran indirectamente influenciadas por la corriente; las especies que presentaron mayor densidad fueron *Callinectes rathbunae* y *Uca marguerita*.

Entre los trabajos realizados en el mundo, se tienen algunos sobre el transporte de las fases larvares en zonas costeras y su relación con parámetros ambientales como temperatura, salinidad, corrientes y turbulencia.

Costlow y Bookhout (1959) realizaron la descripción del desarrollo larval de *Callinectes sapidus* bajo condiciones de laboratorio y encontraron que para llegar a la etapa de megalopa se requieren de 31 a 49 días; esta etapa tiene una duración de 6 a 20 días.

Costlow (1965) realizó un estudio enfocado en la variabilidad de los estadios larvales de *Callinectes sapidus* y encontró que no hay variación en el desarrollo larval hasta el estadio IV, después de éste el desarrollo tiene variaciones morfológicas.

Bookhout y Costlow (1974) realizaron la descripción del desarrollo larval de *Portunus spinicarpus* bajo condiciones de laboratorio y compararon algunas estructuras con las de *Callinectes sapidus*.

Bookhout y Costlow (1977) realizaron la descripción del desarrollo larval de *Callinectes similis* bajo condiciones de laboratorio y algunas estructuras de esta larva las compararon con las de *Callinectes sapidus*.



Sulkin *et al.* (1980) realizaron un estudio sobre el reclutamiento de larvas y encontraron que puede ser un proceso activo en el cual la larva controla su movimiento vertical pero también puede ser un movimiento pasivo en el cual la larva se deja llevar por la corriente.

Dintel y Epifanio (1982) realizaron un estudio sobre la abundancia estacional y la distribución vertical de larvas de cangrejos y encontraron que el reemplazamiento de la población adulta depende de la migración de megalopas y juveniles hacia el estuario.

McConaughy *et al.* (1983) realizaron un estudio sobre la distribución estacional de larvas de *Callinectes sapidus* y encontraron que la mayor abundancia se da en los meses de julio, agosto y septiembre; y que la temperatura es el factor más importante en esta abundancia.

Johnson *et al.* (1984) realizaron un estudio sobre la influencia del viento y su efecto en el reclutamiento de larvas de la jaiba azul.

Epifanio *et al.* (1984) realizaron un estudio sobre la dispersión y el reclutamiento de larvas de jaiba azul y encontraron que estas se transportan hacia la costa mediante una combinación de corrientes de marea y migraciones verticales.

Sulkin y Epifanio (1986) realizaron un estudio sobre el reclutamiento de juveniles de *Callinectes similis* y encontraron que las corrientes profundas son un mecanismo estable para el transporte hacia la playa.



Sulkin y Van Heukelem (1986) realizaron un estudio sobre la variabilidad de la longitud del estadio de megalopa en *Callinectes sapidus* Rathbun, encontrando que altas temperaturas y altas salinidades contribuyen a que la sobrevivencia sea alta; en cambio, bajas temperaturas y salinidades altas contribuyen a que la sobrevivencia disminuya.

Epifanio *et al.* (1989) realizó un estudio sobre el transporte de larvas de jaibas por corrientes superficiales encontrando que la mayor concentración de estadios tempranos de larvas ocurre a principios de agosto y los últimos estadios se encontraron en sitios alejados de la costa a mediados de agosto.

Goodrich *et al.* (1989) realizaron un estudio sobre el flujo de megalopas por acción del viento y demostraron que el reclutamiento de las megalopas de la “jaiba azul” es debido a los mecanismos de las corrientes superficiales impulsadas por el viento.

Luckembach y Orth (1992) evaluaron la respuesta de nado de las megalopas mediante la variación de velocidad de la corriente y determinaron que las megalopas exhiben fototaxis negativa.

Olmi (1993) estudió los patrones y procesos de inmigración de la megalopas de la “jaiba azul”, encontrando que las megalopas migran verticalmente en respuesta a la luz y su mayor abundancia es debido a que ocupa selectivamente los flujos de agua y se transporta mediante estas corrientes a los estuarios.



Brumbaugh (1996) estudió el reclutamiento de la “jaiba azul” e ilustró algunas adaptaciones que ayudan a la megalopa en el transporte hacia las lagunas, como la habilidad de reconocer y distinguir entre pleamar y bajamar, la habilidad para modificar su comportamiento de nado por la entrada de agua para efecto de transportarse hacia la costa y la habilidad de alternar substratos en ausencia de pasto marino que ayuden a su transporte.

Garvine *et al.* (1997) realizó un estudio sobre el transporte y reclutamiento de larvas de la jaiba azul encontrando que la mayoría de las larvas desovadas de *Callinectes sapidus* pueden regresar al mismo estuario de donde partieron hacia el mar, incluso antes de alcanzar la etapa de megalopa.

Welch (1998) demostró que el comportamiento de nado de las megalopas de *Callinectes sapidus* durante el transporte hacia las zonas costeras es debido a los efectos de turbulencia del agua y variables químicas como la salinidad; además, la megalopa asciende en la columna de agua en respuesta a la velocidad relativa del incremento de la energía cinética de turbulencia.

Blackmon y Eggleston (2001) estudiaron algunos factores que influyen en el reclutamiento de juveniles de *Callinectes sapidus*, encontrando que el reclutamiento es debido a una respuesta de comportamiento por el incremento de la velocidad de corriente por encima de 20 cm s^{-1} .



1.3. JUSTIFICACIÓN.

La mayoría de los estudios realizados sobre la familia Portunidae han sido descripciones y comparaciones del desarrollo larval, así como de estrategias de dispersión en lagunas costeras y estuarios o bien en zonas cercanas a la costa; y pocos son los realizados sobre la distribución en el mar que es donde se desarrolla una parte importante de su ciclo de vida. Es necesario contribuir al conocimiento de estos organismos en su fase oceánica tanto como en su fase estuarina para, de este modo, comprender mejor el comportamiento de la población y su ecología y procurar en lo futuro, un mejor conocimiento y manejo de la pesquería de las especies que ocupan un lugar importante en nuestro país y en el mundo.



1.4. OBJETIVOS.

General:

Analizar los patrones de distribución de las megalopas de la familia Portunidae y la posible relación con los parámetros ambientales durante un ciclo anual, en el suroeste del Golfo de México.

Particulares:

- Identificar las megalopas obtenidas en las colectas hasta el nivel más próximo a la especie.
- Estimar la densidad de megalopas en 1000 m³ de agua.
- Analizar la distribución espacial y temporal de las megalopas de la familia Portunidae en un ciclo anual, en el suroeste del Golfo de México.
- Analizar las posibles relaciones de la distribución de las megalopas de la familia Portunidae con la temperatura, conductividad, salinidad, profundidad, corrientes y periodo de luz, en el suroeste del Golfo de México.



1.5. ÁREA DE ESTUDIO.

El Golfo de México se sitúa entre los 18° y 30° latitud norte y 82° y 98° longitud oeste. Presenta profundidades en su parte central, hasta de 4023 m. El Golfo se comunica con el Océano Atlántico por medio del estrecho de Florida y el canal de Yucatán comunica al Golfo con el Mar Caribe (Ramírez, 1988; Salas y Monreal, 1997).

La zona de estudio se encuentra en la porción sur del Golfo de México entre los 18° y 20° de latitud norte y los 91° y 94° de longitud oeste (Figura 1). Esta zona incluye el banco de Campeche que abarca una zona muy extensa caracterizada por fondos calcáreos donde se desarrollan colonias de coral, mientras que la zona suroeste del banco presenta fondos lodosos (Ramírez, 1988).

La principal corriente de aguas oceánicas en el Golfo es la corriente del Caribe que entra a través del canal de Yucatán alcanzando una velocidad de 3.5 nudos en el oeste del canal y 1.5 nudos en el este. Esta corriente se bifurca, una rama se desvía a la derecha dirigiéndose hacia la corriente de Florida; la otra rama se desvía a la izquierda, dividiéndose en dos corrientes, una de las cuales se dirige a la costa oeste sobre el banco de Campeche, mientras que la otra continúa a la costa noroeste hacia el delta del Mississippi. (Ramírez, 1988).

Existen regiones en el Golfo que presentan afloramientos de aguas oceánicas debido a la acción de corrientes y los vientos dominantes en la zona, provocando que los nutrientes suban a la superficie aumentando con ello la producción primaria. Este fenómeno se



presenta en el banco de Campeche, y con mayor fuerza en verano, sobre todo en la zona este del banco.

De acuerdo con Köppen, el clima en la parte sur del Golfo es de tipo Am, caluroso subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación pluvial media anual que oscila entre 1100 y 2000 mm. Las temperaturas en el verano oscilan de 26.4 a 28 °C y la máxima puede llegar a 36 °C. La salinidad en la superficie del agua en el banco de Campeche varía de 36.33 a 36.64‰ (Ramírez, 1988; Gómez, 1997).

En el litoral sur del Golfo se encuentra la Laguna de Términos, la cual está separada del mar abierto por una barra de arena que constituye la Isla de Carmen; esta isla está separada del continente por canales naturales en los extremos por donde se comunica con el Golfo. El extremo occidental es conocido como Boca del Carmen y el extremo oriental es conocido como Boca de Puerto Real. La porción oriental es el principal flujo de agua marina hacia la laguna, la cual presenta descarga de ríos siendo el más importante un ramal del Usumacinta, también desembocan el río Palizada, el río Chumpán y el río Candelaria. (Román, 1986; Ramírez, 1988)

En la región predominan los vientos del este-suroeste, con una velocidad máxima promedio de 8 nudos. Entre los meses de septiembre y febrero se presenta el periodo de “nortes” con vientos fuertes y fríos con dirección norte-noroeste con velocidades entre 50 y 72 nudos (Ramírez, 1984; Gómez, 1997).



Las mareas del Golfo de México presentan una configuración predominantemente diurna, aunque tiene básicamente tres tipos: una con características diurnas, otra de tipo mixta con dominancia diurna, y la última de tipo mixta con dominancia semidiurna (Salas y Monreal, 1997).

La marea diurna se presenta en cuatro regiones: la primera va de la parte noreste de Yucatán hasta Coatzacoalcos, la segunda se extiende desde el río Bravo hasta Rockport, la tercera es una zona próxima a Galveston, y la última va de Nueva Orleans hasta Pensacola (Salas y Monreal, 1997).



CAPITULO II

2.1. MATERIAL Y MÉTODOS.

Las muestras fueron obtenidas durante el desarrollo del proyecto MOPEED (Monitoreo de Pre-reclutas de especies Estuarino-Dependientes, Comunidades Bénticas y Mareas internas en el sur del Golfo de México) en las siguientes campañas oceanográficas, a bordo del buque oceanográfico “Justo Sierra”: MOPEED XV (del 10 al 15 de agosto de 1995), MOPEED XVI (del 15 al 22 de noviembre de 1995) y MOPEED XVII (del 8 al 15 de febrero de 1996).

En este proyecto se estableció una red de estaciones ubicadas a lo largo de cinco transectos distribuidos frente a la desembocadura de varios sistemas costeros en el suroeste del Golfo de México, desde el río Coatzacoalcos hasta la laguna de Términos, Campeche, con profundidades de 10 a 500 m (Figura 1).

Se realizaron arrastres de plancton mediante redes de apertura-cierre General Oceanics modelo 5100 de 0.75 m de diámetro de boca y con abertura de malla de 500 μ m, a profundidades que variaron de 2 a 200 m. El número de redes introducidas variaron en función de la profundidad de la estación de muestreo (en la tabla 1 se muestran las profundidades). En cada red se adaptó un flujómetro de tipo torpedo con la finalidad de conocer el volumen filtrado. Los arrastres duraron 15 minutos en cada lance. La velocidad del buque durante el arrastre fue de 2 a 3 nudos. En cada estación de colecta se tomaron parámetros de la columna de agua con la sonda CTD (conductividad, temperatura y



profundidad). La salinidad y la densidad se calcularon mediante los algoritmos de la UNESCO (1981).

Las muestras de organismos obtenidos se depositaron en frascos de un litro de capacidad, y se fijaron con formol al 4% que se neutralizó con borato de sodio.

En el laboratorio las muestras se trasvasaron a alcohol al 70%; de ellas se separaron los organismos en estadio de megalopa de la familia Portunidae, las cuales se disectaron de acuerdo al procedimiento de Costlow y Bookhout (1959), Bookhout y Costlow (1974), Bookhout y Costlow (1977), y Cházaro (1996) para su identificación, con ayuda de un microscopio estereoscópico y un microscopio óptico compuesto, ambos marca Olympus.

Los datos obtenidos en las campañas se utilizaron para realizar perfiles de temperatura, salinidad y densidad (σ_t) en cada una de las estaciones de muestreo, mediante el programa SURFER versión 8, con el fin de determinar la posición de la termoclina, haloclina y picnoclina y relacionar la distribución de las megalopas con estas variables. Con estos datos se realizaron gráficas de isotermas, isohalinas e isopicneas con el fin de observar el comportamiento de estas variables y determinar la existencia de alguna relación con la distribución de las megalopas.

La cantidad de organismos capturados se estandarizaron a organismos/1000 m³ mediante la siguiente fórmula:

$$ABi = \frac{Ci}{Vi} \times 1000$$



Donde:

AB_i = número de organismos por cada 1000 m³ en la estación i .

C_i = número de organismos en la estación i .

V_i = volumen filtrado en la estación i , en m³.

Para analizar la distribución vertical de los organismos en la columna de agua y determinar si existe algún patrón de migración vertical, el día se dividió en 2 fases de acuerdo con los siguientes periodos de luz:

Día: 06:00 a 18:00 hrs.

Noche: 18:01 a 05:59 hrs.

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre la cantidad de organismos capturados en las diferentes etapas climáticas, profundidades y periodos del día, así como en las diferentes profundidades.

Se realizó un análisis de correlación múltiple para determinar las variables que pudieran presentar alguna relación con la distribución de los organismos.



CAPITULO III

3.1. RESULTADOS.

Se revisaron un total de 272 muestras pertenecientes a las tres campañas oceanográficas: 92 muestras correspondientes a la campaña oceanográfica MOPEED XV de las cuales se separaron un total de 1365 megalopas pertenecientes a la familia portunidae; 86 muestras pertenecientes a la campaña oceanográfica MOPEED XVI de las cuales se separaron 7400 megalopas pertenecientes a la familia portunidae y 94 muestras pertenecientes a la campaña oceanográfica MOPEED XVII de las cuales se separaron 2014 megalopas pertenecientes a la familia portunidae.

De las muestras revisadas de la campaña oceanográfica MOPEED XV se identificaron 276 megalopas de *Callinectes similis*, 8 megalopas de *Arenaeus cribarius*, 622 megalopas del genero *Portunus* y 82 megalopas no fueron identificadas.

De la campaña oceanográfica MOPEED XVI se identificaron 5679 megalopas de *Callinectes similis*, 552 megalopas de *Callinectes sapidus*, 95 megalopas de *Arenaeus cribarius*, 8 megalopas del genero *Portunus* y 583 megalopas no identificadas.

De las muestras revisadas de la campaña oceanográfica MOPEED XVII se identificaron 659 megalopas de *Callinectes similis*, 42 megalopas de *Callinectes sapidus*, 34 megalopas de *Arenaeus cribarius*, 367 megalopas del genero *Portunus* y 223 megalopas no identificadas.



En la suma total de organismos de los tres cruceros, la especie que tuvo la mayor cantidad de megalopas fue *C. similis*, seguida de *Portunus sp.* (Fig. 2).



3.1.1. Campaña oceanográfica MOPEED XV.

Las estaciones cercanas a la costa presentaron temperaturas mayores en los niveles superficiales, las localidades con temperatura mas alta fueron las ubicadas frente a la Laguna de Términos en los dos primeros niveles (2 y 10 m) con un registro cercano a los 30 °C, mientras que las estaciones mas frías se encontraron en el transecto ubicado frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos con una temperatura cercana a los 29 °C. En el nivel 3 y 4 (20 y 45 m) se tiene una temperatura baja en los transectos ubicados frente a la Laguna de Términos y a la desembocadura del río Grijalva-Uscumacinta, menor a 24 °C en el nivel 3 y menor a 21 °C en el nivel 4 (Figura 3).

Los niveles superficiales presentaron mayor salinidad en los dos transectos frente a la laguna de Términos con valores cercanos a los 36 ‰, mientras que las estaciones que presentaron una salinidad menor fueron las que se encontraron en el transecto ubicado frente a la laguna Machona con valores cercanos a los 33 ‰. En el nivel 3 (20 m) se encontró una salinidad baja frente a la desembocadura del río Grijalva-Uscumacinta y frente a la laguna de Términos, esto en comparación con las demás estaciones, lo cual se debe probablemente a la descarga de estos sistemas (Figura 4).

La densidad (σ_t) en el nivel superficial (2 m) tuvo un valor mayor en los dos transectos ubicados frente a la Laguna de Términos que tal vez debido a la alta evaporación en la zona este de la región de estudio, mientras que en las estaciones ubicadas frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos, Laguna Machona y del río Grijalva-Uscumacinta se registraron los valores menores, lo que probablemente se deba a la descarga de estos



sistemas. En el nivel 2 (10 m) se tuvo una densidad menor frente a la desembocadura del río Grijalva-Uscumacinta que probablemente se deba al aporte de agua dulce de este sistema al Golfo de México (Figura 5).

En el transecto 1 compuesto por las estaciones 18 a 23, la termoclina se presentó cerca de los 10 m de profundidad. Para el transecto 2 compuesto por las estaciones 1 a 5, la profundidad de la termoclina aumentó conforme aumenta la distancia a la costa y varió entre 10 y 30 m. Para el transecto 3, compuesto por las estaciones 6 a 10, la termoclina se ubicó aproximadamente a 10 m en las estaciones someras y cercanas a la costa y a 40 m en las estaciones más profundas y alejadas de la costa. Para el transecto 4, compuesto por las estaciones 11 a 16 la termoclina se ubicó aproximadamente a 20 m en las estaciones someras, y a 40 m en las estaciones profundas. En el transecto 5, compuesto por las estaciones 17, A, B, C, D y E la termoclina se ubicó aproximadamente a 20 m en las estaciones someras y a 40 m en las estaciones profundas (Figura 6).

La haloclina en los transectos 1 a 3 se ubico por encima de los 10 m de profundidad y por debajo de esta profundidad la columna de agua presentó poca variación. La salinidad superficial en zonas cercanas a la costa siempre fue menor debido probablemente a la influencia de los diferentes sistemas costeros presentes en la zona de estudio (río Coatzacoalcos, laguna Machona, río Grijalva-Usumacinta). En los transectos 4 y 5 la salinidad no se presentó estratificada, al menos en zonas cercanas a la costa, solo a mas de 100 km de la costa y a mas de 30 m de profundidad comienza a estratificarse la salinidad (Figura 7).



El gradiente de densidad o picnoclina se ubicó aproximadamente a 10 m de profundidad en los transectos 1 a 3, mientras que en los transectos 4 y 5 se ubicó por debajo de los 20 m. La densidad superficial en zonas cercanas a la costa siempre fue menor en los cinco transectos con valores por debajo de 22. En los transectos 4 y 5 se observa que las isopícnas de 24 y 25 se hunden conforme aumenta la distancia a la costa (Figura 8).

En esta campaña oceanográfica la estación 10 registró la mayor concentración total con 3334 megalopas/1000 m³ seguida de la estación 2 con 1294 megalopas/1000 m³ (Figura 9), mientras que las demás estaciones presentaron una concentración mucho menor. En el plano vertical, la mayor concentración se ubicó en el nivel 1 (2 m) y 2 (10 m) como se muestra en la figura 10, donde se puede apreciar que la mayor concentración de megalopas se ubicó en las estaciones 10 y 2. Estas estaciones se ubicaron en la isóbata de los 220 m y 110 m de profundidad, respectivamente, las cuales se encuentran alejadas de la costa (Figura 11).

Con relación a los cinco niveles de muestreo, la mayor concentración de megalopas de portúnidos se ubicó en las estaciones de los transectos 1, 2 y 3. El transecto 1 ubicado frente al río Coatzacoalcos tuvo un aporte importante de megalopas en los 3 primeros niveles; de este transecto la estación 20 en el nivel 2, aportó la mayor cantidad con 120 megalopas/1000 m³. El transecto 2 ubicado frente a la Laguna Machona tuvo un aporte importante de megalopas en los niveles 1, 2 y 3, y fué en la estación 2 en el nivel 2 donde se concentró la mayor parte con 528 megalopas/1000 m³. El transecto 3 ubicado frente al río Grijalva-Uscumacinta presentó un aporte importante de megalopas en los cinco niveles,



en este transecto la estación 10 en el nivel 1 se registró la mayor concentración con 1748 megalopas/1000 m³ (Figura 12).

Las megalopas de *C. similis*, en la zona de muestreo, se concentraron de manera general en la estación 2 con un total de 1157 megalopas/1000 m³. En las demás estaciones esta especie tuvo una concentración mucho menor con valores que variaron de 3 a 63 megalopas/1000 m³ (Figura 13). La estación 2 tuvo un importante aporte de megalopas en los cinco niveles con valores que variaron de 493 a 32 megalopas/1000 m³, en las demás estaciones la densidad fue mucho menor (Figura 14).

Las megalopas de *A. cribarius* tuvieron una distribución limitada en las diferentes estaciones, presentándose principalmente en las estaciones del transecto ubicado frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos, donde la concentración mayor de megalopas estuvo en la estación 23 con 24 megalopas/1000 m³, y en las demás estaciones las concentraciones fueron de 2 a 5 megalopas/1000 m³ (figura 15). En el nivel 1 (2m) y 4 (45 m) no se encontraron megalopas de esta especie. En los niveles 2 (10 m), 3 (20 m) y 5 (100 m) si se encontró esta especie, pero la mayoría de las megalopas se ubicaron en el nivel 3 de la estación 23 (Figura 16).

Las megalopas del género *Portunus* se ubicaron principalmente en la estación 10 con 1490 megalopas/1000 m³, seguida de la estación B con 387 megalopas/1000 m³; las demás estaciones presentaron una densidad mucho menor. En la figura 17 se puede observar que en las estaciones mas alejadas de la costa se tuvieron las densidades más grandes, principalmente en las estaciones de los transectos ubicados frente a la desembocadura del



río Grijalva-Uscumacinta y de la laguna de Términos. En el nivel 2 (10 m) de la estación 10 se concentraron las megalopas de esta especie (Figura 18).

Las megalopas no identificadas se concentraron en la estación B, con 98 megalopas/1000 m³ seguida de la estación 13 con 92 megalopas/1000 m³ (Figura 19); estas estaciones se encuentran en los transectos ubicados frente a la laguna de Términos. En el plano vertical, la mayoría de las megalopas se ubicaron en los niveles 2 (10 m) y 4 (45 m) (Figura 20).

A los resultados obtenidos de las densidades de megalopas de las diferentes especies se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), el cual dio como resultado que no hay diferencias significativas entre las diferentes estaciones ($F_{(\alpha=0.05)} = 1.181710 > P = 0.247292$); ni para los diferentes niveles ($F_{(\alpha=0.05)} = 1.032166 > P = 0.439258$). No se observó una correlación entre los parámetros medidos (temperatura, salinidad, σ_t , periodo de luz, hora) y la densidad de megalopas de las diferentes especies encontradas.



3.1.2. Campaña oceanográfica MOPEED XVI.

Las estaciones cercanas a la costa presentaron temperaturas mayores en los niveles superficiales, y fueron las ubicadas frente a la Laguna de Términos y a la desembocadura del río Grijalva-Uscumacinta en los primeros dos niveles (2 y 10 m) con temperatura cercana a los 27.3 °C, mientras que las estaciones con temperatura mas bajas se encontraron en el transecto ubicado frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos (Figura 21).

Los niveles superficiales presentaron mayor salinidad en los dos transectos frente a la Laguna de Términos mientras que las estaciones que presentaron los menores valores se encontraron en el transecto ubicado frente a la Laguna Machona, y la desembocadura del río Grijalva-Uscumacinta (figura 22).

La densidad (σ_t) en el nivel superficial (2 m) tuvo un valor mayor en los dos transectos ubicados frente a la Laguna de Términos, mientras que en las estaciones ubicadas frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos, Laguna Machona y del río Grijalva-Uscumacinta, se registraron los valores mas bajos lo que probablemente se deba a la descarga de estos sistemas (figura 23).

En los cinco transectos no se presentó una termoclina bien definida ya que las isoterms se presentaron horizontales y separadas por varios metros. La isoterma de 27 °C se presenta a mayor profundidad en los transectos ubicados frente a la Laguna de Términos, además de que se presenta desde la superficie hasta aproximadamente 50 m de profundidad, esto



puede deberse a que es una mezcla en la columna de agua debido al periodo de nortes (Figura 24).

La haloclina en los transectos 1 a 3 se ubicó por encima de los 15 m de profundidad y por debajo de esta profundidad la columna de agua presentó poca variación. En el transecto 1 la salinidad superficial cercana a la costa fue menor debido probablemente a la influencia de río Coatzacoalcos. En los transectos 2 y 3 las isohalinas se presentaron horizontales y bien definidas a lo largo del transecto definiendo muy bien la haloclina, mientras que en el transecto 4 y 5 las isohalinas se presentaron de forma vertical en la columna de agua (Figura 25).

El gradiente de densidad o picnoclina se ubicó aproximadamente a 10 m de profundidad en los transectos 2 y 3, mientras que en los transectos 1, 4 y 5 se las isopicneas superficiales con valores de 22 y 23 se presentaron de forma vertical; solo las isopicneas de 24 y 25 se presentaron horizontales en los cinco transectos y se ubicaron a más de 60 m de profundidad (Figura 26).

En esta campaña oceanográfica la estación 12 presentó la mayor concentración de organismos con 10764 megalopas/1000 m³, seguida de la estación 11 con 3386 megalopas/1000 m³ (Figura 27), mientras que las demás estaciones presentaron una concentración mucho menor. En el plano vertical, la mayor concentración se ubicó en el nivel 1 (2 m) y 2 (10 m) como se muestra en la figura 28, donde se aprecia que la mayor concentración se ubicó en los niveles 1 y 2 de la estación 12. De manera general, las estaciones más alejadas de la costa tuvieron la mayor concentración de megalopas en los



cinco niveles (2, 10, 20, 45 y 100 m), el transecto 1 que se encuentran frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos tuvo un aporte importante de megalopas en todos los niveles, aunque no llegó a tener la mayor concentración; el mayor aporte de megalopas estuvo en las estaciones ubicadas frente a la Laguna de Términos (Figura 29).

Las megalopas de *C. similis*, de manera general, se concentraron principalmente en la estación 12 con un total de 9440 megalopas/1000 m³, seguida de la estación 11 con 3250 megalopas/1000 m³, en las demás estaciones esta especie tuvo una concentración mucho menor con valores que variaron de 22 a 2625 megalopas/1000 m³ (Figura 30). En los niveles 1 (2 m) y 2 (10 m) de la estación 12, las megalopas se concentraron principalmente, aunque las densidades en las demás estaciones y niveles se mantuvieron en valores muy altos comparados con los resultados del cruceros oceanográfico de agosto de 1995 (Figura 31).

Las megalopas de *C. sapidus* tuvieron una densidad alta en la estación 12 con 1157 megalopas/1000 m³, seguida de la estación 10 con 292 megalopas/1000 m³; en las demás estaciones la densidad varió de 8 a 239 megalopas/1000 m³ (Figura 32). La mayoría de las megalopas de esta especie se concentraron en los primeros dos niveles de la estación 12, aunque las estaciones del transecto ubicado frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos presentaron megalopas en los diferentes niveles muestreados pero sin tener una alta densidad (Figuras 33).

Las megalopas de *A. cribarius* tuvieron una distribución limitada en las diferentes estaciones; se presentaron principalmente en las estaciones del transecto ubicado frente a la



desembocadura del río Coatzacoalcos, donde la concentración mayor de megalopas estuvo en la estación 20 con 292 megalopas/1000 m³ y en las demás estaciones las concentraciones fueron de 2 a 119 megalopas/1000 m³ (figura 34). La mayoría de las megalopas de esta especie se ubicaron en los nivel 1 (2 m) y 2 (10 m) de la estación 20 (Figura 35).

Las megalopas del genero *Portunus* se ubicaron principalmente en la estación 10 con 23 megalopas/ 1000 m³, en las demás estaciones presentaron una densidad mucho menor con valores de 3 a 6 megalopas/1000 m³, en la figura 36 se puede observar que solo se presentaron en 6 estaciones en los niveles 1 (2 m), 2 (10 m) y 3 (20 m) (Figura 37).

Las megalopas no identificadas se concentraron en la estación 1 con 584 megalopas/1000 m³, seguida de la estación 23 con 532 megalopas/1000 m³ (Figura 38); estas estaciones se encuentran en los transectos ubicados frente a la laguna Machona y a la desembocadura del río Coatzacoalcos. La mayoría de las megalopas se ubicaron en los niveles 1 (2 m) y 2 (10 m) (Figura 39).

A los resultados obtenidos de las densidades de megalopas de las diferentes especies se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) que indicó que hay diferencias significativas entre las diferentes estaciones, $F_{(\alpha=0.05)} = 1.93806 < P = 0.003045$, mientras que no se obtuvieron diferencias significativas en los diferentes niveles, $F_{(\alpha=0.05)} = 1.03685 > P = 0.441669$. De las especies encontradas en esta campaña solo *A. cribarius* tuvo diferencias significativas entre las estaciones, $F_{(\alpha=0.05)} = 17.37367 < P = 0.000$. A los datos de *A. cribarius* se aplicó un análisis de regresión múltiple que indicó que la variable que tiene mayor relación fue la hora, $F_{(\alpha=0.05)} = -3.86668 < P = 0.000528$.



3.1.3. Campaña oceanográfica MOPEED XVII.

Las estaciones que presentaron una temperatura mayor fueron las pertenecientes a los transectos ubicados frente a la Laguna de Términos en los primeros tres niveles (2, 10 y 20 m), con temperatura cercana a los 23 °C, mientras que las estaciones con temperatura mas baja se encontraron en el transecto frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos (Figura 40). No se tuvieron datos de temperatura para las estaciones A y 18.

Los niveles superficiales que presentaron mayor salinidad fueron los transectos ubicados frente a la laguna de Terminos y frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos; no se tuvieron datos de salinidad en las estaciones A, 6, 7, 11 y 18 (Figura 41).

La densidad (σ_t) en los niveles 1 (2 m), 2 (10 m) y 3 (20 m) tuvieron valores mayores en los transectos ubicados frente a la Laguna de Términos, mientras que en las estaciones ubicadas frente a la laguna Machona se registraron los valores menores, lo que probablemente se deba a la descarga de estos sistemas (Figura 42). No se tuvieron datos de densidad en las estación 18.

En esta campaña oceanográfica la termoclina solo se presentó en los transectos 2y 3 y se ubicó a aproximadamente 20 m de profundidad, en los demás transectos no se formó una termoclina bien definida y al parecer, ésta se pudo formar en una zona mas alejada de la costa, de lo cual no se tienen datos. En el transecto 1 las isotermas se presentaron verticalmente con excepción de la isoterma de 21 °C, mientras que en los demás transectos las isotermas se presentaron en forma horizontal (Figura 43).



La haloclina solo se presentó en los transectos 2 y 3 y se ubicó por encima de los 10 m de profundidad, en los demás transectos no se definió bien un gradiente de salinidad debido a que las isohalinas se presentaron de manera vertical (Figura 44).

El gradiente de densidad o picnoclina se presentó de manera similar a la salinidad, solo se presentó en los transectos 2 y 3 a una profundidad de aproximadamente 10 m, en los demás transectos las isopicneas se presentaron verticalmente (Figura 45).

En esta campaña oceanográfica la estación 6 presentó la mayor concentración con 1173 megalopas/1000 m³, seguida de la estación 21 con 1117 megalopas/1000 m³ (Figura 46), mientras que las demás estaciones tuvieron una variación de 3 a 760 megalopas/1000 m³. En el plano vertical, la mayor concentración se ubicó en el nivel 2 (10 m) y 3 (20 m) de la estación 6 (Figura 47). En las dos campañas oceanográficas anteriores las estaciones más alejadas de la costa tuvieron la mayor concentración de megalopas; en este caso, la estación 6 se encuentra muy cerca de la desembocadura del río Grijalva-Uscumacinta y tuvo la concentración mayor de megalopas en el nivel 2. Se obtuvieron megalopas en todos los transectos de esta campaña, de éstos el que se encuentra frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos tuvo un aporte importante de megalopas en todos los niveles (Figura 48).

De manera general, en la zona de muestreo las megalopas de *C. similis* se concentraron principalmente en la estación 6 con un total de 866 megalopas/1000 m³, seguida de la estación 11 con 383 megalopas/1000 m³, y la estación 21 con 373 megalopas/1000 m³, en las demás estaciones la especie tuvo una concentración con valores que variaron de 12 a 312 megalopas/1000 m³ (Figura 49). Las megalopas de esta especie se concentraron



principalmente en el nivel 1(2 m) de la estación 6 aunque las densidades en los niveles 1 (2 m), 2 (10 m) y 3 (20 m) se mantuvieron en valores muy altos, no se tuvieron megalopas en el nivel 5 (Figura 50).

Las megalopas de *C. sapidus* tuvieron una densidad alta en la estación 11, con 101 megalopas/1000 m³; en las demás estaciones la densidad varió de 11 a 44 megalopas/1000 m³ (Figura 51). La mayoría de las megalopas de esta especie se concentró en el nivel 3 (20 m); en los niveles 1 (2 m) y 2 (10 m) tuvieron una densidad muy baja (Figura 52).

Las megalopas de *A. cribarius* tuvieron una distribución limitada en las diferentes estaciones; se presentaron básicamente en las estaciones del transecto ubicado frente a la Laguna de Términos donde la concentración mayor estuvo en la estación B, con 55 megalopas/1000 m³ y en las demás estaciones las concentraciones fueron de 4 a 30 megalopas/1000 m³ (Figura 53). La mayoría de las megalopas de esta especie se ubicaron en los niveles 1 (2 m) y 3 (20 m) de las estaciones A y B (Figura 54).

Las megalopas del genero *Portunus* se ubicaron principalmente en la estación 2, con 352 megalopas/ 1000 m³, seguida de la estación 21 con 331 megalopas/1000 m³; las demás estaciones presentaron una densidad mucho menor con valores de 3 a 226 megalopas/1000 m³ (Figura 55). En el plano vertical, la densidad mayor se tuvo en el nivel 3 (20m) (Figura 56).

Las megalopas de especies no identificadas se concentraron en la estación 21 con 286 megalopas/1000 m³, las demás estaciones tuvieron una densidad que varió entre 9 y 142



megalopas/1000 m³ (Figura 57). La mayoría de las megalopas se ubicaron en el nivel 2 (10 m) y 1 (2 m) (Figura 58).

A los resultados obtenidos de las densidades de megalopas de las diferentes especies se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) que dió diferencias significativas entre las diferentes estaciones, $F_{(\alpha=0.05)} = 1.97515 < P = 0.003655$; mientras que no se obtuvieron diferencias significativas en los diferentes niveles, $F_{(\alpha=0.05)} = 1.71158 > P = 0.101116$. De las especies encontradas en esta campaña oceanográfica solo *C. sapidus* tuvo diferencias significativas entre las estaciones ($F_{(\alpha=0.05)} = 9.57967 < P = 0.000036$). A los datos de *C. sapidus* se les aplicó un análisis de regresión múltiple que dió como resultado que la variable que tiene relación mayor es la salinidad, $F_{(\alpha=0.05)} = -3.94928 < P = 0.000439$.



CAPITULO IV

4.1. DISCUSIÓN.

La mayor cantidad de megalopas obtenidas de las muestras de la campaña MOPEED XV fueron del genero *Portunus*, probablemente la especie es *Portunus spinicarpus* Stimpson, 1871, seguida de *Callinectes similis* Williams, 1966. Algunos organismos no se identificaron hasta el nivel de especie debido a que no se tiene ó es muy escasa la información disponible sobre el desarrollo de zoeas y megalopas. La mayor información disponible es para las especies de importancia comercial como *C. similis* y *C. sapidus* Rathbun, 1896. Para la campaña oceanográfica MOPEED XVI y MOPEED XVII la mayor cantidad de megalopas fue de *C. similis*.

De manera general, en las tres campañas oceanográficas las megalopas se ubicaron en los dos niveles más superficiales (2 y 10 m). En la tabla 2 se enlistan las concentraciones en el día y la noche en los diferentes niveles en general, de cada campaña oceanográfica; y se puede apreciar que no hay una dominancia marcada para el día (06:00 a 18:00 h) o la noche (18:01 a 5:59 h), a estos datos se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) que no mostró diferencias significativas. Sin embargo, analizando visualmente los datos de esta tabla, se puede apreciar que en la campaña oceanográfica MOPEED XV existe una pequeña diferencia entre el día y la noche, ya que en esta se encuentra una mayor concentración de megalopas en el nivel 1 y 2 (2 y 10 m) en la noche mientras que en el día se puede observar una mayor concentración en los niveles 3, 4 y 5 (20, 45 y 100 m). En la campaña oceanográfica MOPEED XVI se observa que no hay una dominancia clara en los niveles de día y de noche lo que posiblemente se debe a que esta campaña oceanográfica fue realizada



en la época de nortes, los cuales ocasionan que la columna de agua se mezcle y con ello, las clinas se desplazan a mayor profundidad con lo que las zoeas y megalopas pueden ubicarse a mayor profundidad. Para la campaña oceanográfica MOPEED XVII se muestra que en la noche los niveles 1 y 2 (2 y 10 m) tuvieron una mayor concentración, mientras que en el día las megalopas se ubicaron en los niveles 3, 4 y 5 (20, 45 y 100 m). No se obtuvo una correlación entre la concentración y la profundidad y la hora del día y por lo tanto, no se puede apreciar un ciclo diario de migración de megalopas con los resultados obtenidos en este trabajo. Sin embargo, las zoeas y megalopas pertenecen al zooplancton, por lo cual necesitan del fitoplancton para alimentarse y deben moverse en la columna de agua en busca de su alimento tanto en un plano horizontal como en uno vertical. Es necesario tomar muestras cada hora y durante un periodo de tiempo largo para poder llegar a una conclusión en este aspecto.

De acuerdo con Garland et al. (2002), durante la noche las larvas pueden subir en la columna de agua para alimentarse y en el día pueden descender para evitar la depredación; sin embargo, también menciona que la distribución vertical de larvas planctónicas requiere de que las larvas puedan nadar verticalmente en respuesta a factores físicos (temperatura, salinidad, mezcla) o biológicos (alimento, depredadores). En cuanto a factores físicos, las estaciones presentaron condiciones propicias para el desarrollo de las megalopas en cada uno de los cruceros, es decir, se tuvieron temperaturas mayores a 20 °C y salinidades mayores a 30 ‰, pero se diferenciaron en la profundidad a la cual se encontraban las clinas (termoclina, haloclina y picnoclina). Debemos tomar en cuenta que las estaciones más alejadas de la costa son más profundas y por lo tanto, las clinas pueden encontrarse a mayor profundidad que en las estaciones cercanas a la costa, en las estaciones someras las clinas



pueden encontrarse a pocos metros de profundidad o bien pueden no existir; es decir, la columna de agua puede estar mezclada. En cuanto a los factores biológicos antes mencionados, no se tomaron datos de depredadores o del alimento de las megalopas; sin embargo, durante la separación de las megalopas se observó que estas podrían ser depredadas por larvas de peces y quetognatos siempre y cuando fueran mas grandes que las megalopas, y en cuanto al alimento se observo que las megalopas en algunos casos tenían sujetos en sus quelíceros tanto a peces, quetognatos y algas, pero no se tomaron datos de esto. Por lo tanto, no se pueden relacionar los resultados obtenidos con la disponibilidad del alimento o la presencia de depredadores porque no se tienen datos de ello.

Garland et al. (2002) realizaron muestreos verticales durante varios días a diferentes horas y encontraron que altas concentraciones de zoeas de decápodos tendían a ocurrir durante las noches a profundidades de 18 m pero no había evidencia de una migración vertical; aunque afirma que encontró altas concentraciones de larvas cuando el agua era cálida (22 a 23 °C), cabe señalar que el estudio lo realizó en Duck, Carolina del Norte, USA.

Luckenbach y Orth (1992) menciona que las megalopas de *C. sapidus* presentan fototaxis negativa, migran hacia la superficie cuando hay oscuridad y al fondo cuando hay luz, pero cuando la corriente es mayor a 9 cm/s las megalopas no son capaces de mantener su posición en la columna de agua y les es difícil mantener la orientación en cualquier dirección horizontal o vertical y solo pueden nadar débilmente a favor de la dirección de la corriente, por lo que solo son arrastradas por esta corriente. Cabe señalar que esto fue obtenido bajo condiciones de laboratorio. En este caso no se tomaron datos de corrientes



pero Díaz (2004) menciona que en la zona hay corrientes cercanas a los 50 cm/s (Figura 59) y de acuerdo con lo reportado por Luckenbach y Orth (1992), a esta velocidad las megalopas no pueden mantener su posición en la columna de agua y deben ser arrastradas por la corriente y por consiguiente, la migración vertical se vería inhibida hasta que la corriente lo permita, lo que solo podría darse en las zonas cercanas a la costa donde las corrientes son de menor magnitud, de acuerdo a lo reportado por Díaz (2004). Sin embargo, en este trabajo se obtuvo una pequeña diferencia entre el día y la noche (Tabla 2) lo que hace suponer que en las condiciones ambientales del mar, las megalopas podrían soportar una corriente más fuerte y poder migrar verticalmente, ya que varios trabajos han reportado que *C. sapidus* presenta fototaxis negativa (Sulkin, 1984; Luckenbach y Orth, 1992). Es necesario hacer muestreos cada hora y tomar en cuenta la velocidad de la corriente además de otras variables, para poder llegar a una mejor explicación sobre la migración vertical de las megalopas de esta familia.

En los tres cruceros las mayores concentraciones de megalopas se obtuvieron en las estaciones mas alejadas de la costa, con excepción de la estación 6 en la campaña oceanográfica MOPEED XVII. Se esperaba que las estaciones cercanas tuvieran la mayor concentración ya que las megalopas deben ingresar a los estuarios y lagunas costeras para continuar con su desarrollo. Debemos tomar en cuenta que estos organismos, junto con todo el plancton, están sujetos a las corrientes marinas y tienen un movimiento limitado. La ubicación de un organismo en un cuerpo de agua como el Golfo de México depende de numerosas variables, por ejemplo, el lugar donde fueron liberadas, el patrón de las corrientes, el tiempo que llevan flotando en el agua, la velocidad y la dirección del viento, el clima, el movimiento propio del organismo, la cantidad de agua dulce que aportan los



ríos, etc. (Sulkin y Van Heukelem, 1986). Scheltema (1986) realizó un estudio de dispersión de larvas en el Pacífico central y encontró que un objeto arrastrado pasivamente en la superficie de la corriente surecuatorial podría viajar 1000 km en 44 días. Aunque el patrón de corrientes no es igual que en el Golfo de México, da un ejemplo de la distancia que podría recorrer un organismo planctónico.

Díaz (2004) realizó un estudio de corrientes en la bahía de Campeche a diferentes profundidades, y estimó que durante el verano la capa de 4 a 20 m de profundidad tiene una velocidad máxima de 0.52 m s^{-1} ; si esta velocidad máxima se mantuviera constante durante un mes ó 30 días, un objeto en la superficie del agua podría recorrer 1347 km.

En la figura 59 se muestra el patrón de corrientes en la zona de estudio de acuerdo con los datos de Díaz (2004), donde se puede observar la existencia de un giro ciclónico al norte de la zona de estudio, además de una fuerte corriente que va de oeste a este aproximadamente entre los 19 y 19.25° N , a una velocidad cercana a los 0.5 m s^{-1} , y pasa cerca de las estaciones mas alejadas de la costa. Estos datos de corrientes fueron tomados a finales de agosto de 1996 y no se tienen datos para las otras épocas climáticas de la bahía de Campeche.

Las muestras obtenidas durante la campaña oceanográfica MOPEED XV fueron tomadas en agosto de 1995, por lo tanto, los datos de corrientes no son del mismo año en que se tomaron las muestras de zooplancton; sin embargo, corresponden a la misma época climática. Los resultados obtenidos indican que las estaciones mas alejadas de la costa contienen la mayor concentración de organismos, y es en estas estaciones donde se observa



una corriente muy fuerte proveniente del oeste de la bahía de Campeche, lo que podría sugerir que los organismos provienen de lagunas costeras ubicadas al oeste de la bahía de Campeche. Si se toma en cuenta que el tiempo que les toma en llegar a la etapa de megalopa es de 31 a 49 días (Williams, 1984; Sulkin, 1986), dependiendo de las condiciones ambientales, éstas podrían viajar a lugares muy alejados del punto donde fueron liberadas y regresar a este mismo punto de origen, pero también podrían colonizar lagunas costeras de donde no fueron liberadas si es que las corrientes se lo permiten (Williams, 1984; Garvine, 1997).

Aproximadamente a los 20.25° N y 94.3° W se presenta un giro ciclónico que se caracteriza por llevar nutrientes ubicados en capas subsuperficiales a la superficie con lo cual el plancton se beneficia (Díaz, 2004). En este caso, los resultados obtenidos indican que la estación 10 de la campaña oceanográfica MOPEED XV tiene la mayor concentración de organismos y es claramente influenciada por la corriente producida por el giro ciclónico mencionado. No sólo en los niveles superficiales se obtuvo la mayor concentración, sino también en los demás niveles de las estaciones 10 y 2 se encontraron altas concentraciones de organismos para este crucero.

Es evidente que conforme aumenta la profundidad se mantiene una alta concentración de organismos, la cual es influenciada por las corrientes provenientes del oeste de la bahía de Campeche, como puede apreciarse en las figuras 60 a 65. Por lo tanto, es de suponer que las altas concentraciones de organismos están asociadas a las corrientes provocadas por el giro ciclónico, pero también depende del lugar donde fueron liberadas y del tiempo en que han estado flotando en el mar. Las pruebas estadísticas no indicaron una correlación entre



la densidad de megalopas de las diferentes especies de portúnidos identificadas y los parámetros ambientales que fueron tomados en este estudio (temperatura, salinidad y densidad). Las larvas o zoeas y megalopas de decápodos, son organismos planctónicos que están sujetos a las corrientes, y por lo tanto, deben ser arrastradas por las corrientes y ser llevadas tanto a zonas alejadas como a zonas cercanas a la costa (Williams, 1984, Shanks, 1995). Es necesario realizar estudios de corrientes a diferentes profundidades y tomar muestras de zooplancton al mismo tiempo, para poder afirmar que estas corrientes están influenciando la distribución de las megalopas de portúnidos en la bahía de Campeche o den lugar a alguna otra conclusión a este respecto.

De las tres campañas oceanográficas la que tuvo una mayor concentración de megalopas fue la campaña MOPEED XVI que se llevó a cabo en noviembre de 1995, y la especie que tuvo la mayor concentración fue *C. similis*, con 24217 megalopas/1000 m³ en este mismo crucero, seguida de *Portunus spp.*

Román (1986), quien realizó un estudio de la población de *Callinectes spp.* en la Laguna de Términos encontró en el mes de febrero un alto porcentaje de ejemplares juveniles y menciona además que durante los meses de diciembre a junio se acentúa el movimiento de jaibas juveniles que penetran a la laguna. Domínguez (1998) menciona que en la laguna de Términos se han detectado dos periodos importantes de madurez sexual en las hembras en los meses de julio y octubre. Las megalopas tienen un periodo de desarrollo largo, dependiendo de la especie. El periodo de zoea (larva) dura entre 31 y 49 días, y el periodo de megalopa dura entre 6 y 20 días (Millikin, 1984; Williams, 1984; Sulkin, 1986; Steele, 1990). El desove de las hembras ocurre de dos a nueve meses después del apareamiento. Si



hay una alta reproducción de *Callinectes spp.* durante el mes de julio, entonces se tendría el desove en septiembre y para noviembre estas larvas alcanzarían la etapa de megalopa, como es el caso de los resultados obtenidos en la campaña oceanográfica MOPEED XVI, la cual fue realizada en el mes de noviembre y para el mes de enero, se tendría una alta concentración de juveniles en la laguna de Términos, lo cual coincide con lo reportado por Román (1986).

Si existe una alta reproducción durante el mes de octubre, entonces se tendría una alta densidad de megalopas en el mes de febrero, como lo demuestran los datos obtenidos en la campaña oceanográfica MOPEED XVII realizada en el mes de febrero, donde se tiene una alta concentración de megalopas comparada con la campaña oceanográfica MOPEED XV.

Los organismos de la familia portunidae se reproducen durante casi todo el año (Williams, 1984) y es por ello que en las tres campañas oceanográficas se obtuvieron zoeas, megalopas y juveniles; estos últimos fueron más abundantes en la campaña oceanográfica MOPEED XVII. Los portúnidos tienen una fecundidad alta; son capaces de producir entre 700 mil y 2 millones de huevos en un desove, dependiendo de la especie (Millinkin, 1984; Williams, 1984).

Una vez que estas larvas llegan al mar, la mortalidad se puede atribuir a factores biológicos y físicos. Debido a la alta disponibilidad de alimento las larvas rara vez mueren de hambre, pero una baja disponibilidad de presas puede extender la duración del desarrollo larval, y con esto, aumentarse el riesgo de mortalidad debido a la depredación (Garvine *et al.*, 1997). En cuanto a mortalidad por factores físicos, se considera que a temperatura de 21



°C y salinidad de 30 UPS se tiene una alta sobrevivencia, mientras que a temperatura de 15 °C y salinidad de 35 UPS se tiene una alta mortalidad (Sulkin, 1986). En este caso, el promedio de temperatura y salinidad superficial en la campaña oceanográfica MOPEED XV fue de 29.6 °C y 35.1 UPS, para la campaña oceanográfica MOPEED XVI fue de 27.2 °C y 34.2 UPS y para la campaña oceanográfica MOPEED XVII fue de 23 °C y 35.7 UPS, por consiguiente, la mortalidad por factores físicos se esperaría que no fuera un factor crítico. Las tres campañas oceanográficas presentaron condiciones ambientales propicias para el desarrollo larval, de acuerdo a lo mencionado anteriormente, y gracias a esto se obtuvieron megalopas en las tres campañas oceanográficas con un máximo de densidad en la campaña oceanográfica MOPEED XVI, debido a que en julio se tiene un nivel alto de reproducción en la zona de la laguna de Términos.

Es necesario realizar muestreos cada mes para poder analizar el comportamiento de las megalopas durante todo el ciclo anual en el Golfo de México, y poder comprender mejor la ecología de este grupo de importancia ecológica y comercial.



CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES.

- La especie que presentó la mayor densidad total fue *C. similis*, con 34686 megalopas/1000 m³, seguida de *Portunus spp.* con 4637 megalopas/1000 m³.
- En la campaña oceanográfica MOPEED XVI se obtuvo una gran concentración de megalopas de *C. similis* debido, probablemente, a que en julio se presenta el máximo de reproducción en la laguna de Términos, Camp.
- La estación que presentó la mayor cantidad de megalopas de portúnidos fue la 10 en la campaña oceanográfica MOPEED XV; para la campaña oceanográfica MOPEED XVI fue la estación 12; y para la campaña oceanográfica MOPEED XVII fue la estación 6; estas tres estaciones se encuentran frente a la desembocadura del río Grijalva-Uscumacinta.
- Las estaciones mas alejadas de la costa presentaron la mayor concentración de megalopas, con la excepción de la campaña oceanográfica MOPPED XVII, donde la estación 6 se encuentra a pocos kilómetros de la desembocadura del río Grijalva-Uscumacinta.
- La mayor concentración de megalopas se ubicó en los niveles 1 (2 m) y nivel 2 (10 m), los cuales se encontraron por encima de la termoclina.
- No se obtuvieron diferencias entre las densidades de megalopas en el día y la noche; sin embargo, existe una pequeña diferencia en la campaña



oceanográfica MOPEED XV y MOPEED XVII, donde se obtuvo una mayor concentración en los niveles 1 y 2 durante la noche, pero en la campaña oceanográfica MOPEED XVI no existió una clara dominancia.

- El promedio de temperatura y salinidad superficial en las tres campañas oceanográficas fue adecuado para el desarrollo de las zoeas y megalopas de portúnidos, de acuerdo a lo encontrado en la literatura.
- No se obtuvieron diferencias significativas entre las concentraciones de megalopas de las diferentes estaciones de muestreo ni entre los diferentes niveles para los datos obtenidos en la campaña oceanográfica MOPEED XV. En cambio, para la campaña oceanográfica MOPEED XVI se obtuvieron diferencias significativas entre las densidades de las diferentes estaciones, solo en el caso de *Arenaeus cribarius*; y la variable que tuvo mayor relación con las densidades fue la hora del día. Para la campaña oceanográfica MOPEED XVII se obtuvieron diferencias significativas entre las densidades de las diferentes estaciones, pero solo en el caso de *Callinectes sapidus*; y el parámetro que tuvo relación con las densidades fue la salinidad.



5.2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Arzate, A. E. (1991). Situación actual de la pesquería de las jaibas *Callinectes sapidus* y *Callinectes rathbunae* en Tamaulipas, 1987/89. Inst. Nal. De la Pesca. Centro Reg. Pesq. Tampico.
- Blackmon, D. C. y Eggleston, D. B. (2001). Factors influencing planktonic, post-settlement dispersal of early juvenile blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 257:183-203.
- Bookhout, C. G. y Costlow Jr., J. D. (1974). Larval development of *Portunus spinicarpus* reared in the laboratory. *Bulletin of Marine Science*. 24(1): 20-51.
- Bookhout, C. G. y Costlow Jr., J. D. (1977). Larval development of *Callinectes similis* reared in the laboratory. *Bulletin of Marine Science*. 27(4):704-728.
- Brumbaugh, R. D. (1996). Recruitment of blue crab, *Callinectes sapidus* postlarvae to the back-barrier lagoons of Virginia's eastern shore. Ph. D. Thesis. Old Dominion University. Virginia. U. S. A. 174 p.
- Cházaro, O. S. (1996). Descripción de las megalopas de las especies *Callinectes sapidus* Rathbun: *C.similis* Williams; *C. rathbunae* Contreras; *Arenaeus cribarius* (Lamark) y *Pachygrapsus gracilis* (Saussure) de la Boca de la Laguna camaronera, Alvarado, Veracruz. Tesis de Maestría. ENEP Iztacala. UNAM. 118 p.
- Costlow Jr., J. D. (1965). Variability in larval stages of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Biological Bulletin*. 128:58-66.
- Costlow Jr., J. D. y Bookhout, C. G. (1959). The larval development of *Callinectes sapidus* Rathbun reared in the laboratory. *Biological Bulletin*. 116:373-396.



- Díaz, F. M. A. (2004). Estudio de las corrientes en la bahía de Campeche utilizando un perfilador acústico DOPLEER (ADCP). Tesis de maestría. ICMyL. UNAM. 67 p.
- Dittel, A. J. y Epifanio, C. E. (1982). Seasonal abundance and vertical distribution of crab larvae in Delaware Bay. *Estuaries*. 5(3):197-202.
- Dominguez, T. L. (1998). Jaibas del complejo lagunar de Términos. Inst. Nal. de la Pesca Centro Reg. Inv. Pesq. Cd. del Carmen, Campeche. Primer Taller de Pesca Ribereña del Golfo de México y Caribe. 8 12/03/1998.
- Epifanio, C. E., Valente, C. C. y Penbroke, A. E. (1984). Dispersal and recruitment of blue crab larvae in Delaware Bay. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 18:1-12.
- Epifanio C. E., Masse A. K. y Garvine R. W. (1989). Transport of blue crab larvae by surface currents off Delaware Bay, USA. *Marine Ecology Progress Series*. 54:35-41.
- FAO. (1996). Anuario estadístico de pesca. Capturas. FAO. Italia. Vol. 80.
- Garland, E. D., Zimmer, C. A., Lentz, S. J. (2002). Larval distributions in inner-shelf waters: the roles of wind-driven cross-shelf currents and diel vertical migrations. *Limnology and Oceanography*. 47(3):803-817.
- Garvine R. W., Epifanio C. E., Epifanio C. C. y Wong K. C. (1997). Transport and recruitment of blue crab larvae: a model with advection and Mortality. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 45:99-111.
- Gómez, P. M. A. (1997). Patrones de dispersión de larvas de camarón (*Solenocera vioscai*). Tesis de Maestria. Facultad de Ciencias. UNAM.62 p.



- Goodrich, D. M., Montfrans, J. V. y Orth, R. J. (1989). Blue crab megalopal influx to Chesapeak Bay: evidence for wind-driven mechanism. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 29:247-260.
- Gore, R. H. (1985). Molting and growth in decapod larvae. Larval growth, *Crustacean Issues 2*. A. A. Balkman, Rotterdam, Boston. 1-53.
- Johnson, D. R., Hester, B. S. y McConaugha, J. R. (1984). Studies of a wind mechanism influencing the recruitment of blue crab in the Middle Atlantic Baight. *Continental Shelf Research*. 3(4):425-237.
- Lankford R. R. (1977). Coastal lagoons of México. Their Origen and clasification. *Estuarine Process*. 2: 182- 215.
- López, S. M. (1999). Reclutamiento de postlarvas de crustáceos decápodos a través de la boca de la Laguna Camaronera, Alvarado, Veracruz. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 54 p.
- Luckembach, M. W. y Orth, R. J. (1992). Swimming Velocities and Behavior of Blue Crab (*Callinectes sapidus* Rathbun) Megalopae in Still and Flowing Water. *Estuaries*. 15(2):186-192.
- McConaugha, J. R., Johnson, D. F., Provenzano, A. J. y Moris, R. C. (1983). Seasonal distribution of the larvae of *Callinectes sapidus* (Crustacea: Decapada) in the wather adyacent to Chesapeak Bay. *Journal of Crustacean Biology*. 3(4):582-591.
- Millikin M. R. y Williams, A. B. (1984). Synopsis of biological data on the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. FAO Fish. Synopsis No. 138.
- Olmi, E. J. III. (1993). Inmigration of a blue crab (*Callinectes sapidus*) megalopae in the York River, Virginia: patterns and processes. Ph. D. Thesis. The College of Williams and Mary. Virginia. U. S. A. 249 p.



- Osterling, M. (1984). Manual for handling and shedding blue crabs (*Callinectes sapidus*) Gloucester Point, Va. Virginia Inst. Of Mar. Sci. Col. William & Mary. 271:1-94.
- Ramírez, F. M. (1988). Contribución al conocimiento de la distribución y abundancia de larvas de crustáceos decápodos (Orden: Decápoda) en el Golfo de México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 95p.
- Rice, A. L. (1981). The megalopa stage in brachyuran crabs. The podotremata Guinot. *Journal of Natural History*. 15:1003-1011.
- Rocha R. A., Cházaro O. S., Román C. R. y Molina H. (1996). Clave de identificación para estadíos de zoea, mysis, postlarvas (Caridea y Penaeidea) y megalopas (Anomura y Brachyura) de la Laguna de Alvarado, Veracruz México. *Rev. Zool. ENEP Iztacala. UNAM. Num. Especial (1): 1-22*
- Román, C. R. (1986). Análisis de la población de *Callinectes spp* (Decapoda: Portunidae) en el sector occidental de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 13(1)*.
- Salas, D. L. D. A. y Monreal G. M. A. (1997). Mareas y circulación residual en el Golfo de México. Contribución a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3. *Unión Geofísica Mexicana*. 201-223.
- Shanks, A. L. (1995). Orientated swimming by megalopae of several eastern North Pacific crab species and its potential role in their onshore migration. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. (186): 1-16.
- SEMARNAP. (1997). Anuario estadístico de pesca 1996. SEMARNAP. México.
- SEMARNAP. (1999). Anuario estadístico de pesca 1998. SEMARNAP. México.



- Scheltema, R. S. (1986). Long-distance dispersal by planktonic larvae of shallow water benthic invertebrates among central pacific islands. *Bulletin of Marine Science*. 39(2):241-256.
- Steele P. y Perry H. (1990). The blue crab fishery of the Gulf of Mexico. United States: a Regional Management Plan. Gulf Status Marine Fish. USA. No. 21th April.
- Sulkin, S. D. (1984). Behavioral basis of depth regulation in the larvae of brachyuran crabs. *Marine Ecology Progress Series*. 15:181-205.
- Sulkin, S. D. y Epifanio, C. E. (1986). Natural regulation of juvenile recruitment in the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun) and its consequences for sampling and management strategy. *Publications on Fisheries and Aquatic Science*. 92:117-123.
- Sulkin S. D y Van Heukelem W. F. (1986). Variability in the length of the megalopal stage and its consequence to dispersal and recruitment in the portunid crab *Callinectes sapidus* Rathbun. *Bulletin of Marine Science*. 39(2):269-278.
- Sulkin, S. D., Van Heukelem, W., Kelly P. y Van Heukelem, L. (1980). The behavioural basis of larvae recruitment in the crab *Callinectes sapidus* Rathbun: A laboratory investigation of ontogenetic changes in geotaxis and barokinesis. *Biological Bulletin*. 159:402-417.
- UNESCO. (1981). UNESCO Technical Papers in Marine Science. No. 39.
- Welch, J. M. (1998). Behavior of blue crab (*Callinectes sapidus*) megalopae during transport and settlement site selection: effects of turbulence and chemical cues. Ph. D. Thesis. Duke University. U. S. A. 182 p.
- Williams A. B. (1974). The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). *Fishery Bulletin*. 72(3):685-798.



-
- Williams A. B. (1984). Shrimps, Lobsters, and Crabs of the Atlantic Coast of the Eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press. USA. 550 pp.
 - Yannicelli B., Castro L. R., Valle-Levinson A., Atkinson L. y Figueroa D. (2006). Vertical distribution of decapod larvae in the entrance of an equatorward facing bay of central Chile: implications for transport. *Journal of Plankton Research*. 1(28): 19-37.



TABLAS Y FIGURAS

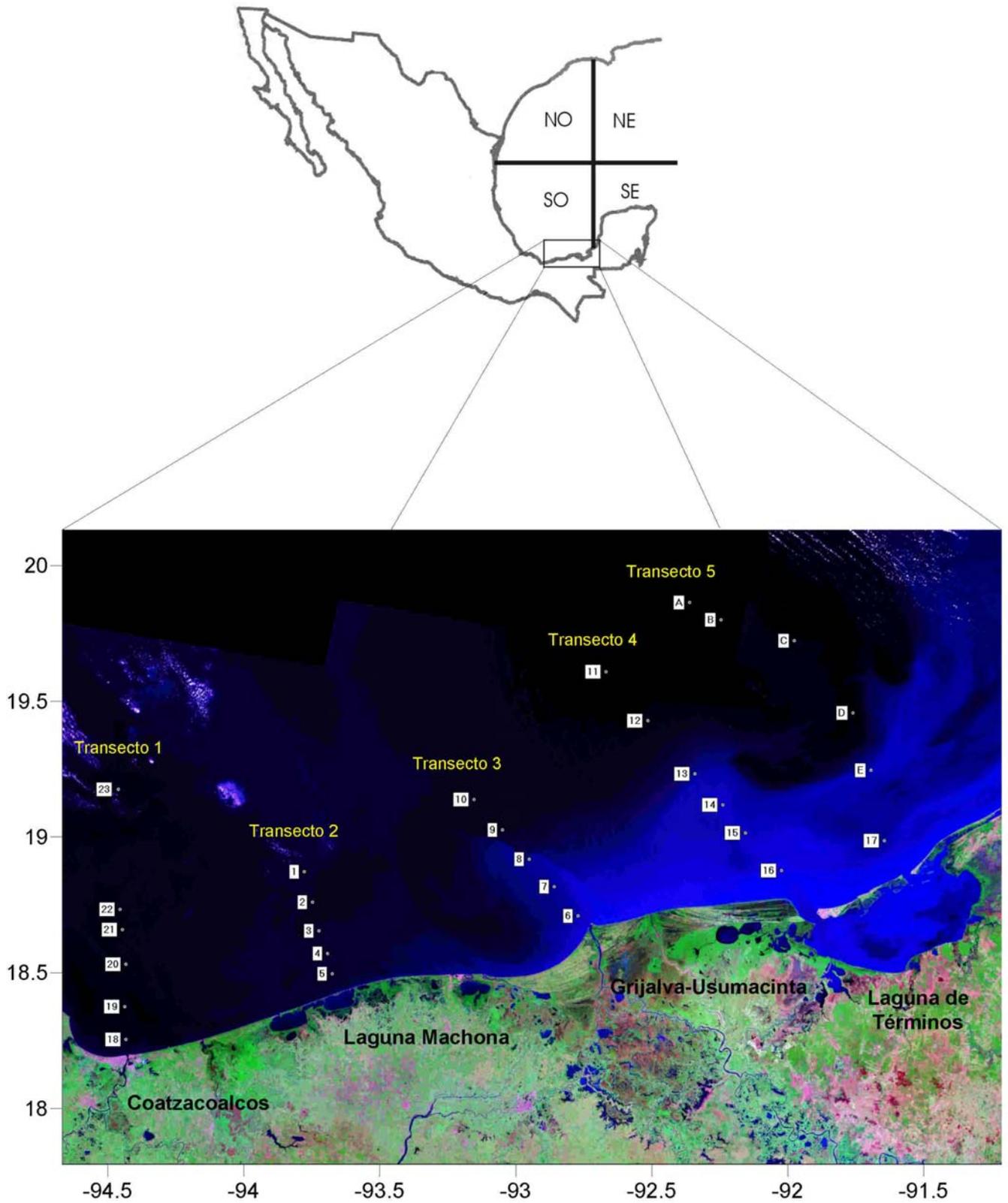


Figura 1. Localización geográfica de las zonas de muestreo.

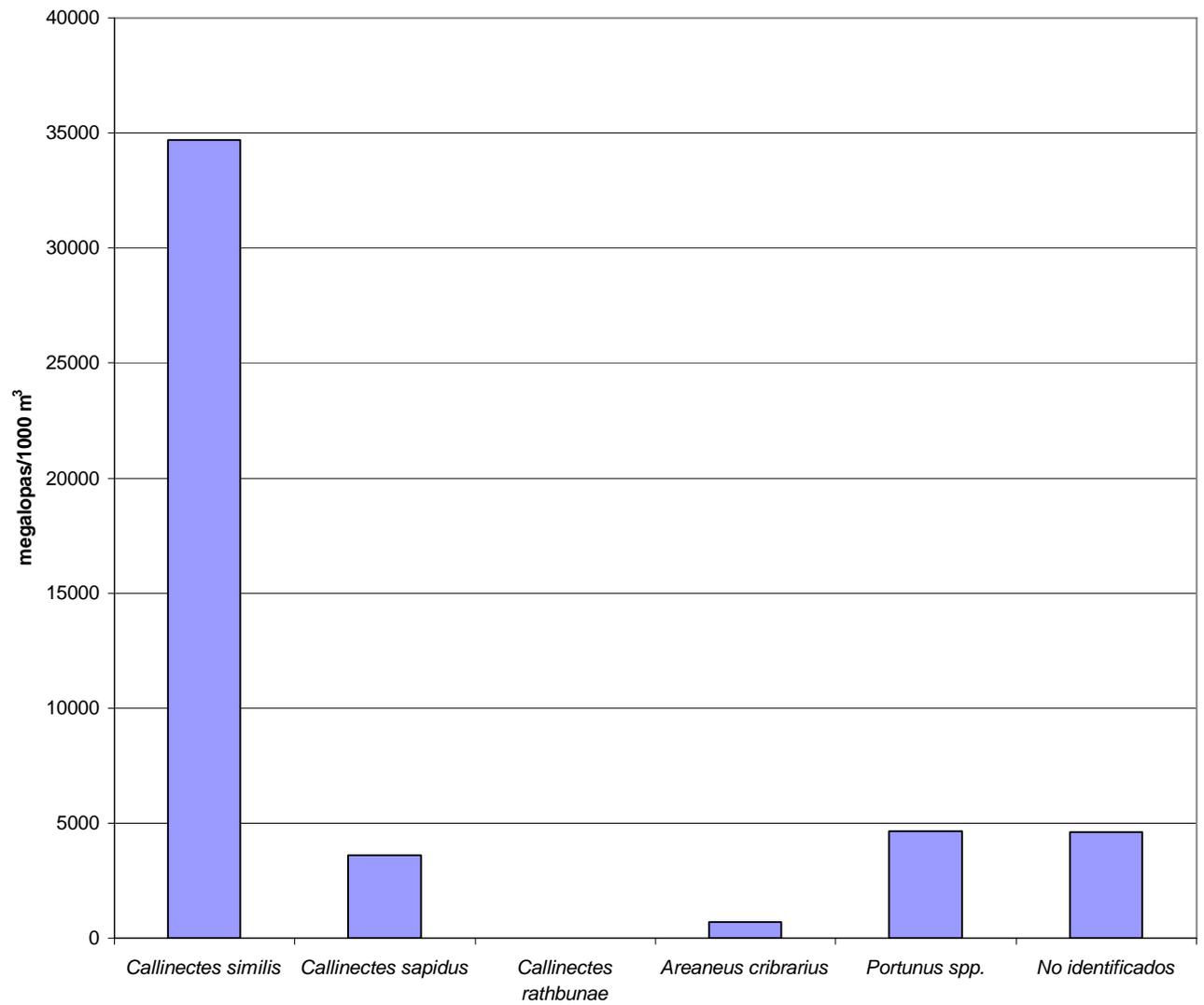


Figura 2. Densidad estimada de magalopas de portunidos encontradas en los tres cruceros oceanográficos.



MOPEED XV Temperatura (°C)

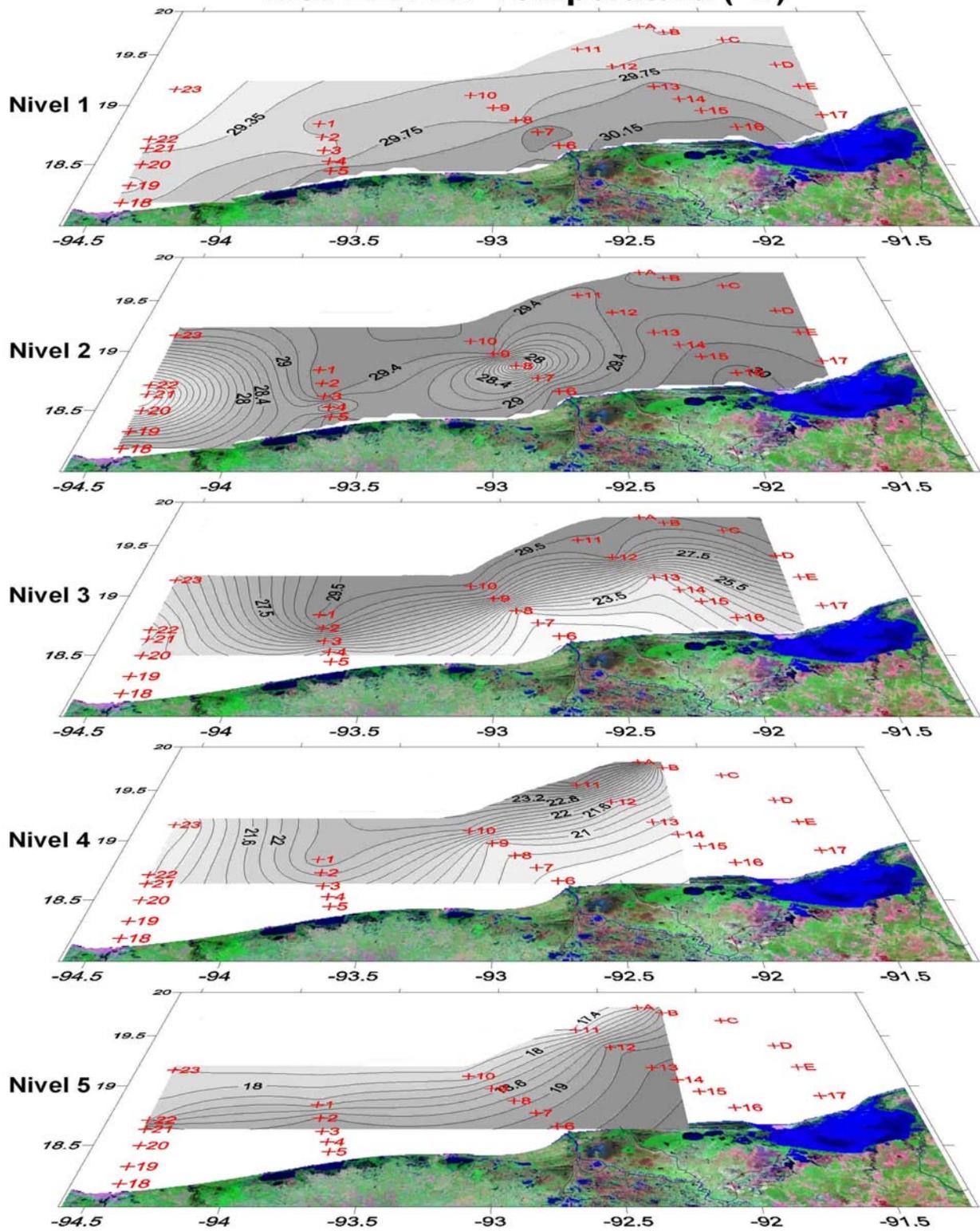


Figura 3. Distribución horizontal de temperatura en los diferentes niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XV.



MOPEED XV UPS

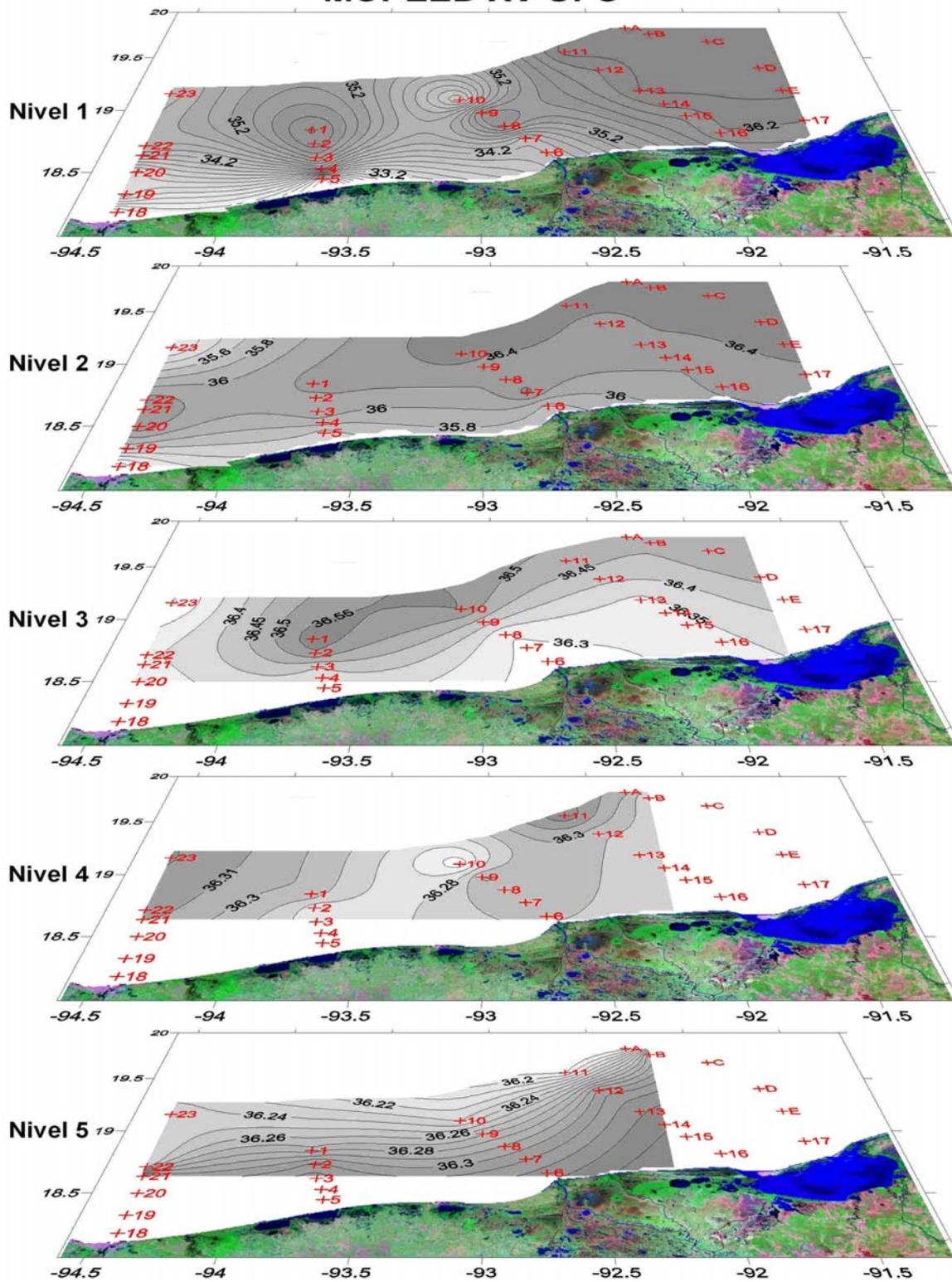


Figura 4. Distribución horizontal de la salinidad en los diferentes niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XV.



MOPEED XV SGTH

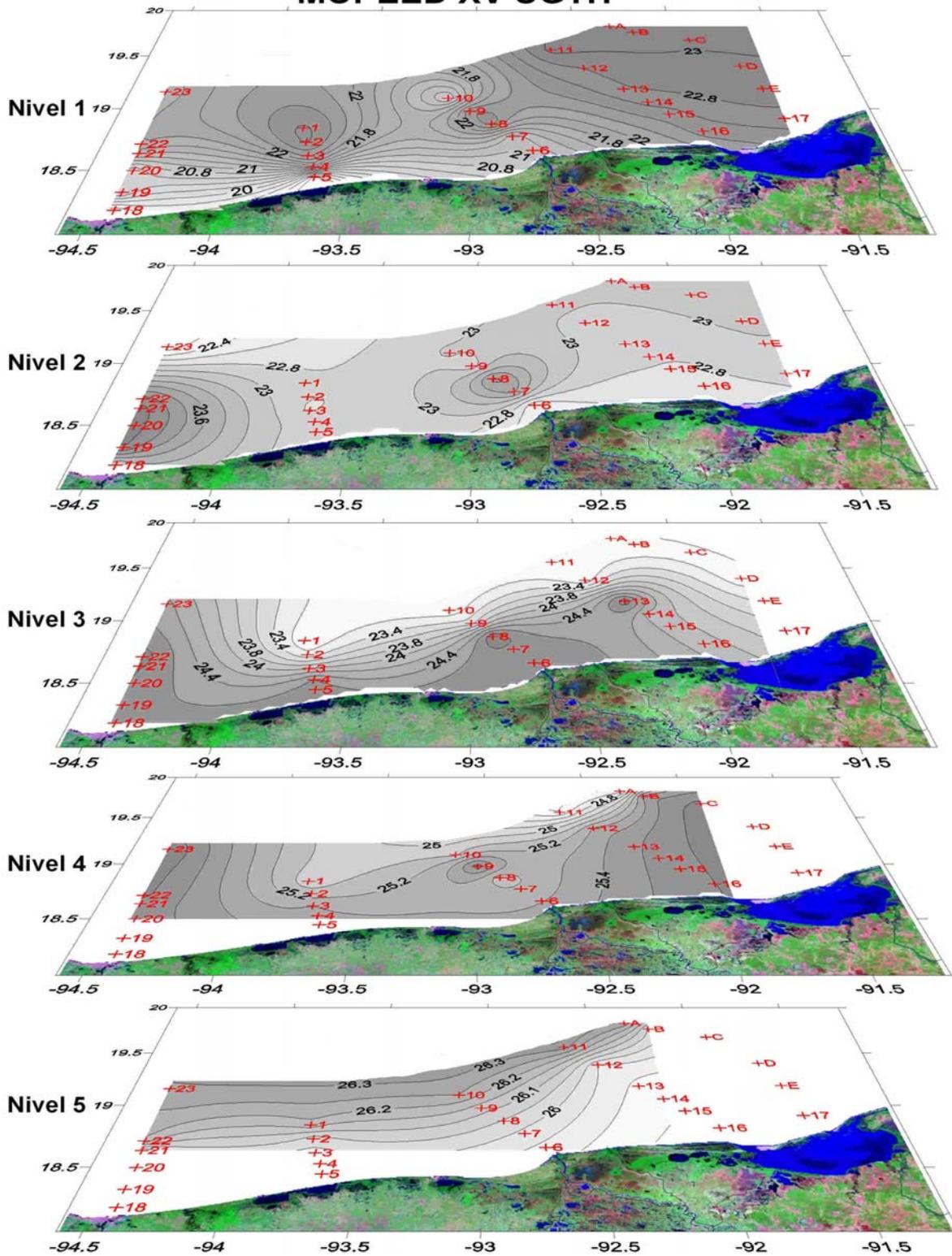


Figura 5. Distribución horizontal de la densidad (σ_t) en los diferentes niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XV.

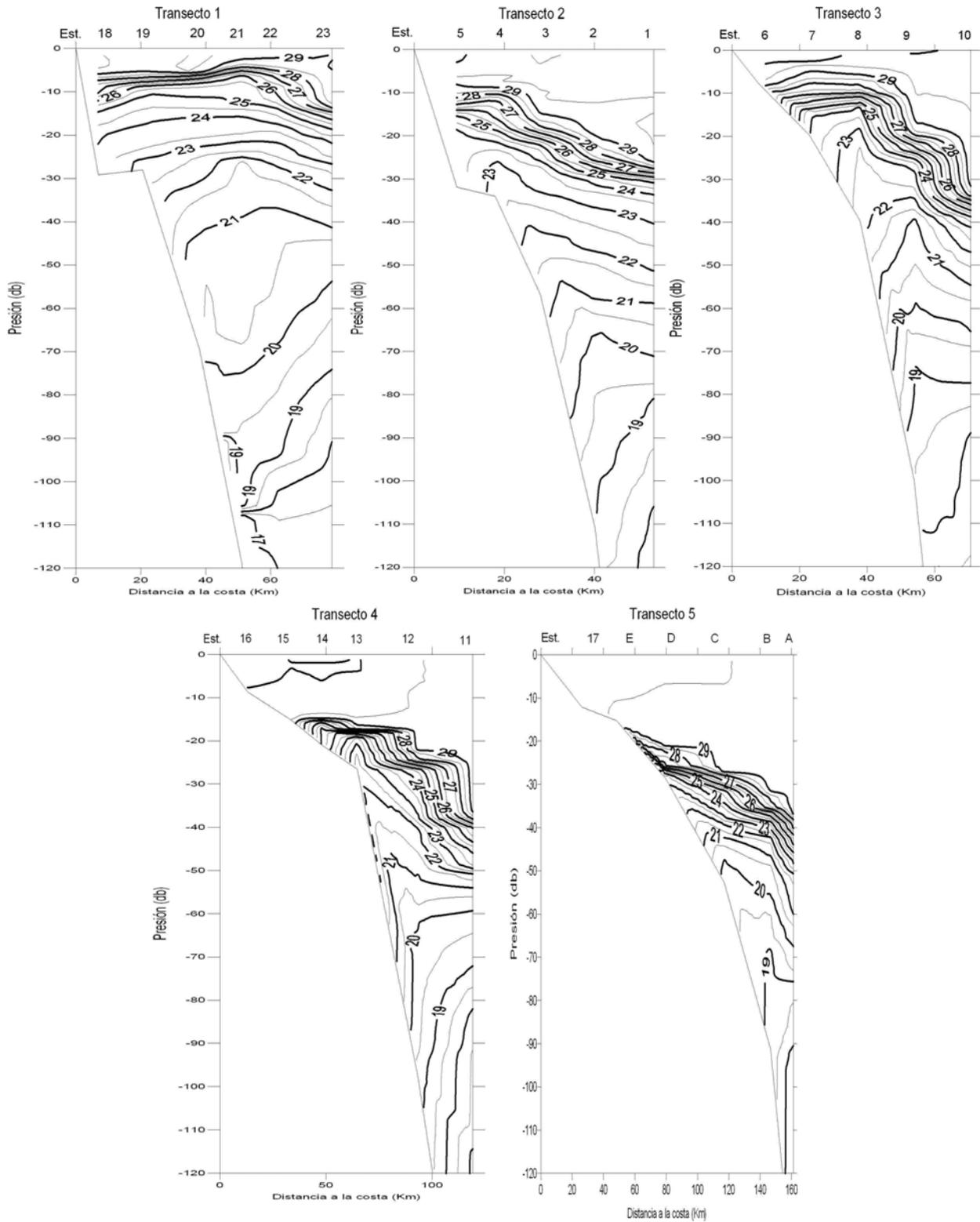


Figura 6. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}$ C) en los transectos de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

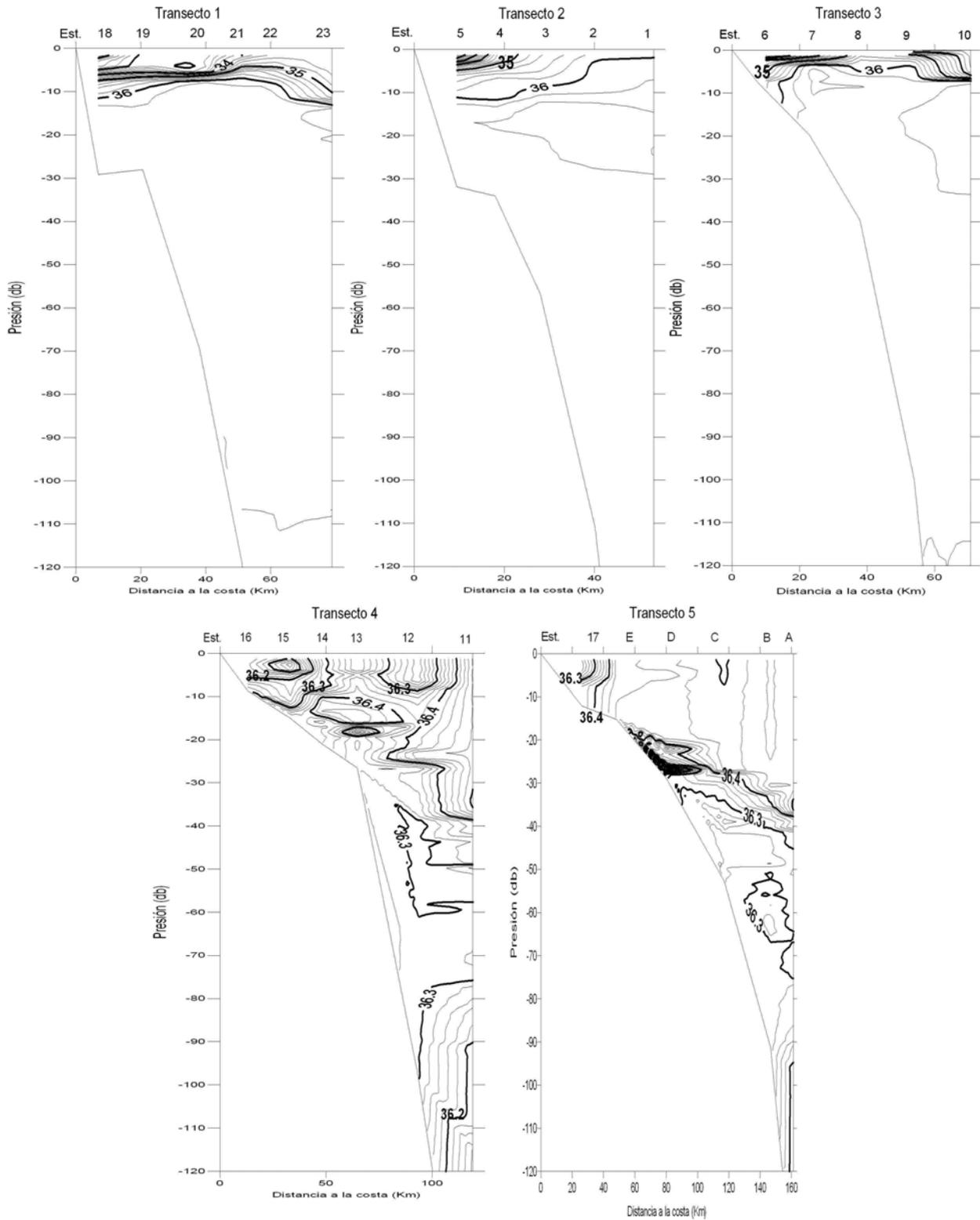


Figura 7. Distribución vertical de salinidad (UPS) en los diferentes transectos de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

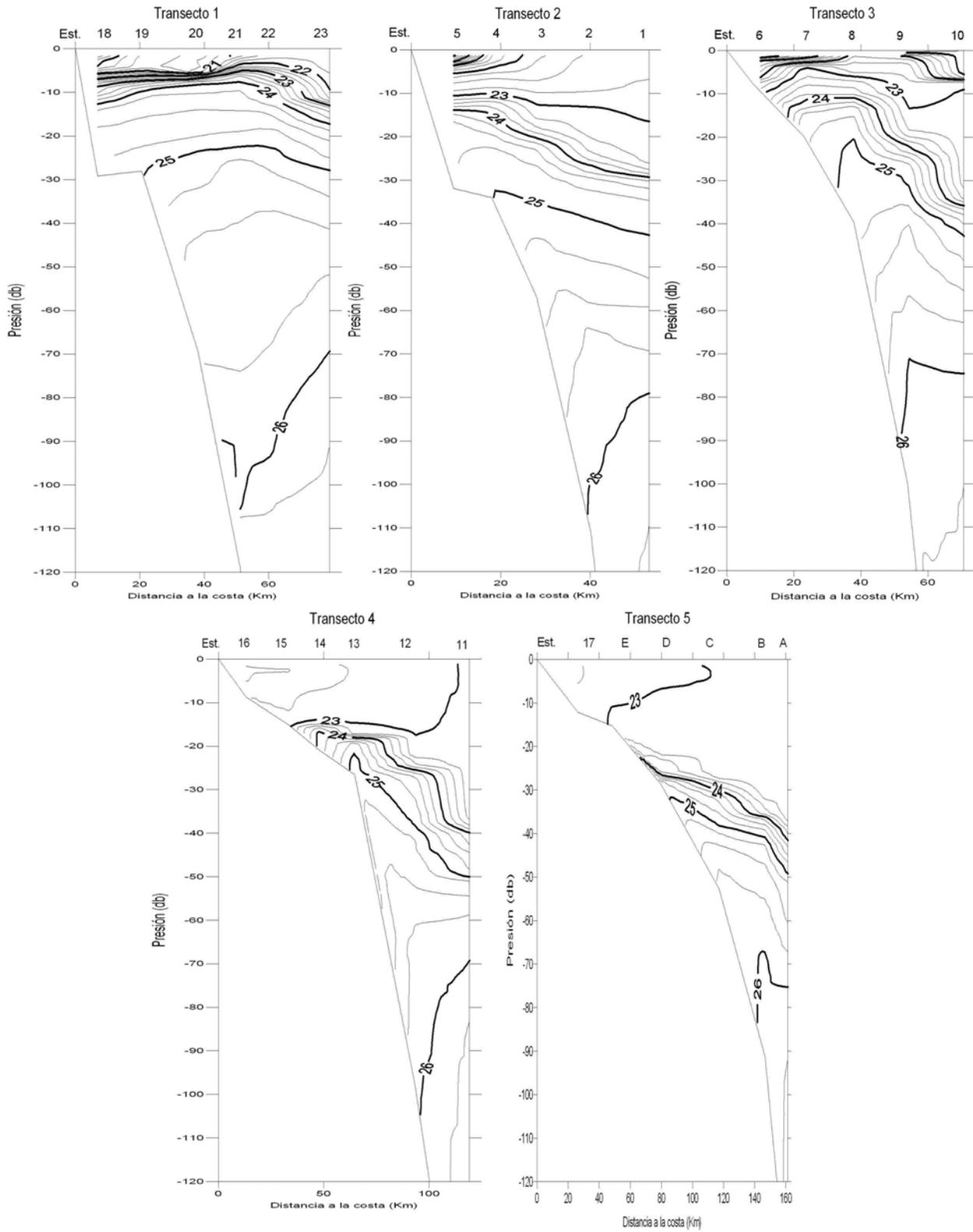


Figura 8. Distribución vertical de densidad (σ_t) en los diferentes transectos en la campaña oceanográfica MOPEED XV.

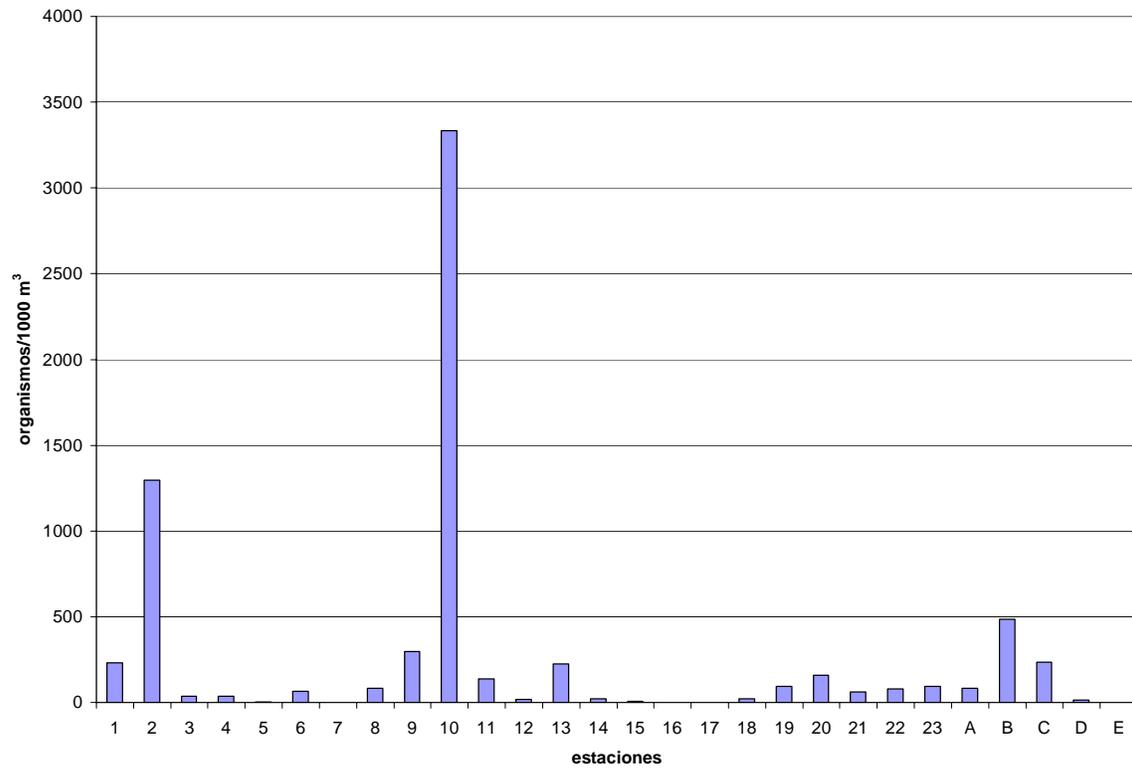


Figura 9. Densidad estimada de megalopas de portúnidos obtenidas en las diferentes estaciones de la campaña Oceanográfica MOPEED XV.

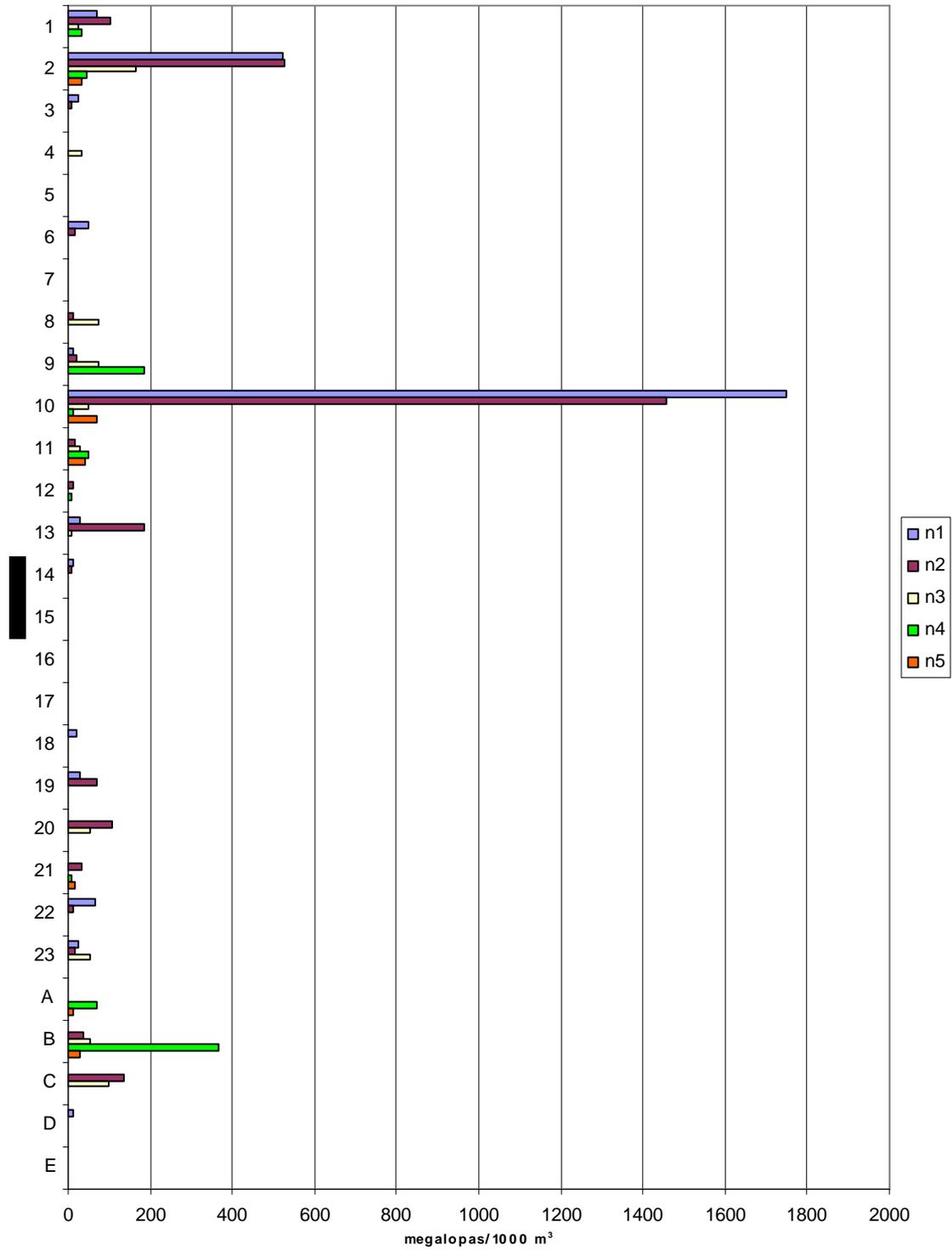


Figura 10. Megalopas de portúnidos encontradas en las diferentes estaciones y niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

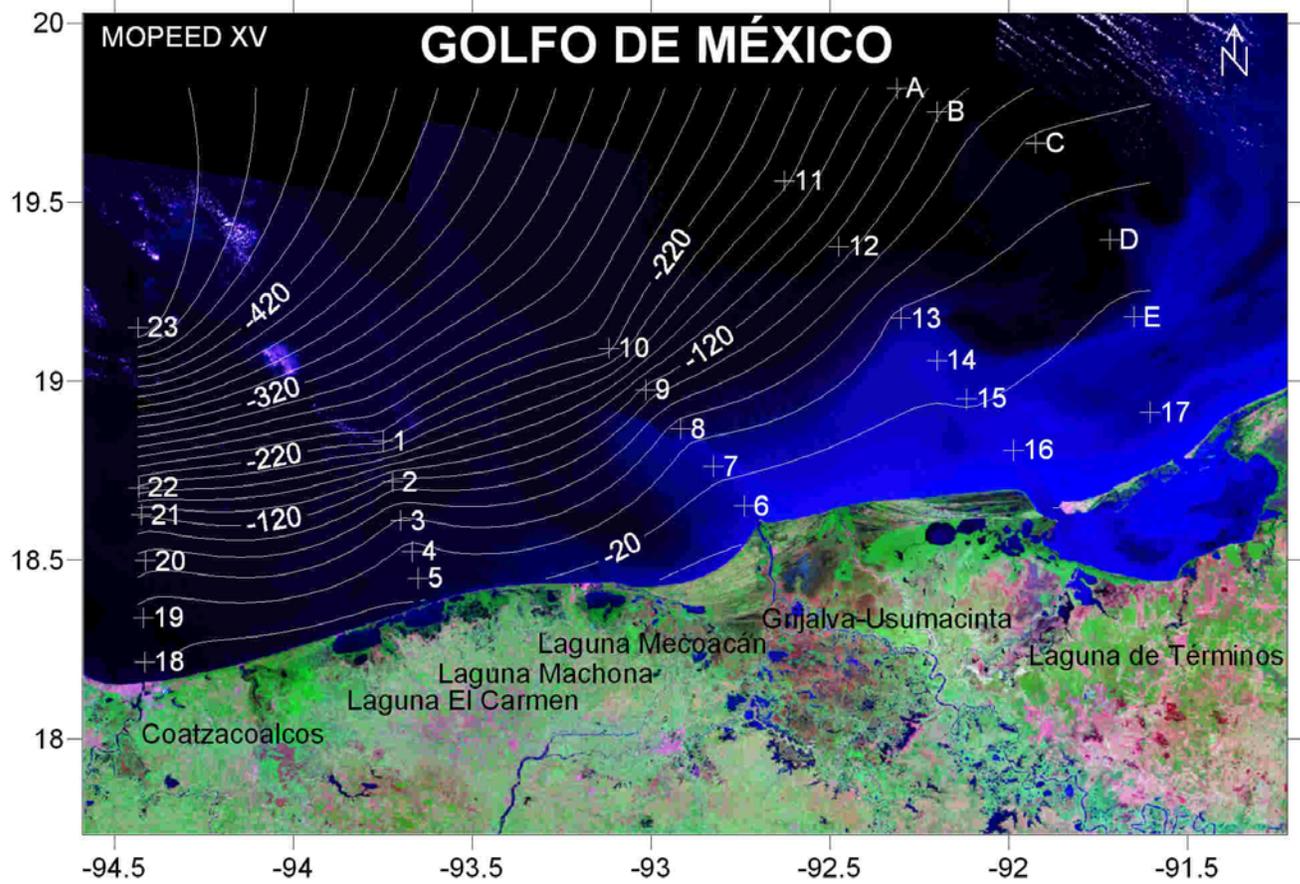


Figura 11. Batimetría y ubicación de las estaciones en la zona de muestreo.

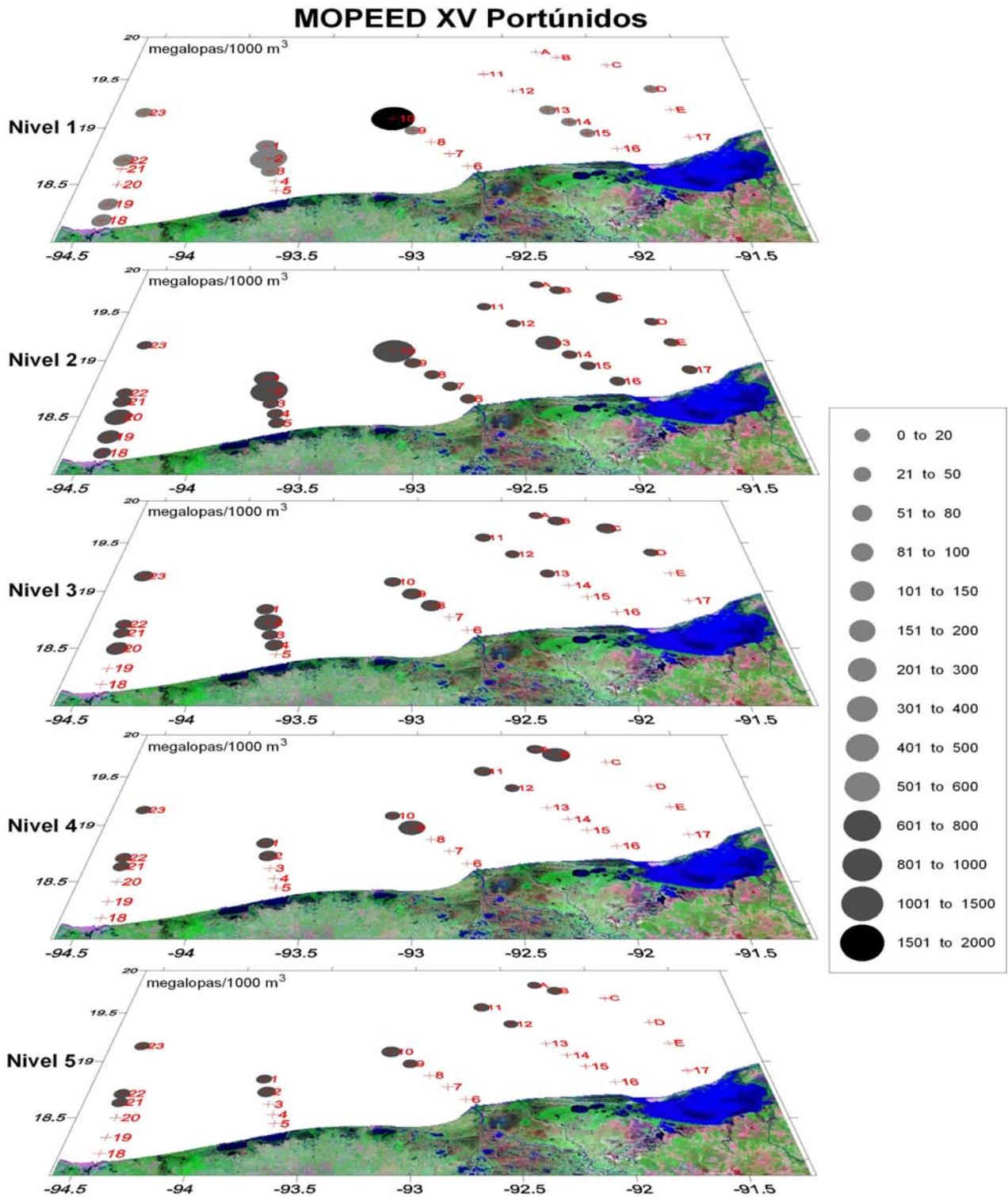


Figura 12. Distribución de las megalopas de portúnidos encontradas en las diferentes estaciones y niveles de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

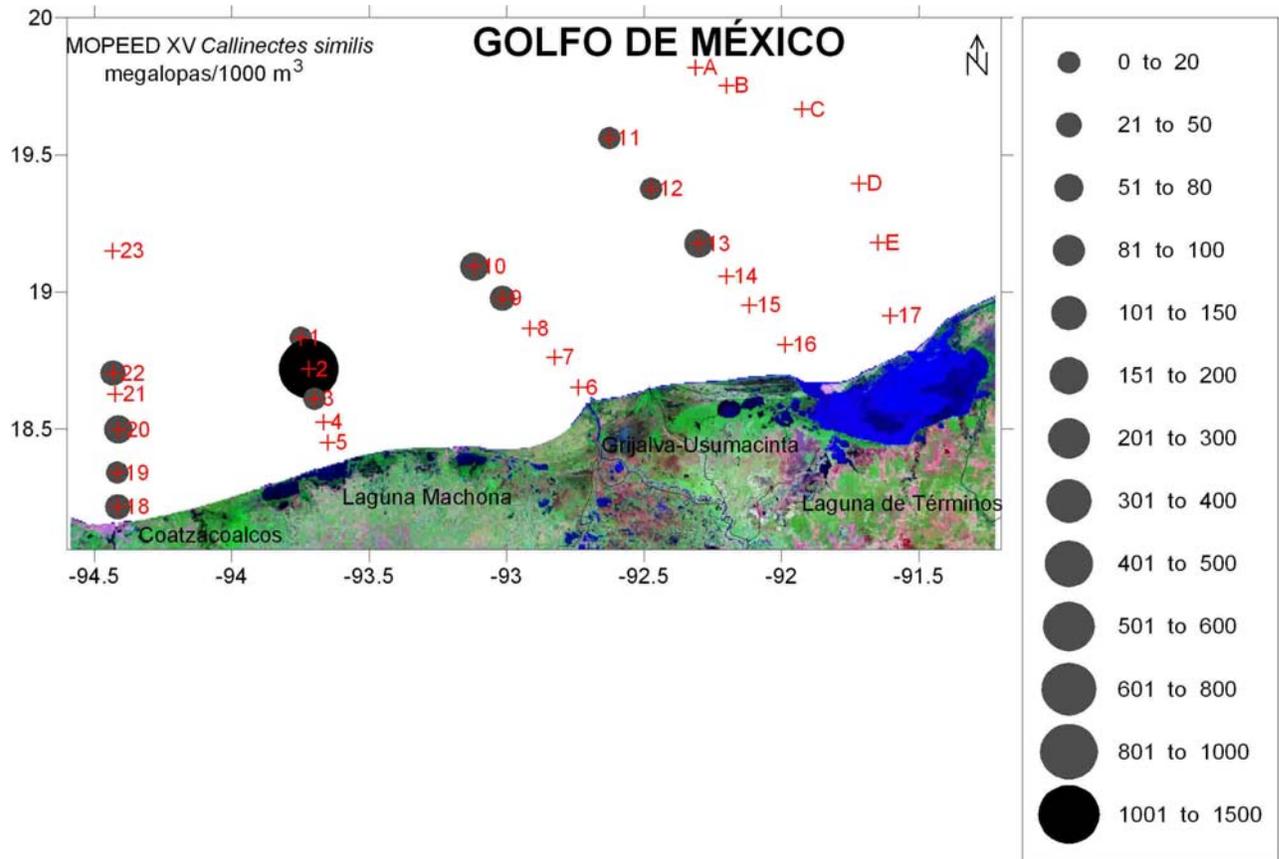


Figura 13. Distribución de las megalopas de *C. similis* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XV.



MOPEED XV *Callinectes similis*

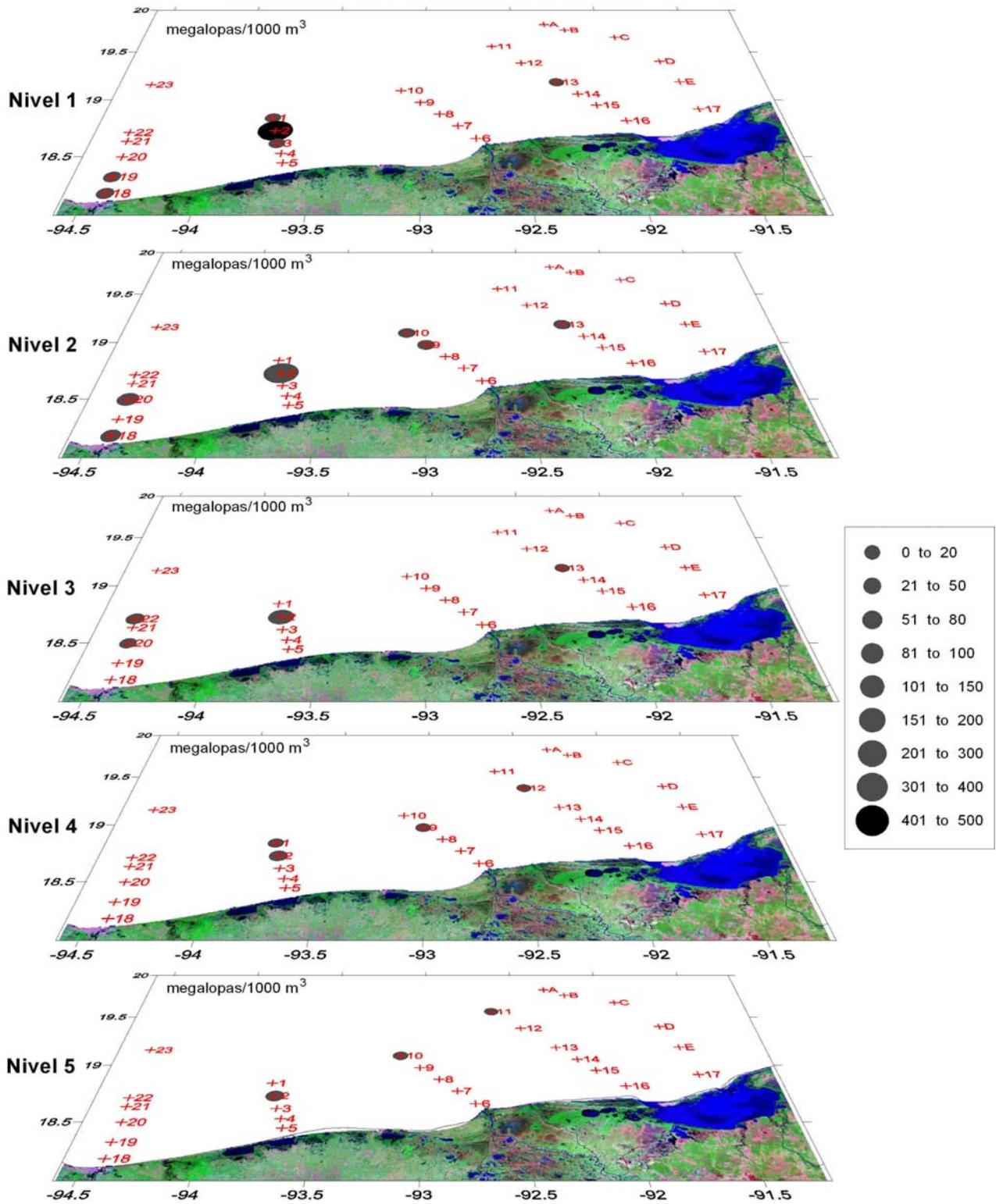


Figura 14. Distribución horizontal de megalopas de *C. similis* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

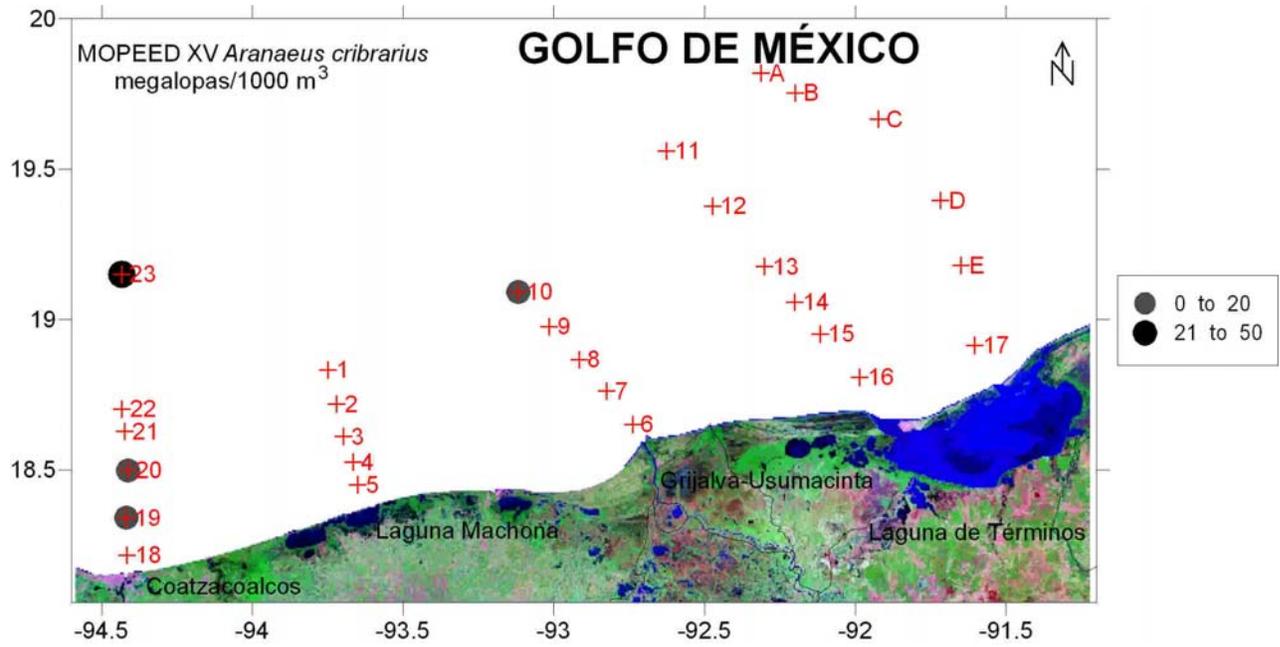


Figura 15. Distribución de las megalopas de *A. cribrarius* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

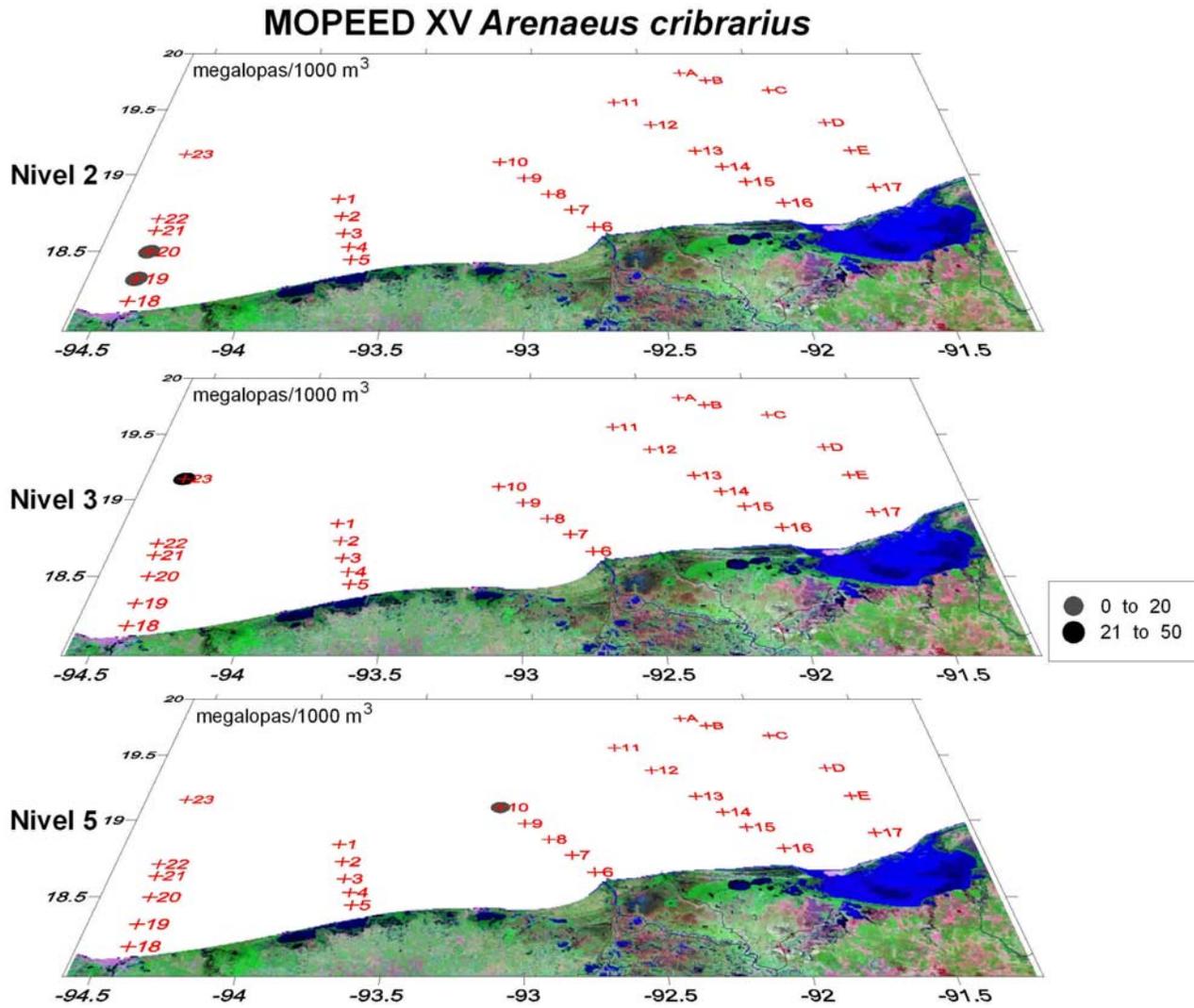


Figura 16. Distribución horizontal de megalopas de *A. cribrarius* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

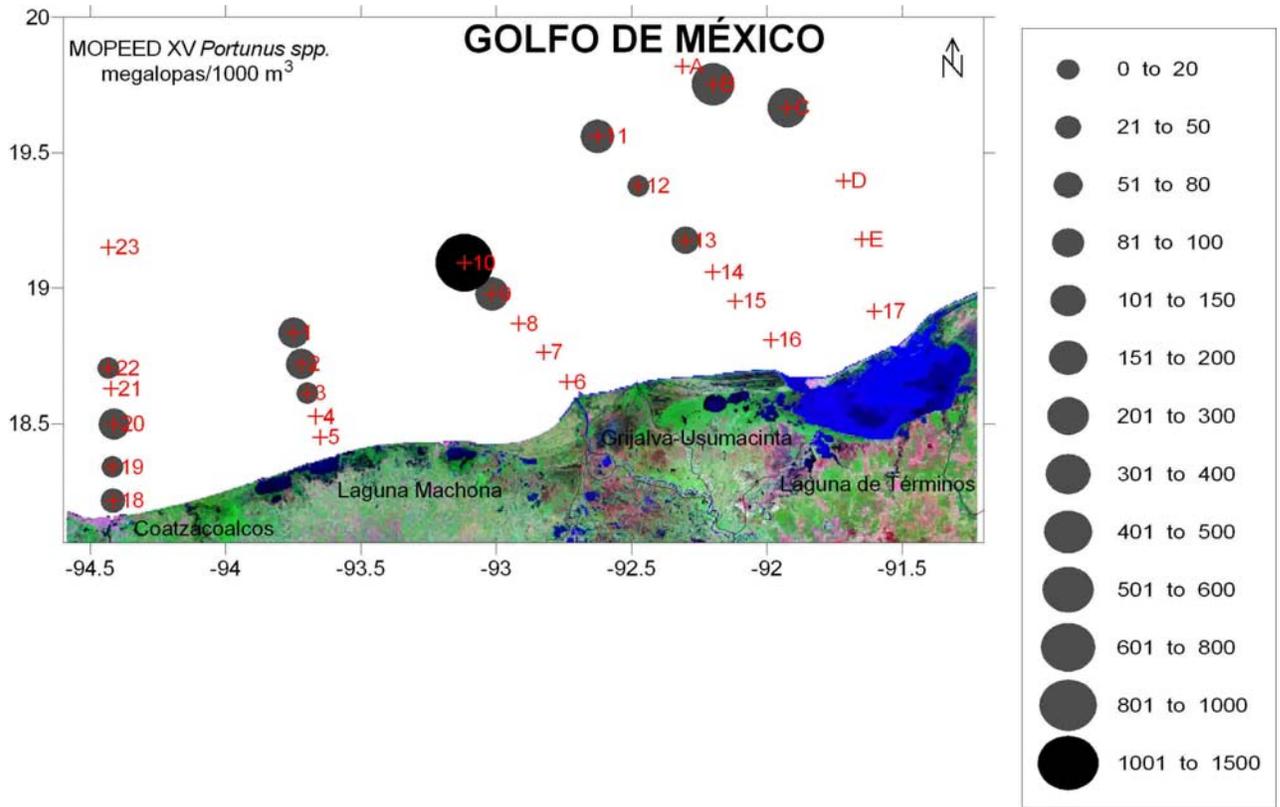


Figura 17. Distribución de las megalopas del genero *Portunus* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XV.



MOPEED XV *Portunus* spp.

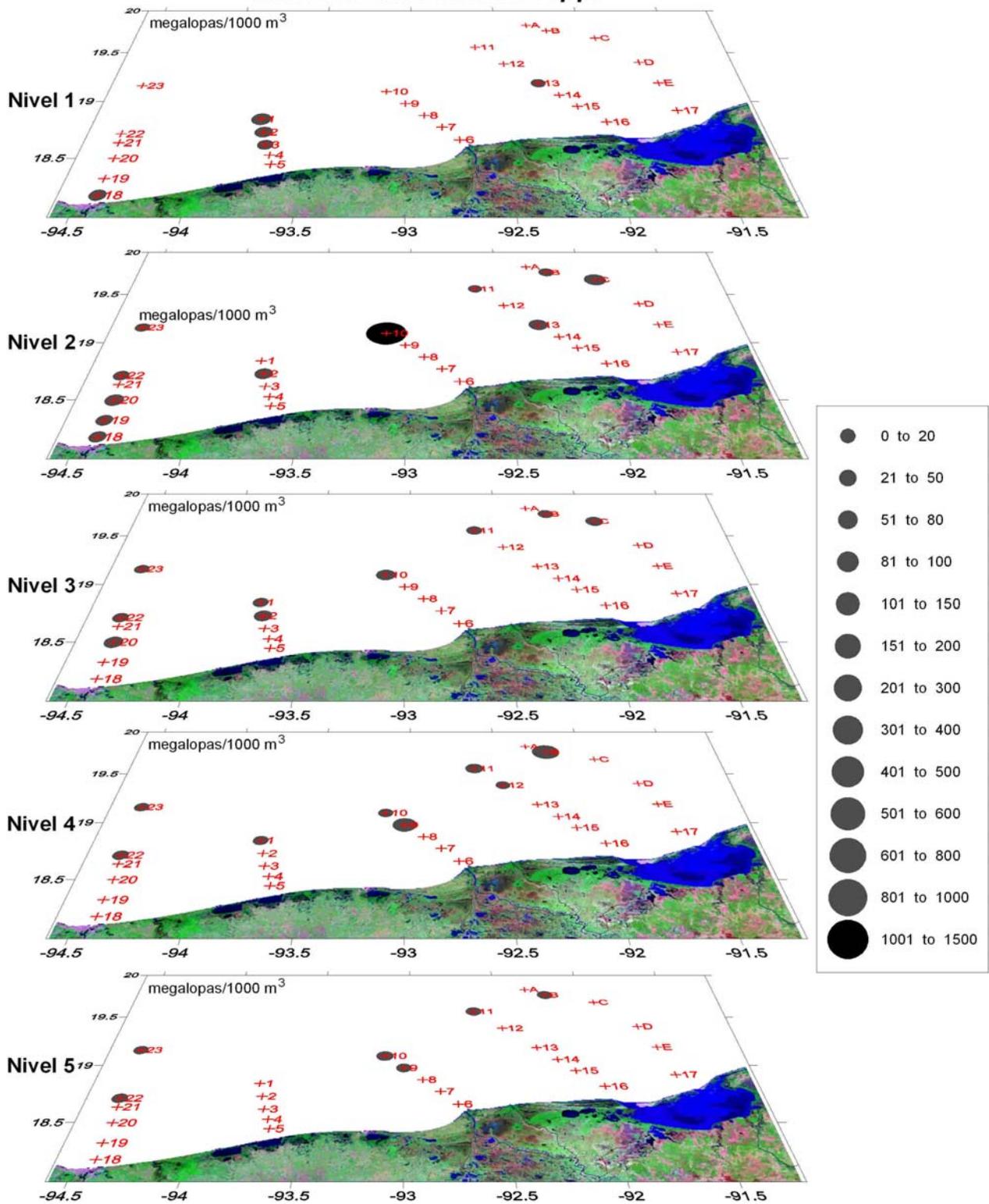


Figura 18. Distribución horizontal de megalopas del genero *Portunus* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

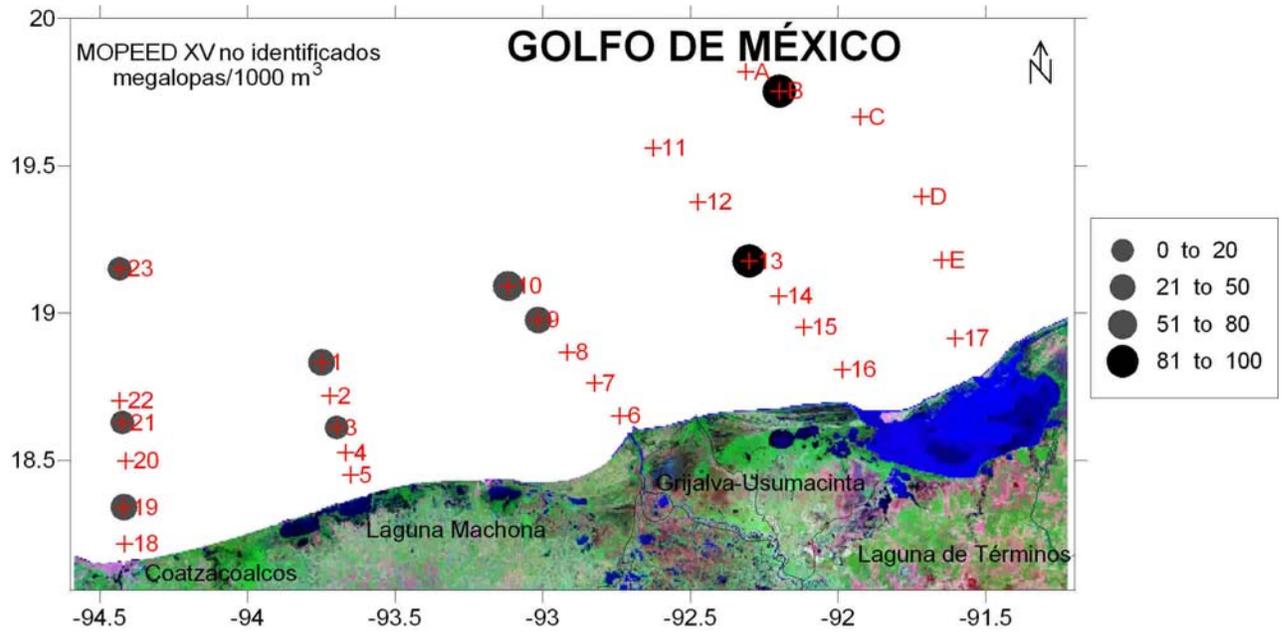


Figura 19. Distribución de las megalopas no identificadas encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XV.



MOPEED XV no identificados

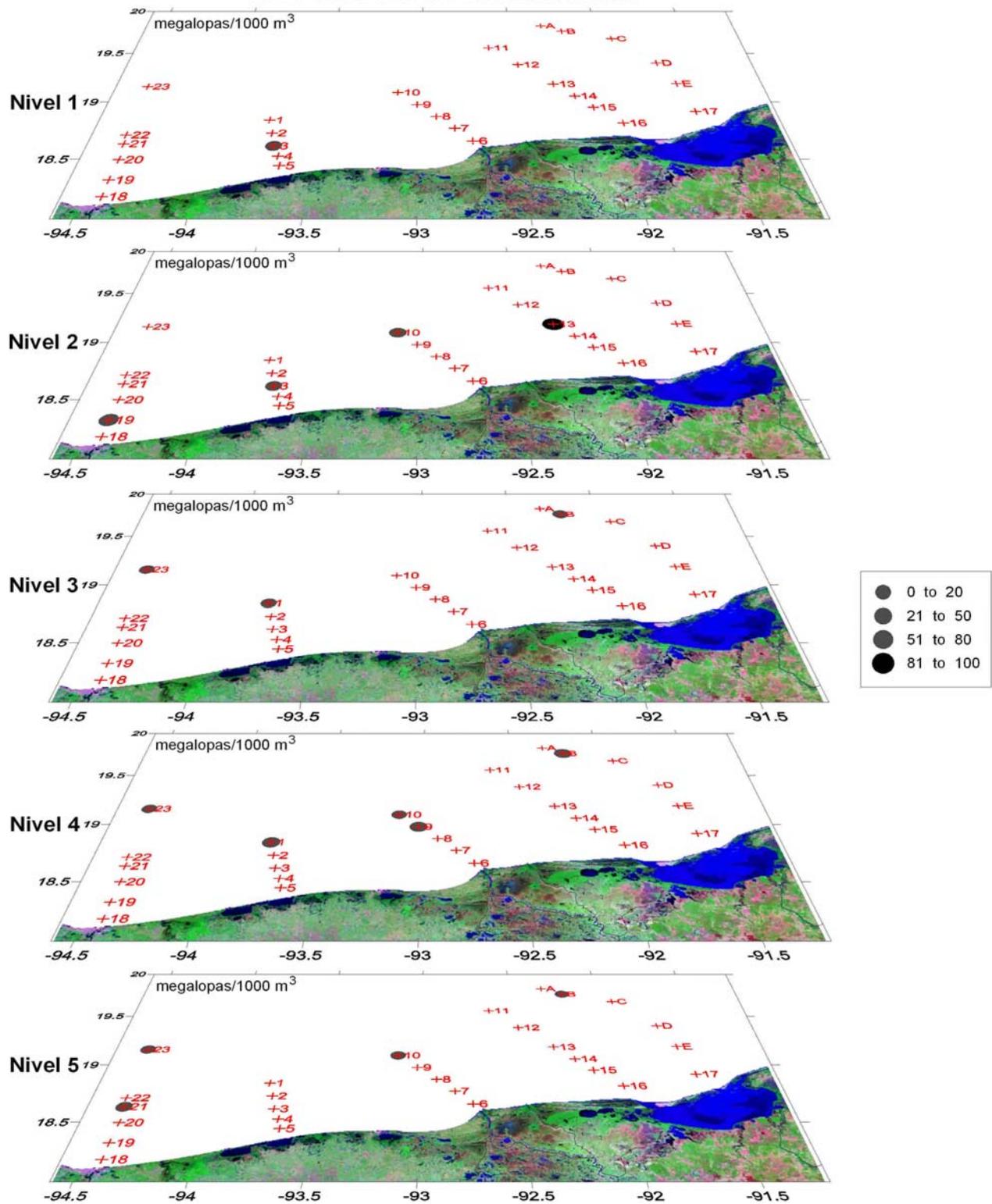


Figura 20. Distribución horizontal de megalopas no identificadas en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XV.



MOPEED XVI Temperatura (°C)

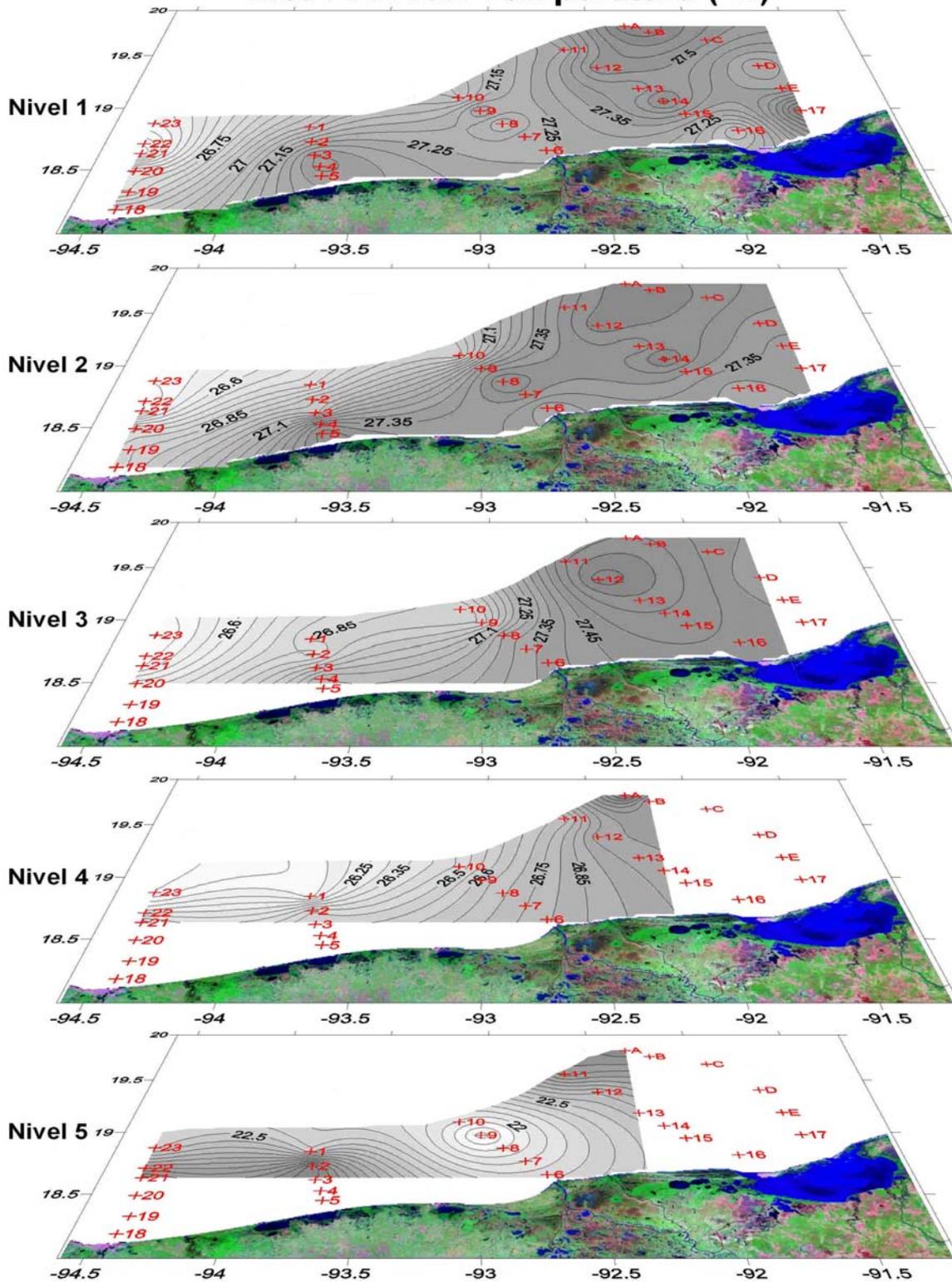


Figura 21. Distribución horizontal de temperatura en los 5 niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XVI.



MOPEED XVI UPS

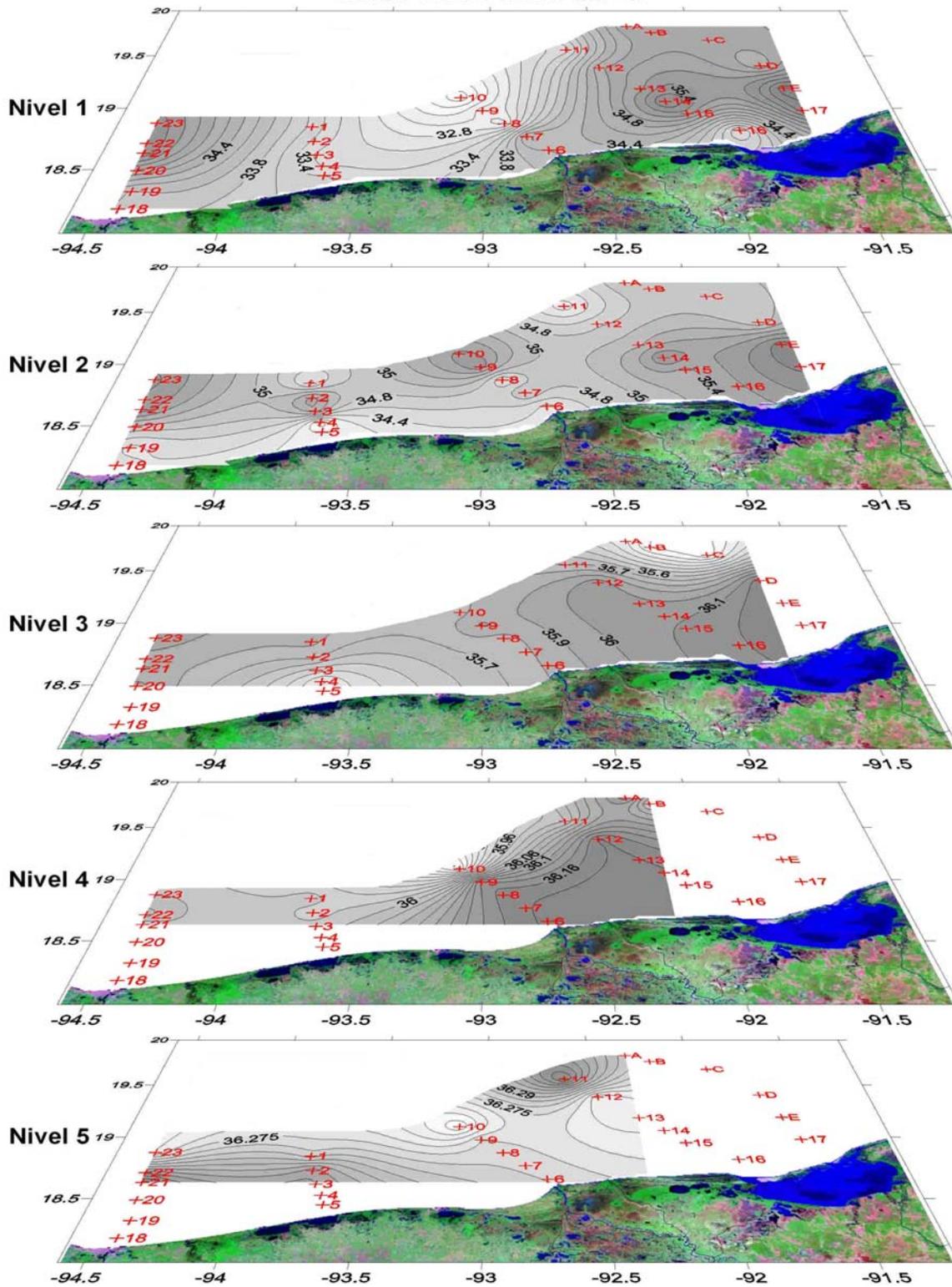


Figura 22. Distribución horizontal de salinidad en los 5 niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XVI.



MOPEED XVI SGTH

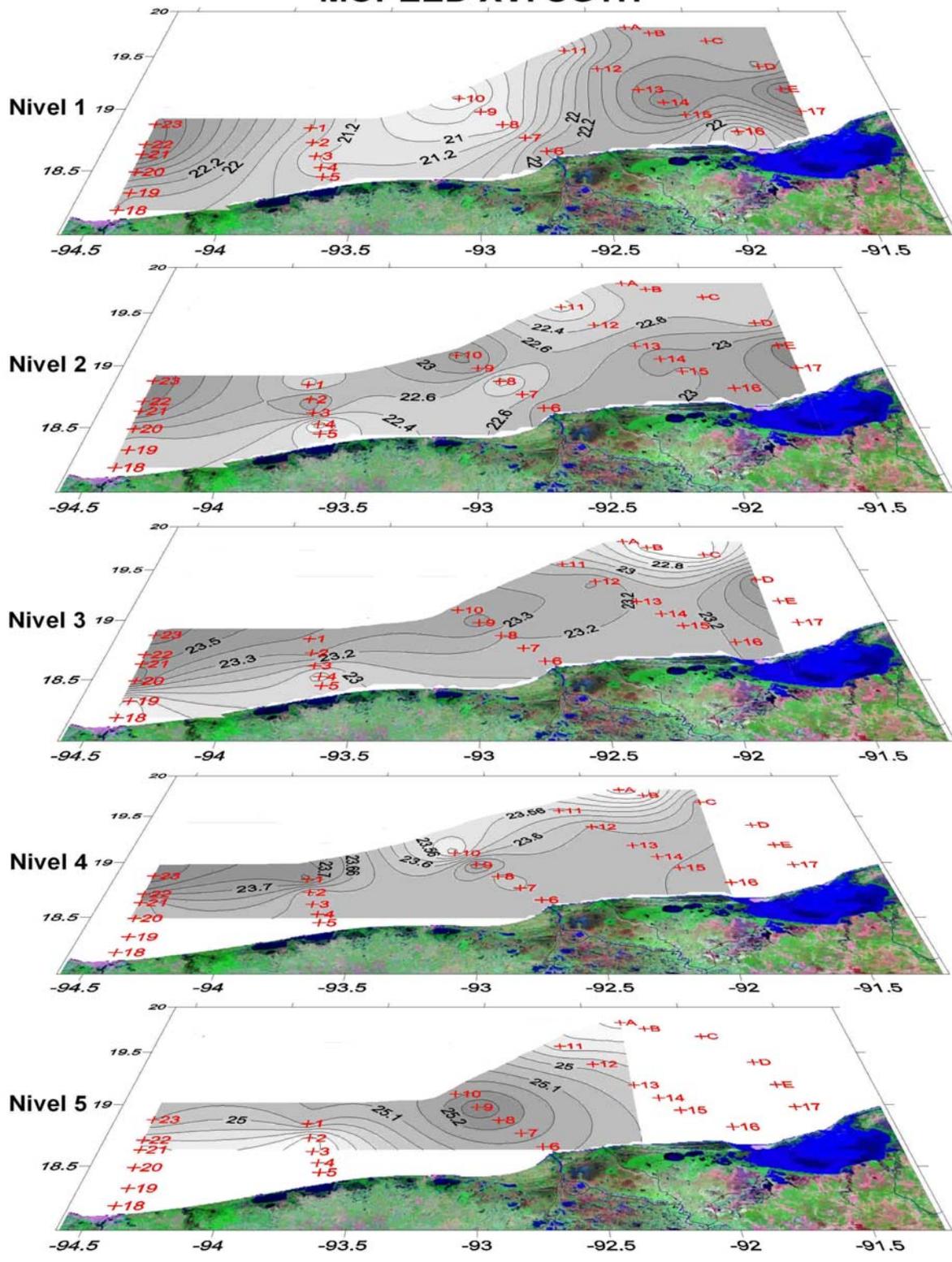


Figura 23. Distribución horizontal de la densidad (σ_t) en los 5 niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

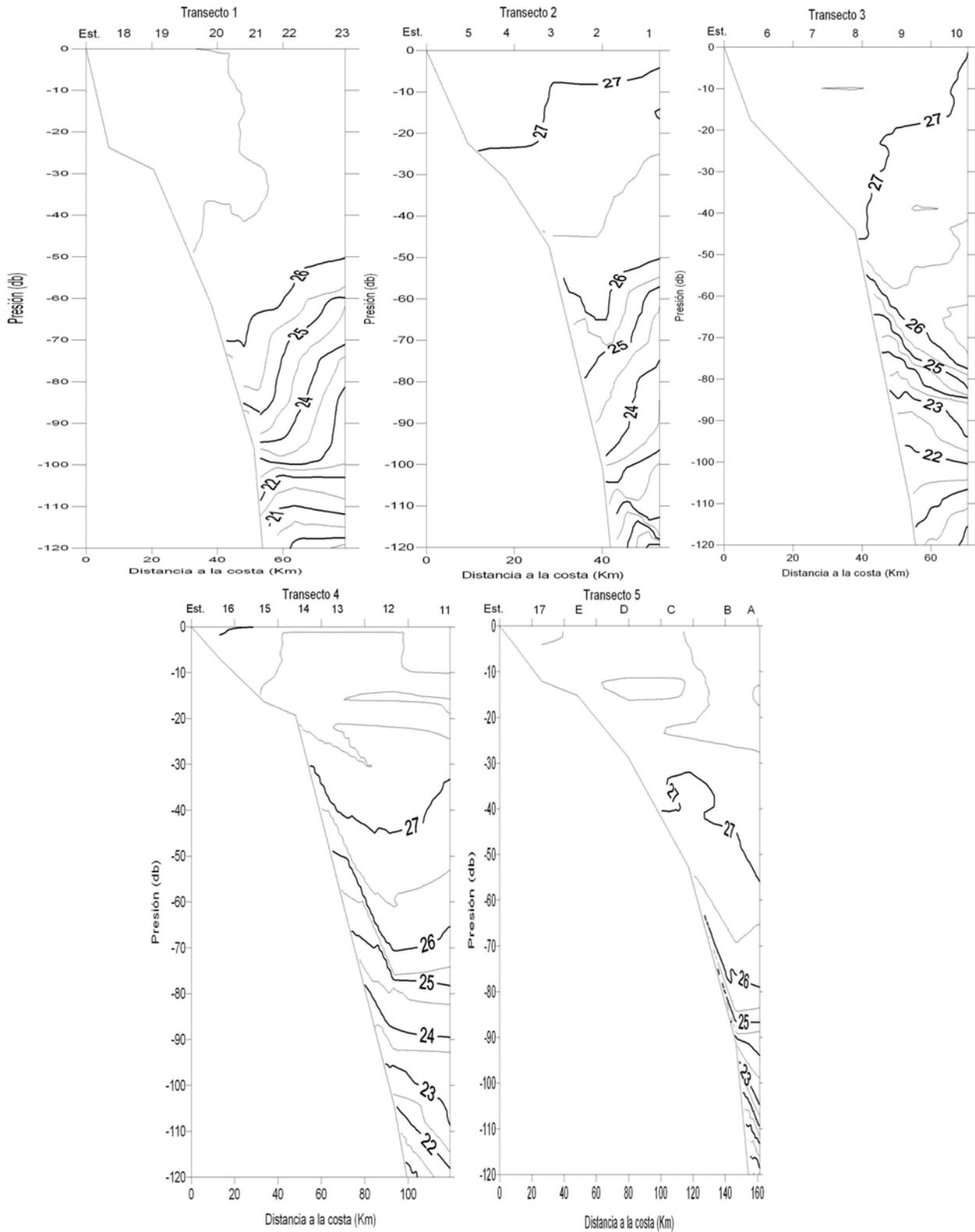


Figura 24. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}$ C) en los diferentes transectos de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

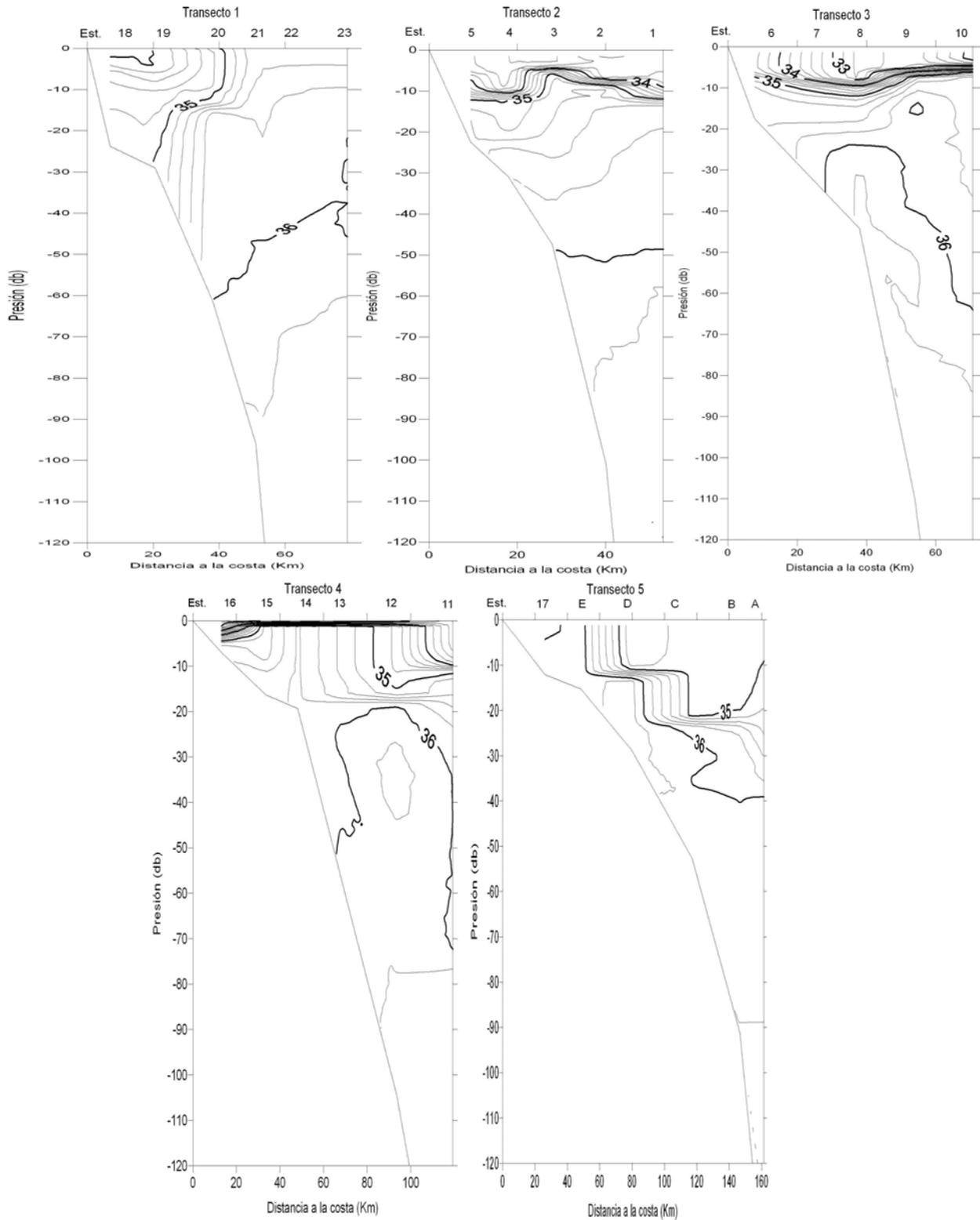


Figura 25. Distribución vertical de salinidad (UPS) en los diferentes transectos de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

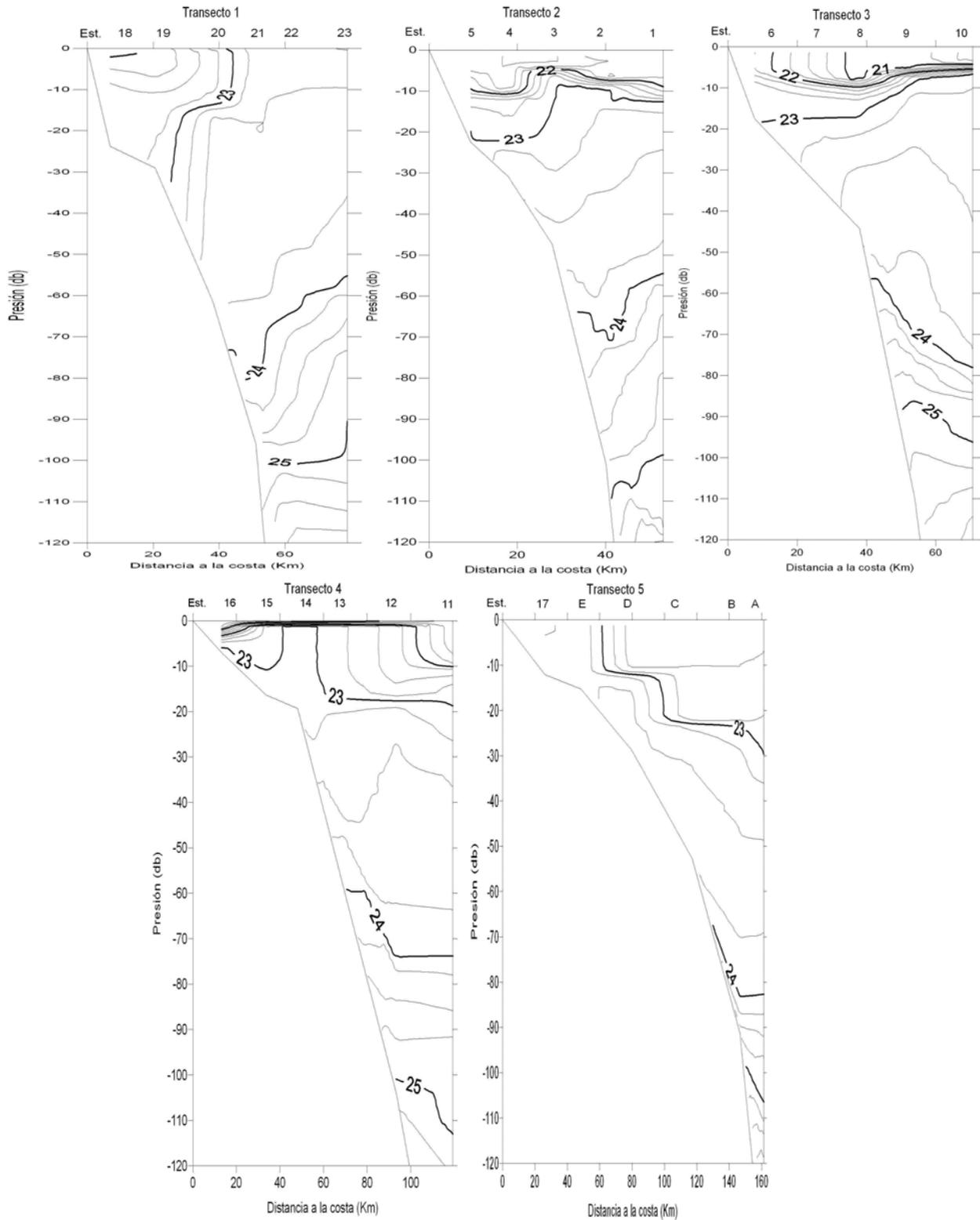


Figura 26. Distribución vertical de la densidad (σ_t) en los diferentes transectos de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

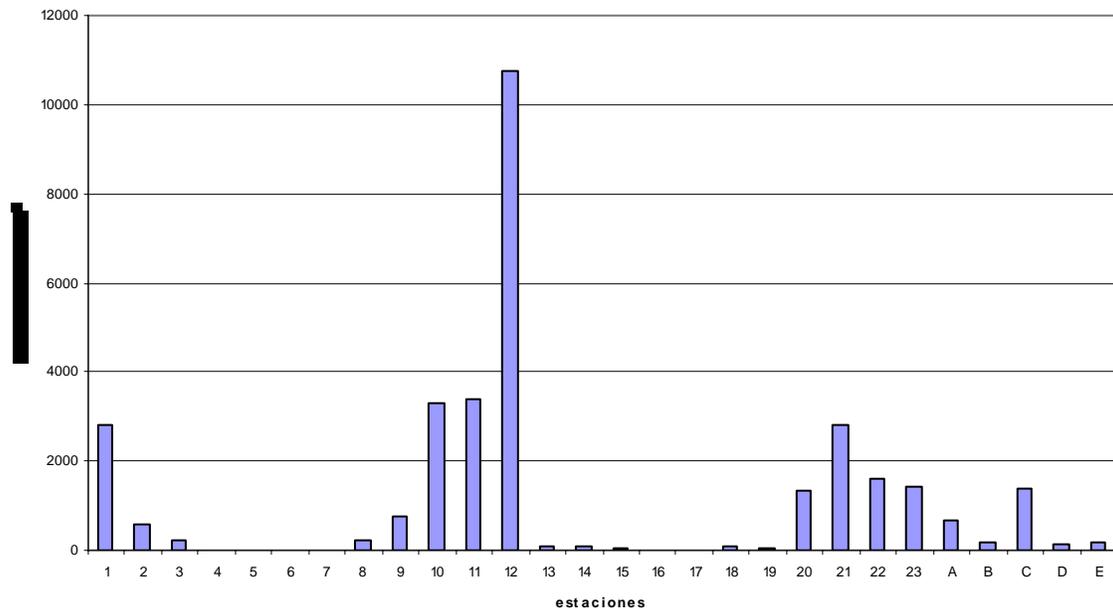


Figura 27. Densidad estimada de megalopas de portúnidos obtenidas en las diferentes estaciones de muestreo de la campaña Oceanográfica MOPEED XVI.

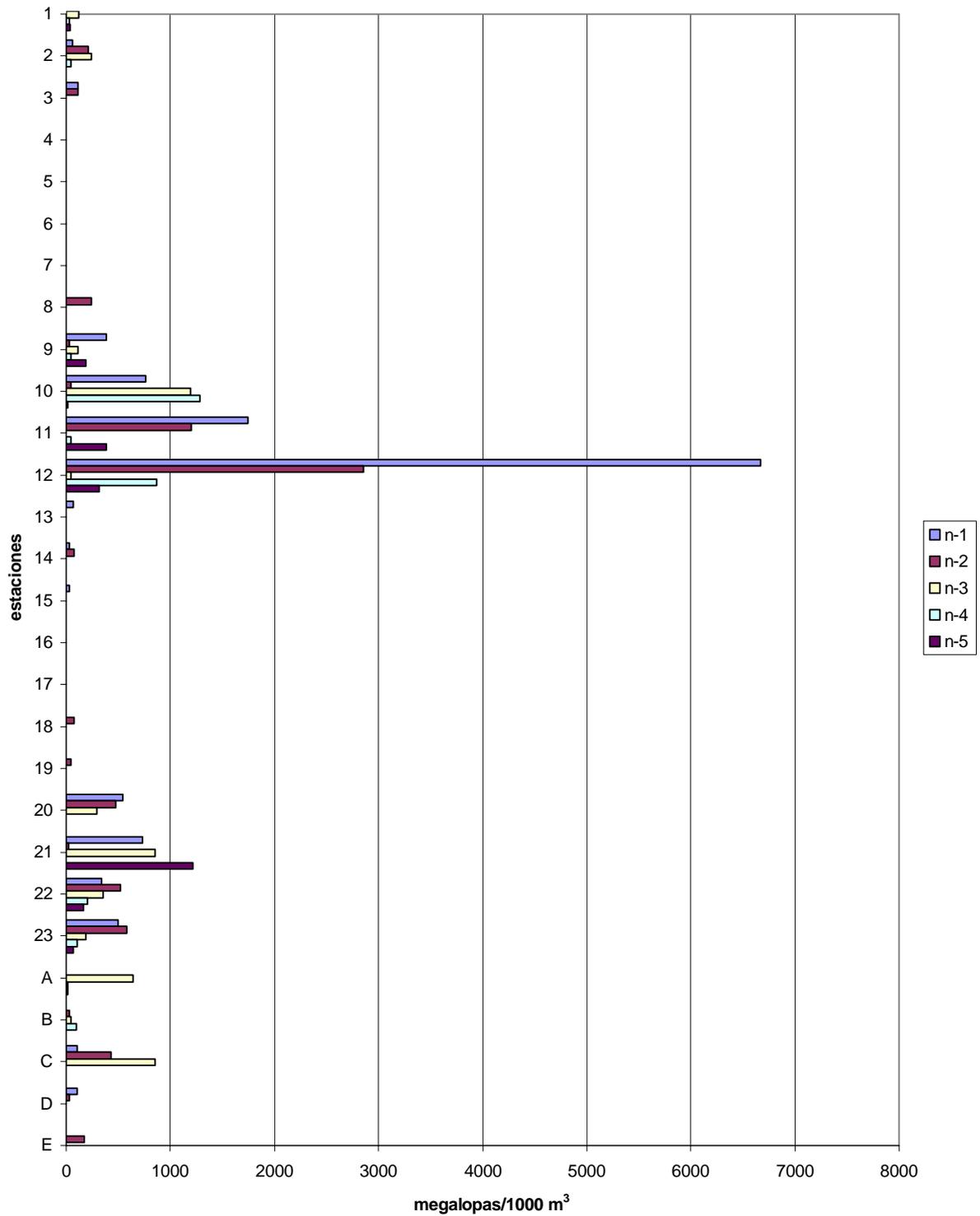


Figura 28. Total de megalopas de portúnidos encontradas en las diferentes estaciones y niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

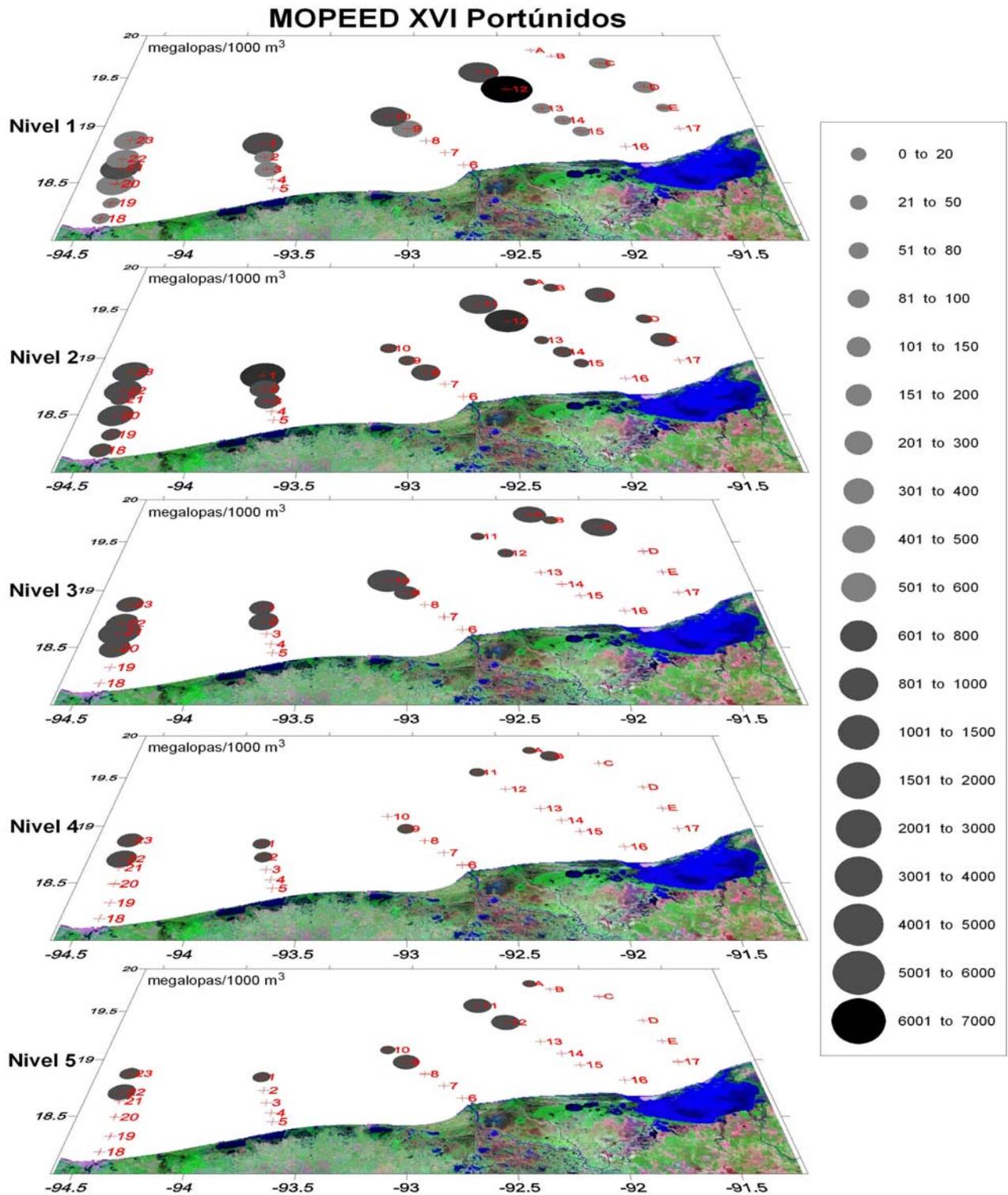


Figura 29. Distribución de las megalopas de portúnidos encontradas en las diferentes estaciones y niveles de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.



UNAM

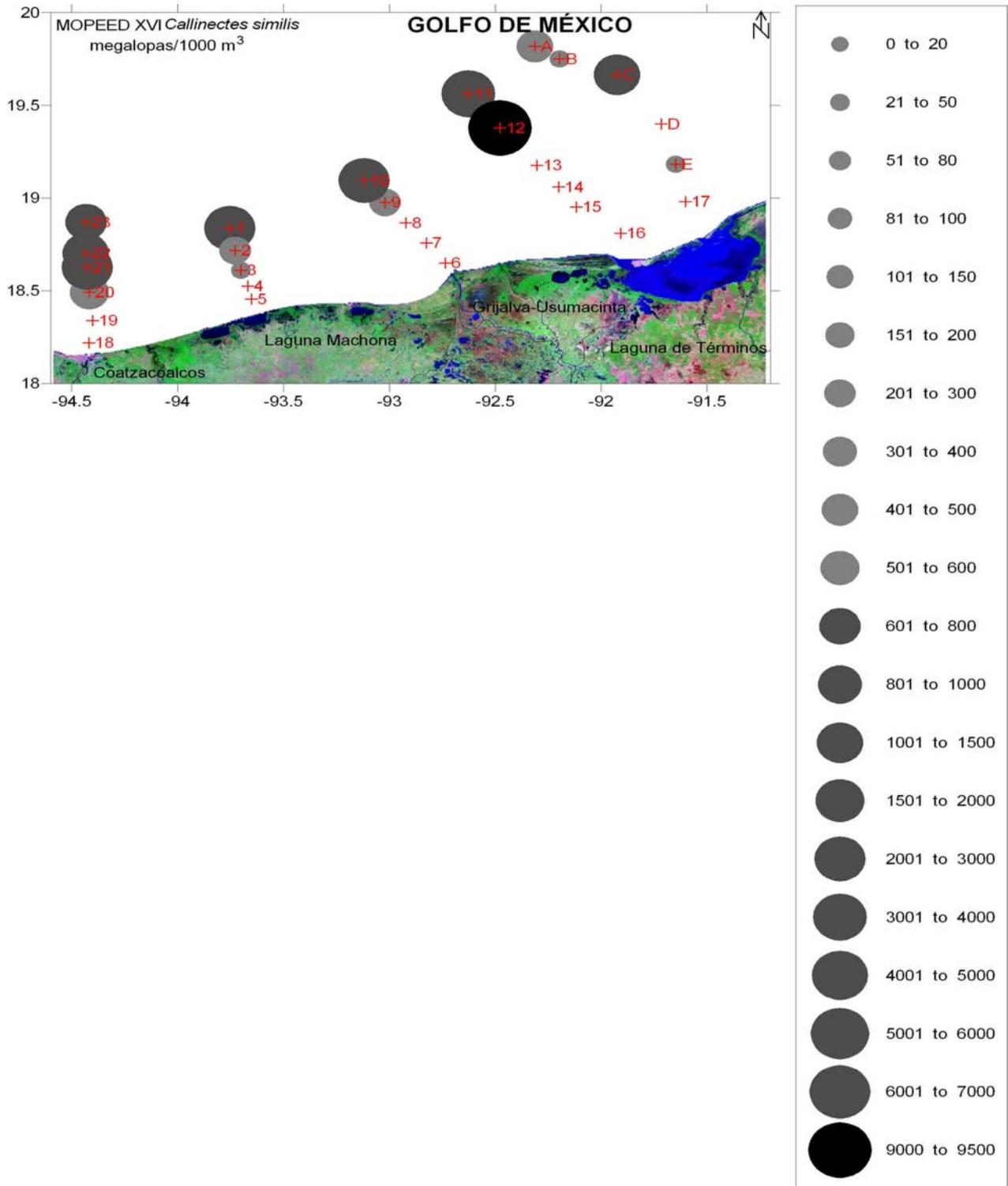


Figura 30. Distribución de las megalopas de *C. similis* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

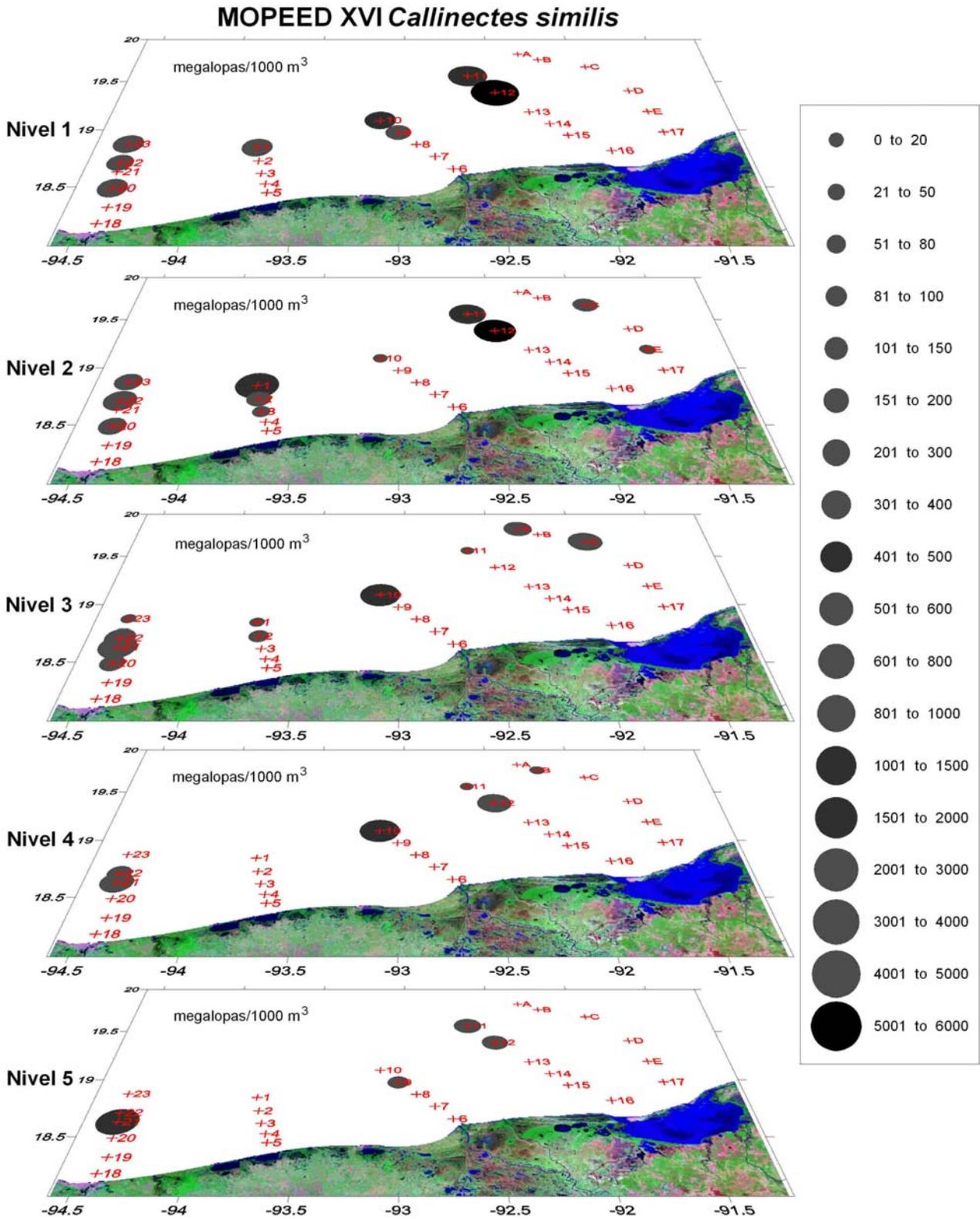


Figura 31. Distribución horizontal de megalopas de *C. similis* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

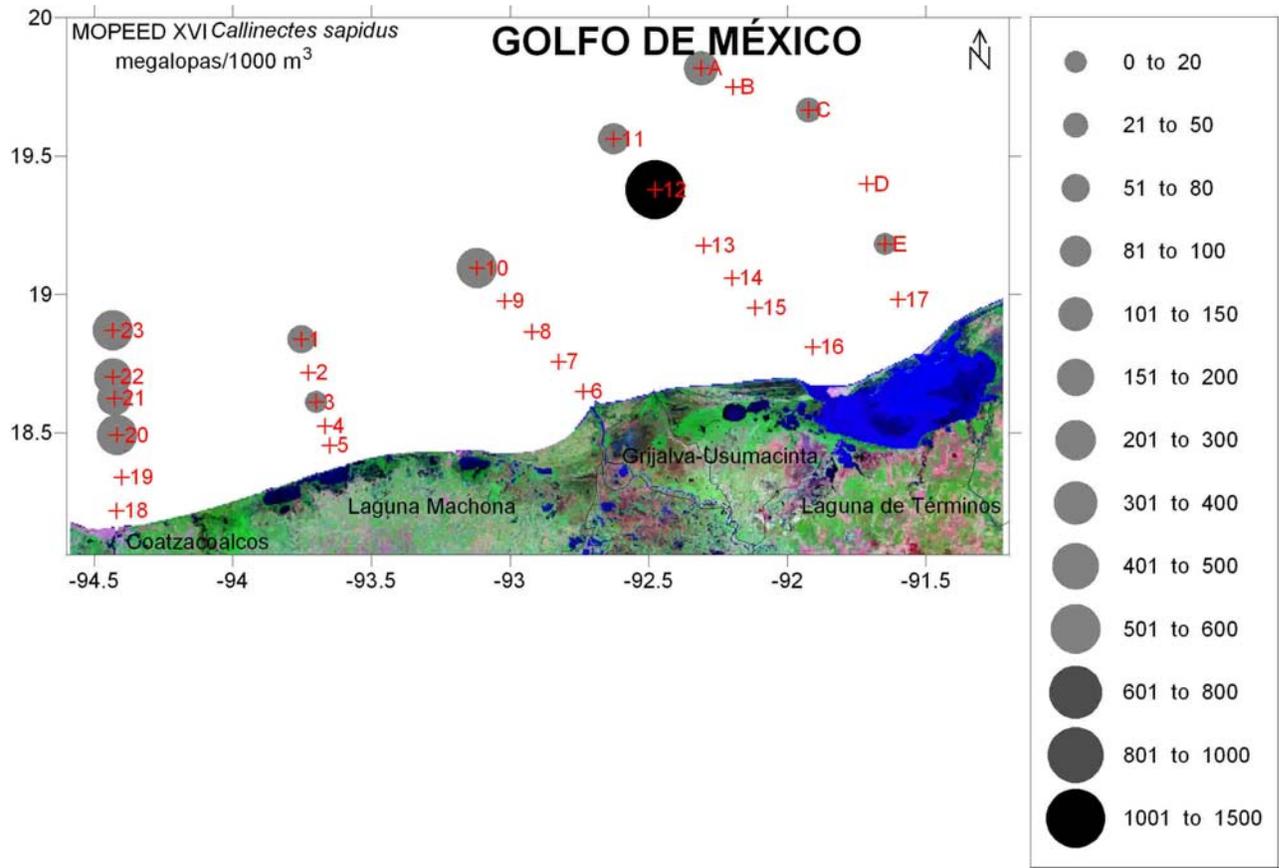


Figura 32. Distribución de las megalopas de *C. sapidus* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

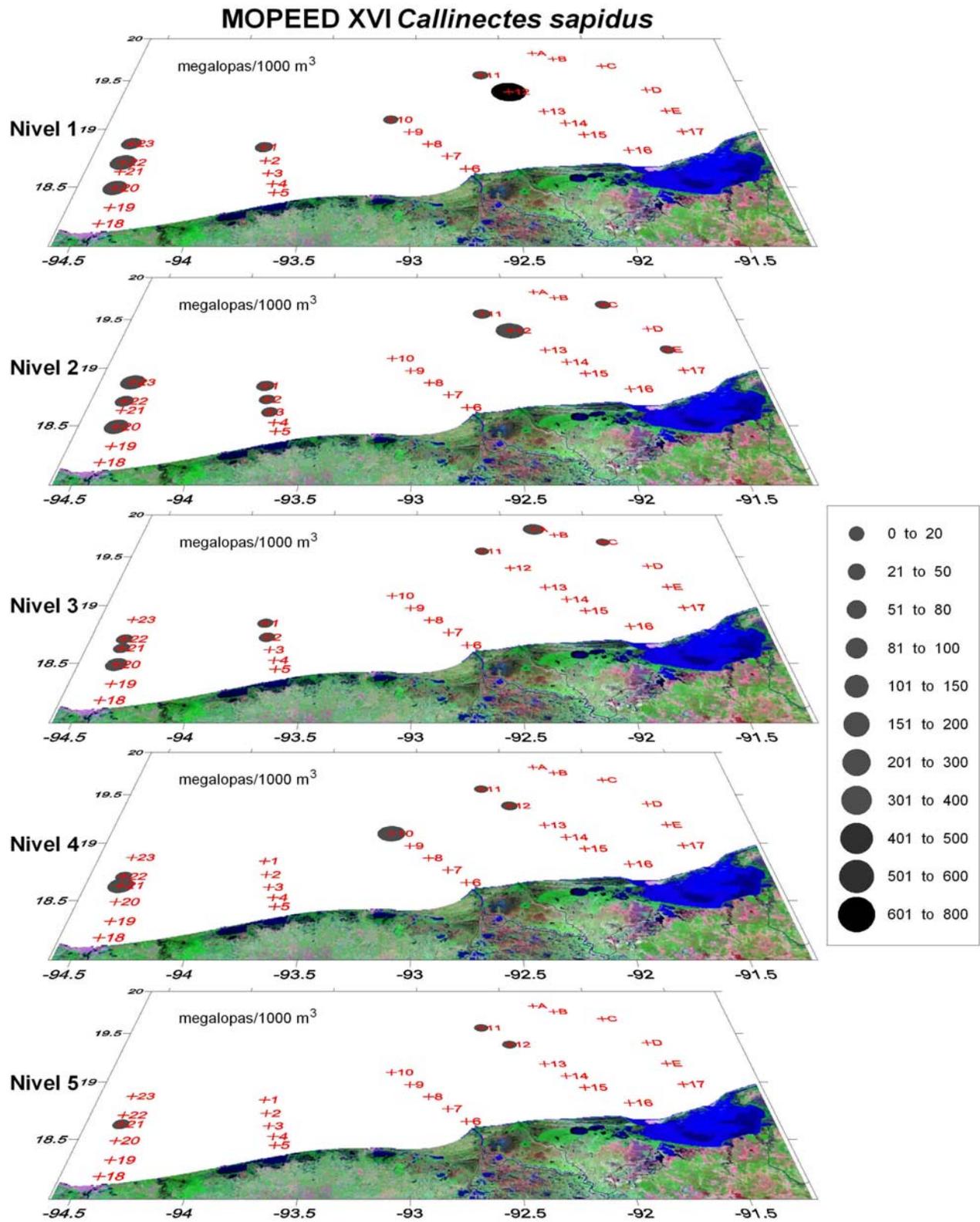


Figura 33. Distribución horizontal de megalopas de *C. sapidus* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

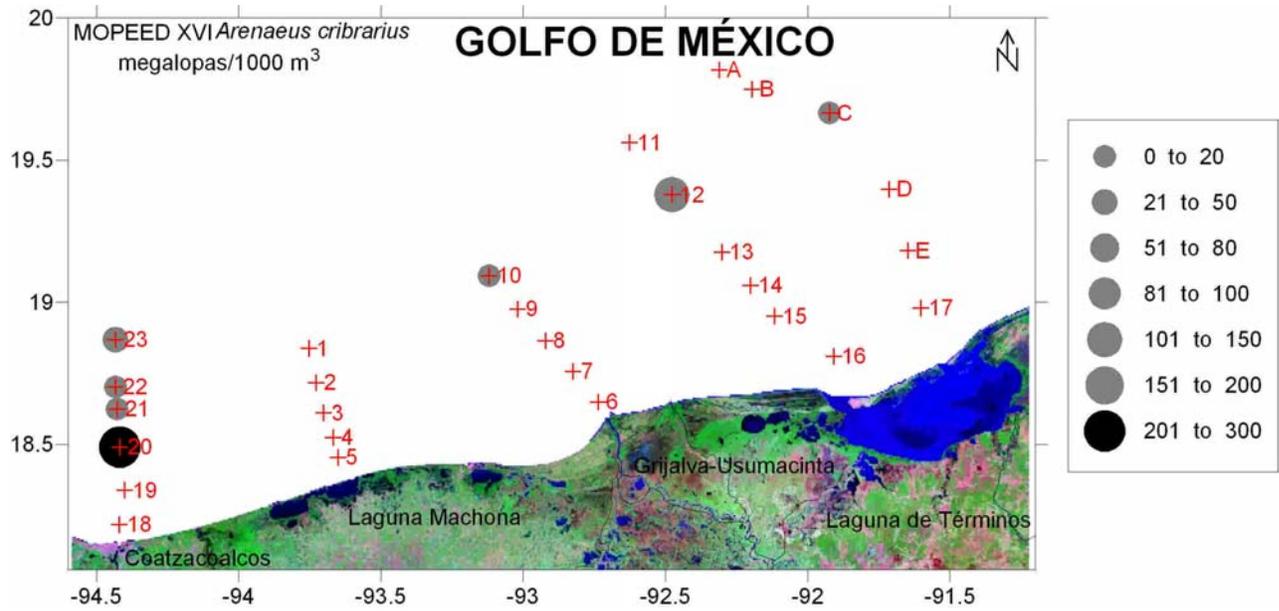


Figura 34. Distribución de las megalopas de *A. cribrarius* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.



MOPEED XVI *Arenaeus cribrarius*

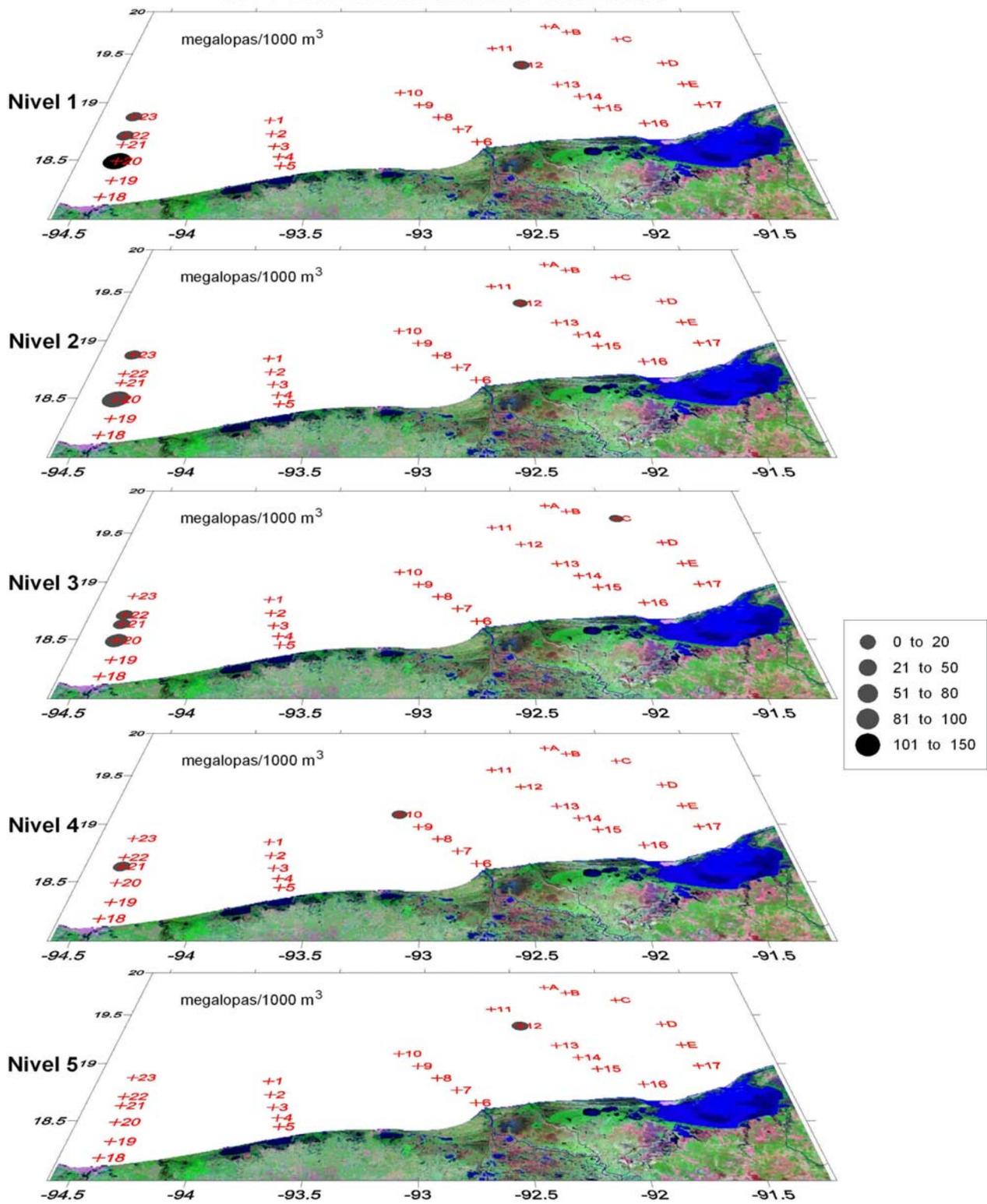


Figura 35. Distribución horizontal de megalopas de *A. cribrarius* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

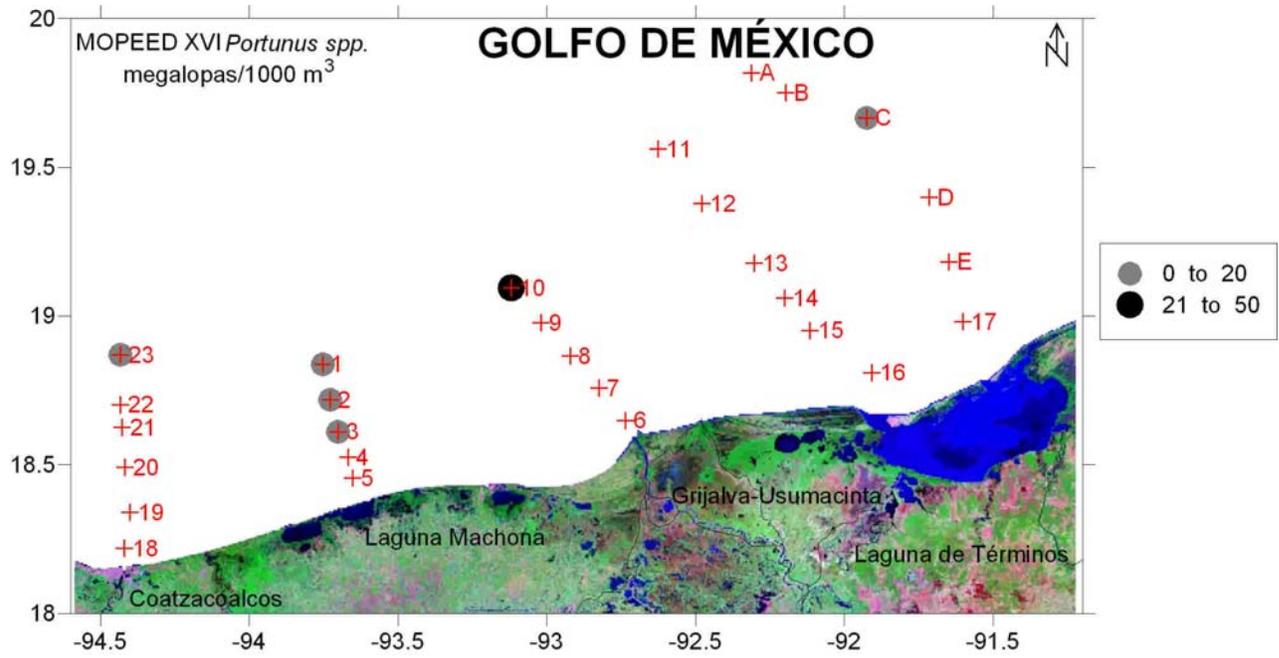


Figura 36. Distribución de las megalopas del genero *Portunus* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

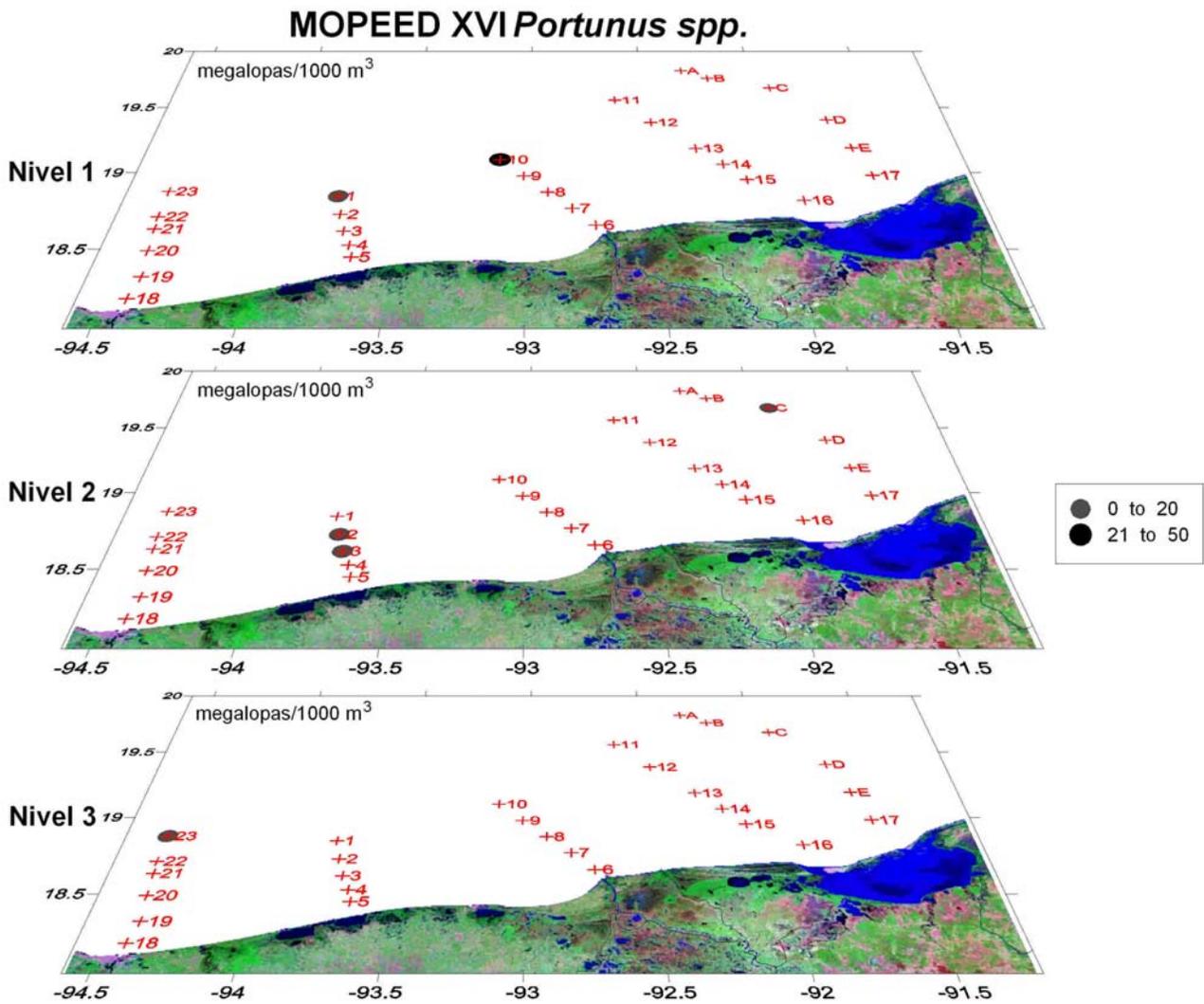


Figura 37. Distribución horizontal de megalopas del genero *Portunus* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

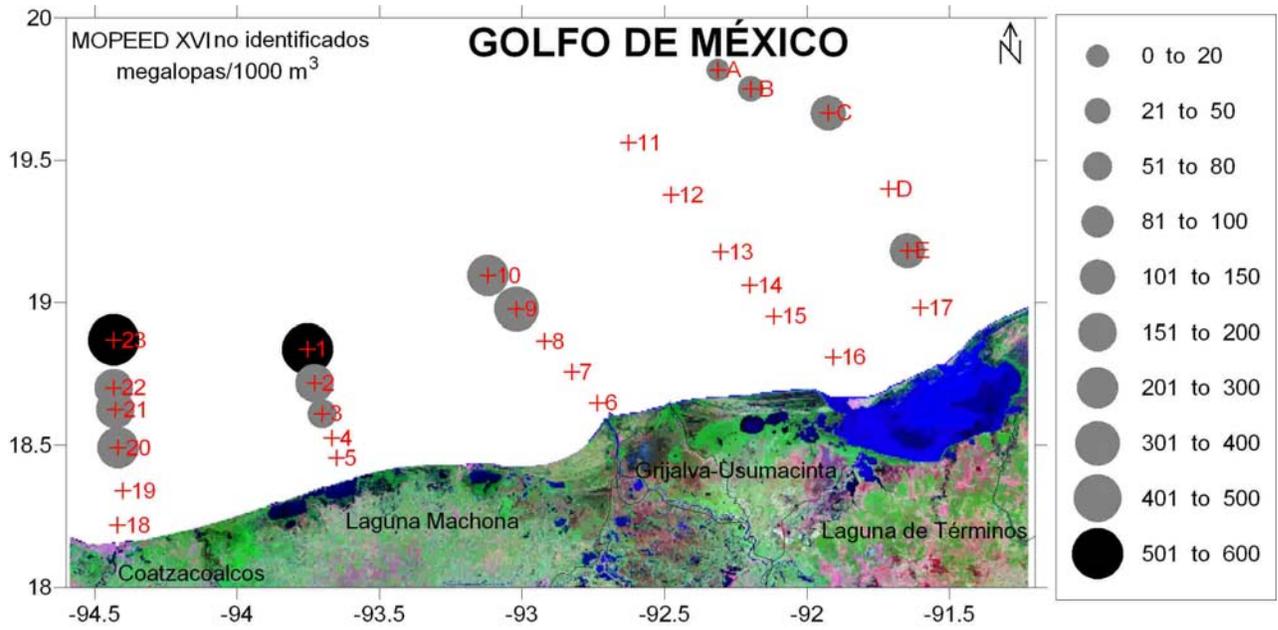


Figura 38. Distribución de las megalopas no identificadas encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.

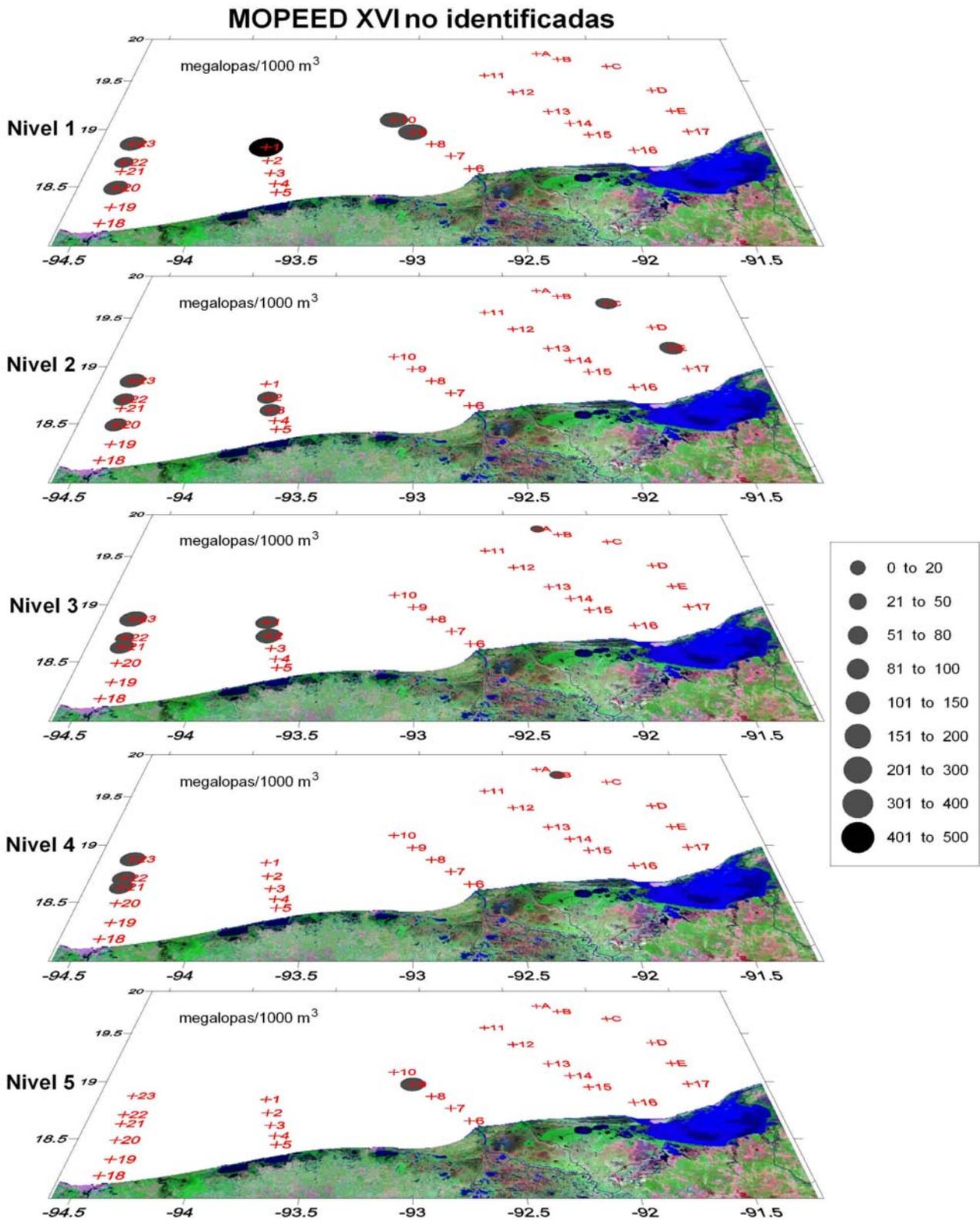


Figura 39. Distribución horizontal de megalopas no identificadas en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVI.



MOPEED XVII Temperatura (°C)

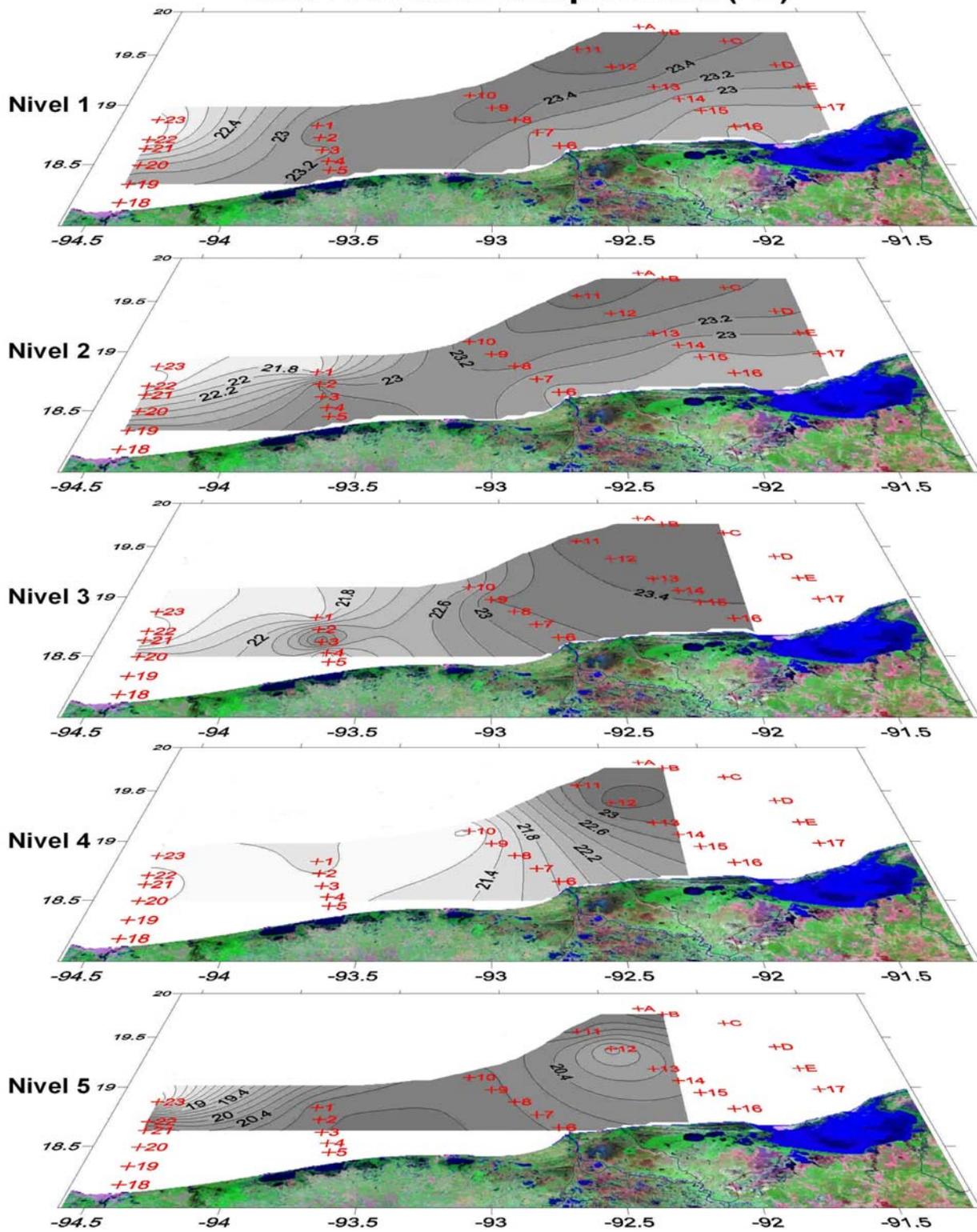


Figura 40. Distribución horizontal de temperatura en los diferentes niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XVII.



MOPEED XVII UPS

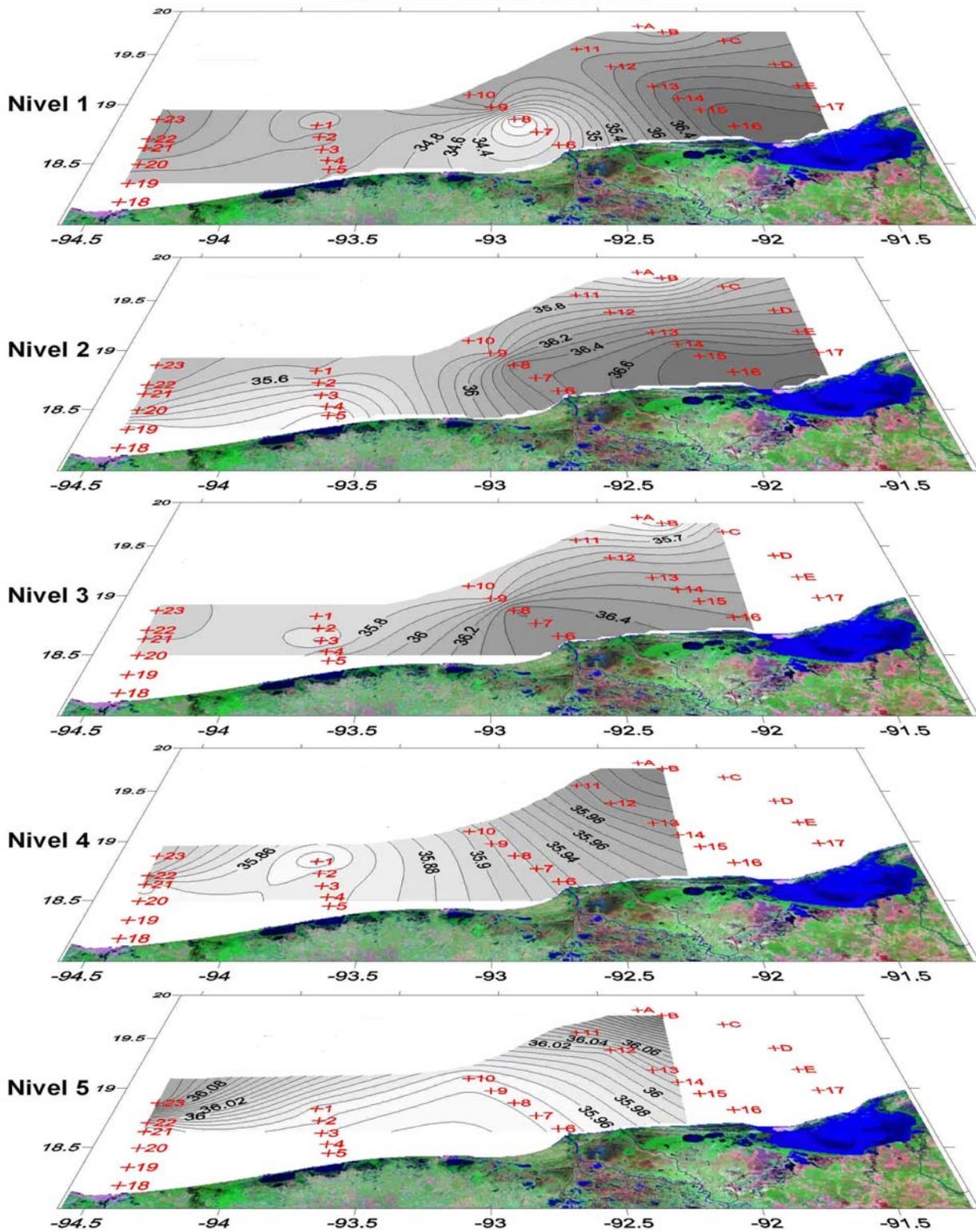


Figura 41. Distribución horizontal de salinidad en los diferentes niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XVII.



MOPEED XVII SGTH

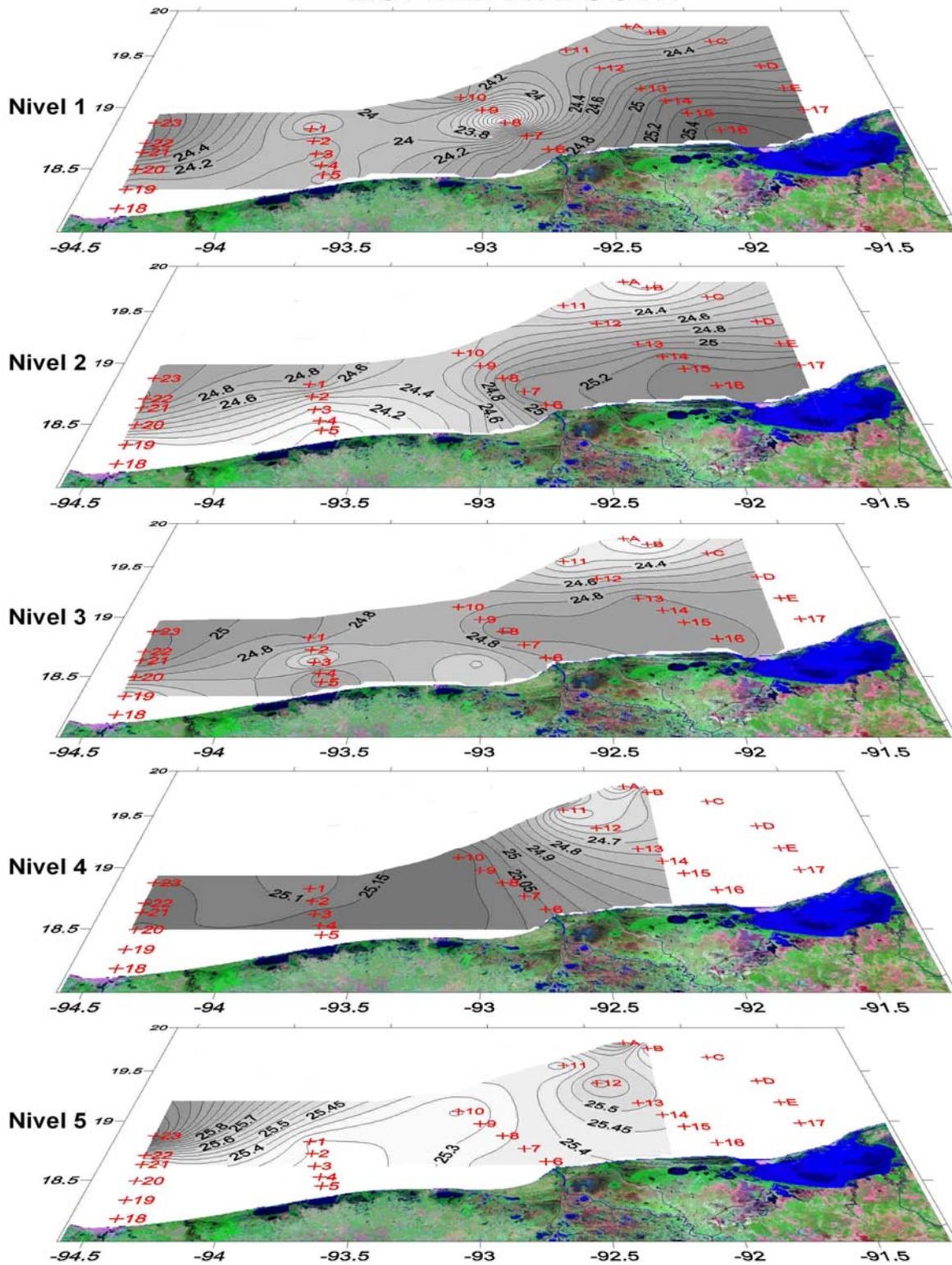


Figura 42. Distribución horizontal de la densidad (σ_t) en los diferentes niveles (2 m, 10 m, 20 m, 45 m y 100 m) en la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

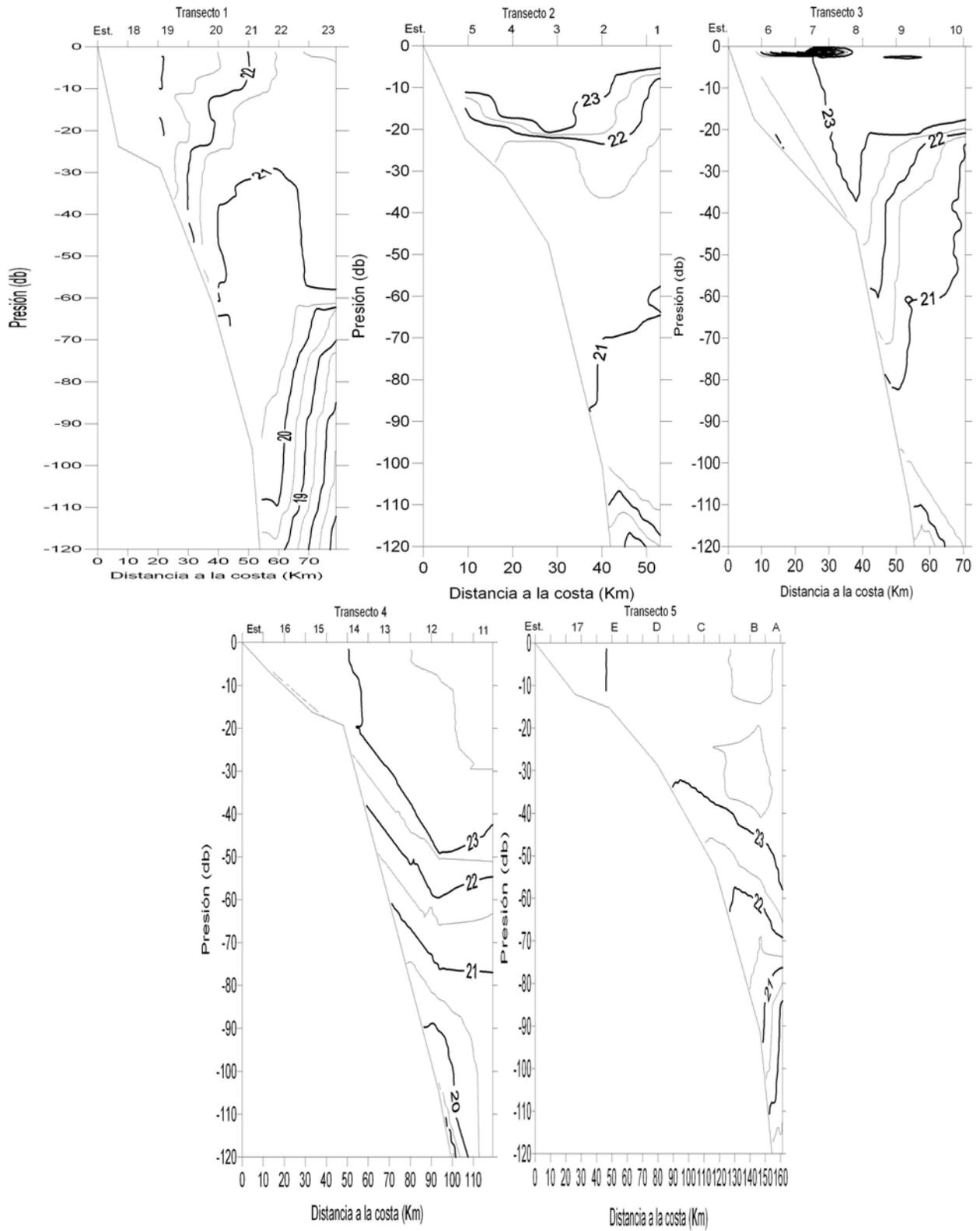


Figura 43. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}$ C) en los diferentes transectos de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

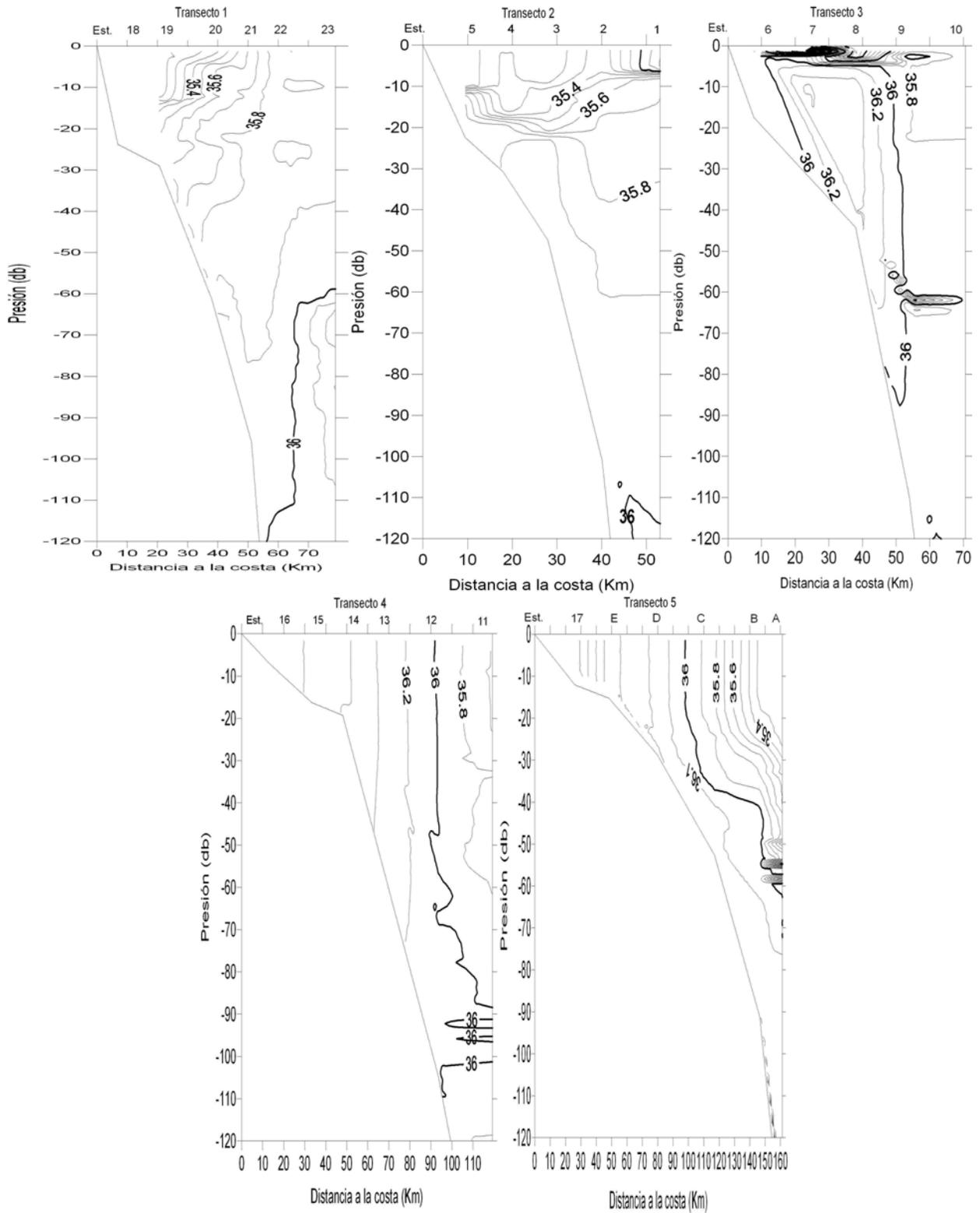


Figura 44. Distribución vertical de la salinidad (UPS) en los diferentes transectos de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

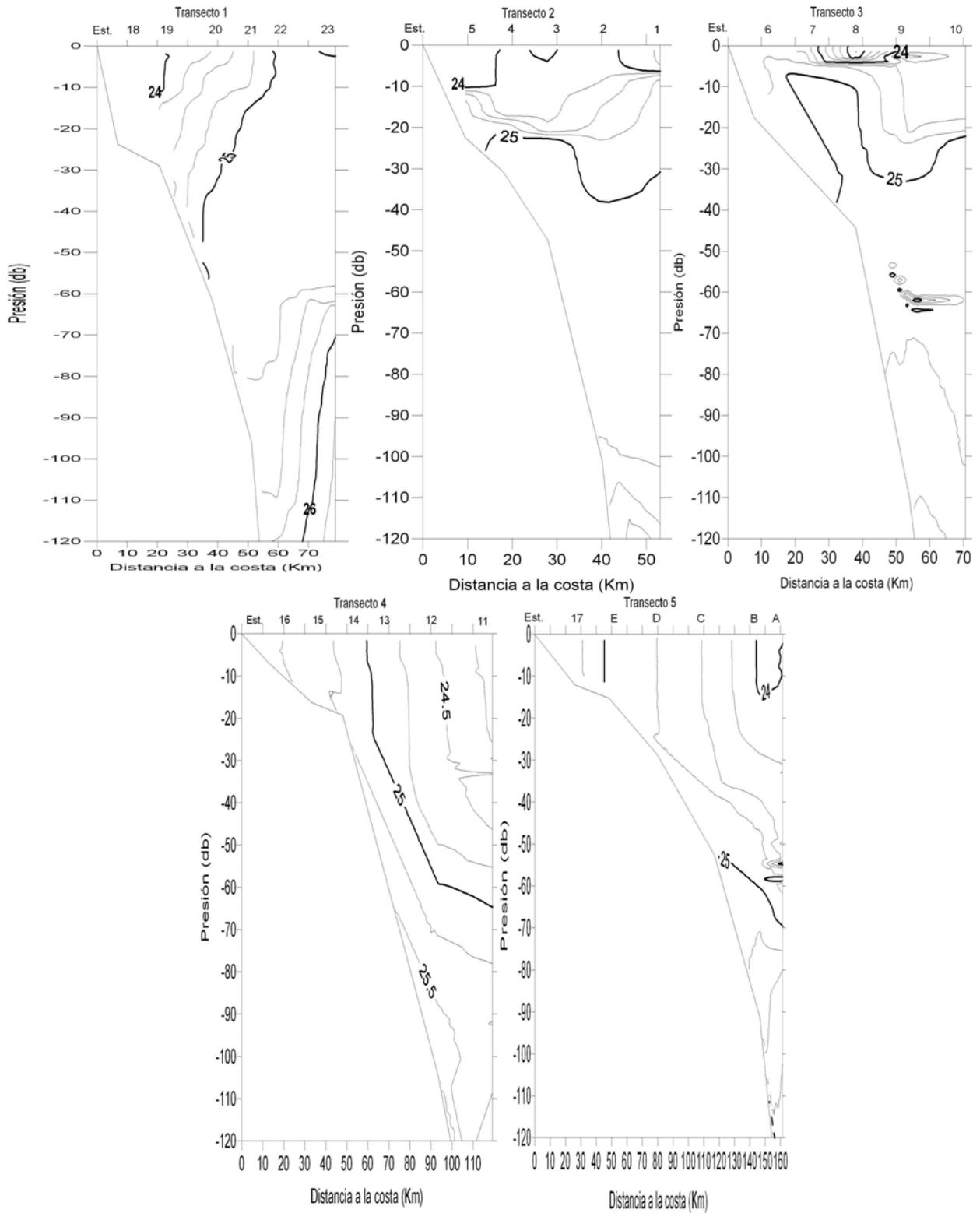


Figura 45. Distribución vertical de la densidad (σ_t) en los diferentes transectos de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

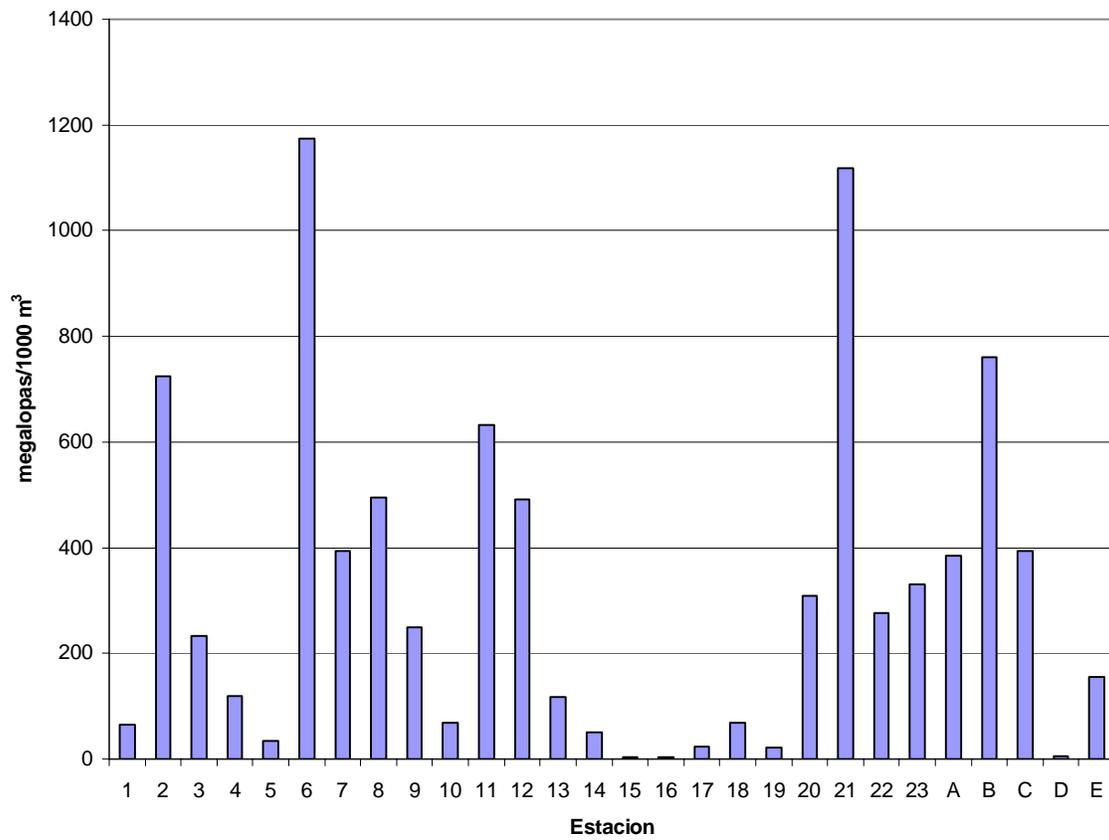


Figura 46. Densidad estimada de megalopas de portúnidos obtenidas en las diferentes estaciones de muestreo de la campaña Oceanográfica MOPEED XVII.

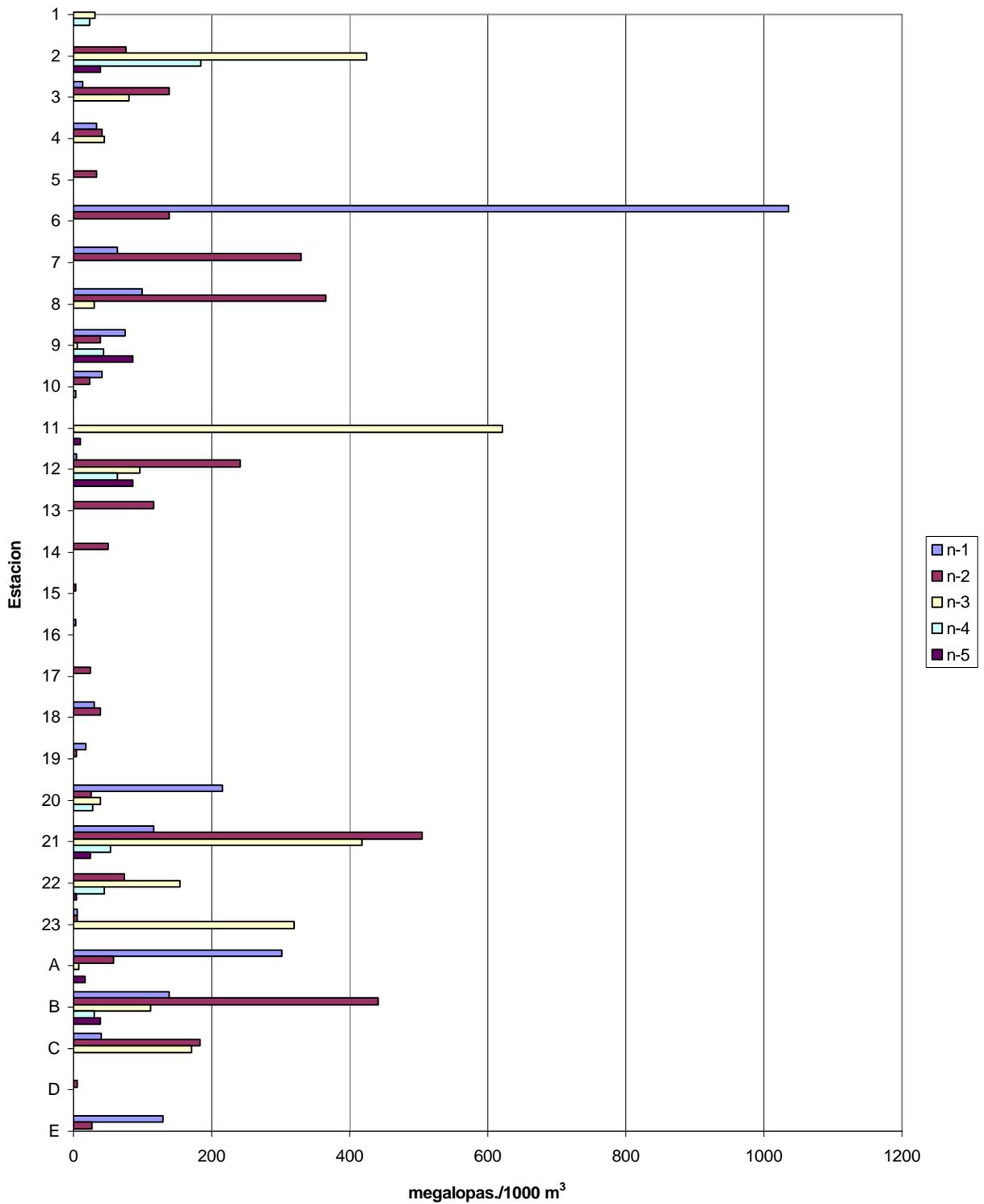


Figura 47. Megalopas de portúnidos encontradas en las diferentes estaciones y niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

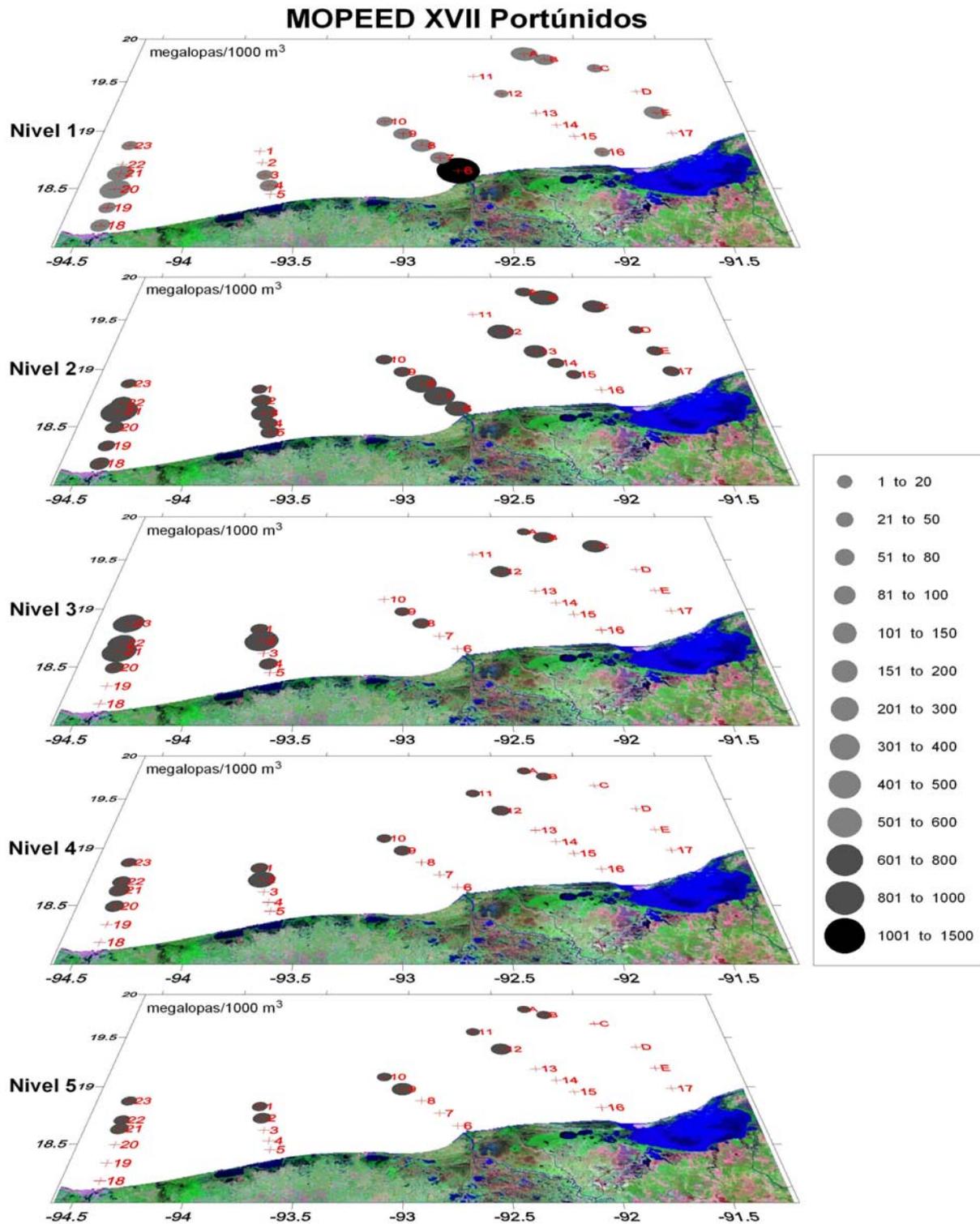


Figura 48. Distribución de las megalopas de portúnidos encontradas en las diferentes estaciones y niveles de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

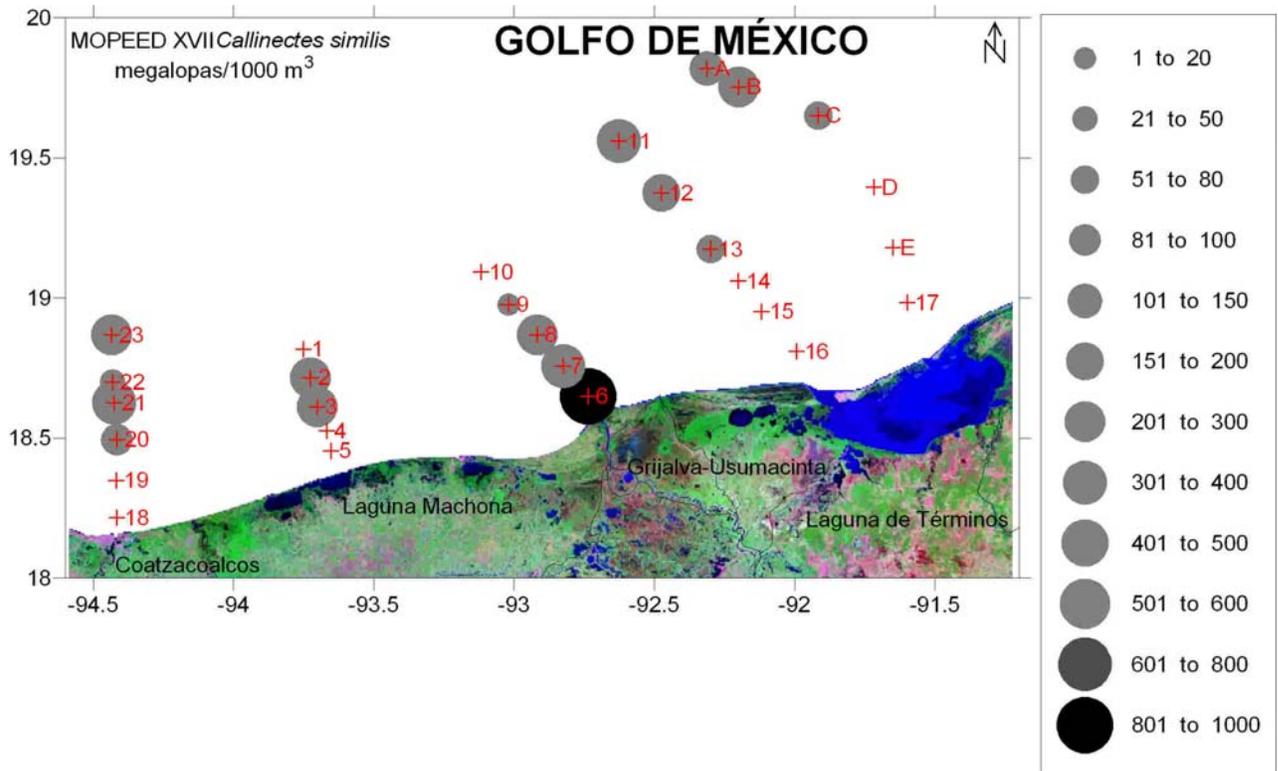


Figura 49. Distribución de las megalopas de *C similis* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

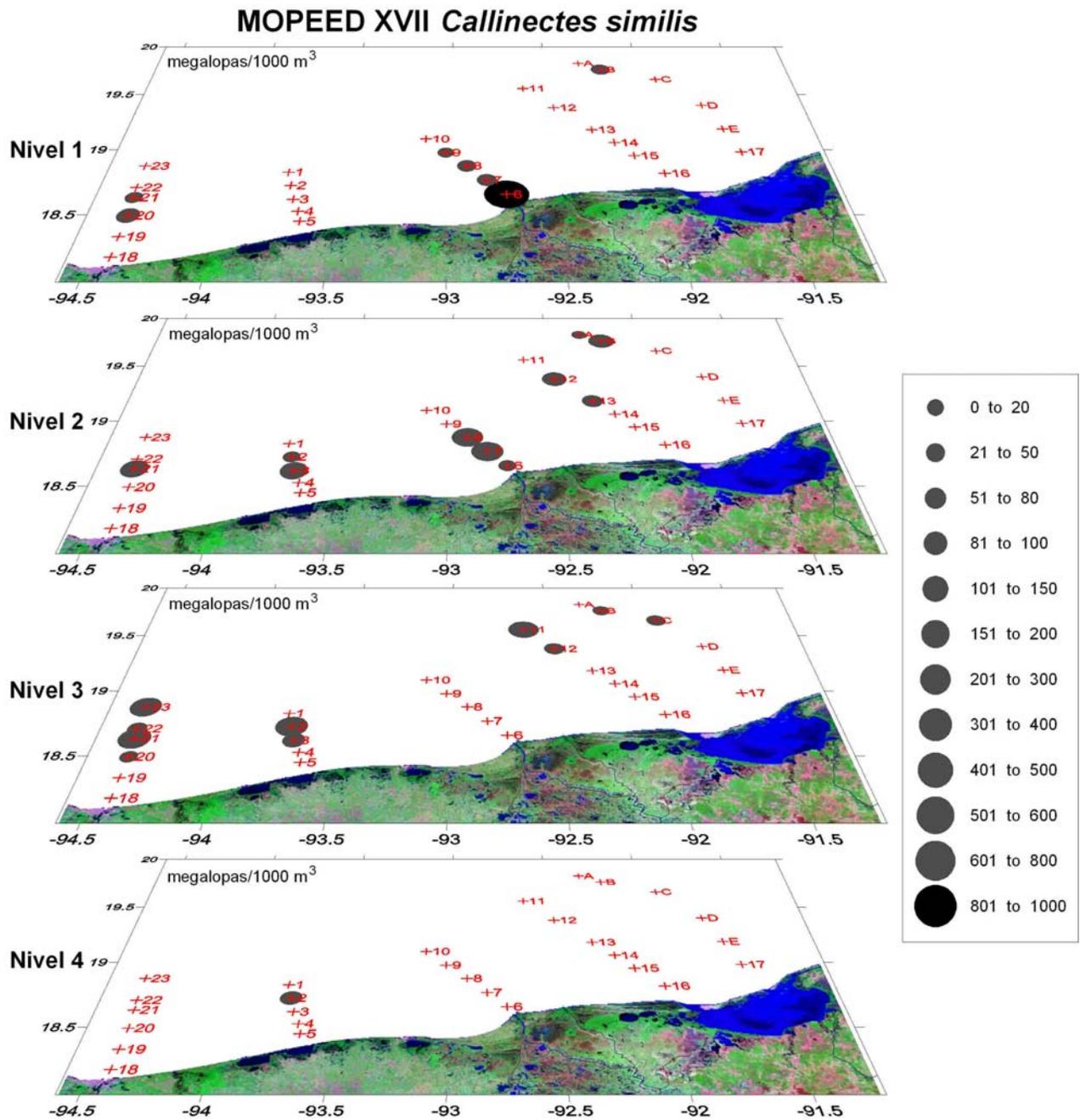


Figura 50. Distribución horizontal de megalopas de *C. similis* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

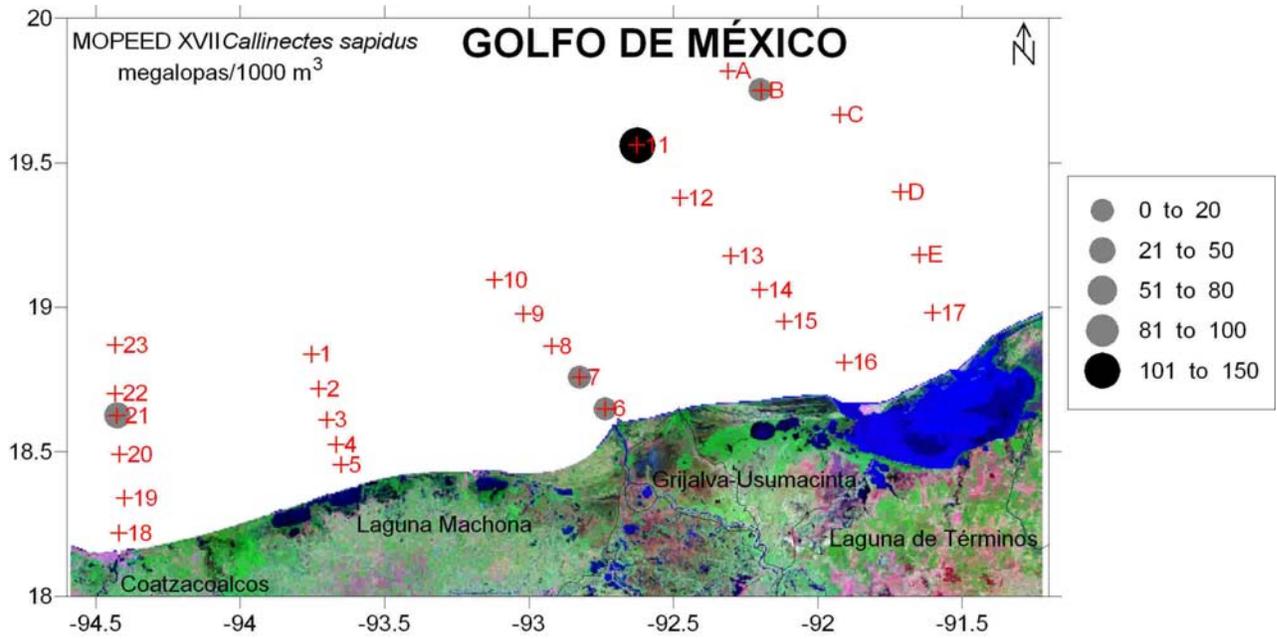


Figura 51. Distribución de las megalopas de *C. sapidus* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

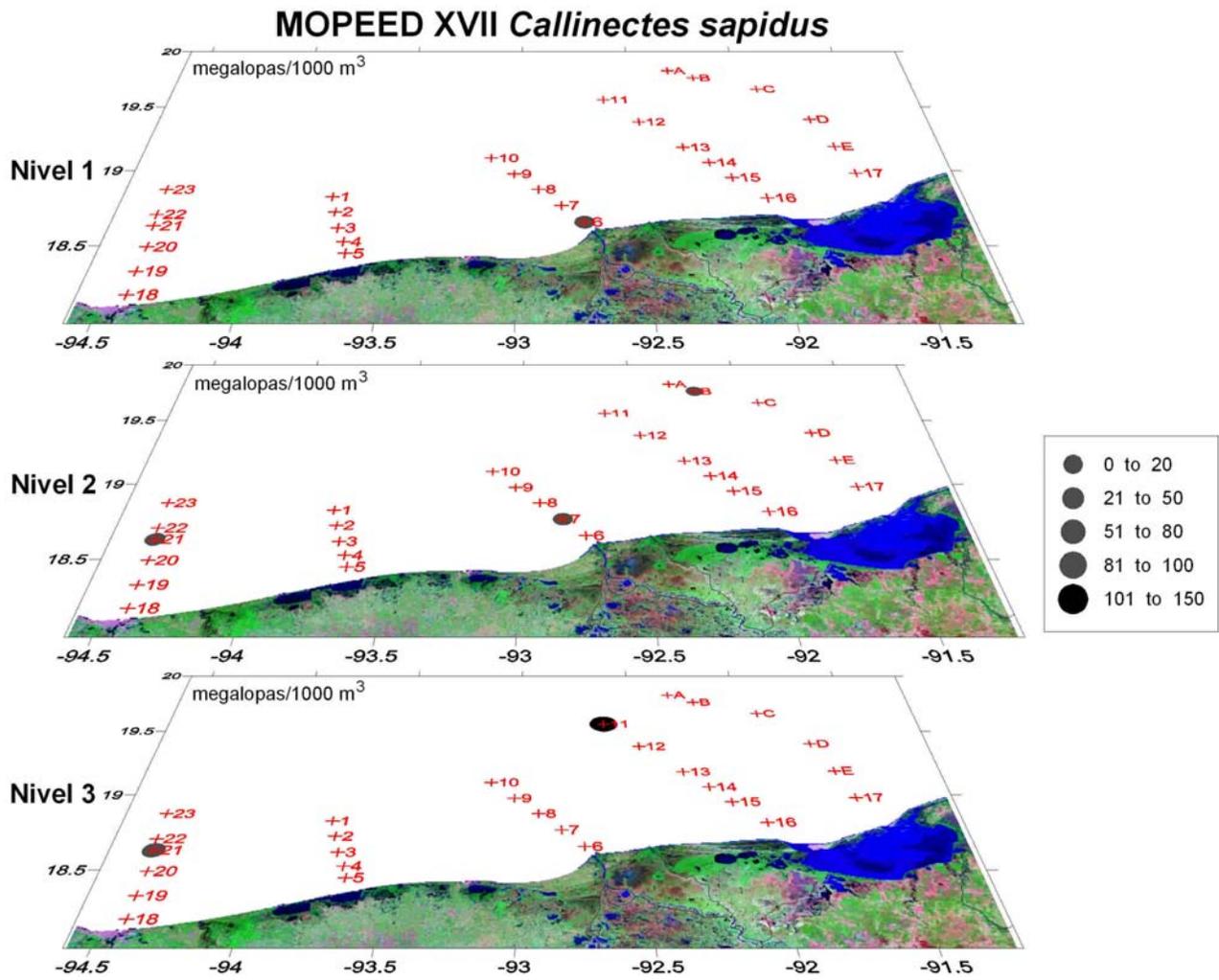


Figura 52. Distribución horizontal de megalopas de *C. sapidus* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

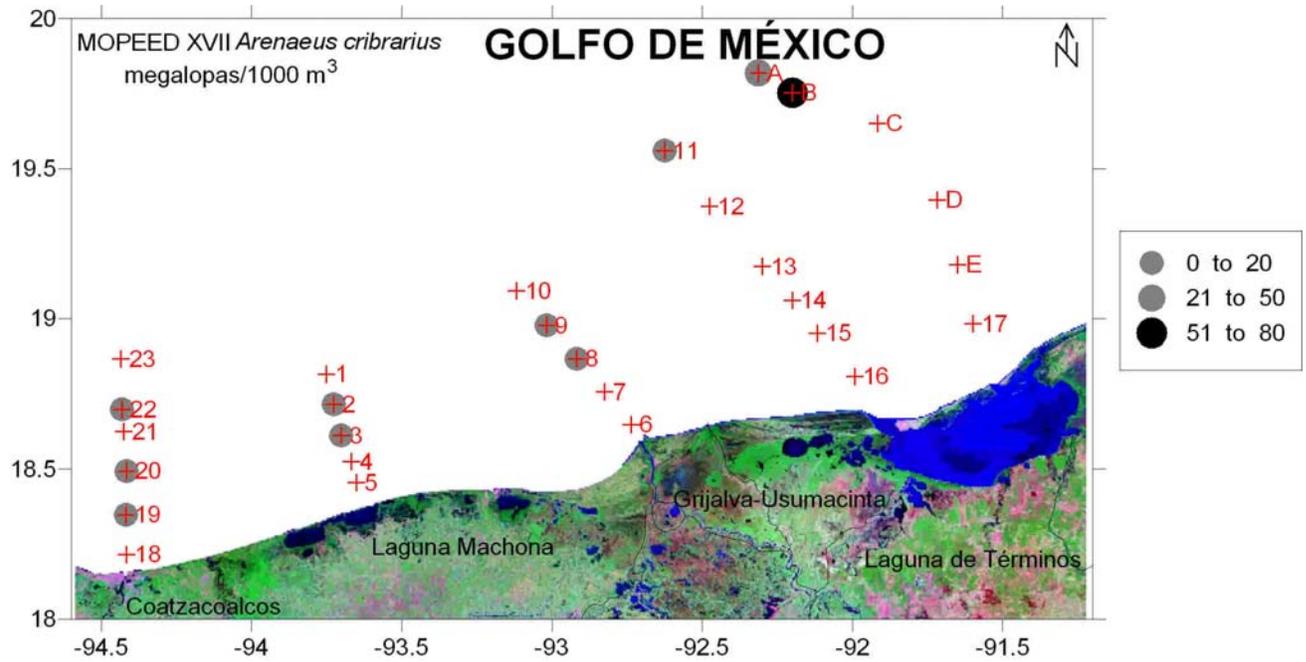


Figura 53. Distribución de las megalopas de *A. cribrarius* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

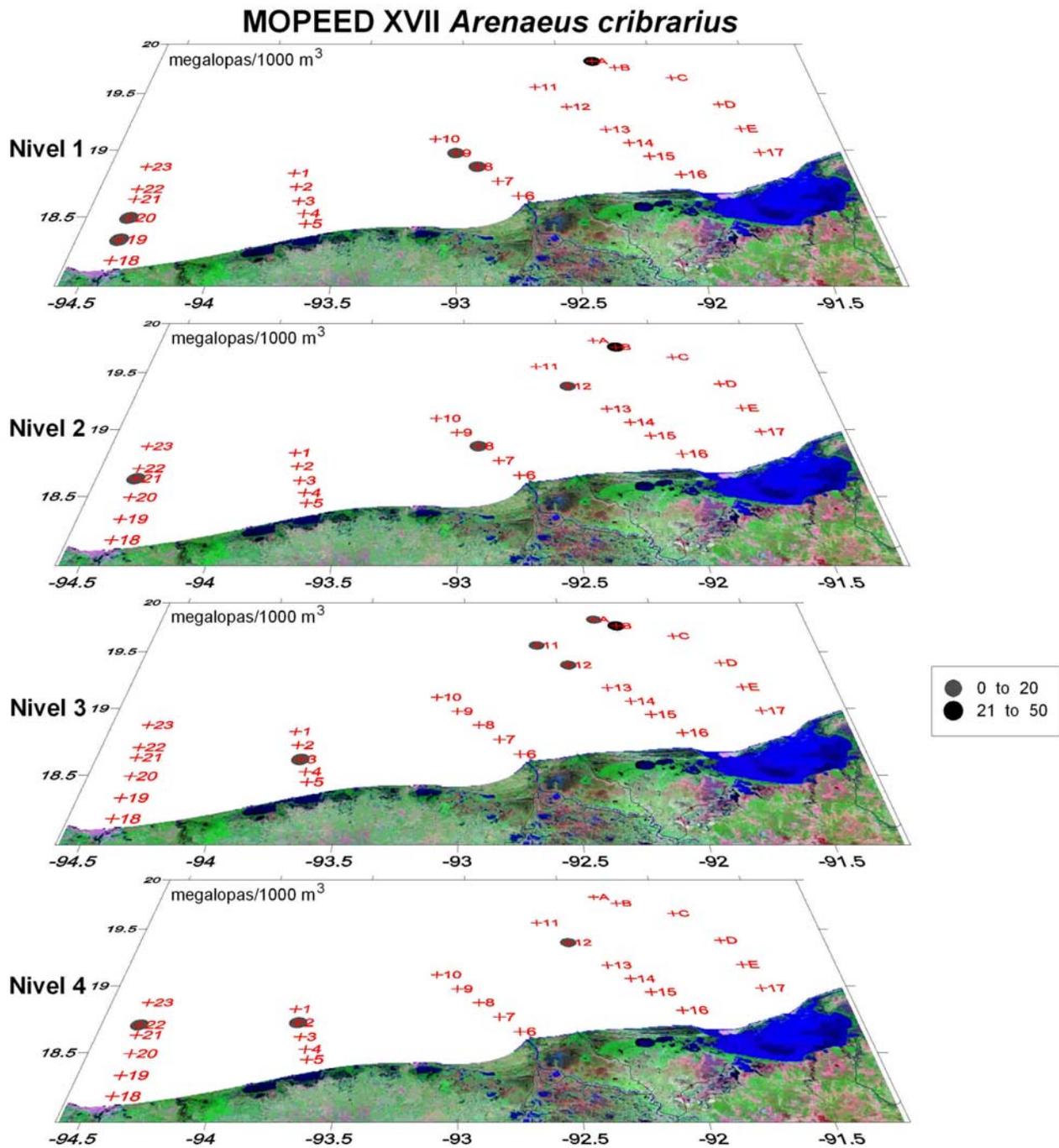


Figura 54. Distribución horizontal de megalopas de *A. cribrarius* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

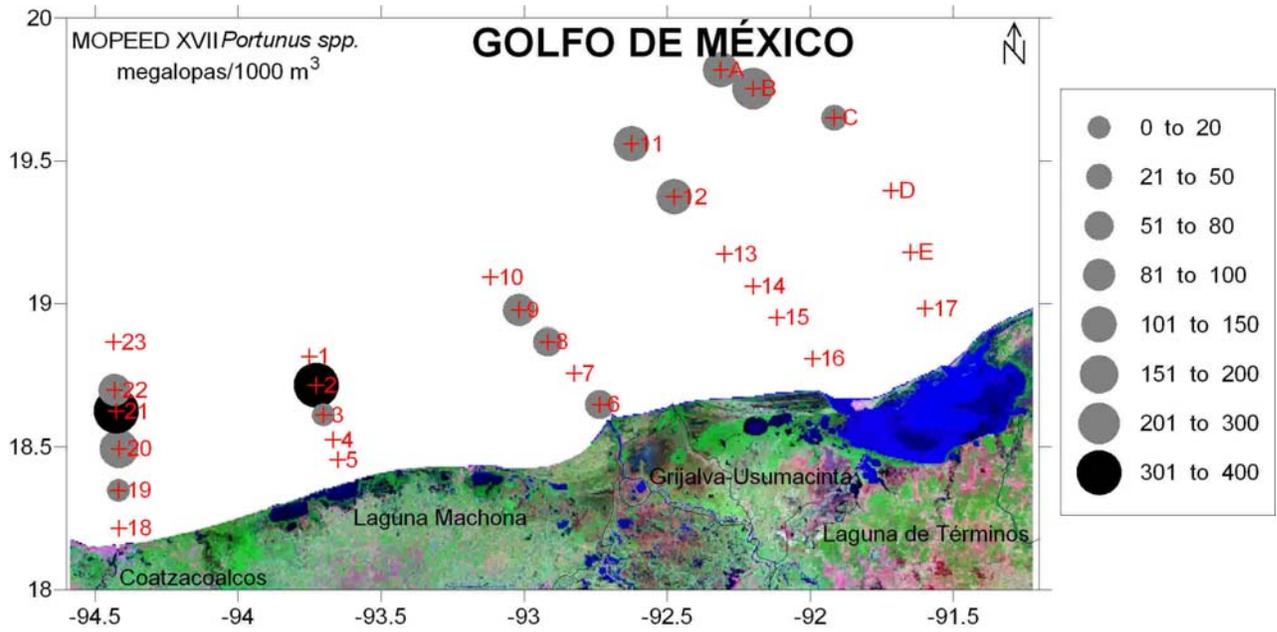


Figura 55. Distribución de las megalopas del genero *Portunus* encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

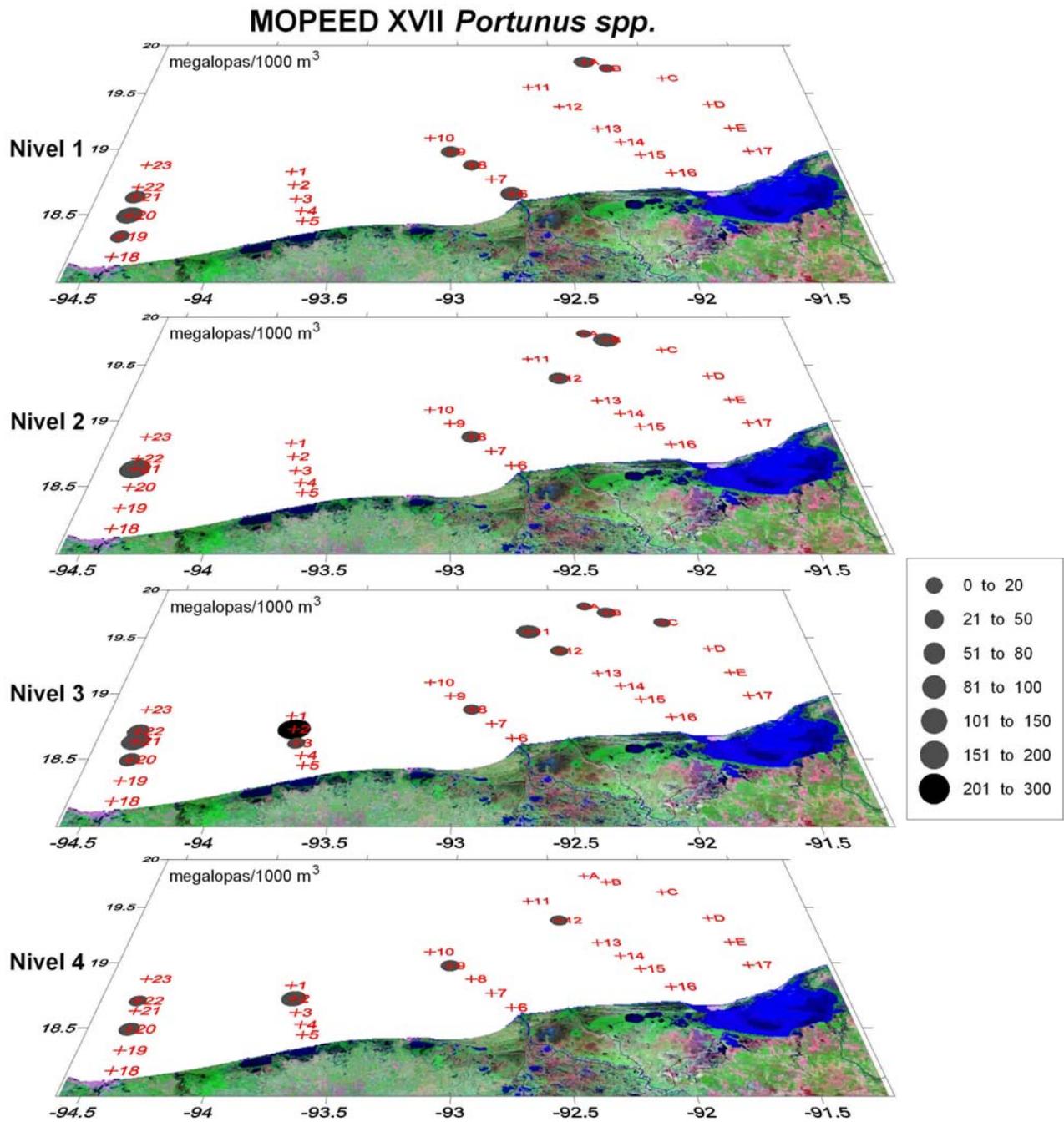


Figura 56. Distribución horizontal de megalopas del género *Portunus* en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

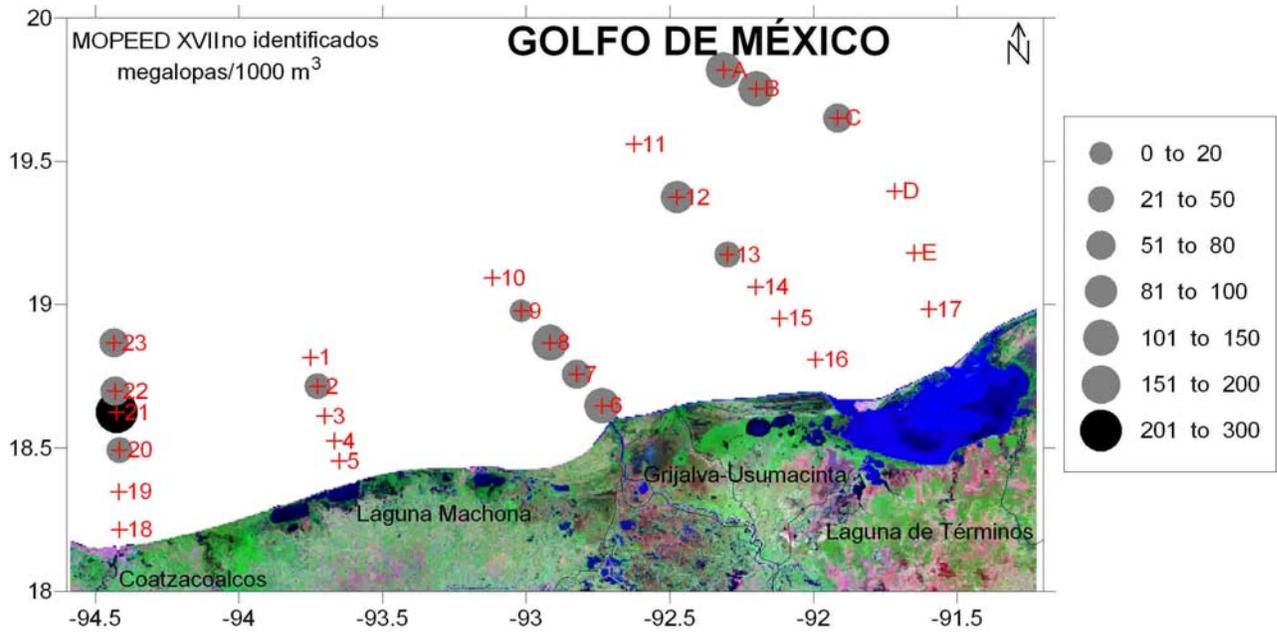


Figura 57. Distribución de las megalopas no identificadas encontradas en las diferentes estaciones de muestreo estimada en megalopas/1000 m³ de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.



MOPEED XVII no identificados

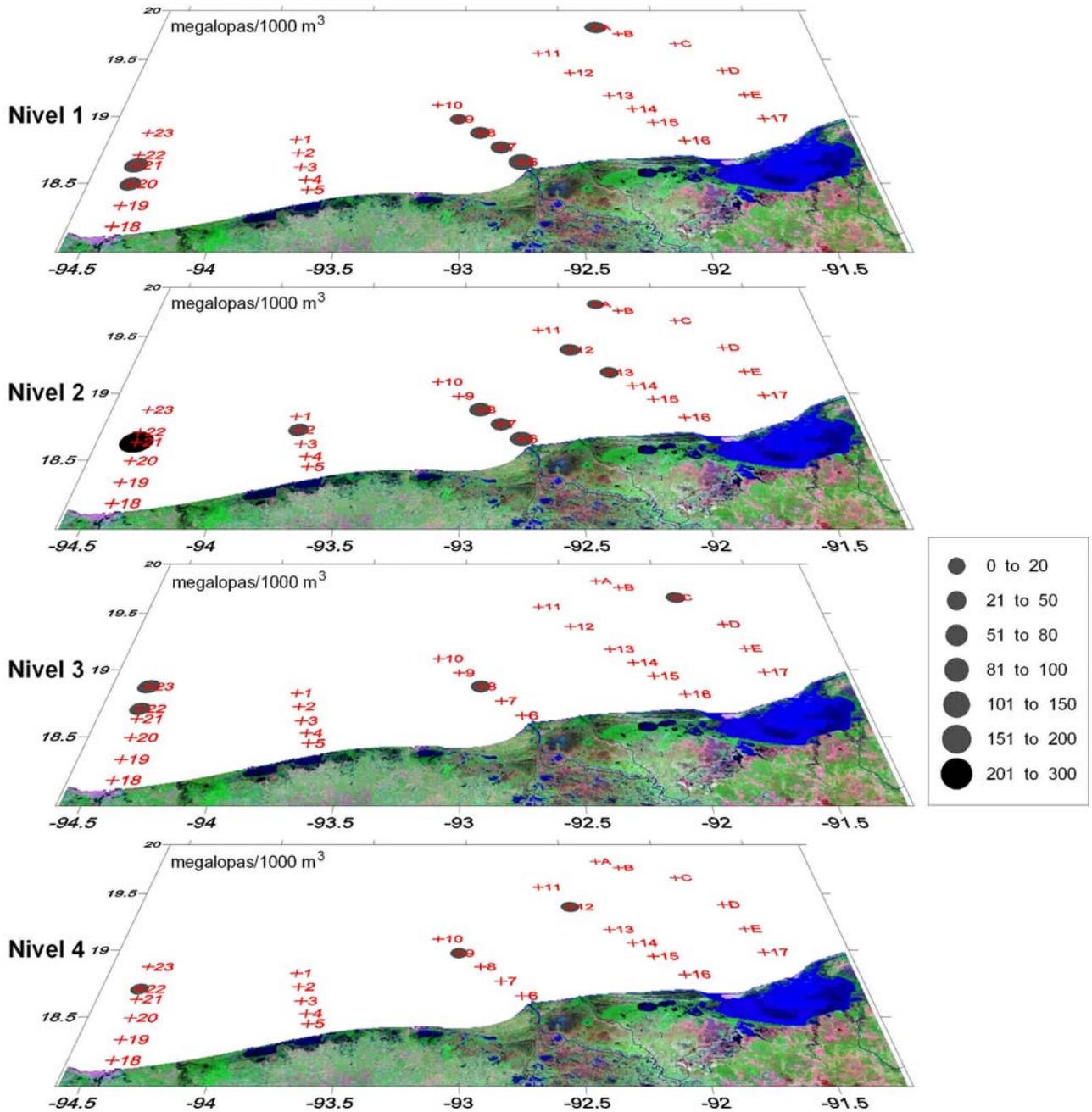


Figura 58. Distribución horizontal de megalopas no identificadas en los diferentes niveles de la campaña oceanográfica MOPEED XVII.

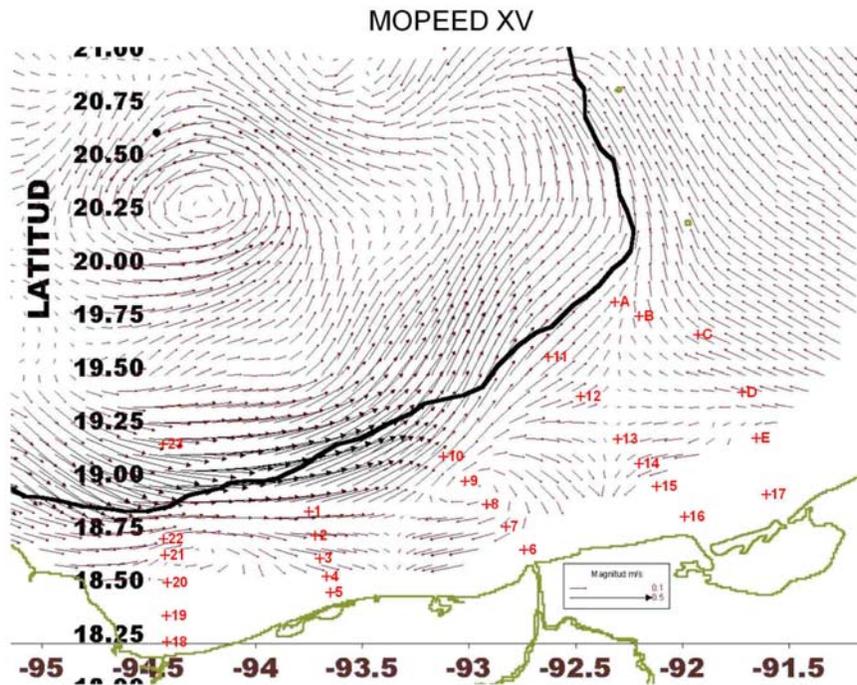


Figura 59. Mapa de corrientes en la zona de estudio para el mes de agosto, y la localización de las estaciones de muestreo de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

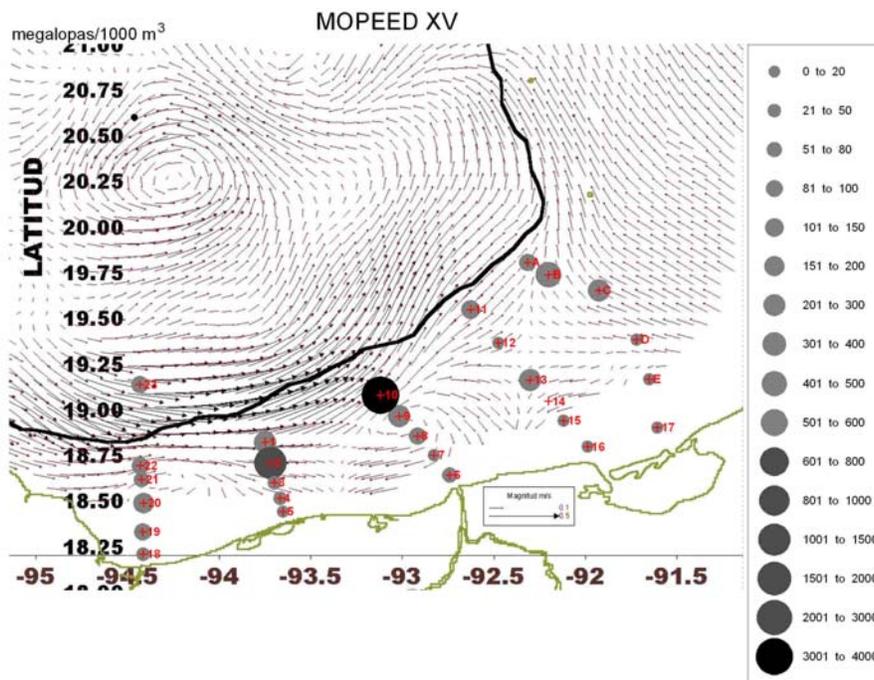


Figura 60. Distribución horizontal de megalopas de portúnidos y mapa de corrientes en la zona de estudio de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

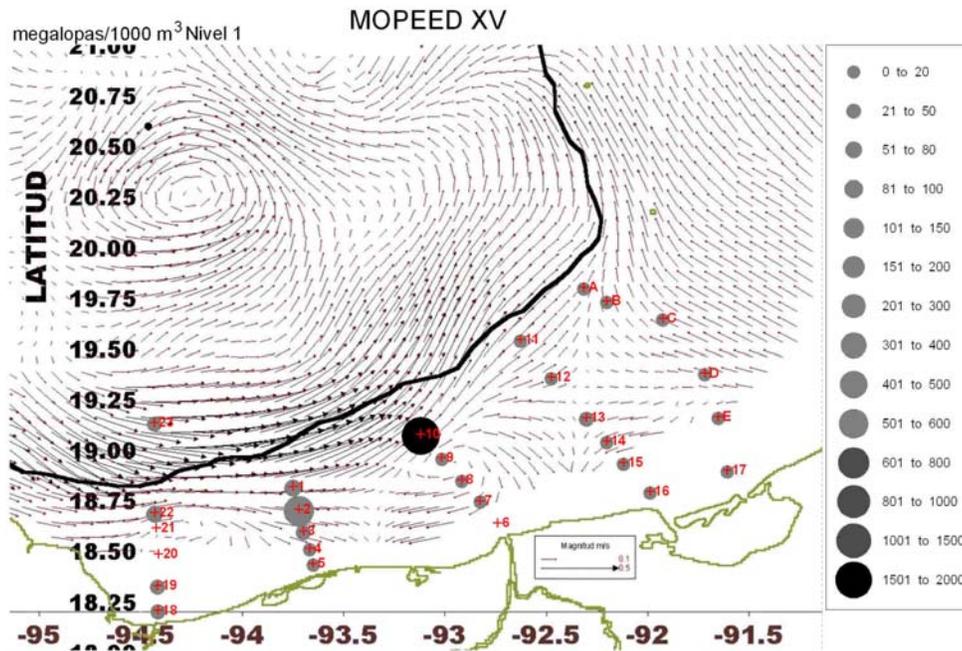


Figura 61. Distribución horizontal de megalopas de portúnidos en el nivel 1 (2 m) y mapa de corrientes en la zona de estudio de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

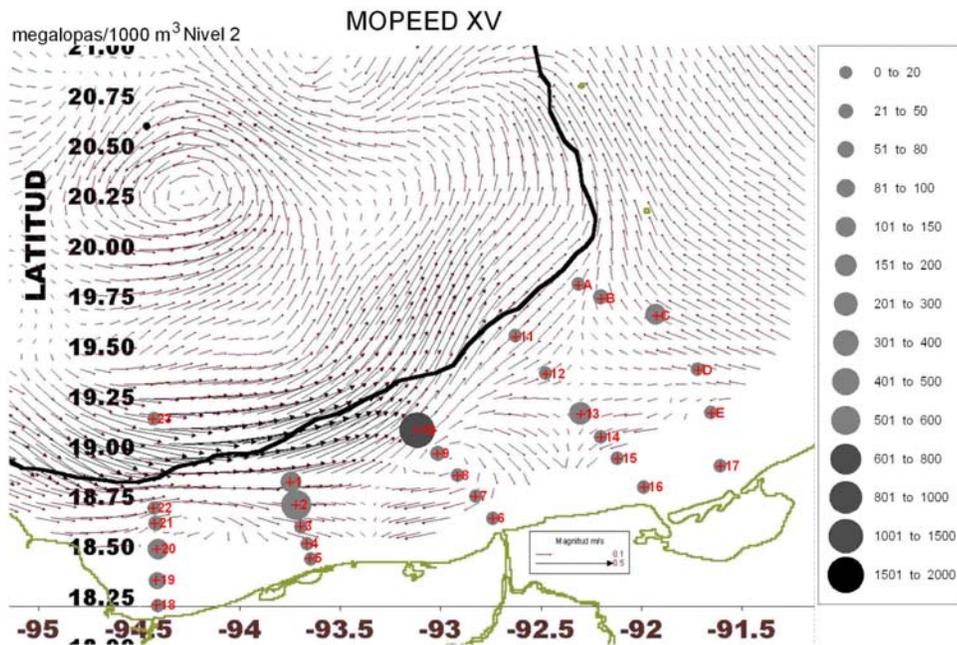


Figura 62. Distribución horizontal de megalopas de portúnidos en el nivel 2 (10 m) y mapa de corrientes en la zona de estudio de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

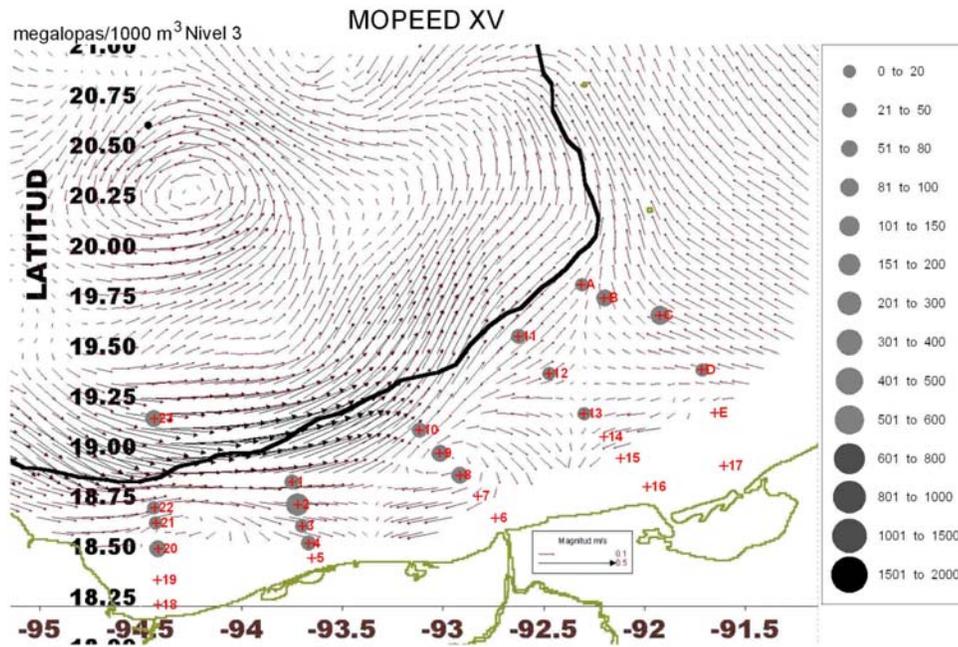


Figura 63. Distribución horizontal de megalopas de portúnidos en el nivel 3 (20 m) y mapa de corrientes en la zona de estudio de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

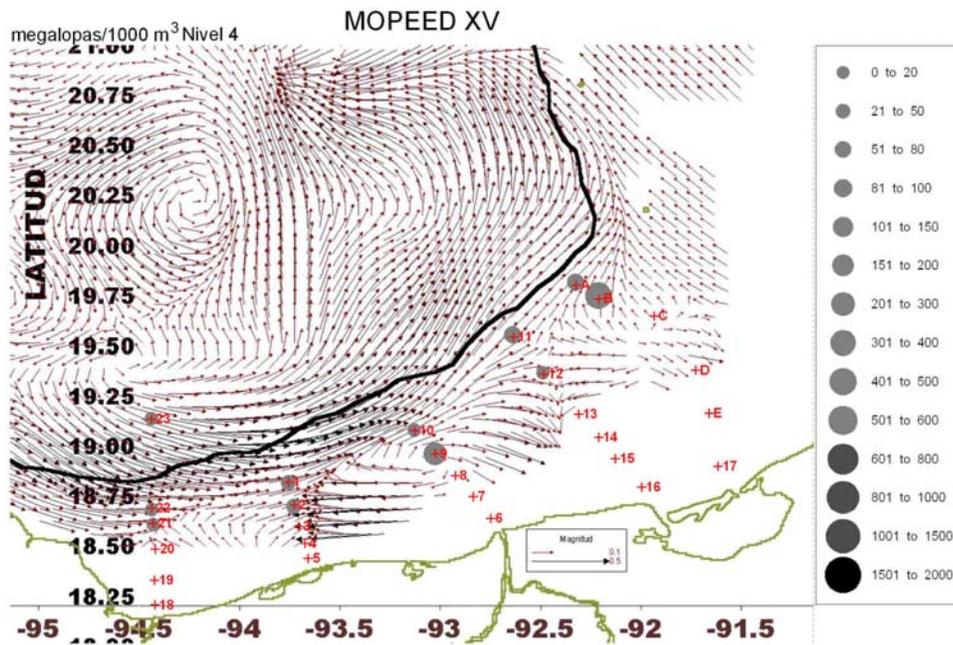


Figura 64. Distribución horizontal de megalopas de portúnidos en el nivel 4 (45 m) y mapa de corrientes en la zona de estudio de la campaña oceanográfica MOPEED XV.

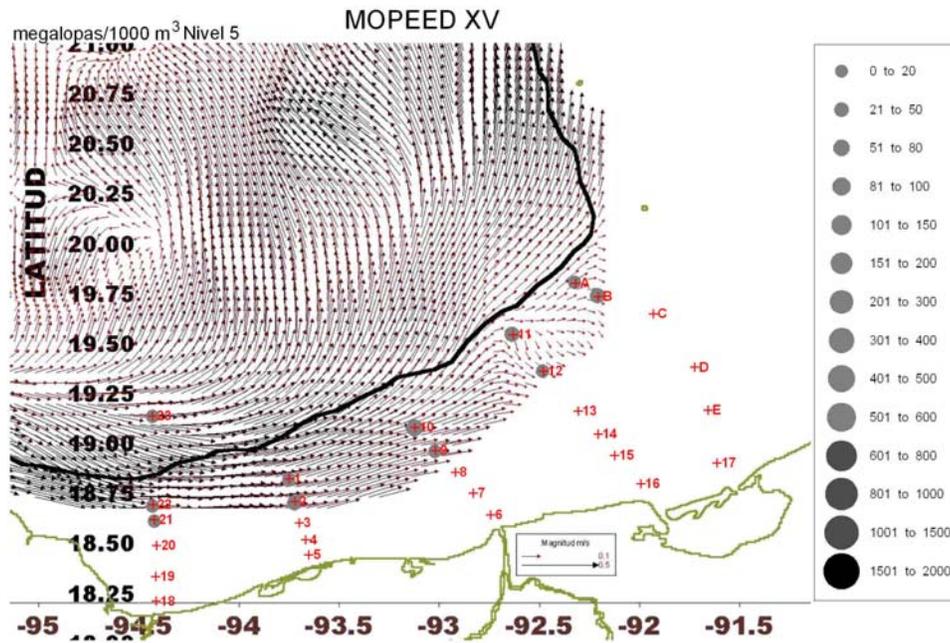


Figura 65. Distribución horizontal de megalopas de portúnidos en el nivel 5 (100 m) y mapa de corrientes en la zona de estudio de la campaña oceanográfica MOPEED XV.



Tabla 1. Relación del número de niveles de arrastre en las estaciones de muestreo de acuerdo a la profundidad del piso oceánico.

	Profundidad de 15 a 30 m	Profundidad de 35 a 50 m	Profundidad de 70 a 90 m	Profundidad de 100 a 120 m	Profundidad de 180 m o más
Nivel 1	1 m	2 m	2 m	2 m	2 m
Nivel 2	7 m	7 m	10 m	10 m	10 m
Nivel 3		15 m	20 m	20 m	20 m
Nivel 4			45 m	45 m	45 m
Nivel 5				70 m	100 m

Tabla 2. Relación del número de megalopas de portúnidos encontrados en los diferentes niveles en general de las tres campañas oceanográficas, están divididas en día y noche.

	MOPEED	XV	MOPEED	XVI	MOPEED	XVII
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Nivel 1	723	1903	4564	8472	174	2188
Nivel 2	1103	1675	5012	3998	1320	1679
Nivel 3	448	272	3393	1549	2191	365
Nivel 4	549	228	1676	1075	369	105
Nivel 5	135	78	713	1698	163	142