

CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS DE LA REGIÓN INSULAR-ECUADOR

Por:
Miriam Lucero(1).

ABSTRACT

On the basis of the oceanographic data such as: temperature, salinity and currents, collected in oceanographic expeditions in different times of the year, a description of the conditions oceanographic has been made for the Galápagos Islands.

The variations of surface and subsurface sea temperature are well defined in the study area and for the different analyzed seasons. From a normal dry season to a cold anomalous one the biggest variations of temperature were observed to the southwest of the Isabela Island, during a cold time they register the smallest ranges of temperature, intensifying the upwelling of the Equatorial Undercurrent. On the other hand, comparing ranges of temperature during humid seasons with warm anomalous on the variations are too higher, then positive temperature anomalies in the whole region exceeds 4°C to the normal.

The biggest ranges of surface salinity were observed during the dry season and cold events, without discard the presence of a tongue of high salinity located to the south of the studied area. With respect to the subsurface distribution a nucleus of high salinity is present in all the analyzed seasons, probably, related to the Equatorial Undercurrent.

The circulation pattern, in the sea surface levels, presents flows toward west, this circulation scheme was obtained during a dry season, period of strong southwest trade winds. Subsurfacedly the currents have a predominant eastward direction, which circulation scheme belongs to the upwelling of the Equatorial Undercurrent or Cromwell Current whose nucleus is centered around 40 meters to the west and east of the islands.

RESUMEN

Sobre la base de información de parámetros oceanográficos como temperatura, salinidad y corrientes, obtenidos en diversos cruceros oceanográficos y en diferentes épocas del año, se ha efectuado una descripción de las condiciones oceanográficas para la Región Insular.

Las variaciones de temperatura superficial y subsuperficial están muy bien establecidas para el área de estudio y para las diferentes épocas normales y anómalas analizadas. De lo cual se obtiene que de una época seca normal a una anómala fría las mayores variaciones de temperatura son observadas al suroeste de la isla Isabela, dado que, durante una época fría se registran los menores rangos de temperatura, intensificando de esta manera el afloramiento de la Subcorriente Ecuatorial. Por otro lado, comparando rangos de temperatura durante épocas húmeda con épocas anómalas cálidas las variaciones son bastante elevadas, donde anomalías positivas de temperatura sobrepasan los 4°C sobre la normal en toda el área de estudio.

Los mayores rangos de salinidad superficial fueron observados durante la época seca y durante eventos fríos, sin descartar la presencia de una lengua de alta salinidad presente al sur del área de estudio. En cuanto a la distribución subsuperficial un núcleo de alta salinidad esta presente en todas las épocas analizadas, probablemente asociado a la Subcorriente Ecuatorial.

El patrón de circulación en los niveles superficiales presenta flujos con dirección hacia el oeste, observados

durante una época seca, período de fuertes alisios del suroeste. Subsuperficialmente las corrientes adquieren direcciones predominantes hacia el este, esquema de circulación propio de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell, cuyo núcleo se centra alrededor de los 40 metros al oeste y este de las islas.

INTRODUCCIÓN

Las Islas Galápagos constituyen un archipiélago de origen volcánico, ha sido por largo tiempo el objeto de interés científico mundial en vista de su ecosistema único e instructivo, es uno de los más complejos, diversos y únicos archipiélagos oceánicos del mundo que aún mantiene sus ecosistemas y biodiversidad sin grandes alteraciones.

En las Galápagos se presentan dos estaciones bien marcadas: la estación húmeda que prevalece de enero hasta abril (verano del hemisferio sur) y una estación seca (invierno del hemisferio sur) con presencia de una garúa persistente, que se presenta de mayo hasta diciembre (Palmer y Pile, 1966). Debido a los efectos combinados de la posición del Frente Ecuatorial y de la presencia de afloramientos al oeste de Isabela permiten dividir a las aguas del Archipiélago en cuatro diferentes zonas en función de su temperatura superficial estos son: zona norte caracterizada por agua tropical cálida, zona central caracterizada por poseer una gran variación estacional, zona sureste caracterizado por tener aguas moderadamente frías y una zona occidental con masas de agua mas frías en toda la región.

Las Islas Galápagos constituyen el punto de convergencia de varias corrientes del Pacífico que poseen diferentes características, cada una de las cuales ejerce una influencia determinante en la fauna, flora y en el clima del archipiélago, el sistema de circulación de las aguas alrededor de las Galápagos regula la composición y estructura de las comunidades bióticas, parte de este sistema lo constituye la Corriente Sur Ecuatorial, que fluye hacia el oeste, y la Corriente de Humboldt que fluye de sur a norte, y que al llegar al norte del Ecuador se une al sistema de la Corriente Sur Ecuatorial (Wyrtki, 1967). Durante la época de los fuertes alisios del sureste este sistema

de corrientes es fuerte y parte de sus aguas fluyen hacia las Galápagos; otro de los flujos del sistema de circulación alrededor de las Galápagos y quizás el más importante lo constituye la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell, que fluye con dirección hacia el este con velocidades mayores a 1 m/s (Lukas, 1985). Otra de las características relevantes al este de las islas Galápagos es el Frente Ecuatorial, caracterizado por un fuerte gradiente termohalino superficial, al norte del Frente Ecuatorial se encuentran las aguas cálidas y poco salinas procedentes de la Cuenca de Panamá (Agua Superficial Tropical) y al sur del mismo se encuentran aguas frías y salinas de la Corriente de Humboldt (Agua Superficial Subtropical).

La información analizada en este trabajo, corresponde a datos obtenidos durante algunos cruceros oceanográficos efectuados en diferentes épocas del año alrededor de las Islas Galápagos, así como también información disponible durante eventos anómalos como El Niño y La Niña.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende desde el paralelo 1°40'N con la Isla Darwin hasta 1°30'S con la Isla Española, y desde el meridiano 89°W con la Isla San Cristóbal hasta el meridiano 92°W con la Isla Darwin (Fig.1).

Las Islas Galápagos son un archipiélago conformado por 19 islas, 47 islotes y al menos 26 rocas o promontorios de origen netamente volcánico, situado sobre la plataforma submarina Galápagos, en el Océano Pacífico Ecuatorial a una distancia aproximada de 1000 Km. de la costa occidental del Ecuador, posee profundidades que alcanzan los 3.500 metros (I.O.A.20). Una gran parte del archipiélago está ubicado al sur de la Línea Ecuatorial, donde convergen varias corrientes

marinas. El Archipiélago está dividido en dos grandes zonas: la una que abarca un 97%, declarada Parque Nacional con el propósito de preservarla de la intervención de la población humana ya asentada y la otra zona que la constituye un 3% el área de asentamientos poblacionales (Rodríguez, 1993). Por otro lado tiene el área de la Reserva Marina con una superficie 135.000 Km² es la segunda más grande del mundo, se extiende hasta 40 millas náuticas alrededor de la línea base de las islas más periféricas, es única en el mundo por su grado de conservación, biodiversidad, características biogeográficas y su condición legal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del presente trabajo se utilizó información oceanográfica de parámetros físicos como: temperatura, salinidad y corrientes. Información obtenida de la base de datos del INOCAR, producto de los diferentes Cruceros Oceanográficos efectuados a bordo del B/I ORION. La información analizada abarca época seca (verano), época húmeda (lluvias) períodos anómalos como El Niño y La Niña.

Toda la información fue procesada con el fin de obtener cartas de temperatura superficial del mar y su distribución vertical en las secciones de los 92°W, 89°W y en otros casos en los 87°W. Además se realizaron cartas superficiales de Salinidad y su distribución vertical en las mismas secciones, finalmente se efectuaron cartas de corrientes superficiales y subsuperficiales alrededor de todo el archipiélago.

Los resultados obtenidos en cada una de las secciones (92°W, 89°W, 87°W) fueron correlacionados para cada estación del año (invierno, verano) y entre cada evento anómalo (Niño, Niña).

RESULTADOS

DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL DE LA TEMPERATURA DEL MAR

La temperatura superficial del mar (TSM) durante la estación seca (Fig.2a), presenta valores que fluctúan entre 21.0°C, al sur del área de estudio, y 23.0°C en el lado noreste; hacia el suroeste de la I. Isabela se observa un parche de agua con baja temperatura (<20.0°C) como producto del afloramiento presente en esta zona. El Frente Ecuatorial está ubicado en el extremo norte de las islas, asociado con las isotermas de 22°C a 23°C. La distribución superficial de temperatura alrededor del Archipiélago parece ser la típica para la presente época del año, sin embargo se debe notar la presencia de una lengua de agua relativamente cálida (>23.0°C) proveniente del noreste, asociada con la Corriente de Panamá. En cuanto a la distribución subsuperficial para la presente estación del año (época seca) se destaca la presencia del afloramiento al oeste de las islas, alrededor de 1°S, se tiene una capa de mezcla con un espesor variable, el mismo que oscila alrededor de los 20 m. en el extremo noroeste del archipiélago (Fig.2b) y un espesor de 30 m. a lo largo de la sección de los 89°W (Fig.2c). La termoclina en el área se ubica en los 20 y 40 m. en los 92°W y 89°W respectivamente (INOCAR, 2000).

Durante la estación húmeda, se tienen aguas cálidas provenientes del noreste y sur con temperaturas mayores a 25°C, los menores rangos de temperatura superficial son observados al oeste de la isla Isabela, área en la cual se han registrado temperaturas menores a 21°C (Fig.3a). Subsuperficialmente se tiene la isoterma de 15°C ubicada entre los 80 y 150 metros de profundidad al oeste y este de las islas (Fig.3b y c), el afloramiento observado en época seca es bastante débil en la estación húmeda.

Las características oceanográficas típicas de la región insular se ven alteradas por la presencia de condiciones cálidas asociadas con El Niño, con la presencia de este evento las aguas superficiales del área de estudio alcanzan temperaturas comprendidas entre los 25°C y 28°C (Fig.4a), durante la ocurrencia del Niño 97-98, las anomalías de temperatura en toda la región sobrepasaron los +4°C sobre la normal de Reynolds (INOCAR, 1997). En los niveles

subsuperficiales cabe destacar la profundización de la isoterma de 15°C , de 90 metros en épocas normales a 200 metros durante la presencia de eventos El Niño, esta profundización es mas marcada alrededor de los 0.5°S al este y oeste de las islas (Fig.4b y c), estas características son consideradas como propias de eventos cálidos.

Durante la presencia de eventos fríos conocido como la Niña, las condiciones oceanográficas también se ven alteradas, las aguas superficiales de la Región Insular alcanzan temperaturas comprendidas entre 25°C al noreste del área de estudio y menores a 18°C en el sector sureste, las masas de aguas más frías se presentan al suroeste de Isabela (Fig.5a), áreas donde se presentan las mayores anomalías negativas (temperaturas por debajo de lo normal). Hacia el extremo norte de las Islas Galápagos se observan a las isotermas que se disponen a manera de una banda con orientación cuasi zonal, conformando un gradiente térmico definido por las isotermas de 22.0°C , hacia el sur de la banda y 25.0°C hacia el norte de la misma. Con respecto a la distribución subsuperficial, se tiene que durante la presencia de eventos fríos, en el sector oeste de las islas, la isoterma de 15°C se encuentra a profundidades menores a 40 metros; al suroeste de Isabela, esta isoterma alcanza niveles casi superficiales, fortaleciendo los afloramientos que se presentan en dicha zona.

DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL DE LA SALINIDAD

La distribución de la salinidad durante la estación seca, presenta valores mayores a 34.8 UPS en el extremo sur del área de estudio y menores a 34.4 UPS hacia el norte del mismo; por otro lado al igual que la TSM, la salinidad también presenta una distribución a manera de una banda conformada por las isohalinas de 34.2 a 34.8 UPS, lo que estaría definiendo los límites halinos del Frente Ecuatorial para esta región (Fig. 6a). De las cartas subsuperficiales obtenidas durante los Cruceros Oceanográficos, se destaca al este y oeste de las islas núcleos de alta salinidad mayores a 35.1 UPS (Fig.6b y c) ubicados

entre los 30 y 100 metros de profundidad, probablemente relacionadas con el núcleo de alta salinidad de la Subcorriente Ecuatorial.

De la carta superficial de salinidad observada en época húmeda (Fig.7a), se observa la intrusión de aguas tropicales hacia el archipiélago provenientes del noreste, con salinidades de 33.5 UPS, y desde el sureste aguas subtropicales con salinidades de 34.5 UPS, con rangos ligeramente inferiores a los observados durante la estación seca. Subsuperficialmente núcleos de alta salinidad (>35.2 UPS) se presentan entre los 30 y 100 metros de profundidad (Fig. 7b y c).

Durante la presencia de El Niño se tienen los menores rangos de salinidad sobre todo en el sector noreste del área de estudio, cuyos rangos oscilan entre 32.5 UPS y 33.5 UPS, los cuales pueden ser atribuidas a la invasión de aguas tropicales (<33.5 UPS) provenientes de la cuenca de Panamá (Fig. 8a). En los niveles subsuperficiales el núcleo de alta salinidad (>35.3 UPS) se encuentra centrado entre las profundidades de 80 y 150 metros al oeste de las islas y entre los 60 y 100 metros al este del área de estudio (Fig.8b y c).

Los rangos de salinidad superficial durante un evento frío, oscilan entre los 33.8 UPS al noreste del Archipiélago y 34.8 UPS al suroeste del mismo, al igual que la distribución de temperatura superficial, la salinidad también presenta una distribución a manera de banda conformada por estos rangos de salinidad (Fig.9a). Subsuperficialmente, se observan dos núcleos de alta salinidad (>35.4 UPS), entre los 10 y 50 metros de profundidad, localizados al norte y sur del área de estudio (Fig.9b y c), núcleos que están muy bien relacionados con las características termohalinas de la Subcorriente Ecuatorial.

CIRCULACIÓN SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL

No se cuenta con suficiente información de corrientes alrededor de las Islas Galápagos, sobre todo durante la presencia de eventos anómalos como El Niño y La Niña, sin

embargo con la información que se ha logrado recopilar de los Cruceros Oceanográficos, se ha realizado cartas de circulación superficial y subsuperficial (hasta los 80 metros de profundidad), los mismos que se presentan en las figuras 10 a y b.

El patrón de circulación en los niveles superficiales presenta flujos con dirección hacia el oeste (Fig. 10 a), con magnitudes promedios de 0.8 m/s, cabe indicar que la mayor parte de esta información corresponde o fueron obtenidos durante los meses de verano (época seca), época en la cual prevalecen los vientos del sureste, lo cual indica que el flujo presente es una respuesta a la presencia de estos vientos. Wyrski (1965) distingue tres regímenes de corrientes para el Pacífico Tropical Oriental, pero para el área considerada en el presente trabajo, se reducen en dos fases bien definidas: el período de fuertes alisios del sureste (mayo a diciembre) que es el más dominante y es el observado en la (Fig.10a) y el período de fuertes alisios del noreste (diciembre hasta abril) que en todo caso se tendría un esquema de circulación muy parecido.

Subsuperficialmente se presenta un patrón diferente de corrientes, debido a que las direcciones predominantes de las corrientes son hacia el este (Fig.10b). Este esquema de corrientes subsuperficial, observado en la figura 4b, es propio del afloramiento de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell, la presencia de esta subcorriente, se evidencia claramente al oeste de la Isla Isabela sobre todo en la región sur del ecuador, cuyo núcleo se centra entre los niveles de 50 y 100 metros, zona en la cual alcanza las mayores velocidades, obteniéndose magnitudes promedio de 0.50 m/s, de acuerdo a las mediciones directas efectuadas en esta área (Lucero, 2000).

Mediciones realizadas por Knauss (1960), indican que la Subcorriente Ecuatorial fluye hacia el este desde los 140°W hasta los 92°W, área en la cual se encuentran las máximas velocidades (1 a 1.5 m/s), la misma que asciende desde los 100 m. de profundidad en los 140°W, hasta los 40 m. en los 92°W. Flujos hacia el este de las Islas Galápagos también han sido observados por

Stevenson (1971), quien considera a dicho flujo como una extensión de la Subcorriente Ecuatorial con velocidades que fluctúan entre 0.10 y 0.37 m/s.

Mediciones indirectas de corrientes, efectuadas por Lucero y Cornejo (1990) concluyen que existen evidencias de la presencia de la Subcorriente Ecuatorial alrededor de las Islas Galápagos, tanto en periodos normales como en los que el Evento de El Niño estuvo presente, encontrándose más fuerte en el primero de los casos.

CONCLUSIONES

Las características superficiales de la temperatura están muy bien definidas para cada época considerada, observándose los mayores rangos de temperatura superficiales durante la época húmeda y un poco mayor en eventos El Niño; caso contrario, los menores rangos se presentan durante la época seca, sin embargo al suroeste de la isla Isabela se tienen rangos menores de temperatura durante un evento frío (La Niña).

El afloramiento observado al suroeste de la isla Isabela está presente en casi todas las épocas analizadas, excepto durante la presencia de un evento El Niño, y es mucho más intenso durante la presencia de un evento frío como era de esperarse, lo cual justifica los rangos bajos de temperatura superficial observados en este sector.

La Isoterma de 15.0°C da una idea aproximada de la distribución de la base de la termoclina en la región, ubicándose a mayor profundidad durante la época húmeda y mucho más profunda durante eventos cálidos (El Niño).

Los mayores rangos de salinidad superficial fueron observados durante la época seca y durante eventos fríos, sobre todo al suroeste de la isla Isabela. En cuanto a la distribución subsuperficial un núcleo de altas salinidades está presente en todas las épocas analizadas, variando únicamente su ubicación en cuanto a profundidad, es decir que durante las épocas seca, húmeda y durante un evento frío, este núcleo está ubicado

alrededor de los 40 metros, mientras que durante un evento cálido el mismo está ubicado alrededor de los 80 metros.

El patrón de circulación en los niveles superficiales presenta flujos con dirección hacia el oeste, este esquema de circulación fue obtenido durante una época seca, época en la cual prevalecen los vientos del sureste, lo cual indica que el flujo presente es una respuesta a la presencia de estos vientos. Subsuperficialmente se presenta un patrón diferente de corrientes, con direcciones predominantes hacia el este, esquema de circulación propio del afloramiento de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell, la presencia de esta subcorriente, se evidencia claramente al suroeste de la Isla Isabela, cuyo núcleo se centra alrededor de los 40 metros al oeste y este de las islas, sobre todo durante las épocas seca, húmeda y durante un evento frío, de acuerdo a las características termohalinas analizadas.

BIBLIOGRAFÍA

Enfield D., 1975. *Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Físicos*. Instituto Oceanográfico de la Armada.

Houvenaghel G. 1981 *Oceanographic Setting of the Galápagos Islands*. Key Environments, pag.44-54.

Houvenaghel G. 1978. *Oceanographic Conditions in the Galápagos Archipiélago and Their Relationships with Life on the Islands*. Upwelling Ecosystems, pag.181-202.

INOCAR, 2001.- *Atlas Oceanográfico 2001*.

INOCAR, 2000. *Informe Científico Crucero Oceanográfico CO-0-2-00*.

INOCAR, 1999. *Informe Científico Crucero Oceanográfico CO-0-2-99*.

INOCAR, 1997. *Informe Científico Crucero Oceanográfico CO-0-1-97*.

I.O.A. 20, 1992. *Carta Batimétrica*, Instituto Oceanográfico de la Armada

Knauss, J.A., 1960. *Measurements of the Cromwell Current*. Deep-Sea.

Lucero, M., 2000. *Distribución de las corrientes alrededor de las Islas Galápagos*. Acta Oceanográfica del Pacífico, V.10, No.1.

Lucero, M. y M.P. Comejo, 1990. *Evidencia de la Corriente de Cromwell entre 92°W y 84°W, observada en periodos normales y durante el Niño 82-83*. Acta oceanográfica del Pacífico, V6, No.1.

Lukas, R., 1985, *The termination of the Equatorial Undercurrent in the Eastern Pacific*. Joint Institute for Marine and Atmospheric Research, University of Hawaii, Honolulu HI 96822 U.S.A.

Rodríguez, J., 1993. *Las Islas Galápagos estructura geográfica y Propuesta de Gestión Territorial*.

Stevenson, M. and B. Taft, 1971. *New evidence of the Equatorial Undercurrent east of the Galapagos Islands* Journal Marine Research. V. 20 No.2.

Wyrtki K., 1967. *Circulation and water masses in the eastern Equatorial Pacific Ocean* International Journal Oceanology and Limnology I (2) 117-147.

Wyrtki K., 1965.- *Surface Currents of the eastern tropical Pacific Ocean*. Bulletin Interamerican Tropical Tuna Commission.

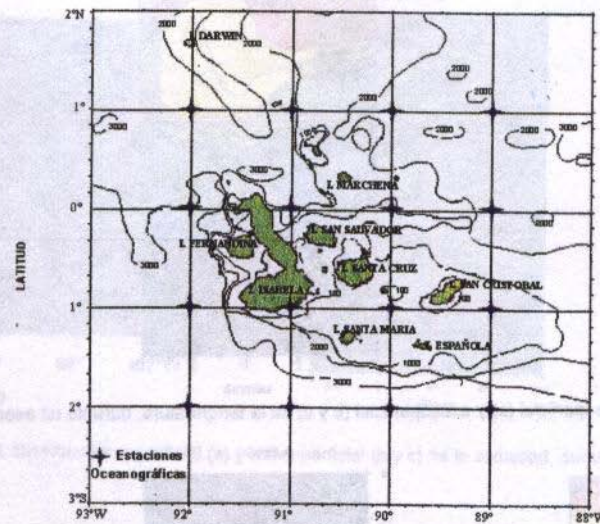


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las estaciones oceanográficas

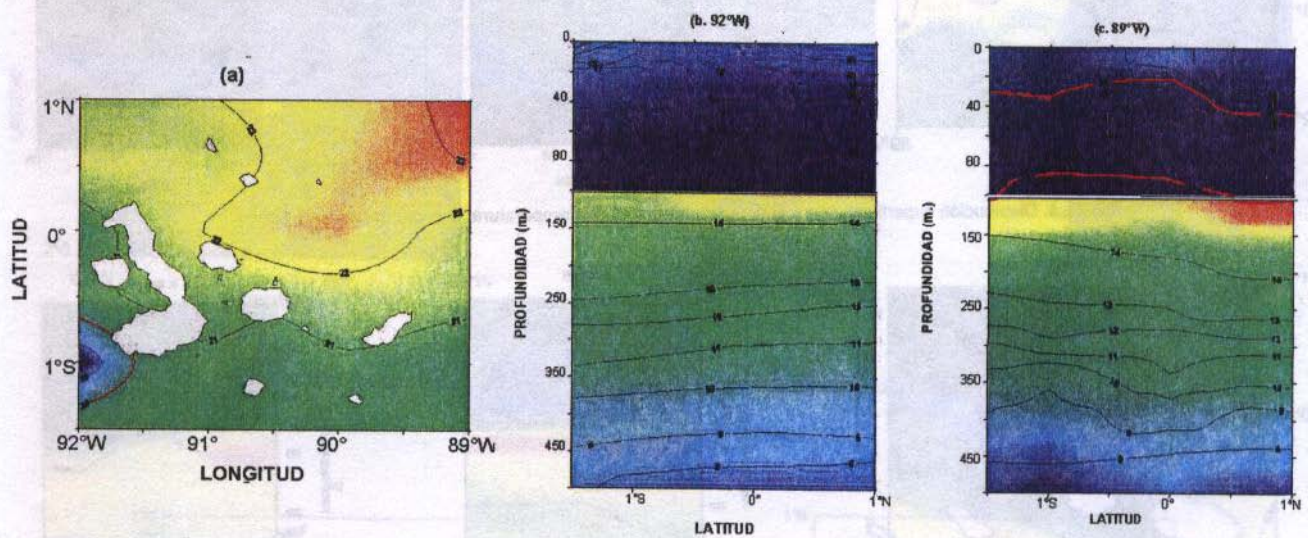


Figura 2. Distribución superficial (a) y subsuperficial (b y c) de la temperatura, durante la época seca

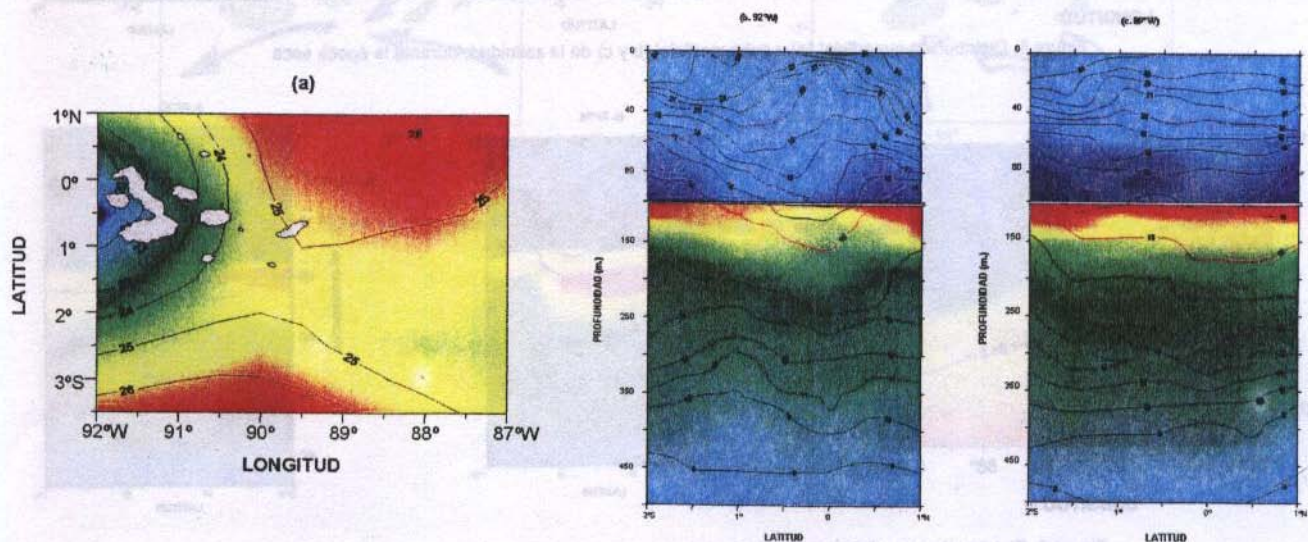


Figura 3. Distribución superficial (a) y subsuperficial (b y c) de la temperatura, durante la época húmeda

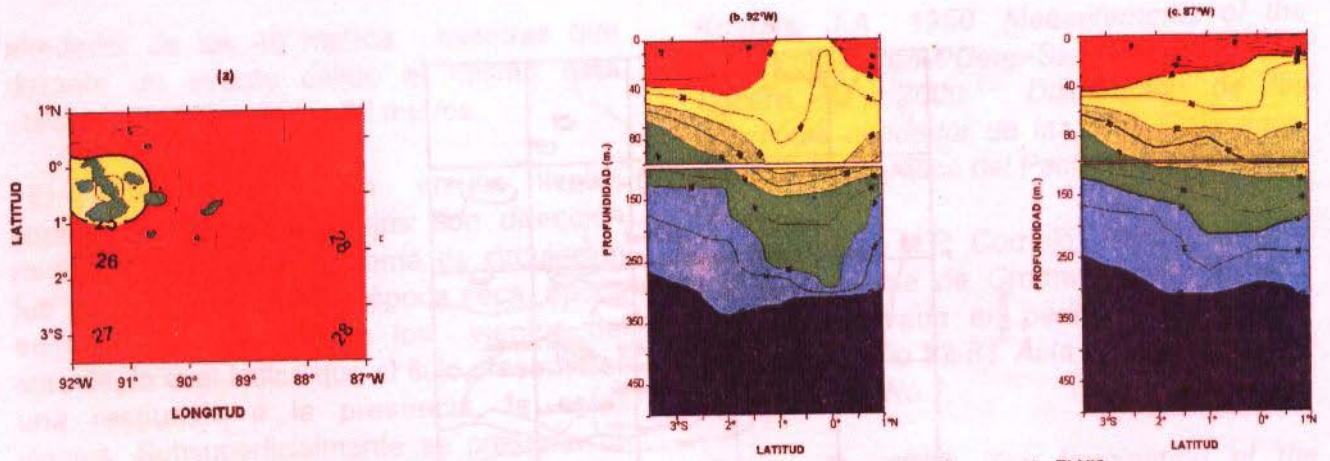


Figura 4. Distribución superficial (a) y subsuperficial (b y c) de la temperatura, durante un evento El Niño

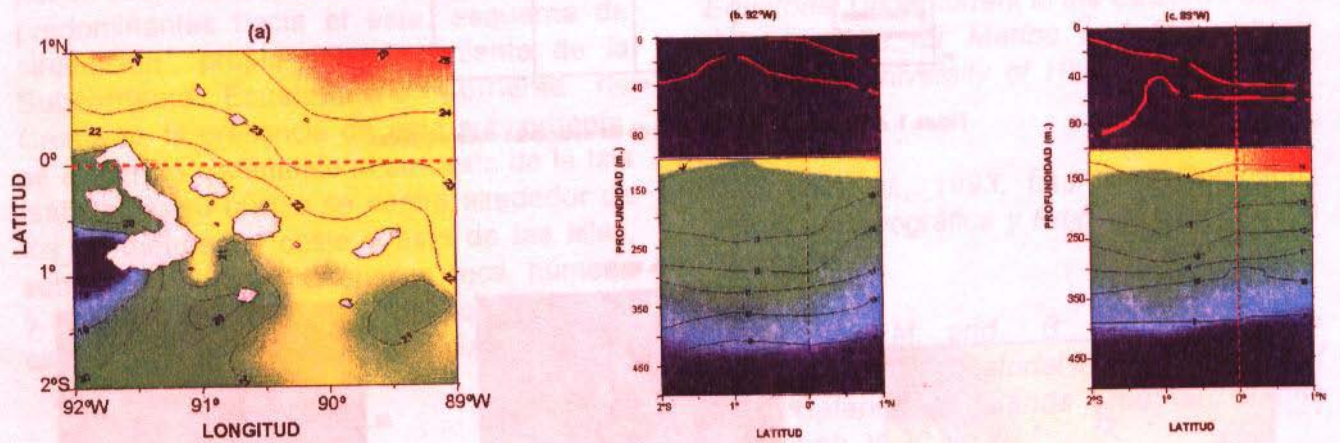


Figura 5. Distribución superficial (a) y subsuperficial (b y c) de la temperatura, durante un evento La Niña

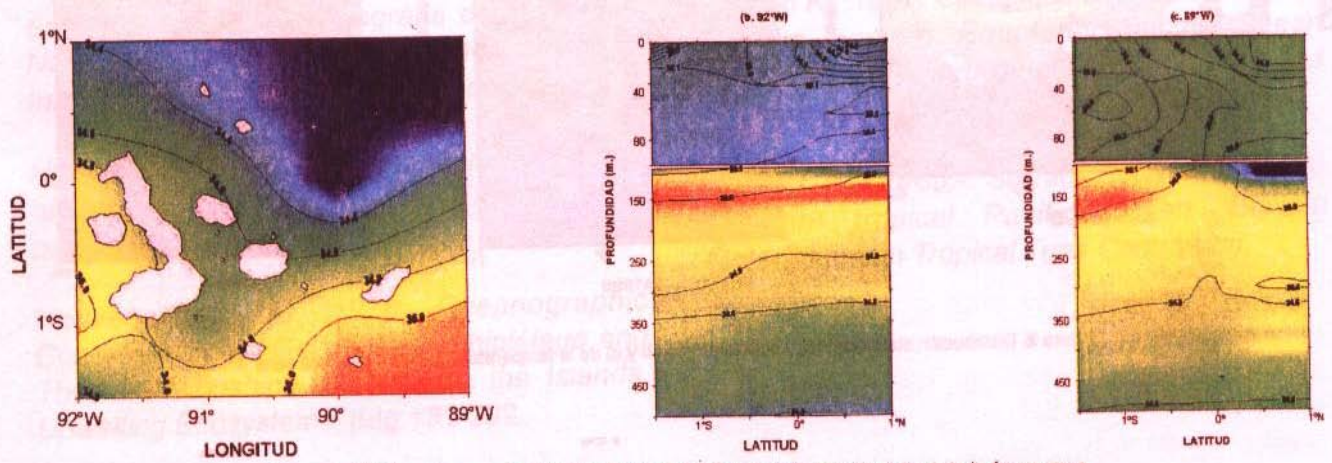


Figura 6. Distribución superficial (a) y subsuperficial (b y c) de la salinidad, durante la época seca

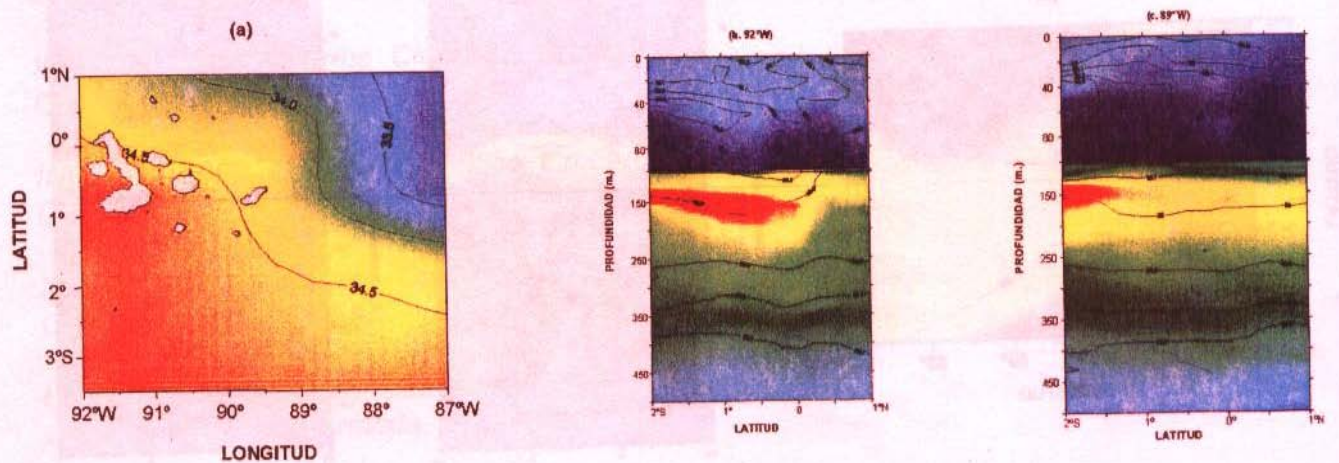


Figura 7. Distribución superficial (a) y subsuperficial (b y c) de la salinidad, durante la época húmeda

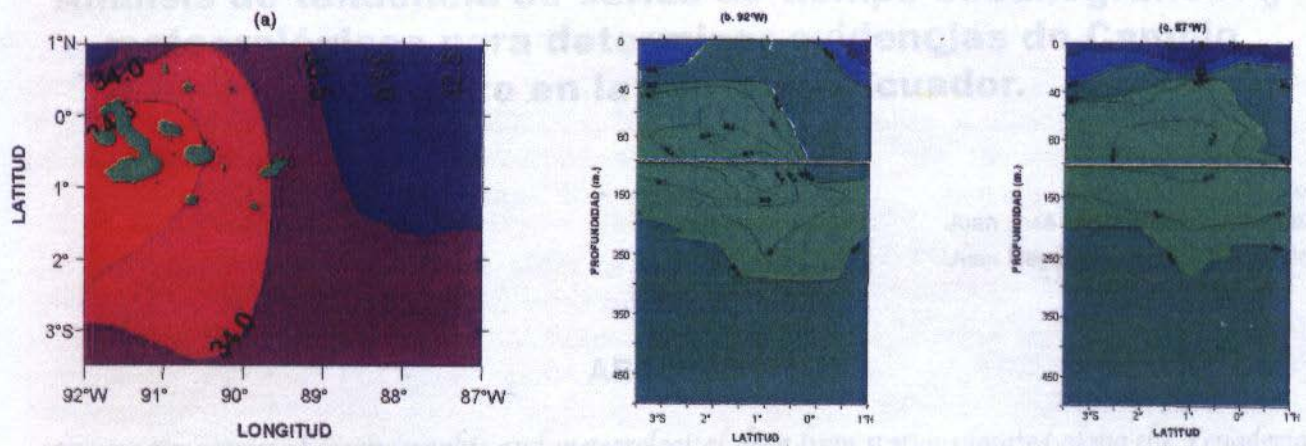


Figura 8. Distribución superficial (a) y subsuperficial (b y c) de la salinidad, durante un evento El Niño

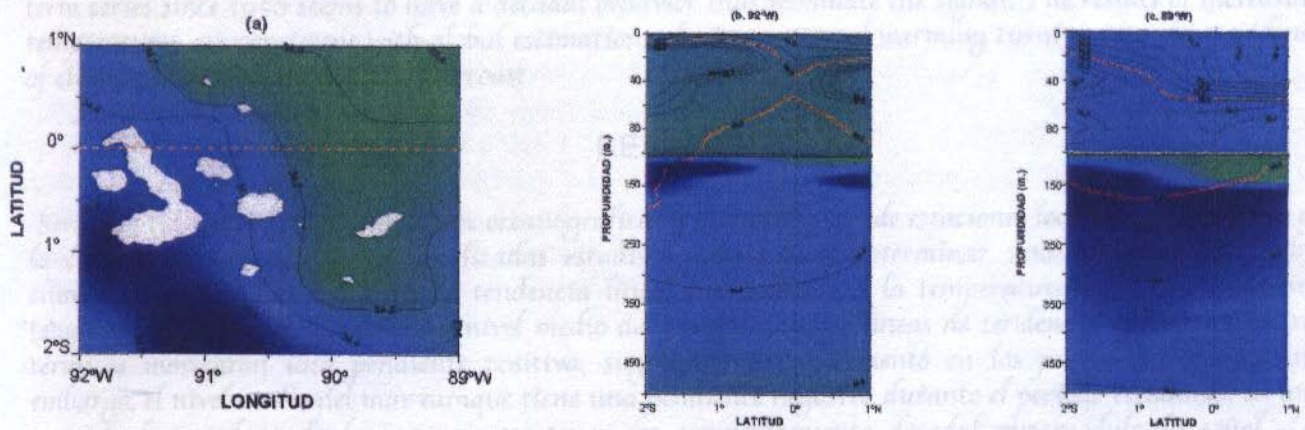


Figura 9. Distribución superficial (a) y subsuperficial (b y c) de la salinidad, durante un evento La Niña

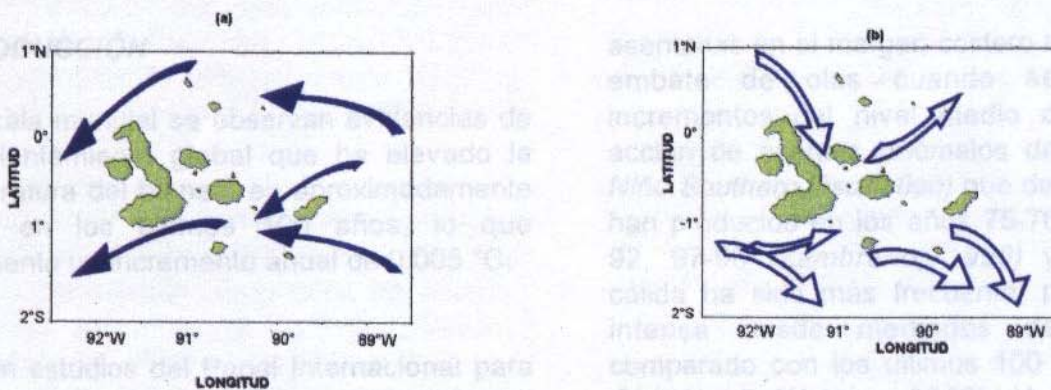


Figura 10. Circulación superficial (a) y subsuperficial (b) alrededor del Archipiélago.