

LA SUBCORRIENTE ECUATORIAL: CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS ALREDEDOR DE LAS ISLAS GALÁPAGOS

Por:
Miriam Lucero M. (1)

ABSTRACT

During the Oceanographic Cruise on board of the BAE ORION, between May and June of the 2002, they were carried out measurements of profiles of current, temperature and salinity, in three longitudinal sections 92°, 90° and 89°W, whose outputs mark the existence of a surface high-salinity core were found north and south of the islands, zones that coincide with the areas of upwelling and surface flows toward the east. A correlation of these three parameters manifest the physical characteristics of the Equatorial Undercurrent or Cromwell Current, who is introduced to the west of the islands with a thickness of approximately 50 meters, with eastward velocity of 60 cm/s, temperatures between 20-15°C and salinities between 35-32.5 ups. Observations east of the Galápagos Islands, its forks in two branches, with eastward velocities don't of up to 50 cm/s, weakening in accordance direct toward the east, without discarding the possibility of that the same approaches until our coast.

RESUMEN

Durante el Crucero oceanográfico a bordo del BAE ORION, en mayo y junio del 2002, se realizaron mediciones de perfiles de corrientes, temperatura y salinidad, en tres secciones longitudinales 92°, 90° y 89°W, cuyos resultados señalan la existencia de núcleos subsuperficiales de alta salinidad presentes tanto al norte como al sur de las islas, zonas que coinciden con las áreas de surgencias y flujos subsuperficiales hacia el este. Una correlación des estos tres parámetros manifiestan las características físicas de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell, la cual se presenta al oeste de las islas con un espesor de aproximadamente 50 metros, con velocidades promedios de 60 cm/s, temperaturas entre 20 y 15°C y salinidades entre 35 y 32.5 ups. Al cruzar las islas, esta Subcorriente se bifurca en dos ramales, alcanzando magnitudes que no sobrepasan los 50 cm/s, debilitándose aún mas, conforme continúa hacia el este, sin descartar la posibilidad de que la misma se aproxime hasta nuestras costas.

INTRODUCCIÓN

Muchas son los estudios efectuados sobre la presencia de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell en el Pacífico central, siendo su presencia descubierta en esta zona en 1952 (Montomery, 1962), la misma que fuera observada como un flujo subsuperficial entre 2°N y 2°S a profundidades comprendidas entre los 30 a 300 metros, con dirección hacia el este y con una velocidad máxima de 1 m/s en el área del Pacífico central (Lukas & Firing, 1984). Sin embargo pocas son las contribuciones en torno a la evidencia de la Subcorriente Ecuatorial en el Pacífico este y más aún al oeste de las Islas Galápagos, como referencia en esta zona, se tiene que esta corriente se va debilitando hasta alcanzar magnitudes de 0.7 m/s en las cercanías de las islas Galápagos (Knauss,

1960), sin embargo, de las observaciones efectuadas por Montgomery (1962) concluye que el flujo hacia el este de las islas fue usualmente débil o ausente.

La continuidad de esta corriente desde el Pacífico central hasta las Islas Galápagos ha sido establecida por muchos investigadores, entre los cuales se tiene resultados obtenidos por Bruce and Taft (1973), Lukas (1966), quienes concluyen que la Subcorriente Ecuatorial se va debilitando conforme avanza hacia las Galápagos, con velocidad sobre los 0.50 cm/s.

Sobre las fluctuaciones estacionales, se tiene que para el área del Pacífico Central la Subcorriente Ecuatorial es fuerte y somera

de marzo a septiembre y relativamente débil y profunda de noviembre a enero, esta variabilidad estacional al este del Pacífico, no ha sido aun establecida para el área del Pacífico este, sin embargo se tiene evidencias de su presencia al oeste y este de las Islas Galápagos, presentándose mucho más evidente y fuerte durante los meses de Agosto a Septiembre de acuerdo a los resultados obtenidos por Lucero (2000) donde se registran magnitudes de hasta 0.9 m/s al sur de Ecuador, esto también concuerda con las observaciones efectuadas tanto en periodos normales como en las que el Evento de El Niño estuvo presente, encontrándose más fuerte en el primero de los casos (Lucero y Cornejo, 1990).

Entre las principales características hidrológicas de la Subcorriente Ecuatorial se tiene que la misma es considerada como una corriente bastante estable con un espesor de 200 a 250 m. en el Pacífico central, el cual va disminuyendo progresivamente hacia el este, alcanzando un espesor de aproximadamente 50 metros en las cercanías de la Islas Galápagos (Houvenaghel, 1981). La estructura termohalina de esta corriente presenta temperaturas entre 13 y 15°C y salinidades entre 34.9 y 35.0 ups, de acuerdo a las observaciones efectuadas por Lukas (1986). De mediciones directas de corrientes efectuadas por Knauss (1966), reporta la presencia de un flujo hacia el este que pasa por el norte de las islas y que se extiende hasta los 87°W, aunque no se reporta el flujo hacia el este al sur de las islas, sin embargo el alto contenido de oxígeno y núcleos de alta salinidad reportados sugieren que la Subcorriente Ecuatorial penetra en todo el archipiélago.

El propósito de este trabajo consiste en presentar nuevas evidencias de la presencia de esta Subcorriente, que pasa a través de las Islas Galápagos y que sus aguas han sido observadas hasta los 82°W (frente al Golfo de Guayaquil), este trabajo esta basado en mediciones directas de corrientes efectuadas a bordo del BAE ORION, en un crucero oceanográfico desarrollado entre abril y mayo del 2002.

ÁREA DE ESTUDIO

Las islas Galápagos constituyen uno de los más complejos, diversos y únicos archipiélagos oceánicos del mundo que aún mantiene su ecosistema y biodiversidad sin grandes alteraciones. Está localizada a 1.000 Km. del Ecuador continental, en el Océano Pacífico. Se trata de un archipiélago compuesto por 125 islas e islotes de origen volcánico. Por sus características climáticas se consideran a las islas de clima subtropical, localizadas en una zona de transición climática entre la costa occidental de Sudamérica y el de la zona seca del Océano Pacífico Central. Po

oceanográficas, distribuidas en toda la Región Insular, en un cuadrante comprendido desde 89°W-2°S hasta los 92°W-1°N (Fig.1), en cada una de las estaciones se realizaron mediciones de temperatura, salinidad, magnitud y dirección de las corrientes. Los datos de temperatura y salinidad fueron obtenidos desde los niveles superficiales hasta los 500 metros de profundidad utilizando un CTD SEABIRD, mientras que los datos de magnitud y dirección de las corrientes fueron obtenidos desde la superficie hasta los 100 metros, utilizando para su efecto un correntómetro ADCP WHS300.

Los datos de temperatura y salinidad superficiales y subsuperficiales obtenidos por el CTD fueron procesados con el programa SEASOFT en el cual utiliza un filtro de presión para eliminar los ruidos generados por las vibraciones del buque debido al oleaje, posteriormente estos datos procesados fueron graficados en secciones correspondientes a los 89°W, 90°W y 92°W, utilizando los programas de graficación SURFER, obteniéndose cartas de distribución vertical de temperatura y salinidad correspondientes a estas secciones.

La información de magnitud y dirección de las corrientes fueron obtenidas con un correntómetro RD Instruments WHS300, en capas de 2 metros desde la superficie hasta aproximadamente los 100 metros de profundidad, estos datos fueron procesados inicialmente utilizando el software WINADCP. La información en cada estación fue obtenida por un tiempo aproximado de 45 minutos, la cual fue promediada a fin de obtener un solo perfil de datos de corrientes para cada una de las estaciones oceanográficas. En el procesamiento final de los datos, fue necesario considerar el movimiento del Buque sobre cada una de las estaciones (deriva) debido a la acción de las corrientes y el viento, esta información de la deriva del Buque fue registrada en cada una de las estaciones por un intervalo de 5 minutos, los mismos que fueron posteriormente promediados para obtener un solo dato de este parámetro, para cada una de las estaciones geográficas.

RESULTADOS

Los datos de temperatura, salinidad y corrientes obtenidos en las secciones verticales a lo largo de los 92°, 90° y 89°W han sido procesados, analizados y correlacionados para describir e identificar las características físicas de la Subcorriente Ecuatorial, a continuación se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros.

SECCIONES DE TEMPERATURA

En toda el área de estudio la temperatura superficial del mar presenta valores que fluctúan entre los 23° y 24°C, siendo la más cálida la sección ubicada en 89°W con 24.0°C.

Al oeste de las islas Galápagos (92°W), se observa el afloramiento de la isoterma de 20°C alrededor de los 0°, la cual asciende hasta los 10 metros de profundidad, y de manera inversa se observa el descenso de la isoterma de 15°C hasta los 150 metros de profundidad alrededor de la misma latitud, produciendo una separación entre las isotermas que se encuentra entre estas (Fig.2a).

En la sección de los 90°W la distribución de temperatura subsuperficial presenta un comportamiento diferente a la descrita en la sección anterior, si bien la isoterma de 20°C tiene un comportamiento ascendente hasta alcanzar los 30 metros de profundidad alrededor de 1°S, esta desciende en las cercanías de los 0°, mientras que la isoterma de 15°C se mantiene bastante estable, ubicándose alrededor de los 135 metros de profundidad a lo largo de toda esta transecta longitudinal (Fig. 2b).

Al este de las islas (89°W) la isoterma de 20°C se mantiene casi constante a lo largo de esta sección ubicándose entre los 40 y 50 metros de profundidad, de igual manera se observa la isoterma de 15°C, la cual se ubica entre los 120 y 175 metros de profundidad a lo largo de la sección, el descenso más sobresaliente de esta isoterma es alrededor de los 0°, finalmente se puede observar una

separación homogénea de las isotermas que se ubican entre la de 20° y 15° (Fig.2c).

SECCIONES DE SALINIDAD

Superficialmente, la salinidad presenta sus mayores rangos (35.1 ups) al oeste de las islas y sobre los 0° de latitud (Fig. 3a), mientras que un marcado decrecimiento de estos valores fueron observados en la sección de los 90°W sobre todo al sur de las islas donde alcanzan valores de 34.4 ups (Fig. 3b). En tanto que en la sección de los 89°W, se tiene valores de 34.9 ups, los mismos que permanecen constantes a lo largo de toda la sección (Fig. 3c).

La distribución subsuperficial de salinidad al oeste de las Islas Galápagos (92°W) está caracterizada por presentar un núcleo de alta salinidad (>35.2 ups) al sur del ecuador, el cual se ubica entre los 30 y 90 metros de profundidad (Fig. 3a); este núcleo de altas salinidades al pasar a través de las islas (90°W) se divide en dos núcleos, ubicándose cada uno de ellos al sur y norte de 0.5°S de latitud, ambos núcleos presentan características halinas semejantes, es decir salinidades mayores a 35.1 ups y están situados entre los 30 y 100 metros de profundidad (Fig. 3b). A lo largo de la sección de los 89°W se aprecia núcleos de alta salinidad ligeramente superior a las observadas en la sección anterior, lo cual es más evidente al sur de 0.5°S, donde alcanza salinidades de 35.3 ups (Fig. 3c) ubicados a profundidades comprendidas entre los 30 y 80 metros, al norte de los 0.5°S se observan dos pequeños núcleos con salinidades de 35.2 ups, los cuales podrían haber sido parte del núcleo de alta salinidad observado en los 90°W y que el mismo se ve disipado a medida que avanza hacia el este.

SECCIONES DE CORRIENTES

De acuerdo a los resultados obtenidos de la componente zonal de las corrientes se observa al oeste de las islas (92°W) flujos superficiales hacia el oeste (W) al norte y sur de los 0.5°S, con magnitudes que alcanzan los 50 cm/s (Fig.4a), estos flujos al cruzar

gran parte de las islas, es decir a la altura de los 90°W, se la observa de manera disipada y solo están presentes al norte de los 0.5°S (Fig.4b), mientras que en la sección de los 89°W, nuevamente toma consistencia los flujos con dirección hacia el oeste, con magnitudes promedio de 30 cm/s de la componente zonal (Fig.4c). En forma general podría indicarse que en los niveles superficiales de la región Insular predomina el flujo hacia el oeste.

Subsuperficialmente, al oeste de las islas (92°) es evidente un flujo con dirección este (E) ubicado hacia ambos lados del ecuador (Fig.4a) a profundidades comprendidas entre los 30 y 80 metros, como característica principal se puede apreciar un núcleo de altas velocidades (50-60 cm/s), el cual se encuentra centrado alrededor de los 50 metros de profundidad, posee además un espesor de aproximadamente 50 metros que coincide con la ubicación del núcleo de alta salinidad y el termotad observado a lo largo de esta sección, cuyas características físicas definen la presencia de la Subcorriente Ecuatorial.

El flujo subsuperficial observado en la sección anterior, al pasar los 90°W, se divide en dos ramales, un ramal localizado al sur de 1°S con un espesor aproximado de 40 metros y un núcleo de altas velocidades que no sobrepasan los 50 cm/s, ubicado alrededor de los 50 metros de profundidad (Figura 4b) y otro ramal localizado alrededor de los 0° con un espesor de 40 metros y un núcleo de altas velocidades que alcanzan los 50 cm/s ubicado alrededor de los 80 metros de profundidad, la presencia de estos dos ramales con las características indicadas, coinciden con las características termohalinas sintetizadas en las secciones anteriores.

A lo largo de la sección 89°W, se puede observar un solo ramal con dirección este, ubicado al sur de 1°S con un espesor de 50 metros, es decir mas ancho que el ramal sur observado en la sección anterior; en cuanto a la fuerza de este flujo, conforme avanza hacia el este, el mismo se va debilitando hasta alcanzar magnitudes máximas no mayores a 30 cm/s de la componente zonal este (Figura 4c), cuyo flujo es observado a profundidades

comprendidas entre los 40 y 100 metros. Alrededor de 0° y de 1°N se observa un pequeño núcleo centrado alrededor de los 60 y 50 metros de profundidad respectivamente, que bien podría ser el ramal norte de la Subcorriente Ecuatorial observado en la sección de los 90°W, que además coincide con los núcleos de alta salinidad (34.2 ups) observados en estos mismos niveles de profundidad (Figura 3c), que en definitiva son parte de la subcorriente Ecuatorial.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre las características oceanográficas de la Subcorriente Ecuatorial, alrededor de las islas Galápagos se presentan las siguientes conclusiones:

- Al oeste de las islas Galápagos, la Subcorriente Ecuatorial esta presente como una sola masa con su núcleo de máximas magnitudes centrada alrededor de los 0°, con un espesor de aproximadamente 50 metros de profundidad, salinidades mayores a 35 ups y temperaturas entre los 15 y 19°C, en esta sección la Subcorriente se la observa en niveles mas superficiales (30 y 80 metros) y de manera debilitada (menor a 60 cm/s) como ha sido observada por otros investigadores como Knauss (1960) y Montgomery (1962).

- Al este de los 90°W la Subcorriente se presenta en forma de dos ramales ubicados al norte y sur del ecuador, presentándose el ramal sur mas somero que el ramal norte, en ambos casos las magnitudes no sobrepasan los 50 cm/s, cuyos flujos se van debilitando y dispersándose conforme se dirige hacia el este, donde se observan magnitudes maximas de 50 cm/s, características físicas que además coinciden con las características termohalinas de la Subcorriente Ecuatorial.

- Al este de las islas, La Subcorriente Ecuatorial se presenta en forma mas débil, con magnitudes que no sobrepasan los 30 cm/s y mas visible el ramal sur de esta corriente, así como fuera observada también por White (1966), mientras que el ramal norte esta presente en forma de dos núcleos dispersos, este debilitamiento de la

Subcorriente no descarta la posibilidad que la misma avance hacia las costas ecuatoriana, aunque sea de manera estacional como lo han evidenciado Stevenson, M. & B. Taft(1971).

- A pesar de que la información analizada en el presente trabajo corresponde a una época de transición (invierno-verano) las características oceanográficas de la Subcorriente Ecuatorial están muy bien definidas en esta área de estudio, lo cual concuerda con investigaciones efectuadas por otros investigadores (Houvenhaghel, 1981).

BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

Knauss, J.A., 1960. *Measurements of the Cromwell Current*. *Deep-Sea.Res.* 6, 265-286.

Knauss, J. A. 1966. *Further measurements and observations on the Cromwell Current*. *Journal of Marine Research*, 24: 205-239.

Lucero, M. y M.P, Cornejo, 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.

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

Lukas R. 1986. *The termination of the Equatorial Undercurrent in the Eastern Pacific*. *Prog. Oceanogra.* Vol.16, pp.69-90, 1986.

Lukas, R. and E. Firing, 1984. *The geostrophic balance of the Pacific Equatorial*

Undercurrent. Deep Sea Research, 31, 61-66.

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

Montgomery R. B. 1962. "Equatorial Undercurrent Observations in Review", *Journal of the Oceanographical Society of Japan 20th. Anniversary Volume*, 487-489.

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

Taft, Bruce, A., 1973. *Measurements of the Equatorial Undercurrent in the Eastern Pacific*

White, W.B. 1966. *The Equatorial Undercurrent, the South Equatorial Countercurrent, and their extensions in the South Pacific Ocean east of the Galápagos Islands during February-March, 1967. Texas A & M University.*

Wyrski K., 1967. *Circulation and water masses in the eastern Equatorial Pacific Ocean International Journal Oceanology and Limnology 1(2) 117-147.*

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

Figure 1 consists of three panels, (a), (b), and (c), each showing a vertical cross-section of the tropical Pacific. The y-axis for all panels is depth in meters (PROFUNDIDAD (m.)) ranging from 0 to 3500. The x-axis for all panels is latitude (LATITUD) ranging from -2.5 to 1.5. Panel (a) shows SST (°C) with a color scale from 10 to 30. Panel (b) shows the SST gradient (°C/km) with a color scale from 0 to 10. Panel (c) shows the SST gradient standard deviation (°C/km) with a color scale from 0 to 10. All panels show contour lines and a color gradient representing the respective variable.

7

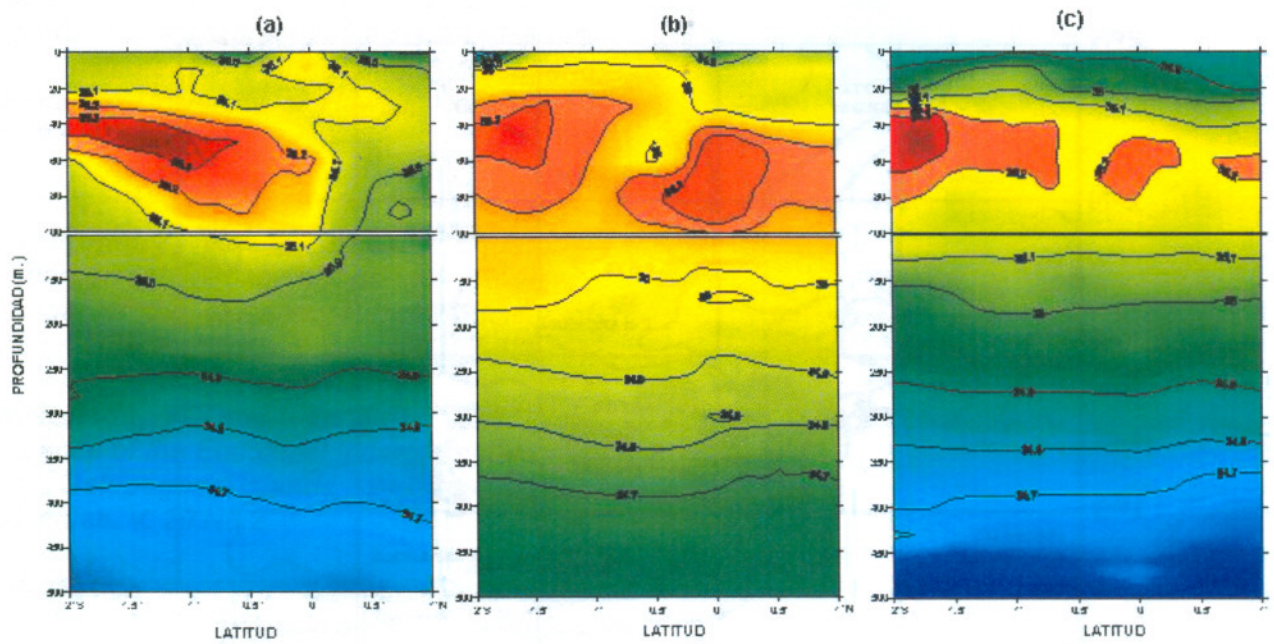


Figura 3. Perfiles de Salinidad, en los 92°W (a), 90°W (b) y 89°W (c). Mayo - junio/2002

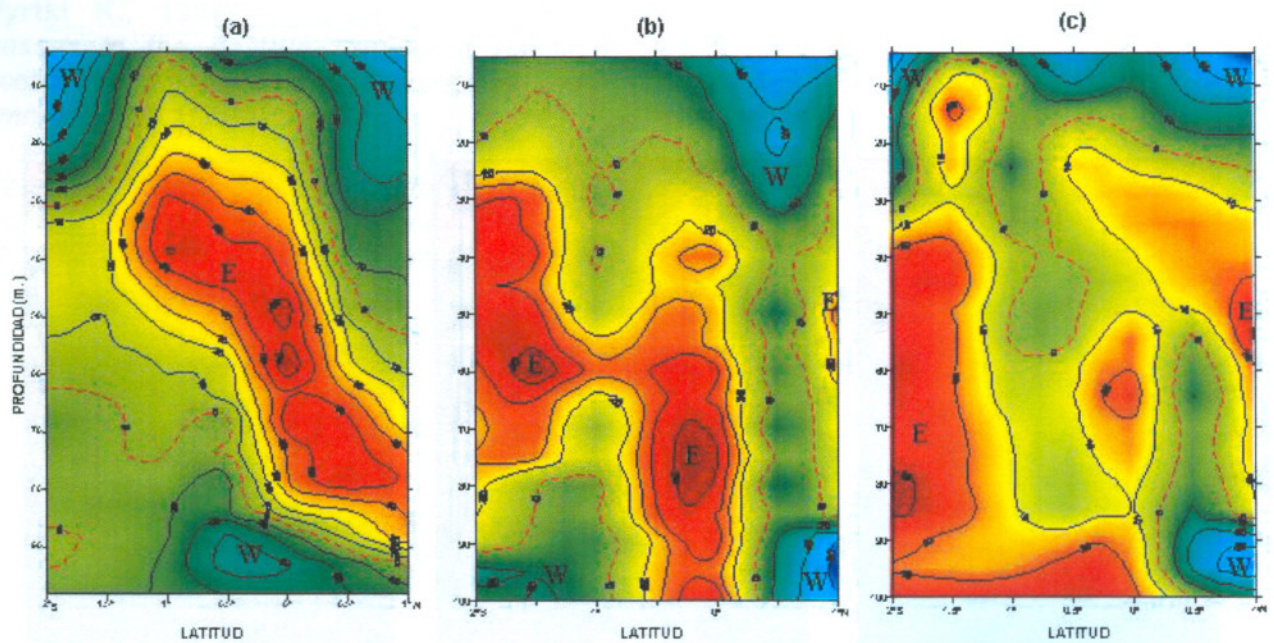


Figura 4. Perfiles de Corrientes, en los 92°W (a), 90°W (b) y 89°W (c). Mayo - junio/2002