

VARIACIÓN ESTACIONAL DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS AGUAS ECUATORIALES SUBSUPERFICIALES AL OESTE DE LAS ISLAS GALÁPAGOS EN EL ÁREA DE OCURRENCIA DE LA CORRIENTE DE CROMWELL (1988-2002)

Por:
Luis Burgos(1)
Carmen Palacios(1)

ABSTRACT

This information is based on the cruises accomplished in the Oceanographic R/V Orion western Galapagos Islands since 1988 until 2002 at the section 92°W between latitude 1°N and 4°S.

The research includes hydrochemical determinations (dissolved oxygen, nitrate, phosphate and silicate on Equatorial Subsurface Waters (ESSW). Furthermore on the basis of the thermohalines conditions (diagrams T/S), the behaviour of the water mass into the water column (until 300m) and the mean rates of the parameters during the cold events such as La Niña, warm events such as El Niño and normal periods is studied.

Averages of 2.45ml/l-dissolved oxygen, 19.93ugat/l-nitrate, 1.66ugat/l-phosphate and 17.41 ugat/l-silicate, in the AESS in La Niña event (rainy season) is located (march-may) between 75 and 250 meters were determined.

The ESSW in the normal period was located between 100 and 250 meters (in which averages of 2.14ml/l dissolved oxygen, 18.74ugat/l-nitrate, 1.46ugat/l-phosphate and 14.01ugat/l-silicate were determined). The ESSW during El Niño events was located between 150-300 meters (in which averages of 1.76ml/l-oxygen, 15.49ugat/l-nitrate, 1.90ugat/l phosphate and 14.41 ugat/l-silicate were determined).

Whereas in the dry season (august-september) between 20 and 200 meters (in which, averages of 2.46ml/l-dissolved oxygen, 20.60ugat/l-nitrate, 1.73ugat/l-phosphate and 20.79 ugat/l-silicate were determined). In normal period the ESSW was located between 75 and 250 meters (in which, averages of 1.94ml/l-dissolved oxygen, 17.98ugat/l-nitrate, 1.59ugat/l-phosphate and 17.88 ugat/l-silicate were determined). Instead El Niño was located deeper between 150 and 300m (in which averages of 1.37ml/l-dissolved oxygen, 24.68ugat/l-nitrate, 2.65ugat/l phosphate and 9.21 ugat/l-silicate were determined).

RESUMEN

Tomando como referencia la información de los cruceros realizados por INOCAR en el B/V Orión al oeste de las Islas Galápagos, desde 1988 hasta el 2002 en la sección 92°W entre las latitudes 3°N a 4°S, se llevó a cabo la caracterización hidroquímica mediante la determinación de las concentraciones del oxígeno disuelto, nitrato, fosfato y silicato de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS). Además, basándose en las condiciones termohalinas (diagramas T/S), se estudió el comportamiento (ubicación) de la misma, dentro de la columna de agua (hasta los 300m) y los valores promedio de tales parámetros durante los eventos fríos como la Niña, cálidos como el Niño y en periodos normales.

Los resultados obtenidos indican que las AESS, se ubicaron para la época húmeda (marzo - mayo) entre los 75 a 250 metros en la Niña (con promedios de 2.45ml/l-oxígeno disuelto, de 19.93ugat/l-nitrato, de 1.66ugat/l-fosfato y de 17.41ugat/l-silicato), de 100 a 250 metros en el período Normal (con promedios de

2.14ml/l-oxígeno disuelto, de 18.74ugat/l-nitrato, de 1.46ugat/l-fosfato y de 14.01ugat/l-silicato), y entre 150 a 300 metros en El Niño (con promedios de 1.76ml/l-oxígeno disuelto, de 15.49ugat/l-nitrato, de 1.90ugat/l-fosfato y de 14.41ugat/l-silicato). Mientras que para la época seca (agosto - septiembre) se la observó más superficial tanto en La Niña entre 20 a 200metros (con promedios de 2.46ml/l-oxígeno disuelto, de 20.60ugat/l-nitrato, de 1.73ugat/l-fosfato y de 20.79ugat/l-silicato) como en el periodo Normal que fue entre 75 a 250metros (con promedios de 1.94ml/l-oxígeno disuelto, de 17.98ugat/l-nitrato, de 1.59ugat/l-fosfato y de 17.88ugat/l-silicato), no así, en El Niño que se la localizó más profunda entre 150 a 300m (con promedios de 1.37ml/l-oxígeno disuelto, de 24.68ugat/l-nitrato, de 2.65ugat/l-fosfato y de 9.21ugat/l-silicato),

INTRODUCCION

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) ha mantenido permanentemente estudios oceanográficos e hidrográficos a través de numerosos cruceros que datan desde 1972 realizados a bordo del Buque B/ ORION hasta la actualidad, cubriendo todo el mar ecuatoriano incluidas las Islas Galápagos.

Este estudio se lo realizó al oeste de las Islas Galápagos (92°W), utilizando la base de datos de los diferentes cruceros oceanográficos realizados desde 1988 hasta el 2002, con el propósito de conocer las características hidroquímicas de la Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), las cuales se estima mantienen relación con el flujo y aporte de la Corriente de Cromwell que tiene su mayor incidencia en esta área y su comportamiento estacional frente a los cambios climáticos en época húmeda (Marzo - Mayo) y seca (Agosto - Septiembre).

La Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell es una característica importante de la circulación oceánica ecuatorial, formando parte del sistema de corrientes del Pacífico Oriental Ecuatorial. Sus características fueron expuestas por Hastenrath (1985) quien indica que la Corriente de Cromwell es simétrica al Ecuador, que tiene un espesor de 300 Km de ancho y 200m de espesor y una longitud cerca de 16.000Km desde Nueva Guinea hasta las costas de Sudamérica desplazándose entre las capas de los 200 - 300 metros a lo largo del Pacífico Ecuatorial con un núcleo de velocidad de 1 m/s, y que al acercarse a las Islas Galápagos, se localiza entre 50 y 200m de profundidad aproximadamente. La estructura termohalina de esta corriente presenta temperaturas entre

13-15°C y salinidades de 34.9 a 35.1%. Lucero y Cornejo (1990)

Como se describe anteriormente, se conocen sus propiedades termohalinas así como también los procesos de circulación, por lo que esta investigación enfatiza la determinación de las características químicas y la tendencia de distribución de las AESS, asociadas con la Corriente de Cromwell.

AREA DE ESTUDIO.

El área de estudio se circunscribe a la longitud 92°W entre las latitudes 1° Norte y 4° Sur, al oeste de las Islas Galápagos en el Océano Pacífico Oriental a 1000Km de las costas del Ecuador.

Las profundidades muestreadas que se tomaron en cuenta para este estudio fueron los niveles standard adoptados por INOCAR para las investigaciones oceanográficas, hasta 500 metros (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400 y 500 metros). Fig 1.

METODOLOGIA

Las muestras de agua para análisis de micronutrientes inorgánicos y oxígeno disuelto fueron obtenidas mediante una roseta multimuestreadora, con 24 botellas Niskin de 1.2 litros.

La obtención de la información de temperatura, salinidad y profundidad se realizó mediante un CTD autocontenido SEA BIRD Electronic incorporado dentro de la roseta multimuestreadora, utilizando filtros para eliminar los valores de las oscilaciones

producidas por el movimiento del buque; el análisis de oxígeno disuelto, aplicando el método de Winkler y, las muestras para análisis de nutrientes fueron previamente filtradas con filtros 0.45 micras y analizadas inmediatamente mediante un espectrofotómetro Spectronic 501 y aplicando la metodología sugerida en el Manual de procedimientos oceanográficos (Strickland y Parsons, 1972). Para el análisis de masa de agua se utilizaron diagramas T/S utilizando el programa SEASOFT del CTD y para el estudio de las variables químicas se levantaron cartas verticales. La información fue digitada y procesada mediante los programas Microsoft Excel97 y Winsurf (win32) versión 7 utilizando el método de interpolación kriging con opción lineal, anisotropía de 0.5.

FUENTE DE DATOS

Esta investigación se basa en la información obtenida en 15 cruceros realizados durante el periodo 1988 - 2002 a bordo del B/I ORION del Instituto Oceanográfico de la Armada, tanto en épocas húmedas como en épocas secas, seleccionando el área al oeste de las Islas Galápagos en la longitud 92°W entre las latitudes 1°N y 4°S.

Se agrupan los cruceros realizados en años considerados normales, años Niño y años Niña, de acuerdo a la clasificación basada en temperaturas superficiales analizadas por The National Centers for Environmental Prediction/Climate Prediction Center and at the United Kingdom Meteorological Office (fuente: <http://nic.fb4.noaa.gov>).

Cruceros realizados en época húmeda (marzo a mayo):

Cruceros realizados en épocas consideradas normales: CO-I-1991, CO-I-1994 (Marzo 1991/1994) y CO-I-2002 (Mayo 2002).

Cruceros realizados en épocas El Niño CO-I-1992 (Marzo 1992) y CO-I-1997 (Abril 2000).

Cruceros realizados en épocas La Niña: CO-I-1999 y CO-I-2000 (Mayo 1999-2000)

Cruceros realizados en época seca (Agosto a Septiembre)

Cruceros realizados en épocas consideradas normales: CO-I-1989, CO-I-1990, CO-I-1991

(Agosto 1989-1990-1991) y CO-II-1996 (Septiembre 1996).

Cruceros realizados en épocas consideradas El Niño: CO-II-1997 (Agosto 1997).

Cruceros realizados en épocas consideradas La Niña: CO-I-1988, CO-II-1999 y CO-II-2000 (Agosto 1988- 1999- 2000).

RESULTADOS

DISTRIBUCIÓN VERTICAL EN LA SECCIÓN 92°W

Sobre la base de los diagramas T/S y lo descrito por OKUDA et al (1983) quien describe las masas de agua con las siguientes características: Aguas tropicales Superficiales (ATS), con temperaturas por encima de 25°C y salinidad por debajo de 33.8UPS. Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES); con temperaturas de 25 a 19°C y salinidad de 33.8 a 35.1UPS. Aguas Costeras Peruanas (ACP), con temperaturas de 19 a 15°C y salinidad 35.1 a 34.8UPS. Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), con temperaturas de 15 a 13°C y salinidad de 35.1 a 34.9UPS. Aguas Ecuatoriales Profundas (AEP), con temperaturas de 13 a 7°C y salinidad de 34.9 a 34.6UPS, se determinó las diferentes masas de aguas que predominan en esta área.

Así tenemos que, como es usual para el episodio La Niña y correspondiente a época húmeda (mayo), las AES se localizaron en los primeros 40 metros tanto al norte como al sur de la sección, con un afloramiento muy marcado frente a las Islas Galápagos, específicamente al oeste de la Isla Isabela (latitudes entre 1°S a 0°); por debajo de esta masa, las aguas se presentaron bien estratificadas, predominando las ACP hasta los 100 metros. Observándose luego las AESS hasta los 250 metros aproximadamente. A partir de esta profundidad se presentaron las AEP. La isoterma de 15°C considerada como la base de la termoclina se registró a los 80 metros en el sur, profundizándose ligeramente hacia el norte hasta los 100 metros, Fig. 2A.

En época seca (agosto) las condiciones son aún mas frías característico de estos

períodos, en superficie se observó una pequeña masa de AES en el extremo norte de la sección en los primeros 20 metros, mientras que hasta los 80 metros aproximadamente se observó las ACP, a partir de éstas, predominan las AESS hasta los 200 metros, y con una buena estratificación las AEP hasta la máxima profundidad muestreada (500 metros). La isoterma de 15°C, forma núcleos puntuales entre las latitudes 1°S y 0°, siendo característico de afloramientos producidos por la Corriente de Cromwell. Fig.3A.

En períodos Normales y en época húmeda (marzo-mayo), se observó en forma puntual una pequeña masa de ATS en el extremo sur (3°S) entre los primeros 20 metros, mientras que en época seca (agosto-septiembre) no se la registró. En la época húmeda se observó las AES hasta 50 metros, ACP hasta los 100 metros, AESS hasta los 250 metros y a partir de esta las AEP, mientras que en época seca las AES se encontraron más superficiales sobre los 30 metros y las ACP hasta los 100 metros, las AESS hasta los 250 metros y a partir de estas las AEP. La isoterma de 15°C se mantuvo aproximadamente a los 100 metros de profundidad en ambas épocas. Figs.2B y 3B.

En el episodio El Niño las condiciones térmicas son altas tanto en el ámbito superficial como subsuperficial, presentando una distribución similar en las dos épocas del año. Así tenemos que en el área del extremo sur como la del norte de la sección, se observó las ATS aproximadamente hasta los 30 metros, con un máximo valor promedio de 28.2°C (abril/97) y de 26.8°C (agosto/97). Las AES se localizaron hasta los 80 y 85 metros aproximadamente y las ACP hasta los 150 metros, a partir de los cuales se evidencian las AESS hasta los 300 metros aproximadamente. Cabe recalcar que la isoterma de 15°C, se localizó alrededor de los 150 metros, más profunda que los períodos antes mencionados cuando se ubicó entre los 80 a 100 metros, observándose claramente que las masas de aguas cálidas desplazan a las frías hacia el fondo. Figs.2C y 3C.

Los promedios de salinidad tanto en la época húmeda como seca (Figs.4 y 5), concuerdan

con lo determinado por Okuda (1983). En el episodio La Niña se presentan concentraciones mayores de 34.9UPS en las dos épocas sobre los 100 metros de profundidad, concentraciones típicas de las masas de agua que predominan en esta capa, siendo más bajas las concentraciones a mayor profundidad. Se aprecia entre los 30 a 80 metros de profundidad, un núcleo de aguas con concentraciones más altas que oscilan entre los 35.1 a 35.4UPS, al norte (época húmeda) y al sur (época seca), lo que probablemente indica la presencia del núcleo de la corriente Cromwell. Figs.4A y 5A.

En período Normal para las dos épocas (Húmeda y Seca) en los primeros 100 metros se aprecia la salinidad más baja en las áreas donde se encuentran las aguas más cálidas, siendo evidente el núcleo de salinidad más alto donde se presentaron aguas frías que emergen hacia la superficie. Figs.4B y 5B.

En forma similar a la temperatura, El Niño afecta mayormente a la salinidad ya que se presenta en las ATS con los menores valores promedio sobre todo en época húmeda, bajando su intensidad en época seca, hecho que probablemente esté relacionado con el alto índice de pluviosidad que se presenta en este período. Para Agosto (época seca) se aprecia el núcleo de salinidad con valores altos entre los 50 a 100 metros siendo más intenso en el área norte de la sección. En las masas de aguas más profundas con condiciones térmicas más frías las salinidades se presentan congruentes a ellas. Figs.4C y 5C.

Oxígeno disuelto

En esta área (sección 92°W) se aprecia las concentraciones bajas en el ámbito superficial entre las latitudes 1°S a 0°, condiciones que son típicas de este sector debido a los afloramientos muy relacionados con la Corriente fría de Cromwell (Figs.6 y 7).

En el período La Niña se presentan las mayores concentraciones de este parámetro en ambos extremos de la sección, fluctuando entre 4 a 5ml/l en los primeros 50 metros de profundidad, no así, en el área central, frente a la Isla Isabela (1°S a 0°) donde las

concentraciones fluctúan entre los 3 a 4.5ml/l para las dos épocas del año reflejando tendencia de afloramiento. Se observó también que la base de la oxiclina conformada por la isolínea de 2.5ml/l se localizó entre los 75 y 90 metros de profundidad tanto en la época húmeda como en la seca respectivamente Figs.6A y 7A.

En periodos que se consideran normales y en la superficie las condiciones de oxigenación en los primeros 50 metros se recuperan levemente, manteniéndose la tendencia de afloramiento. La isolínea de 2.5ml/l se localizó más superficial (sobre los 80 metros) en época húmeda y entre los 50 a 60 metros en época seca con una distribución de sur a norte, a partir de las cuales las concentraciones bajan siendo característico de aguas profundas. Figs.6B y 7B.

Con respecto al periodo El Niño, las concentraciones promedio de oxígeno disuelto dentro de la masa ATS, fueron las mayores (entre 4.9 a 5.1ml/l), y a diferencia de los periodos normales y La Niña, la isolínea de 2.5ml/l se ubicó aproximadamente entre los 100 y 150 metros en época húmeda (marzo-abril) mientras que en época seca (agosto) se localizó alrededor de los 90 metros. Figs.6C y 7C.

Nitrato

Las concentraciones promedio de Nitrato en periodo La Niña se presentaron mas altas que en los periodos considerados Normales y Niño, características de aguas frías y de alta productividad primaria. En los primeros 100 metros, las concentraciones fluctuaron entre los 6 a 18ugatl durante las dos épocas del año (húmeda y seca), ubicándose los máximos entre las latitudes 1°S y 0°, mientras que en aguas más profundas se registran concentraciones hasta de 35ugatl. Figs.8A y 9A.

En periodo Normal y para ambas épocas se evidencia aguas con concentraciones que varían entre 4 y 12ugatl sobre los 70 metros aproximadamente, a partir de esta profundidad su distribución fue similar al periodo La Niña, alcanzando máximos hasta de 30ugatl de nitrato. Figs.8B y 9B.

En el periodo El Niño (época húmeda), los valores de este nutriente son bajos, teniendo sobre los 40 metros concentraciones menores a 2ugatl y además se evidencia la deficiencia de este ión desde los 40 metros hasta los 100 metros (entre 2 a 8ugatl), a partir de la cual se recupera ligeramente con un máximo de 24ugatl a los 500metros; En tanto que, en la época seca se registró concentraciones entre 4 a 18ugatl sobre los 100 metros, a partir de lo cual se observó una buena estratificación en su distribución, recuperándose este parámetro en aguas profundas con un máximo de 32ugatl a los 500 metros. Figs.8C y 9C.

Fosfato

Los promedios de fosfato en cuanto su distribución, presentaron un comportamiento similar al nitrato en las dos épocas del año (Figs. 10 y 11). Con relación al periodo La Niña (época húmeda) se obtuvo concentraciones altas (0.6 a 1.6ugatl) en los primeros 100 metros de profundidad, así como también en época seca donde se registró concentraciones que fluctuaron entre 0.8 a 1.8ugatl en ese mismo rango de profundidad, a partir de la cual en ambas épocas, se distribuyeron homogéneamente alcanzando máximos de 3ugatl. Figs.10A y 11A.

En el periodo Normal, las concentraciones fueron relativamente más bajas que en el periodo La Niña. Para la época húmeda las concentraciones fluctuaron entre los 0.2 a 1ugatl en los primeros 100 metros, por debajo de esta profundidad hasta los 225 metros, se presenta una capa homogénea para luego registrarse valores máximos de 1.6ugatl a 500 metros.

En la época seca se presentó un incremento de este parámetro, con valores entre 0.6 a 1.4ugatl en los primeros 100 metros y con valores máximos de 2.2ugatl en los 500 metros. Figs.10B y 11B.

En periodo El Niño (época húmeda) a nivel superficial y sobre los 100 metros, las concentraciones de este ion son más altas que las del periodo considerado normal, ya que, las concentraciones se presentaron con

valores entre 0.6ugat/l y 1.4ugat/l y del orden de 1.6 a 2.8ugat/l en aguas más profundas (hasta 500m). Para la época seca (agosto) las concentraciones fueron relativamente más altas con valores entre 1.2ugat/l y 2.0ugat/l en los primeros 100 metros y con fluctuaciones entre 2.4 a 3.2ugat/l hasta los 500 metros. Figs.10C y 11C.

Silicato

Los valores promedio de Silicato en esta sección durante el período La Niña, se presentan en las figuras 12 y 13, en las cuales en forma general se aprecia las mayores concentraciones en comparación con los demás periodos que alcanzan valores del orden de 45ugat/l a los 500 metros de profundidad. En los primeros 100 metros fluctuaron entre los 5 a 15ugat/l y 5 a 20ugat/l en época húmeda y seca respectivamente. Dentro de los 100 a 500 metros los valores de la concentración de este ion se mantuvieron entre 20 y 40ugat/l, notándose un ligero incremento en la época seca. Figs.12A y 13A.

En el período Normal, para la época húmeda (marzo-mayo) se registraron concentraciones entre 2.5 a 5ugat/l en los primeros 100 metros, notándose en el área sur concentraciones bajas que se reflejan en la localización de la isolinia de 10ugat/l al profundizarse de norte a sur entre los 200 a 380 metros. A esta misma profundidad, el área norte presenta un máximo de 30ugat/l.

En la época seca las concentraciones son más altas y ligeramente estratificadas, teniendo un rango entre 5 a 15ugat/l por encima de los 100 metros y alcanzando un máximo de 35ugat/l a los 500 metros de profundidad. Figs.12B y 13B.

En el período El Niño, se aprecia un ligero agotamiento de este ion, observándose concentraciones menores a 5ugat/l sobre los 200 metros en época húmeda y sobre los 100 metros en la época seca. Se apreció también, una concentración máxima de 30ugat/l para ambas épocas a los 500m. Figs.12C y 13C.

CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS AGUAS ECUATORIALES

SUBSUPERFICIALES.

Las características termohalinas de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales podrían estar asociada con la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell que según Lucero y Cornejo (1990) presentan temperaturas de 13 a 15°C y salinidad entre 34.9 a 35.1%. De acuerdo a este criterio se determinó que la AEES y por lo tanto la Corriente de Cromwell, se presentó a diferentes profundidades dependiendo de la estación del año, así tenemos que, en la época húmeda (marzo a mayo) se localizó entre los 75 a 250 metros en período La Niña; de 100 a 250 metros en periodos normales y profundizándose entre 150 a 300 metros en período El Niño. Mientras que para la época seca (agosto-septiembre) se observó estas características mucho más superficiales tanto en La Niña (entre 20 a 200m) como en el periodo Normal (entre 75 a 250m) no así, en El Niño que se la localizó mas profunda (entre 150 a 300m), evidenciándose que los periodos Niña, tanto en la época seca como húmeda presentan características de aguas afloradas.

En época húmeda, para el período Normal las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron un promedio de 2.14ml/l con un máximo de 2.80ml/l y un mínimo de 0.82ml/l, mientras que para el período La Niña se incrementa con un promedio de 2.45ml/l, un máximo de 3.41ml/l y 1.60ml/l como mínimo y para el período El Niño se aprecian aguas menos oxigenadas con un promedio de 1.76ml/l, con un máximo de 2.63ml/l y un mínimo de 0.52ml/l. Los micronutrientes inorgánicos para el período Normal presentaron promedios de 18,74, 1,46 y 14,01ugat/l de nitrato, fosfato y silicato respectivamente, que comparados con los periodos No-Normales, son relativamente bajas en comparación con los registrados en período La Niña (19.93, 1.66 Y 17.41ugat/l Nitrato, fosfato y Silicato respectivamente), y que en período El Niño donde a excepción del nitrato que se encuentra relativamente bajo (15.49ugat/l), el fosfato y el silicato se mantienen ligeramente más altos (1.90 y 14.51ugat/l), debido a que la masa de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales, característica de Cromwell, se presenta más profunda (150 a 300 metros). Tabla1

En época seca, el oxígeno disuelto en período Normal presentó un promedio de 1.94ml/l, máximo de 2.92ml/l y un mínimo de 0.70ml/l, siendo estos menores que los registrados en el período La Niña (2.46, 3.6 y 0.78ml/l promedio, máximo y mínimo respectivamente) y relativamente más altos en períodos El Niño (1.37, 2.19, 0.46ml/l promedio, máximo y mínimo respectivamente). En cuanto a los micronutrientes el período Normal registra concentraciones promedio de 17.98, 1.59 y 17.88ugat/l de Nitrato, Fosfato y Silicato respectivamente mientras que en períodos La Niña se presentan concentraciones relativamente más altas (20.60, 1.73, 20.79ugat/l Nitrato, Fosfato y Silicato respectivamente), siendo en el período El Niño cuando se encuentran los nutrientes relativamente más altos (24.68 y 2.65ugat/l nitrato y fosfato respectivamente) a excepción del silicato que se presentó más bajo (9.21ugat/l). Tabla2

Si comparamos las concentraciones promedio de las dos épocas (húmeda y seca), se observa que las concentraciones de oxígeno disuelto se registraron con un comportamiento similar, siendo relativamente más altas en períodos fríos (La Niña), y ligeramente más bajos en períodos cálidos (El Niño) en relación con los períodos normales. Los micronutrientes en época húmeda para períodos La Niña son relativamente más altos que en períodos Normal y El Niño; Mientras que en época seca, se conserva este comportamiento a excepción del nitrato y el fosfato que en período Niño presentaron concentraciones promedio más altas. Fig.14.

DISCUSION DE RESULTADOS

Las masas de aguas encontradas en el presente trabajo al oeste de las Islas Galápagos en la sección 92°W, son las que fueron ya registradas por OKUDA et al (1983) tomando en consideración la descripción de las masas de agua en el Pacífico Oriental descritas por Wyrki,(1967), Zuta y Guillen en Perú, (1970) y Enfield (1976),

Las ATS, predominaron en el ámbito superficial en el periodo del evento El Niño

con temperaturas superiores a 28°C en ambas épocas (húmeda y seca), mientras que en el periodo considerado Normal y La Niña la masa de agua que predominó fue las AES con temperaturas que oscilan entre los 25 a 19°C.

Trejos de Suescum y Valencia (1986) encontraron que la mayor aportación de nutrientes en esta área de afloramiento se presenta en la estación seca (Fosfato 1.3ugat/l, Nitrato 10ugat/l y Silicato 40ugat/l) y en menos intensidad en la estación húmeda (Fosfato 1.0ugat/l, Nitrato 10ugat/l y Silicato 25ugat/l) para los años 1985 y 1986 respectivamente, considerados por la National Center for Environmental Prediction/Climate Prediction Center and at the United Kingdom Meteorological como niños de intensidad débil a moderado. En este estudio también se corrobora que las mayores aportaciones de nutrientes como producto de los afloramientos de gran intensidad se registraron en la época seca (Fosfato 1.ugat/l, Nitrato 10ugat/l y Silicato 10ugat/l), delimitado por la isoterma de 15°C y de menor intensidad en época húmeda (Fosfato 0.6ugat/l, Nitrato 8.0ugat/l y Silicato 5.0ugat/l) delimitado por la isoterma de 17°C en años considerados como de episodios fríos (La Niña). Mientras que para los episodios cálidos (El Niño), la aportación de nutrientes debido a los afloramientos se mantiene, siguiendo el mismo patrón que en La Niña, pero con menor intensidad y limitado para la época seca (Fosfato 1.2ugat/l, Nitrato 4.0ugat/l y Silicato 2.0ugat/l) por la isoterma de 22°C y para la época húmeda (Fosfato 0.6ugat/l, Nitrato 2.0ugat/l y Silicato 2.5ugat/l) por la isoterma de 24°C en tanto que en el episodio Normal se limitó a las isotermas de 18°C para la época seca (Fosfato 0.6ugat/l, Nitrato 8.0ugat/l y Silicato 5.0ugat/l) y 20 para la época húmeda.(Fosfato 0.8ugat/l, Nitrato 4.0ugat/l y Silicato 2.5ugat/l) Figs. 8,9,10,11,12 y 13

Trejos de Suescum y Valencia (1986), con relación al oxígeno disuelto, registraron en el ámbito superficial (0m.) valores superiores a 5.0ml/l, tanto para la época seca (septiembre/85) como para la época húmeda (febrero/86). Mientras que en este estudio se presentaron inferiores a 5.0ml/l en ambos

episodios y para ambas épocas. En el ámbito subsuperficial por debajo de los 40 metros de profundidad, en el punto o núcleo del afloramiento donde existe la mayor aportación de aguas subsuperficiales con alto contenido de nutrientes (1°S a 0°), se observó el efecto de los eventos fríos como La Niña, cuando las menores concentraciones se encontraron limitadas por las isoclinas de 3.0ml/l para la época seca y de 4.0ml/l para la época húmeda, y por debajo de los 60 metros para el evento cálido de El Niño, limitadas por las isoclinas de 3.5ml/l en la época seca y de 4.0ml/l en la época húmeda. En tanto que, en el período Normal y por debajo de los 30 metros para ambas épocas este parámetro se encontró limitado por las isoclinas de 3.5ml/l y 4.0ml/l . Figs. 8,9,10,11,12 y 13

La masa de agua con características de AESS (Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales) objeto de este estudio, estuvo presente en los tres períodos (El Niño, La Niña y Normal) a diferentes profundidades, con una máxima de 300 metros en el período El Niño tanto en época húmeda como seca como consecuencia del desplazamiento de una capa cálida superficial del Pacífico Ecuatorial Oriental, y una profundidad mínima de 20 metros en el período La Niña en época húmeda, manteniendo un período estacional promedio entre 75 y 250 metros similar al registrado por Lucero y Cornejo (1990) para período normal (50 a 250 metros), por Okuda et al (1983) entre 20 y 300 metros y por Pineda (1997), este último, resalta esta variación en la zona sur del Pacífico Colombiano, en los perfiles de Tumaco, Isla Gorgona y Buenaventura, indicando que en período El Niño, época seca (Agosto 1997) ésta se presenta más profunda entre los 125 a 300 metros y en período La Niña, época seca (Junio 1996) menos profunda entre 75 a 200 metros.

Esta masa de agua (AESS), que emigra hacia la superficie, presentó para septiembre de 1985 (Trejos de Suescum y Valencia - 1986) concentraciones de las sales nutrientes de 1.5ugat/l para el fosfato, de 10 a 15ugat/l para el nitrato y de 40ugat/l para silicato, así como para febrero de 1986 que fueron muy similares. Okuda, et al (1983) registró concentraciones de 1.6ugat/l para el fosfato,

de 21.7ugat/l para el nitrato y de 1.65ml/l para el oxígeno disuelto. Lukas (1986) encontró valores de 2.3ml/l de oxígeno disuelto para este tipo de agua en los 98°W y de 1.8ml/l en los 82°W . Bruce, et al (1970) registró también valores mayores a 2.0ml/l a 200m entre 1°S y 0° en los 115.5°W y 93.5°W lo que se considera una de las características de la corriente Cromwell por debajo de la termoclina y del termoclin. De igual forma, Knauss (1960) detectó valores de oxígeno disuelto similares a los de Lukas y Bruce ($>2.0\text{ml/l}$) también registrando valores de 1.6ugat/l para fosfato a los 110°W en las mismas latitudes.

En el presente trabajo para los episodios fríos como La Niña, las concentraciones promedio fueron del orden de 1.73ugat/l para el fosfato, de 20.6ugat/l para el nitrato, de 20.79ugat/l para silicato y de 2.46ml/l para el oxígeno disuelto en la época seca; de 1.66ugat/l para el fosfato, de 19.93ugat/l para el nitrato, de 17.41ugat/l para silicato y de 2.45ml/l para el oxígeno disuelto en época húmeda. En los episodios cálidos como El Niño, las concentraciones promedio fueron de 2.65ugat/l para el fosfato, de 24.68ugat/l para el nitrato, de 9.21ugat/l para silicato y de 1.37ml/l para el oxígeno disuelto en la época seca; de 1.90ugat/l para el fosfato, de 15.49ugat/l para el nitrato, de 14.41ugat/l para silicato y de 1.76ml/l para el oxígeno disuelto en época húmeda, también, se registraron concentraciones promedio de estos parámetros en los años considerados normales, de 1.59ugat/l para el fosfato, de 17.98ugat/l para el nitrato, de 17.88ugat/l para silicato y de 1.94ml/l para el oxígeno disuelto en la época seca; de 1.46ugat/l para el fosfato, de 18.74ugat/l para el nitrato, de 14.01ugat/l para silicato y de 2.14ml/l para el oxígeno disuelto en época húmeda. Siendo los resultados muy similares a los observados por los autores antes mencionados.

CONCLUSIONES

La masa de agua AESS objeto de este estudio, estuvo presente en los tres períodos (El Niño, La Niña y Normal) a diferentes profundidades, con una máxima de 300 metros en el período El Niño tanto en época

húmeda como seca y una profundidad mínima de 20 metros en el período La Niña en época húmeda, manteniendo un periodo estacional promedio entre 75 y 250 metros,

Si comparamos las concentraciones promedio de las dos épocas (húmeda y seca), se observa que el oxígeno disuelto se registra con un comportamiento similar, siendo más altos los valores en periodos fríos (La Niña), y más bajos en periodos cálidos (El Niño) en relación con los periodos Normales.

Los micronutrientes en época húmeda para periodos La Niña son relativamente más altos que en periodos Normal y El Niño; mientras que en época seca, se conserva este comportamiento a excepción del nitrato y el fosfato que en período El Niño presentan concentraciones promedio más altas

Los afloramientos que se suscitan al oeste de las Islas Galápagos, característica cuasi permanente de esta área, se presentaron en todos los periodos (La Niña, El Niño y Normal), siendo de mayor intensidad en periodos fríos (La Niña) para la época seca (Verano); pudiéndose inferir que estas variaciones son ocasionadas por acción de la Corriente de Cromwell.

AGRADECIMIENTO.

Los autores expresan su agradecimiento al señor Director y al Jefe del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada por el apoyo brindado a este trabajo. Al Biol. E. Zambrano por las valiosas sugerencias y al Dr. M. Valencia por las correcciones de este artículo y por la traducción al inglés del resumen.

BIBLIOGRAFIA

Knauss, J.A (1960). *Measurements of the Cromwell Current. Contributions from the Scripps Institution of Oceanography. New series V30, pp. 403-424*

Okuda, T., M. Valencia. y R. Trejos de Suéscum, (1983). *Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área*

frente al Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. V2 (1), pp 31 - 51.

Okuda, T., R. Trejos de Suéscum., M. Valencia. y A. Rodríguez (1983). *Variación Estacional de la Posición del Frente Ecuatorial y su Efecto sobre la Fertilidad de las Aguas Superficiales Ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. V2,(1,) pp 53-84*

Trejos de Suéscum, R. y M. Valencia.(1986). *Variación Hidroquímica de la Zona de Enfriamiento alrededor de las Galapagos. Acta Oceanográfica del Pacífico V3(1) pp25-36*

Rodríguez de Morán, A. (1990). *Características Químicas de las aguas marinas ecuatorianas durante 1988. Acta Oceanográfica del Pacífico. V6(1) pp: 41 - 57.*

Valencia, M y A. Rodríguez de Moran. (1996). *Características Químicas de las masas de aguas costeras Ecuatorianas en Estaciones Fijas: Península de Santa Elena y Puerto de Manta-Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico V8(1) pp29-38*

Chiriguaya, J. y L. Burgos. (1990). *Variaciones Verticales y su Relación con algunos Parámetros físico-químicos en una estación fija en el área externa del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico V6(1) pp32-40*

Rodríguez de Moran, A. (1987). *Algunos Aspectos de la Oceanografía Química de las Aguas Ecuatorianas durante Diciembre de 1986. Acta Oceanográfica del Pacífico V4(1) pp 45-57*

Strickland. J and T. Parsons (1972). *A Practical Handbook of seawater analysis. Bull. Fisheries Res. Board Can. pp49-80*

Lukas.R (1986). *The termination of the Ecuatorial Undercurrent in the Eastern Pacific. Progress in Oceanography V16. pp 63-90.*

Zambrano, E. (1996) *El Niño. Acta Oceanográfica del Pacífico V8 (1) pp109-114*

Zambrano, E.(1980). *Distribución de la*

Temperatura Superficial en el Pacífico Ecuatoriano (1974-1976) Acta Oceanográfica del Pacífico V1(1) pp1-9

Lucero, M. y M. Cornejo. (1990). Evidencia de la Corriente de Cromwell entre 92°W y 84°W Observando a períodos normales y durante El Niño. Acta Oceanográfica del Pacífico V6(1) pp18-27

Lucero, M. (2000). Distribución de las Corrientes Alrededor de las Islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico V10. pp21-27

Espinoza, J.(1996) El Niño y sus Implicaciones sobre el Medio Ambiente. Acta Oceanográfica del Pacífico V8(1) pp115-134

Wyrki, K (1982). El Niño – La Reacción Dinámica del Océano Pacífico Ecuatorial al Forzamiento Atmosférico. Compendio de Ciencias en Galápagos publicación de la Estación Científica Charles Darwin, pp41 - 55

Pineda, Alex (1997). La corriente de Cromwell durante el fenómeno La Niña de 1996 y el fenómeno El Niño de 1997, sobre la cuenca del Pacífico Colombiano. Boletín Científico No. 6, pp.109 –122.

INOCAR. Atlas Oceanográfico 2000. Sección Química. Distribución de nutrientes en el Mar Ecuatoriano 1988 – 1999.

INOCAR. Informes Técnicos Científicos de los diferentes cruceros oceanográficos realizados en el B/I Orión. 1988 hasta 2002.

NOAA. Internet <http://www.cdc.noaa.gov/%7Ekew/MEI.html> Multivariate ENSO Index (MEI)

NOAA. Internet http://Nic.fb4.noaa.gov:80/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.html

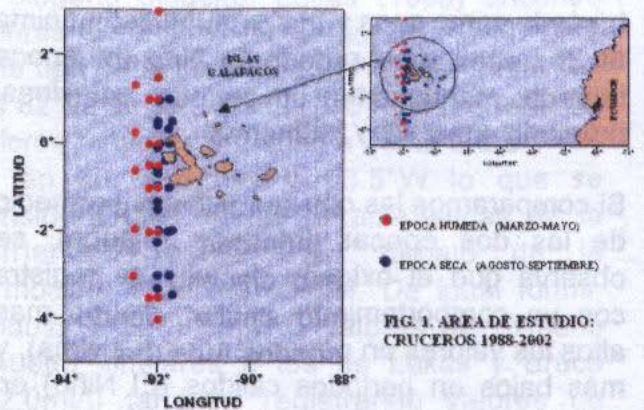


FIG. 1. AREA DE ESTUDIO: CRUCEROS 1988 - 2002

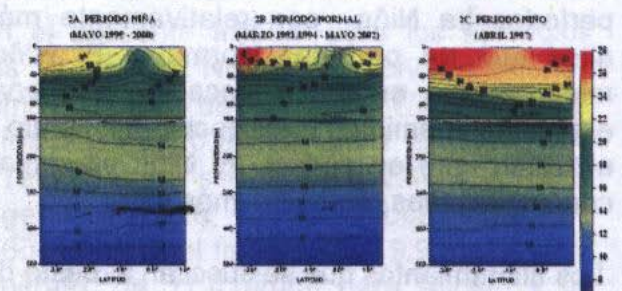


FIG.2. PROMEDIOS DE TEMPERATURA (°C) EPOCA HUMEDA- SECCION 92°W

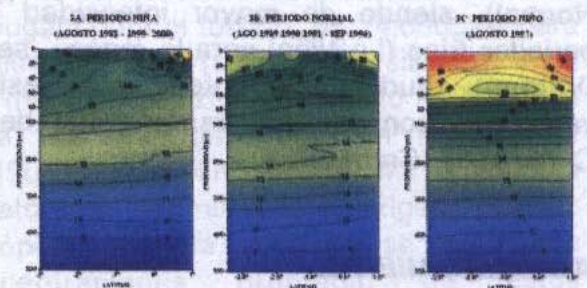


FIG 3. PROMEDIOS DE TEMPERATURA (°C) EPOCA SECA - SECCION 92°W

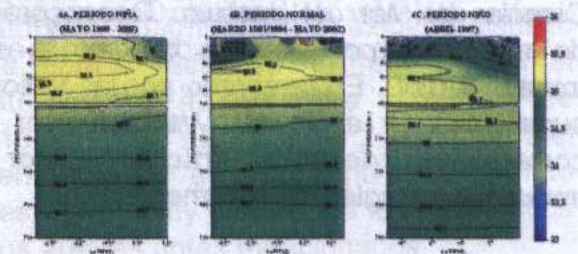


FIG 4. PROMEDIOS DE SALINIDAD (UPS) EPOCA HUMEDA - SECCION 92°W

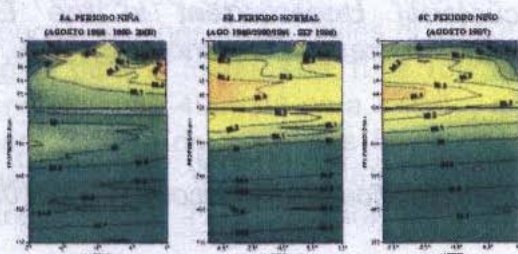


FIG 5. PROMEDIOS DE SALINIDAD (UPS) EPOCA SECA - SECCION 92°W

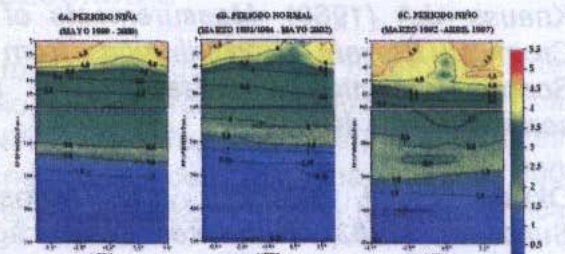


FIG.6. PROMEDIOS DE OXIGENO DISUELTO (ml/l) EPOCA HUMEDA - SECCION 92°W

CONDICIONES FÍSICO QUÍMICAS EN EL ENTORNO DE LA ISLA DE LA PLATA (AGOSTO 1997)

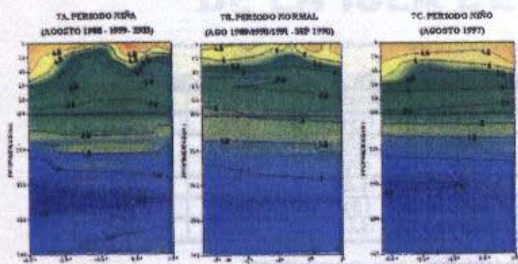


FIG. 7. PROMEDIOS DE OXIGENO DISUELTUO (ml/l) EPOCA SECA - SECCION 92°W

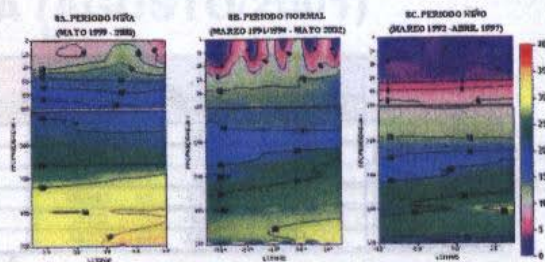


FIG 8. PROMEDIOS DE NITRATO (ugat/l) EPOCA HUMEDA - SECCION 92°W

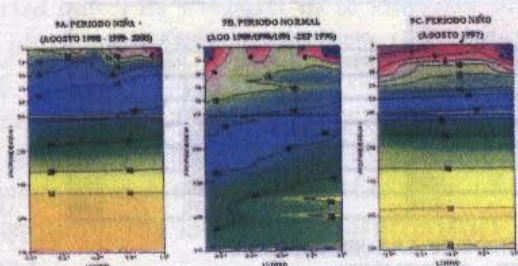


FIG 9. PROMEDIOS DE NITRATO (ugat/l) EPOCA SECA - SECCION 92°W

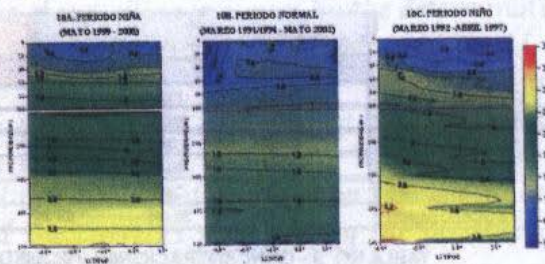


FIG. 10. PROMEDIOS DE FOSFATO (ugat/l) EPOCA HUMEDA - SECCION 92°W

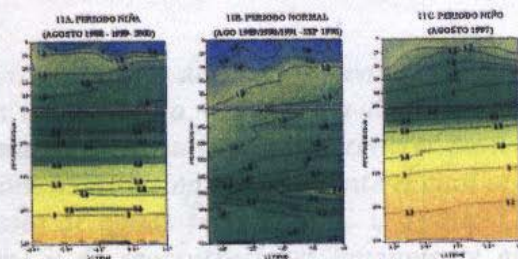


FIG. 11. PROMEDIOS DE FOSFATO (ugat/l) EPOCA SECA - SECCION 92°W

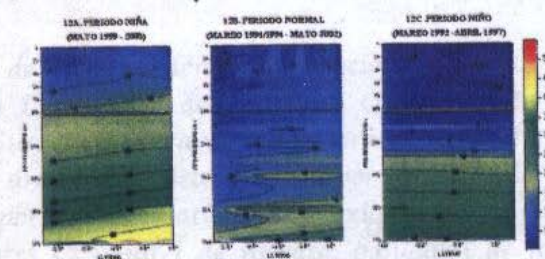


FIG. 12. PROMEDIOS DE SILICATO (ugat/l) EPOCA HUMEDA - SECCION 92°W

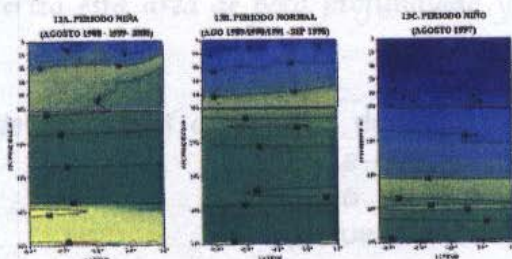


FIG. 13. PROMEDIOS DE SILICATO (ugat/l) EPOCA SECA - SECCION 92°W

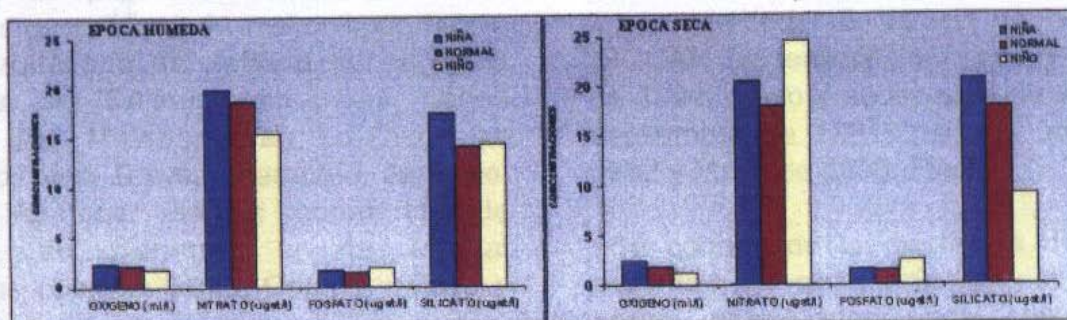


FIG. 14. PROMEDIOS DE PARÁMETROS QUÍMICOS DE LA SUBCORRIENTE ECUATORIAL SECCION 92°W AL OESTE DE GALAPAGOS.

	NINA PROFUNDIDAD ENTRE 75 A 250 m			NORMAL PROFUNDIDAD ENTRE 100 A 250 m			NINO PROFUNDIDAD ENTRE 150 A 300 m		
	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO
TEMPER (°C)	14.14	15.03	13.17	14.01	15.06	13.12	13.95	14.90	13.00
SALINIDAD (UPS)	35.02	35.25	34.91	34.99	35.25	34.84	35.00	35.11	34.94
OXIGENO (ml/l)	2.45	3.41	1.60	2.14	2.80	0.82	1.76	2.63	0.52
NITRATO (ugatl)	19.93	27.31	14.39	18.74	25.94	10.68	15.49	21.72	3.01
FOSFATO (ugatl)	1.66	3.38	0.19	1.46	2.02	0.90	1.90	3.03	1.22
SILICATO (ugatl)	17.41	30.32	7.24	14.01	24.56	2.79	14.41	26.22	2.89

TABLA NO. 1.- CONCENTRACIONES PROMEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LA SUCORRIENTE ECUATORIAL EN DIFERENTES PERIODOS - ÉPOCA HÚMEDA (MARZO - MAYO)

	NINA PROFUNDIDADES ENTRE 20 A 200 m			NORMAL PROFUNDIDAD ENTRE 75 A 250 m			NINO PROFUNDIDAD ENTRE 150 A 300 m		
	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO
TEMPER (°C)	14.04	15.07	13.09	13.86	14.99	13.00	13.96	15.04	13.04
SALINIDAD (UPS)	35.07	35.30	34.90	35.00	35.19	34.89	35.00	35.22	34.90
OXIGENO (ml/l)	2.46	3.60	0.76	1.94	2.92	0.70	1.37	2.19	0.46
NITRATO (ugatl)	20.60	28.45	12.00	17.98	26.00	3.82	24.68	26.57	21.60
FOSFATO (ugatl)	1.73	2.66	1.05	1.59	2.78	0.65	2.65	3.05	2.51
SILICATO (ugatl)	20.79	35.44	12.18	17.88	32.82	6.79	9.21	16.40	2.95

TABLA NO. 2.- CONCENTRACIONES PROMEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LA SUBCORRIENTE ECUATORIAL EN DIFERENTES PERIODOS - ÉPOCA SECA (AGOSTO - SEPTIEMBRE)