

CARACTERIZACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN LOS SITIOS DE VISITA TURÍSTICA DE LA RESERVA MARINA DE GALÁPAGOS.

Víctor Jara¹
Jamilton Ortega¹
Marcos Álvarez¹
Willington Rentería¹

RESUMEN

El presente estudio consiste en un análisis descriptivo de los parámetros físicos (temperatura-salinidad) y corrientes superficiales y sub-superficiales, obtenidos en los sitios de visita turística de la Reserva Marina de Galápagos (RMG), los cuales describen las condiciones oceanográficas de dichos lugares. Estos datos han sido procesados con el propósito de establecer una caracterización de la temperatura superficial del mar en estos sitios, y sus variaciones a lo largo del 2011. Esta caracterización será soportada con el uso de los datos del Análisis Operacional de Temperatura Superficial del Mar y de Hielo Marino (UKMO-L4HRfnd-GLOB-OSTIA) a fin de conseguir una continuidad en la serie de tiempo anual.

ABSTRACT

This study is a descriptive analysis of physical parameters (temperature-salinity) and surface and subsurface currents, whose were obtained at the touristic sites of the Galapagos Marine Reserve (GMR), those data describe the oceanographic conditions on these places. The purpose of the data process is settle a characterization of sea surface temperature of these places and their variation through 2011. This characterization is constructed with the use of Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (UKMO-L4HRfnd-GLOB-OSTIA) in order to get the continuity in the annual time serie.

¹ Estación de Investigaciones Marinas y de Ayudas a la Navegación de Galápagos - EÍMAGA

INTRODUCCIÓN

Las Islas Galápagos constituyen un archipiélago de origen volcánico, que ha sido por largo tiempo el objeto de diversos estudios científicos debido a su biodiversidad y al ser considerado un patrimonio de la humanidad. La biodiversidad marina ha sido atribuida a los afloramientos de la subcorriente de Cromwell así como a la interacción de las corrientes cálidas y frías provenientes del Este[1][2]. A esto podemos sumar el apilamiento de ondas internas que arriban a las islas y redistribuyen la biomasa y micronutrientes en superficie, produciendo interacciones particulares en la zona litoral.

En el archipiélago, tanto la información de corrientes como de temperatura superficial del mar, se ha obtenido de manera ocasional, a través de los cruceros oceanográficos del Buque de Investigaciones “Orión”, sin embargo es escasa la información al interior de las islas. De la misma manera, los artículos del Acta Oceanográfica y la investigación científica están orientados al estudio a gran escala de la convergencia de las corrientes fría de Humboldt, de Panamá y la corriente subsuperficial de Cromwell, sin enfocarse en las condiciones inter-islas. La convergencia de las corrientes hace que las islas tengan características marcadas por la interacción de corrientes y que varían a lo largo del año[2].

Las últimas mediciones de corrientes al interior del archipiélago por parte del INOCAR se realizó en el mes de septiembre del año 2006 donde se obtuvo información de corrientes en Caleta Aeolian en la Isla Baltra[3] en este estudio se pudo registrar la velocidad de las corrientes en los estados de flujo y reflujo en donde de manera general se obtuvieron promedios máximos de 0.21 m/s y promedios mínimos de 0.3 m/s.

En el presente artículo se muestra la información de corrientes, salinidad y temperatura de 20 sitios de visita turística en la RMG, cabe resaltar que esta información fue obtenida en diferentes fechas con condiciones favorables para la obtención de la información requerida.

La información oceanográfica de corrientes se recopiló mediante un equipo ADCP Work Horse Sentinel de 300 Khz debidamente configurado. Y la información de temperatura y salinidad se recopiló mediante el equipo oceanográfico CTD SBE 19 plus.

RESULTADOS

A continuación se presenta un análisis por sitio de los datos recolectados, los sitios se pueden apreciar en la Figura 1.

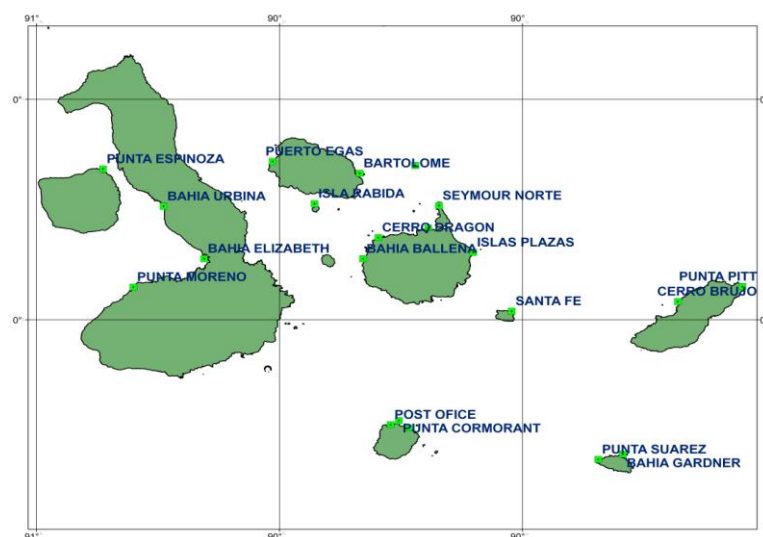


Figura 1. Sitios de Visita RMG

1. INFORMACIÓN ISLA BARTOLOMÉ

1.1) CORRIENTES ISLA BARTOLOMÉ

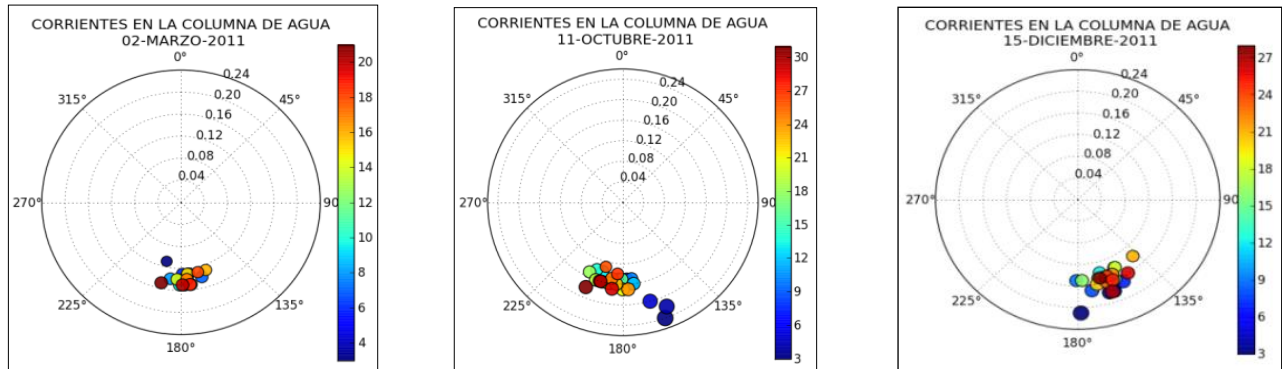


Figura 2. Corrientes Bartolomé

Los datos presentados en la Figura 2 representan los datos obtenidos en el sitio de acuerdo Tabla 1.

	Fecha	Posición	Prof. (m)
1	03/02/2011	000°16.8'S 090°33.45' W	21
2	10/11/2011	000°16.5'S 090°33.4' W	31
3	12/15/2011	000°16'41.72"S 090°33'29.43" W	28

Tabla 1. Estación Bartolomé

De acuerdo a los Reportes Técnicos los datos de corriente de la Estación 1(03/02/2011)

fueron obtenidos durante el estado de marea de flujo por un periodo de 4 horas y 25 minutos, los de la Estación 2(10/11/2011) por un lapso de 2 horas en estado de flujo de marea y los de las Estación 3(12/15/2011), en flujo por un periodo de 1 hora con 15 minutos. Los valores más importantes se aprecian en la Tabla 2.

	Dirección	Marea	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
1	S	R	0.11	0.15
2	S	R	0.13	0.24
3	S	R	0.14	0.21

Tabla 2. Dirección y velocidad - Bartolomé

1.2) TEMPERATURA Y SALINIDAD

ISLA BARTOLOMÉ

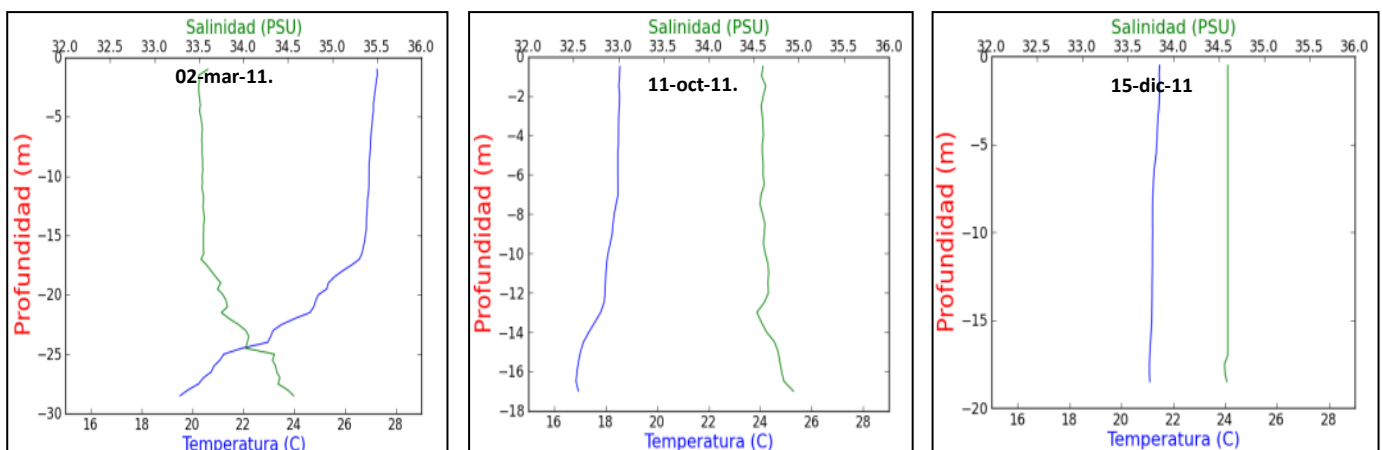


Figura 3. Temperatura y Salinidad Bartolomé

La Figura 3 muestra el registro de los datos obtenidos en las tres estaciones, los datos más relevantes de estas mediciones se muestran en la Tabla 3.

	Tmax	Tmin	Smin	Smax
1	27	19	33.5	34.5
2	20	17	34.52	34.9
3	21.39	21.35	34.54	34.59

Tabla 3. Temperatura y Salinidad-Bartolomé

2.- INFORMACIÓN BAHÍA BALLENA

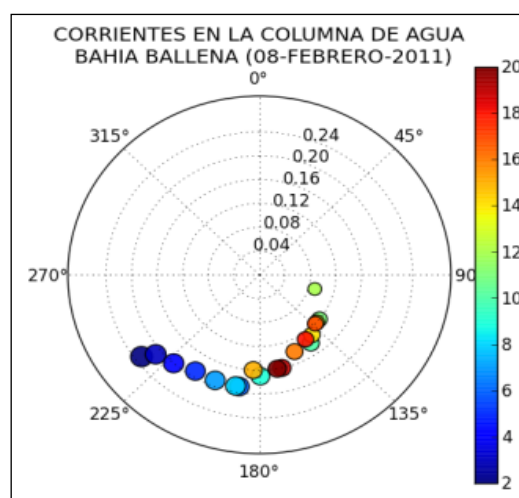
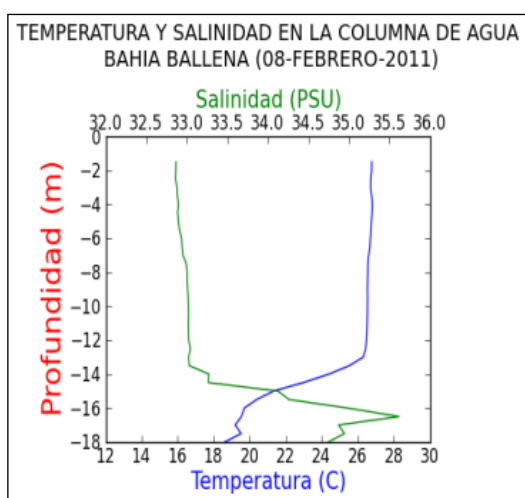


Figura 4. Corrientes, Temperatura y Salinidad - Bahía Ballena

Los datos presentados en la Figura 4 fueron obtenidos el día martes 08 de febrero de 2011 en las coordenadas 00°36'11"S y 90°32'46" W, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 20 metros con un estado de marea en flujo durante un período de 4 horas 40 minutos, tiempo durante el cual se registraron valores de velocidad máxima de 0.21 m/s y una velocidad mínima de 0.14 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Oeste en el nivel superficial, la misma que va cambiando de dirección hacia el Sur-Este a medida que va aumentando la profundidad.

En cuanto a los parámetros temperatura superficial se puede evidenciar un promedio máximo de 27.10°C a nivel superficial, propio de la época, este se mantiene casi constante

De acuerdo a los datos recolectados se puede observar la dirección de las corrientes en Bahía Sullivan durante las distintas épocas y en el estado de marea de flujo tiende a ser hacia el Sur. Las diferencias en temperatura y salinidad de los valores obtenidos pueden definirse como normales para las diferentes épocas del año.

hasta los 13 metros de profundidad aproximadamente, aquí empieza a disminuir notablemente hasta alcanzar un promedio de 19°C en la máxima profundidad de la medición. Por otro lado los valores de salinidad registrados fluctuaron entre los 32.85 UPS en aguas superficiales y 35 UPS en aguas profundas, mostrando una fuerte correlación con los datos obtenidos de temperatura.

3.- INFORMACIÓN BAHÍA ELIZABETH

Los datos presentados en la Figura 5 corresponden al día 09 de febrero de 2011 en las coordenadas 00°36' 9"S y 91°05' 30" W, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 20 metros, con un estado de marea en flujo durante un período de 2 horas 20 minutos, tiempo durante el cual se

registraron valores de velocidad máxima de 0.09 m/s y una velocidad mínima de 0.03 m/s con un predominio en la dirección de la

corriente hacia el Sur-Oeste en niveles pocos profundos, 10 metros y al Oeste en mayores profundidades, 20 metros.

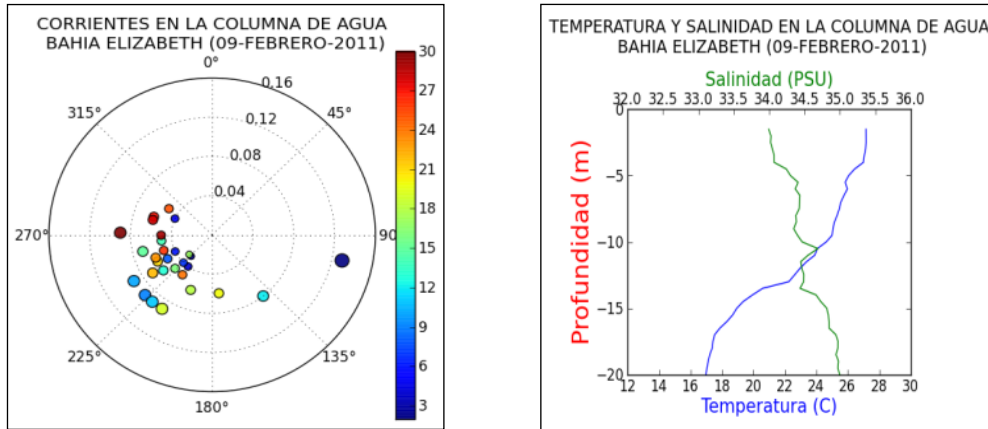


Figura 5. Corrientes, Temperatura y Salinidad - Bahía Elizabeth

En cuanto a los parámetros físicos indican un máximo de temperatura de 27.4°C en la superficie, y una disminución ligeramente acentuada hasta alcanzar los 17 metros, donde la curva toma un giro nuevamente hasta alcanzar un mínimo de 17°C en la máxima profundidad de la medición. Por otro lado, el registro de salinidad fluctuó entre los 34 UPS

en aguas superficiales, 5 metros y 35 UPS en aguas profundas, 20 metros.

Ambas curvas, la de temperatura y salinidad, muestran una semejanza bastante aceptable, lo cual permite la discriminación de dos masas de agua distintas.

4.- INFORMACIÓN CERRO BRUJO

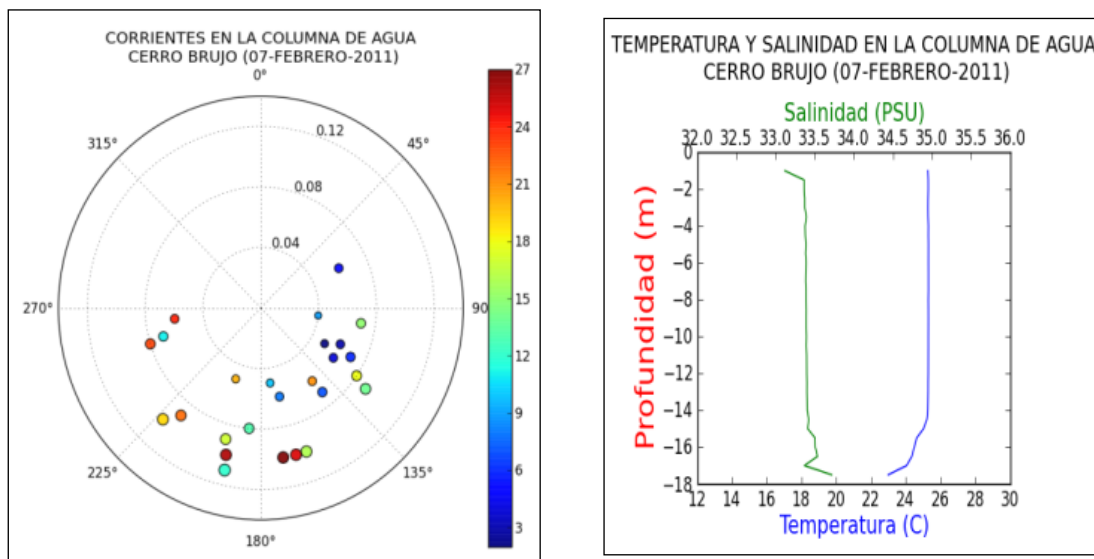


Figura 6: Corrientes, Temperatura y Salinidad - Cerro Brujo

Los datos presentados en la Figura 6 fueron obtenidos el 07 de Febrero de 2011 en las coordenadas 00°45' 52,308"S y 89°27' 57.6"

W, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 27 metros con un estado de

marea de reflujo durante un periodo de 1 hora 40 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima promedio de 0.11 m/s y una velocidad mínima promedio de 0.04 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Este en niveles pocos profundos, 9 metros y al Sur-Oeste en mayores profundidades y en las capas medias hacia el Sur.

Los datos de parámetros de temperatura indican un máximo de 24.5°C, la misma que se mantiene en casi toda la columna de agua,

5.- INFORMACIÓN ISLA SANTA FÉ

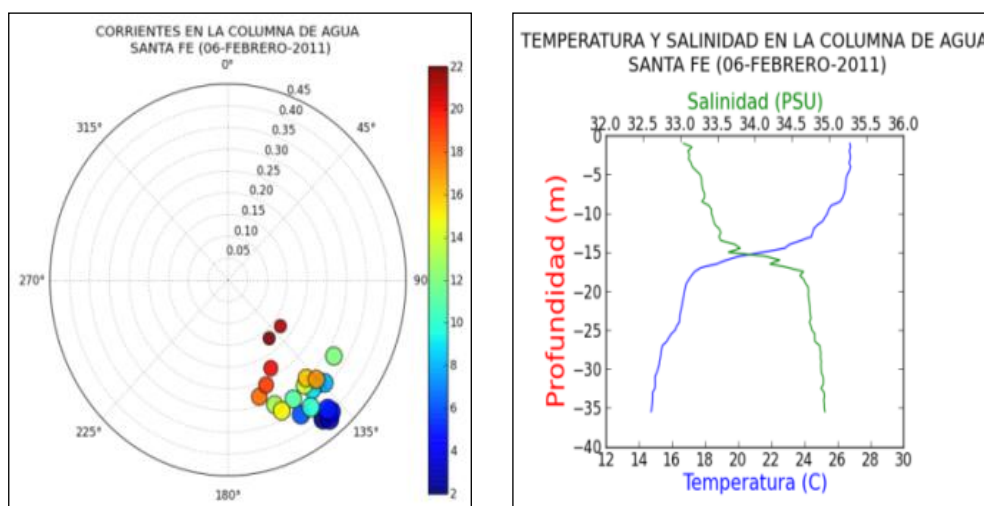


Figura 7: Corrientes, Temperatura y Salinidad Isla Santa Fe

La Figura 6 muestra los datos obtenidos el domingo 06 de Febrero de 2011, en las coordenadas 00°48' 3,5"S y 90°2' 10.14" W, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 23 metros con un estado de marea de Reflujo durante un período de 4 horas 20 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0.45 m/s y una velocidad mínima de 0.15 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Este.

En la misma figura se aprecia un promedio máximo de 27°C en la temperatura superficial,

hasta alcanzar un promedio mínimo de 23°C en los 18 metros de profundidad, además se puede observar un registro de salinidad fluctuaron entre los 33.2 UPS, en casi toda la columna de agua y 33.7 UPS al alcanzar los 18 metros.

Los datos obtenidos de parámetros físicos muestran características propias de una masa de agua homogénea. Mientras las distintas direcciones en las mediciones de corrientes y las bajas celeridades, pueden ser atribuidas a oscilaciones propias del sitio de medición.

la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un promedio mínimo de 14.8°C a los 35 metros de profundidad, además se pudo adquirir un registro de salinidad fluctuaron entre los 33 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 34.9 UPS en los 35 metros de profundidad.

Ambos perfiles, muestran bastante similitud por lo que se puede deducir la interacción de dos masas de agua, interactuando en la zona de mediciones.

6.- INFORMACIÓN DE ISLAS PLAZAS

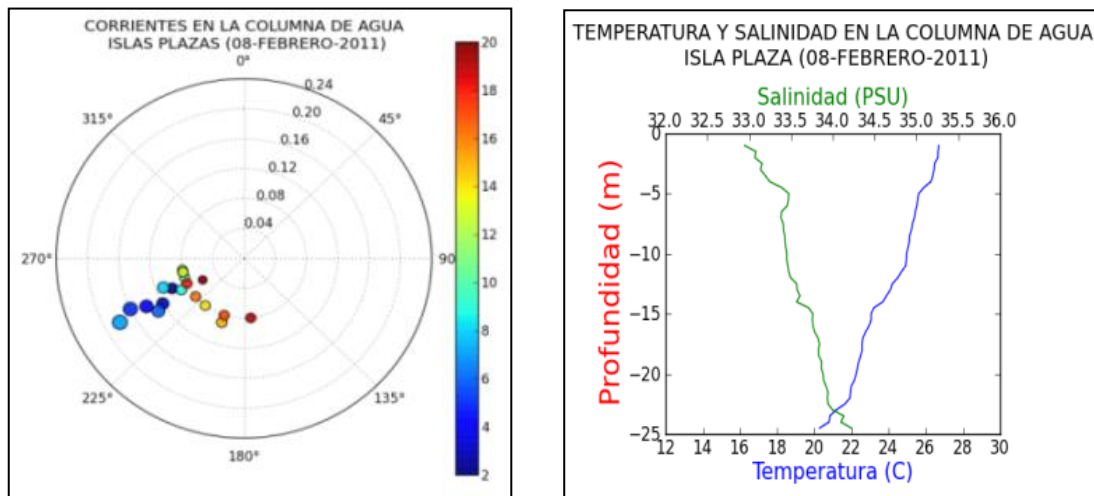


Figura 8: Corrientes, temperatura y salinidad Islas Plazas

Los datos presentados en la Figura 8 fueron obtenidos el martes 08 de Febrero de 2011, en las coordenadas 00°34' 44"S y 90°10' 5" W. Aquí se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 21 metros con un estado de marea de Reflujo durante un periodo de 2 hora 20 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0.18 m/s y una velocidad mínima de 0.06 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Oeste.

Asimismo, se puede evidenciar un registro de los datos obtenidos con el CTD que indican un máximo de 26°C en la temperatura superficial del mar, la misma que disminuye conforme

aumenta la profundidad, hasta alcanzar un mínimo de 21 °C a los 25 metros de profundidad. Además se pudo adquirir un registro de salinidad fluctuante entre los 32.8 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 34.3 UPS en los 25 metros de profundidad.

Tanto los registros de corrientes como de parámetros temperatura y salinidad, muestran condiciones de homogeneidad para las masas de agua mediadas en el sitio. Asimismo, se puede concluir que sus características son propias de la época de medición.

7.- INFORMACIÓN DE PUNTA MORENO

7.1) CORRIENTES PUNTA MORENO

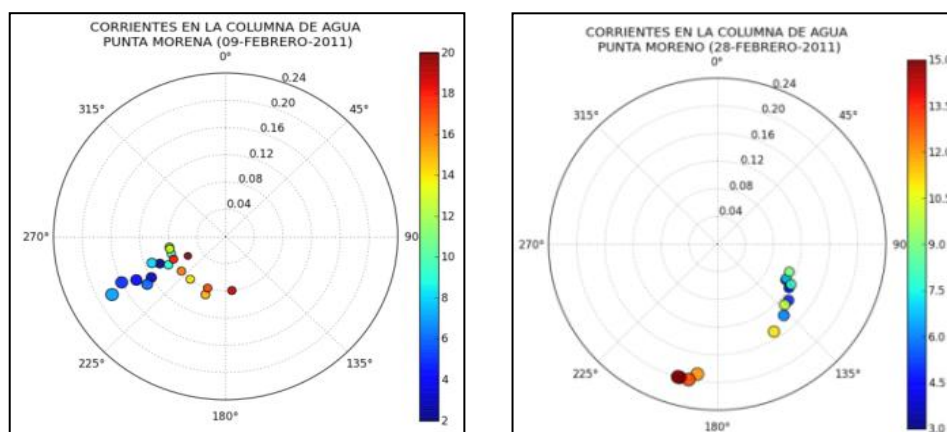


Figura 9: Corrientes Punta Moreno

Los datos presentados en la Figura 9 fueron obtenidos el 9 y 28 de Febrero de 2011. Ambas estaciones fueron posicionadas aproximadamente en las coordenadas 00°42' 35"S y 91°20' 4" W, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las en estado de marea de flujo y reflujo, respectivamente, durante dos periodo de 2 horas 20 minutos cada uno. El 9 de febrero, se registró una velocidad máxima de 0.18 m/s y una velocidad mínima de 0.05 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Oeste con marea de Flujo. Para el 28 de febrero una velocidad máxima de 0.22m/s y una velocidad mínima de 0.10 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Oeste con marea de Flujo.

7.2) PARÁMETROS FÍSICOS PUNTA MORENO

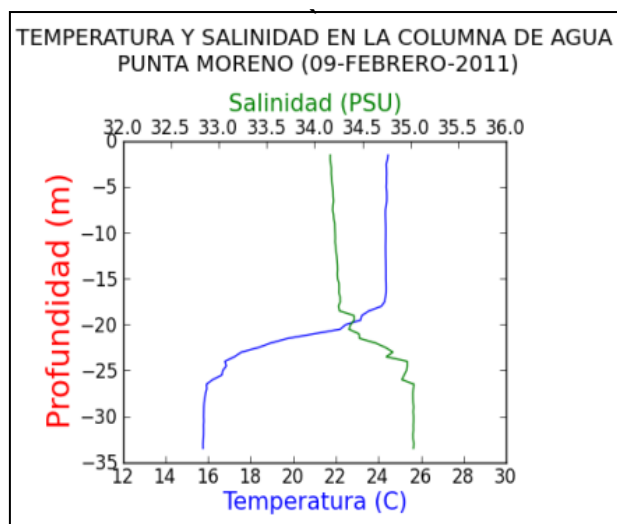


Figura 10: Temperatura y Salinidad- Punta Moreno

En la Figura 10 se puede evidenciar un registro de los datos obtenidos con el CTD el 09 de Febrero de 2011, que indican 25°C para la temperatura superficial, la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un promedio mínimo de 16 °C a

los 35 metros de profundidad, además se pudo adquirir un registro de salinidad fluctuaron entre los 34.2 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 35.3 UPS en los 35 metros de profundidad.

No se cuenta con registro de datos de parámetros físicos para el 28 de febrero del 2011.

8.- INFORMACIÓN DE ADCP PUNTA PITT

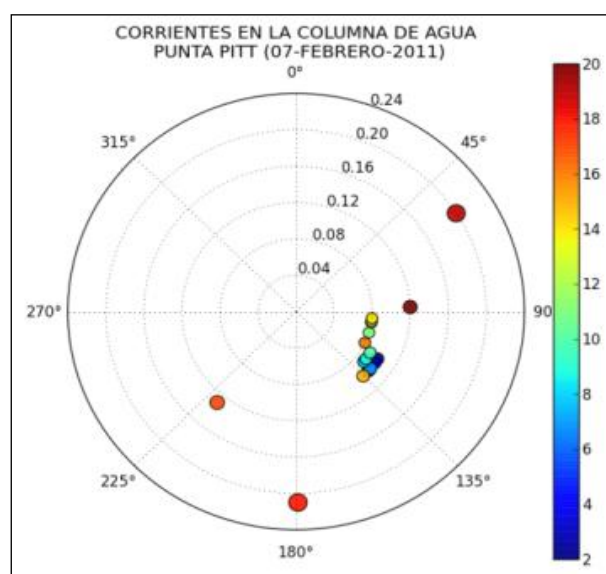


Figura 11: Corrientes Punta Pitt

Los datos presentados en la Figura 11 fueron obtenidos el lunes 07 de Febrero de 2011 en las coordenadas 00°42' 29"S y 89°14' 41" W, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 18 metros con un estado de marea de Flujo y Reflujo durante un periodo de 4 horas 20 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0.15 m/s y una velocidad mínima de 0.05 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Este.

9.- INFORMACIÓN BAHÍA GARDNER

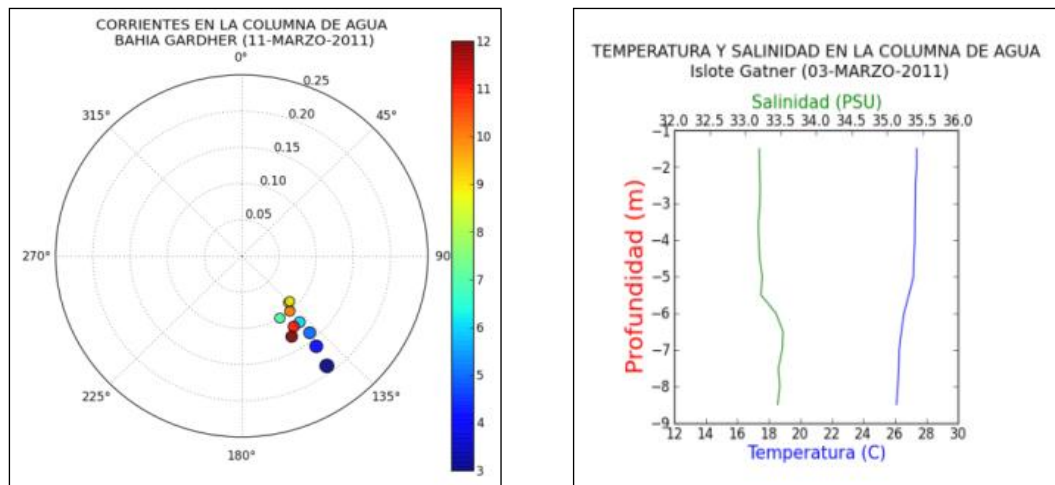


Figura 12: Corrientes, Temperatura y Salinidad Bahía Gardner

Los datos presentados en la Figura 11 fueron obtenidos el 03 de marzo de 2011, en las coordenadas 01°20.5'S y 89°39.3' W, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 20 metros con un estado de marea de reflujo durante un periodo de 6 hora 25 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0.19 m/s y una velocidad mínima de 0.06 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Este.

En la misma figura se puede evidenciar un registro de los datos obtenidos con el CTD el 03 de Marzo de 2011 que indica un máximo de 27°C en la temperatura superficial, la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un mínimo de 26°C a los 9 metros de profundidad, además se pudo adquirir un registro de salinidad fluctuaron entre los 33.2 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 33.4 UPS en los 9 metros de profundidad.

10.- INFORMACIÓN CERRO DRAGÓN

10.1) CORRIENTES CERRO DRAGÓN

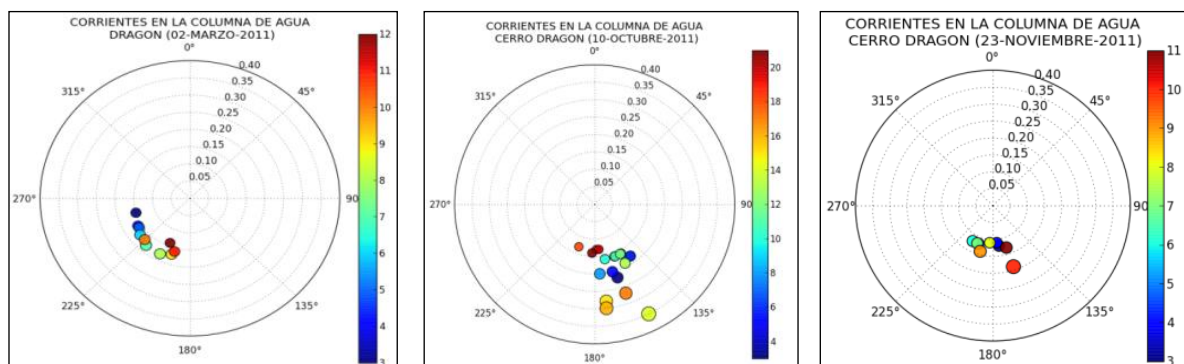


Figura 13: Corrientes Cerro Dragón

Los datos de la Figura 13 muestran los datos de corrientes obtenidos los días, 02 de marzo (1), 10 de octubre (2) y 23 de noviembre de 2011(3), en las coordenadas aproximadamente 00°31.36'S y 90°29.62' W, en donde se pudo obtener información de las corrientes, las misma que se resumen en la Tabla 4.

	Dir.	Marea	Tm	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
1	SO	F-R	7h10m	0.31	0.13
2	S	R	1h25m	0.35	0.13
3	S	R	2h20m	0.23	0.11

Tabla 4: Dirección y velocidad- Cerro Dragón.

10.2) TEMPERATURA Y SALINIDAD CERRO DRAGÓN

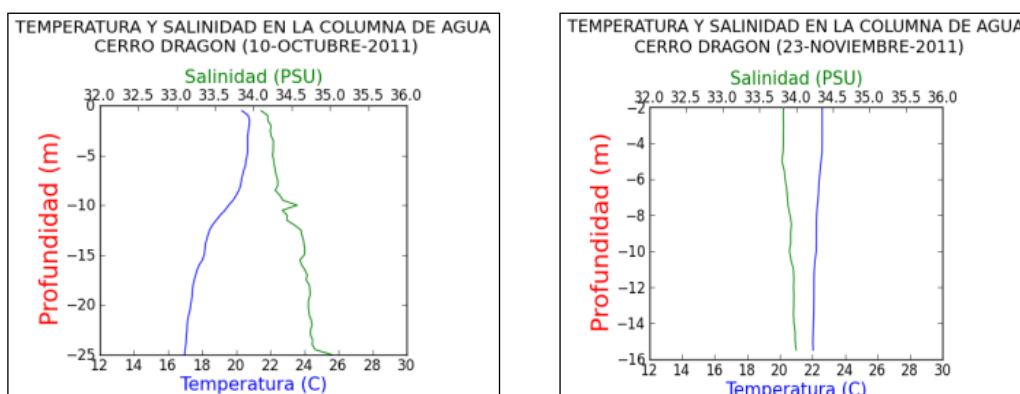


Figura 14: Temperatura y Salinidad- Cerro Dragón

Los parametros físicos obtenidos se pueden resumir en la Tabla 5. No existe esta información para la primera estación en este sitio.

	Tmax	Tmin	Smin	Smax
1	No data	No data	No data	No data
2	20	17	34.2	34.9
3	22.2	22	33.8	33.9

Tabla 5: Temperatura y Salinidad

11.- INFORMACIÓN ISLOTE CHAMPION

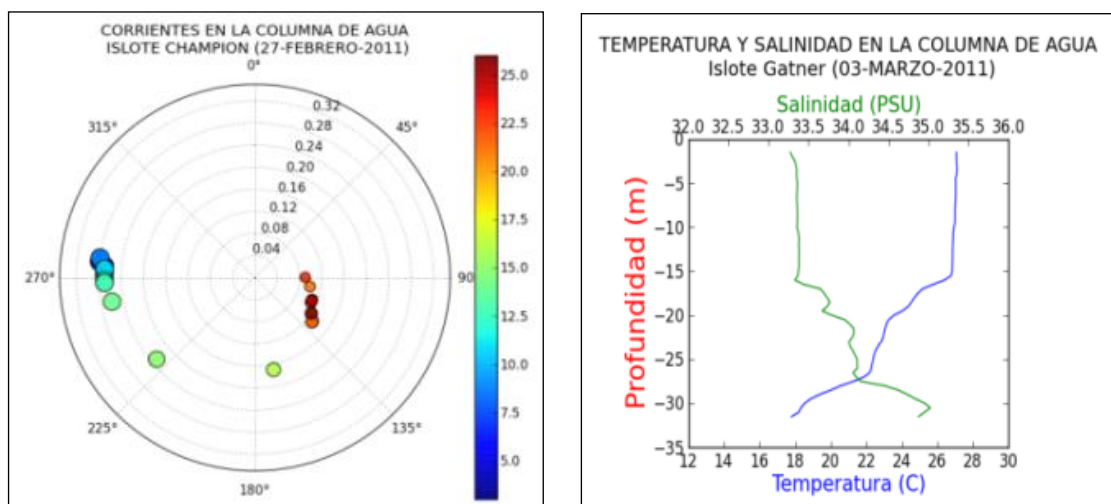


Figura 15: Corrientes, Temperatura y Salinidad - Islote Champion

Los datos de la Figura 15 fueron obtenidos el 27 de febrero de en las coordenadas $01^{\circ}14.55'S$ y $90^{\circ}23.47' W$, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 23 metros con un estado de marea de flujo durante un periodo de 2 horas 25 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0.23 m/s y una velocidad mínima de 0.10 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur y Sur-Oeste.

En cuanto a los parámetros físicos, se evidencia, un promedio máximo de $27^{\circ}C$ en la

superficie, la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un promedio mínimo de $16^{\circ}C$ a los 35 metros de profundidad. Asimismo, se ha obtenido un registro de salinidad fluctuante entre los 33.2 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 35 UPS a los 35 metros de profundidad.

Los perfiles obtenidos tanto de corrientes y de parámetros físicos, muestran la estructura de dos masas de agua, interactuado en la zona de medición.

12.- INFORMACIÓN DE ADCP POST OFFICE

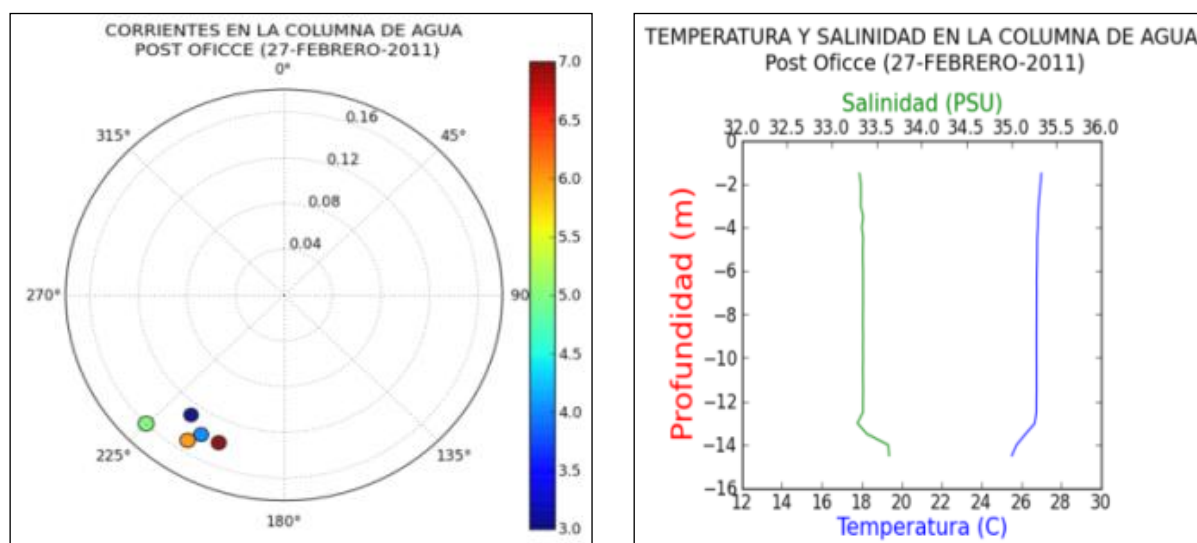


Figura 16: Corrientes, Temperatura y Salinidad- Post Office

Los datos presentados en la Figura 16 fueron obtenidos el 27 de febrero de 2011, en las coordenadas $01^{\circ}13.8'S$ y $90^{\circ}27.1' W$, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 8 metros con un estado de marea de reflujo durante un periodo de 2 horas 35 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0.16 m/s y una velocidad mínima de 0.13 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Oeste.

En cuanto a los parámetros físicos se puede evidenciar un registro de los datos obtenidos con el CTD en un máximo de $27^{\circ}C$ en la temperatura superficial, la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un mínimo de $16^{\circ}C$ a los 35 metros, además se puede observar que la salinidad fluctúa entre los 33.2 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 35 UPS en los 35 metros de profundidad.

13.- INFORMACIÓN PUNTA ESPINOZA

13.1) CORRIENTES PUNTA ESPINOZA

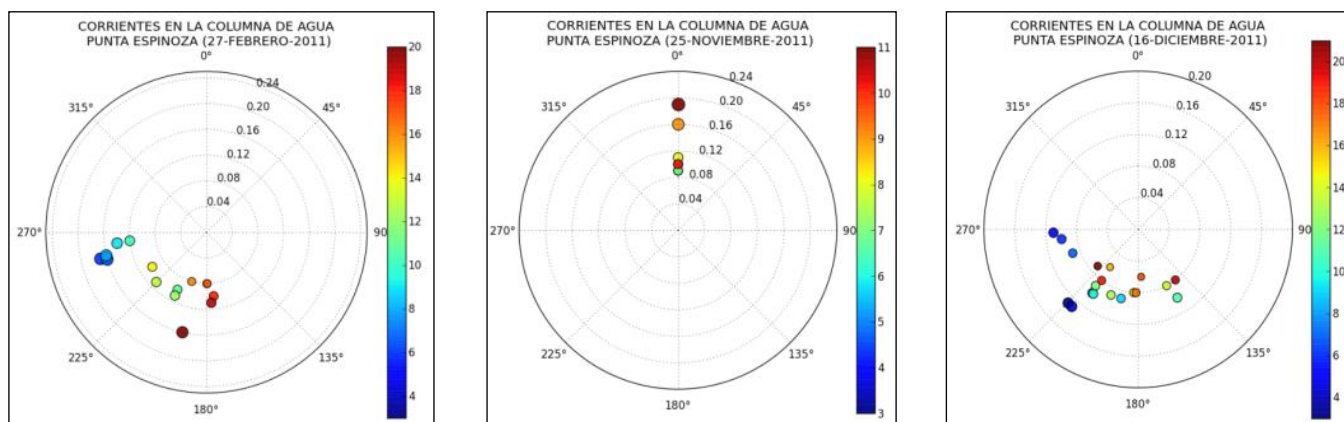


Figura 17 Corrientes Punta Espinoza.

Los datos presentados en la Figura 17 fueron obtenidos en las coordenadas $00^{\circ}15.82'S$ y $91^{\circ}26.31'W$. En resumen los datos obtenidos se aprecian en la Tabla 6:

	Dir.	Marea	Tm	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
1	SO	R	2h30m	0.08	0.16
2	N	F	3h40m	0.08	0.18
3	S	F	1h50m	0.06	0.14

Tabla 6: Dirección, velocidad y marea – Punta Espinoza.

13.2) TEMPERATURA Y SALINIDAD PUNTA ESPINOZA

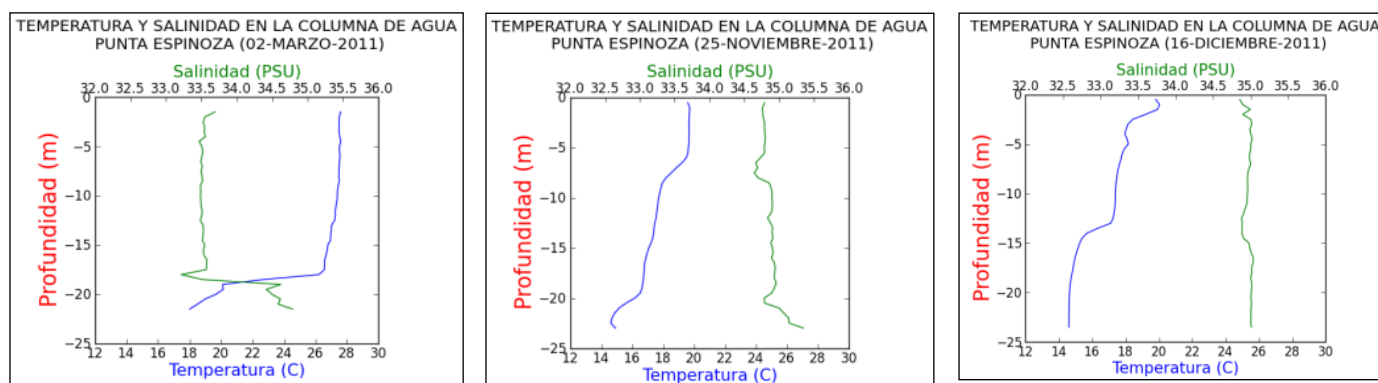


Figura 18: Temperatura y Salinidad Punta Espinoza

Los parámetros físicos obtenidos durante estas estaciones, se pueden resumir en Tabla7:

	Tmax	Tmin	Smin	Smax
1	27	18	33.6	35.9
2	19	15	33.8	35.5
3	19	14.2	34.8	35

Tabla 7: Temperatura y Salinidad - Punta Espinoza

14.- INFORMACIÓN PUNTA CORMORANT

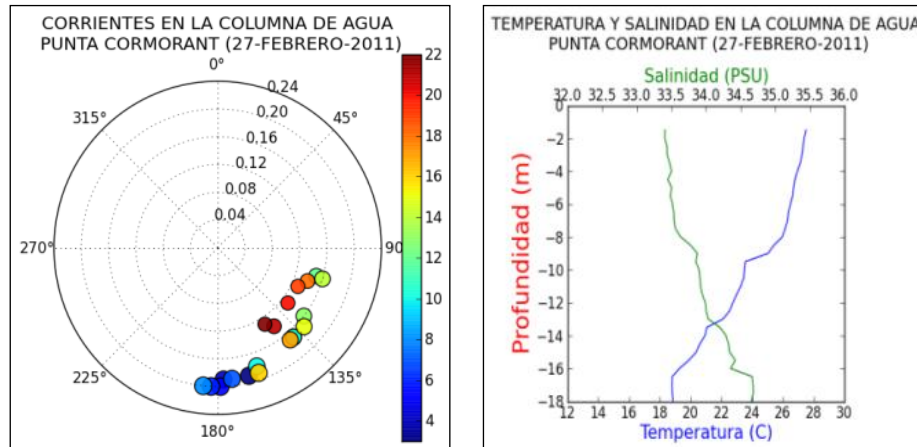


Figura 19: Corrientes, Temperatura Y Salinidad - Punta Cormorant

Los datos de la Figura 19 muestran el registro obtenidos el 27 de Febrero de 2011, en las coordenadas $01^{\circ}12.87'S$ y $90^{\circ}25.4' W$, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 18 metros con un estado de marea de Reflujo durante un periodo de 7 horas 00 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0,53 m/s y una velocidad mínima de 0,06 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur.

Asimismo se puede evidenciar un promedio máximo de $27^{\circ}C$ en la temperatura del agua superficial, la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un promedio mínimo de $19^{\circ}C$ a los 18 metros de profundidad, además se pudo adquirir un registro de salinidad fluctuaron entre los 33.4 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 34.5 UPS en los 18 metros de profundidad.

15.- INFORMACIÓN PUNTA SUAREZ

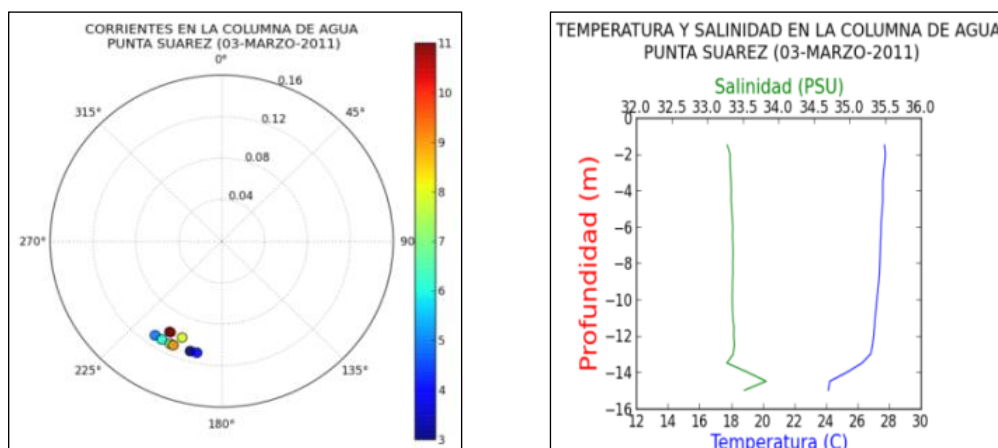


Figura 20: Corrientes, Temperatura y Salinidad - Punta Suarez

La Figura 20, muestra los datos el 03 de Marzo de 2011, en las coordenadas $01^{\circ}21.68'S$ y $89^{\circ}44.35' W$, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las

corrientes hasta una profundidad de 25 metros con un estado de marea de reflujo durante un periodo de 6 horas 25 minutos, tiempo en el cual se registró una velocidad máxima de 0.19

m/s y una velocidad mínima de 0.06 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Oeste.

En cuanto a los parámetros físicos, estos indican un máximo de 27.5°C en la temperatura superficial, la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un mínimo de 24°C a los 17 metros de

profundidad, además se pudo adquirir un registro de salinidad de 33.3 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 33.5 UPS en los 17 metros de profundidad.

Los datos tomados en esta estación muestran homogeneidad del agua, en el lugar de las mediciones.

16.- INFORMACIÓN ISLA RÁBIDA

16.1) CORRIENTES ISLA RABIDA

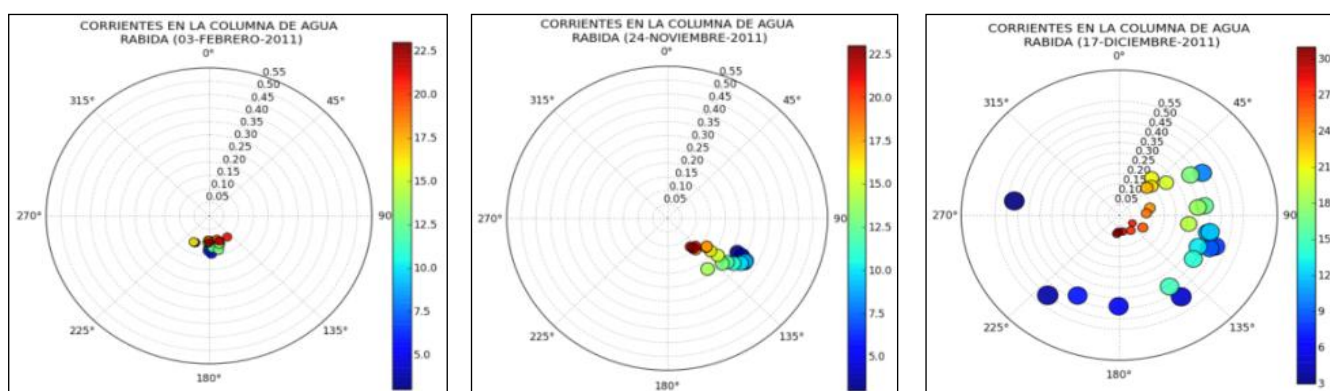


Figura 21: Corrientes - Isla Rábida

La Figura 21 muestra los datos obtenidos el 03 de febrero, 24 de Noviembre y 17 de Diciembre de 2011, en las coordenadas 00°23.68'S y 90°42.75' W. Un resumen de los datos obtenidos se muestra en la Tabla 8.

	Dir.	Marea	Tm	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
1	S	R	6h20m	0.08	0.13
2	SE	F	1h50m	0.13	0.31
3	S	F	2h05m	0.07	0.50

Tabla 8: Dirección, velocidad y marea – Isla Rábida.

16.2) TEMPERATURA Y SALINIDAD ISLA RÁBIDA

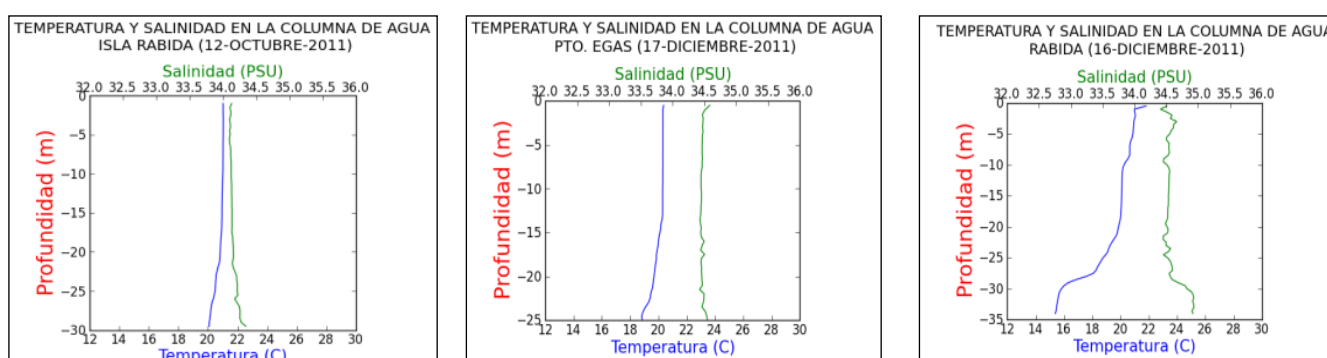


Figura 22: Temperatura y Salinidad Isla Rábida

Los parámetros físicos obtenidos en esta estación, muestran similitud hasta el veril de los 30 metros. Un resumen de los parámetros se muestra en la Tabla 9 .

	Tmax	Tmin	Smin	Smax
1	27	19	33.4	34.5
2	21	16	34.1	34.7
3	22	15	34.5	35

Tabla 9: Temperatura y Salinidad – Isla Rábida.

17.- INFORMACIÓN DE PUERTO EGAS

17.1) CORRIENTES PTO. EGAS

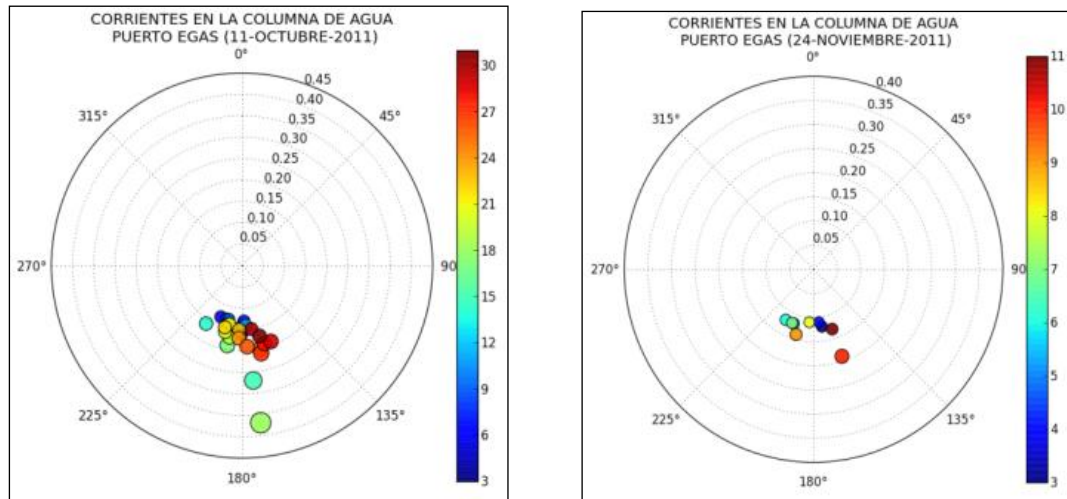


Figura 23: Corrientes Puerto Egas.

La Figura 23 muestra los datos obtenidos el 11 de Octubre y el 24 de Noviembre de 201, en las coordenadas 00°14'6.168''S y 90°51'22.12' W.

	Dir.	Marea	Tm	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
1	S	R	1h15m	0.13	0.37
2	S	R	2h25m	0.02	0.30

Tabla 10: Dirección, velocidad y marea – Puerto Egas.

Un resumen de los datos más representativos se muestra en la siguiente Tabla 10.

17.2) TEMPERATURA Y SALINIDAD PUERTO EGAS

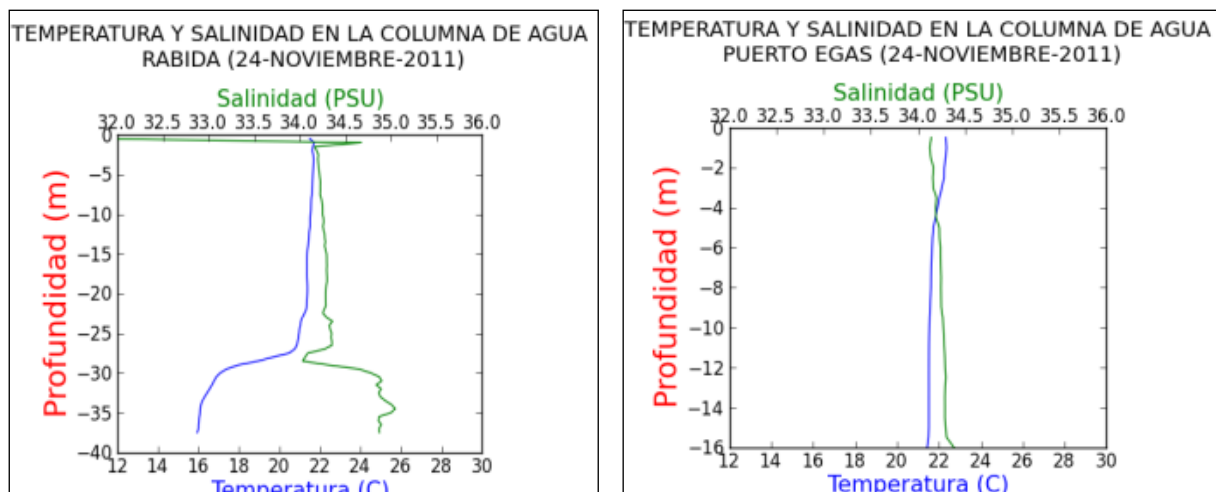


Figura 24: parámetros Físicos Puerto Egas

Los parámetros físicos no muestran variaciones considerables, ambos casos muestran homogeneidad en los perfiles.

18.- INFORMACIÓN DE SEYMOUR NORTE

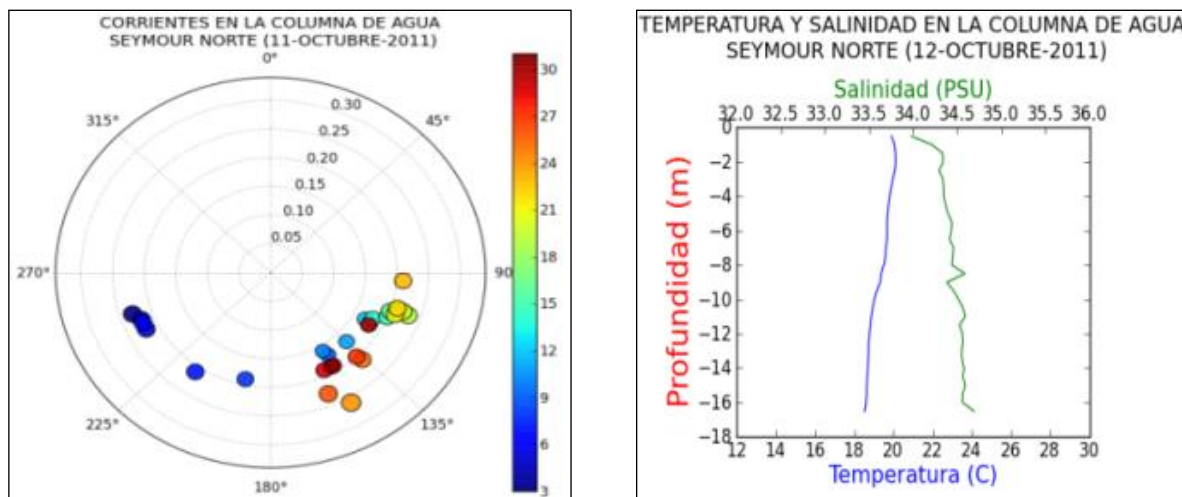


Figura 25: Corrientes, Temperatura y Salinidad Seymour Norte

Los datos presentados en la Figura 25 fueron obtenidos el 12 de Octubre de 2011, en las coordenadas $00^{\circ}24.12'S$ y $90^{\circ}17.15' W$, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 18 metros con un estado de marea de reflujo durante un periodo de 1 hora 50 minutos, tiempo en la cual se registró una

velocidad máxima de 0.26 m/s y una velocidad mínima de 0.16 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Este, Sur y Sur-Oeste. Mientras que los parámetros físicos muestran valores bastante estables, lo cual demuestra homogeneidad en las masas de agua.

19.- INFORMACIÓN CALETA TORTUGA NEGRA

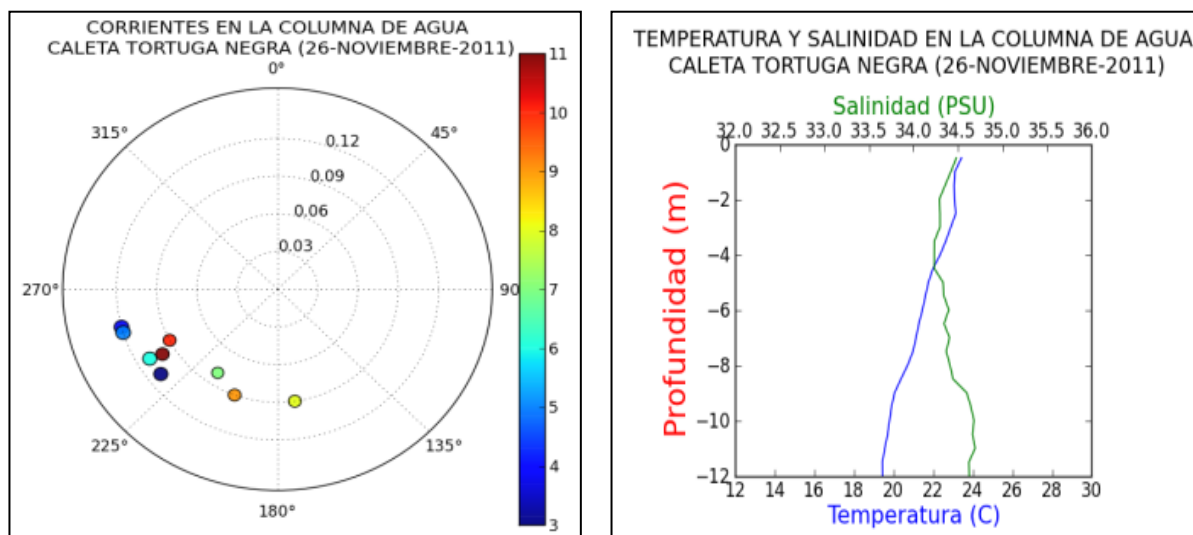


Figura 26: Corrientes, Temperatura y Salinidad - Caleta Tortuga Negra.

Los datos de la Figura 26 fueron obtenidos el 26 de Noviembre de 2011, en las coordenadas $00^{\circ}29.228'S$ y $90^{\circ}19.37' W$. Aquí se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 11 metros con un estado de marea de Reflujo durante un periodo de 1 hora 30 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad

máxima de 0.26 m/s y una velocidad mínima de 0.01 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Oeste.

Por otro lado los parámetros físicos muestran valores bastante estables para la salinidad, y una ligera variación de temperatura de $24^{\circ}C$ a $20^{\circ}C$ en la columna vertical de agua.

20.- INFORMACIÓN DE CALETA TAGUS

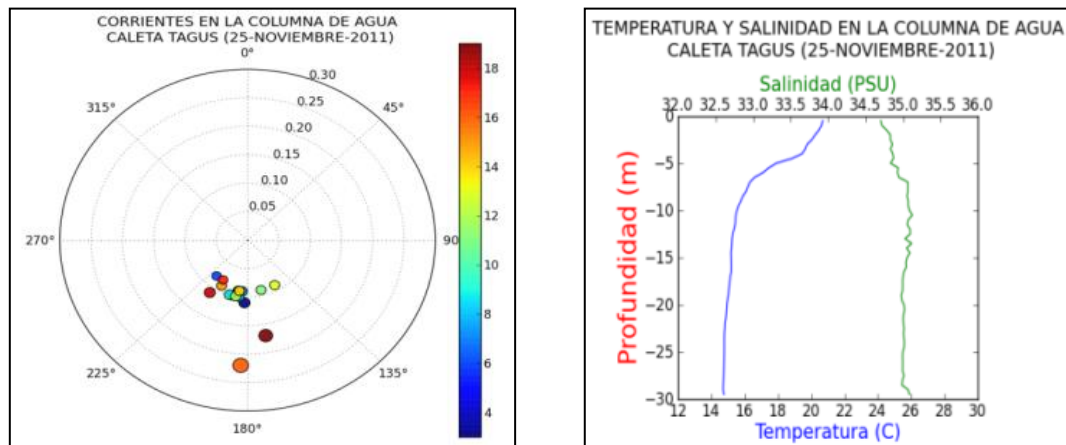


Figura 27: Corrientes Temperatura y Salinidad - Caleta Tagus

La Figura 27 muestra los datos obtenidos el 25 de Noviembre de 2011, en las coordenadas $00^{\circ}15.005'S$ y $90^{\circ}22.001' W$, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 19 metros con un estado de marea de reflujo durante un periodo de 2 horas 50 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0.37 m/s y una velocidad mínima de 0.01 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur.

Los parámetros de temperatura indican un máximo de $21^{\circ}C$ en la temperatura superficial, la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un promedio mínimo de $15^{\circ}C$ a los 30 metros de profundidad, además se pudo adquirir un registro de salinidad fluctuaron entre los 34.5 UPS y conforme aumenta la profundidad este registro también aumenta hasta alcanzar los 35.0 UPS en los 30 metros de profundidad.

21.- INFORMACIÓN DE BAHÍA URBINA

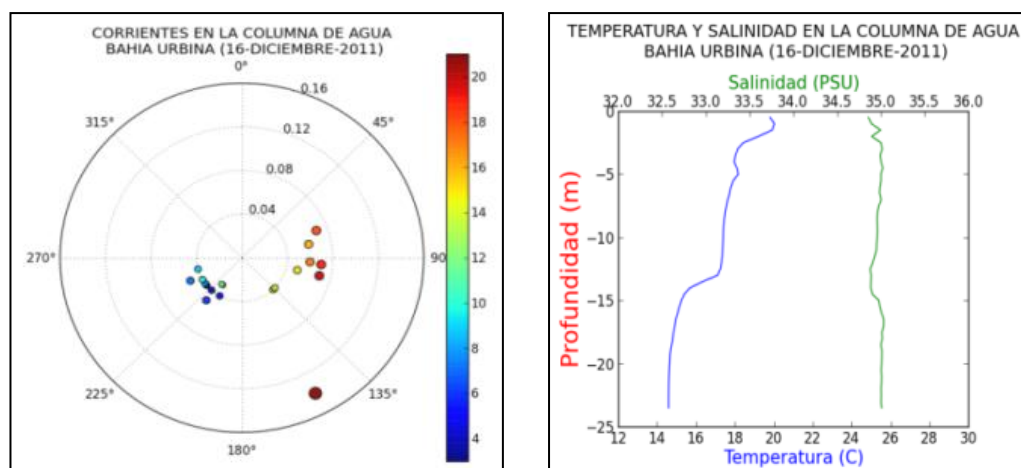


Figura 28:
Corrientes,
Temperatura y
Salinidad - Bahía
Urbina

La Figura 28, muestra los datos obtenidos el 16 de Diciembre de 2011, en las coordenadas 00°24'16.42''S y 91°13'50.62' W, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 21 metros con un estado de marea de Reflujo durante un periodo de 1 hora 55 minutos, tiempo en la cual se registró una velocidad máxima de 0,14 m/s y una velocidad mínima de 0,03 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur-Este y Oeste.

En cuanto a los parámetros de temperatura y salinidad, estos indican un promedio máximo cercano a los 20°C en la temperatura del mar en superficie, la misma que disminuye conforme aumenta la profundidad, hasta alcanzar un promedio mínimo de 14.5°C a los 24 metros de profundidad, además se pudo adquirir un registro de salinidad fluctuaron entre los 34.8 UPS y conforme aumenta la profundidad también aumenta este valor, hasta alcanzar los 35 UPS en los 24 metros de profundidad.

ANÁLISIS TSM

Para el clima de Galápagos, la temperatura superficial del mar es el parámetro más importante, ya que su aporte es el que determina las variaciones de temperatura y la frecuencia de precipitaciones en el área. Asimismo, se debe mencionar que la influencia de la topografía submarina, influye en la generación de corrientes locales que redistribuyen el calor en las costas de las islas.

La distribución espacial y temporal de la temperatura, contribuye a la sostenibilidad de la biodiversidad en Galápagos, por esta razón la caracterización de la temperatura superficial del mar es importante para el entendimiento del comportamiento de la diferentes especies marinas.

Si bien la información de corrientes, no es suficiente para realizar una caracterización de este parámetro, los datos obtenidos permiten inferir algunas conclusiones respecto a su comportamiento. Por ejemplo, existen lugares con gran variabilidad temporal, como Punta Moreno y Punta Espinoza, y otras sin mayores variaciones como el sitio de visita en la Isla Bartolomé. A fin de lograr una buena caracterización de las corrientes en Galápagos, será necesario realizar un modelo numérico, que permita realizar una descomposición modal para asociar su comportamiento a algún parámetro físico.

El caso de la temperatura superficial del mar es distinto, ya que existen algunas iniciativas de cooperación internacional que realizan mediciones satelitales permanentes, y estos serán utilizados para realizar la caracterización de la temperatura en el archipiélago.

Los datos de temperatura superficial que han sido obtenidos en los diferentes sitios de visita durante el 2011, serán utilizados para realizar validación de los datos proporcionados por la Oficina Meteorológica del Reino Unido en su Análisis Operacional de la Temperatura de la Superficie del Mar y Hielo Marino [4] (**UKMO-L4HRfnd-GLOB-OSTIA**) y que son utilizados por el INOCAR para el establecimiento de anomalías y variaciones climáticas semanales.

De los datos obtenidos en las diferentes estaciones, se ha extraído los valores correspondientes a la temperatura superficial. El análisis de los datos muestreados permite calcular un coeficiente de correlación de 0.8766 entre los datos de cada estación y los extraídos de la base de datos de OSTIA en la posición y día de las estaciones.

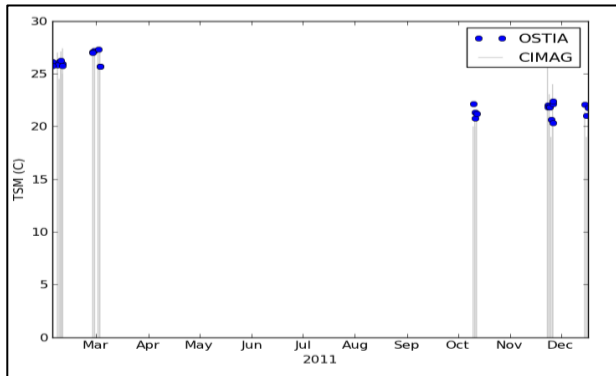


Figura 29 Comparación TSM OSTIA-CIMAG

Tal como se puede apreciar en la Figura 29, los datos de OSTIA proveen una muy buena aproximación a los datos obtenidos por los equipos en situ. Este hallazgo permite, al menos en parte, el uso de los datos de OSTIA con un buen margen de confiabilidad para el análisis de las variaciones temporales y para el establecimiento de condiciones climáticas en lugares donde no se ha realizado levantamiento alguno. Basados en esta validación, se extraen los valores de Temperatura Superficial del Mar de OSTIA para cada uno de los sitios y por los 365 días del año 2011, a fin de realizar una caracterización de la temperatura superficial del mar en estos sitios durante un año calendario.

La Figura 30 muestra los resultados de la extracción de los datos de temperatura superficial para los sitios de visita. En esta se aprecia las variaciones de temperatura característica de las dos estaciones climáticas de Galápagos. Asimismo se puede apreciar las condiciones de temperatura particulares de cada época del año y de cada sitio. Por ejemplo, Bahía Urbina, Punta Moreno, Bahía Elizabeth y Punta Espinoza, todos ubicados en el Canal Bolívar presentan temperaturas bastante frías para la última mitad del año. En estos sitios también se puede apreciar intermitencias en las variaciones de temperatura, éstas se diferencian de los otros sitios, donde las variaciones son un poco más sostenidas.

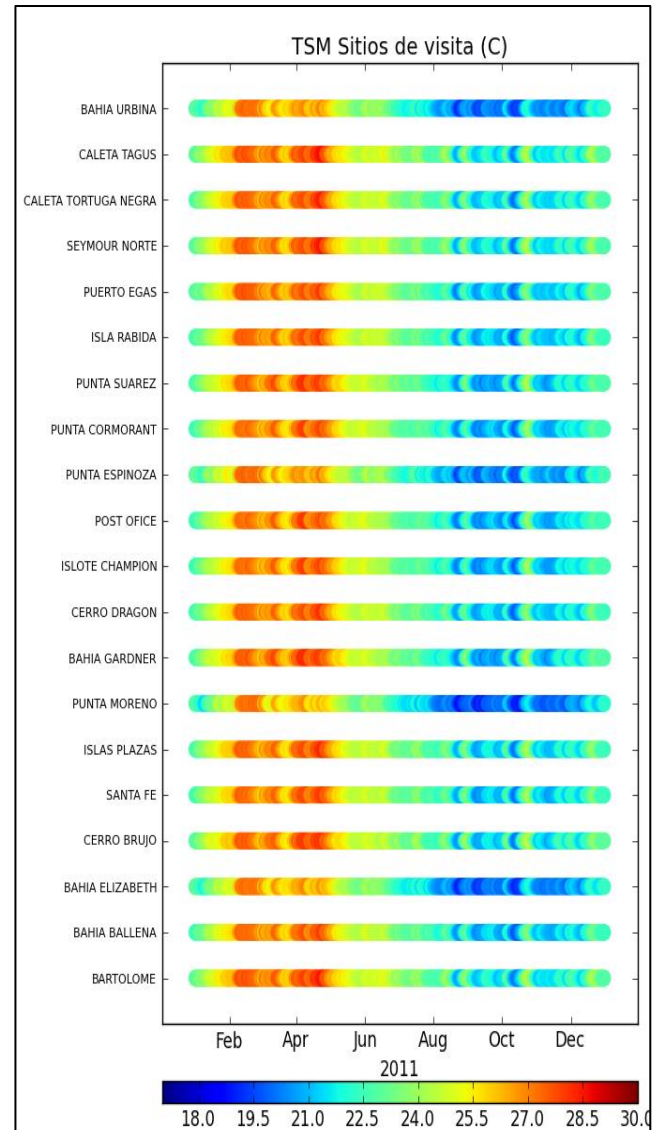


Figura 30 Temperatura Superficial de los sitios de visita turísticos

De manera general, los sitios caracterizados muestran variaciones de temperatura estacional, con una misma tendencia para las Islas Galápagos; se espera que ésta caracterización contribuya a la comprensión del complejo sistema biológico que rige en las islas.

AGRADECIMIENTO

- A los Directivos de la operadora turística Metropolitang Touring y a la dotación de la Moto Nave Santa Cruz, por haber prestado las facilidades necesarias para la obtención de los datos.

- A los Directivos de la operadora turística Klein Tours y a la dotación del Moto Velero Galápagos Legend, Moto Velero La Pinta y Moto Velero Coral I, , por haber prestado las facilidades necesarias para la obtención de los datos.
- A la Dotación 2011 del Centro de Investigaciones Marinas, quienes participaron loablemente en la obtención de los datos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. R. McCanahan, *Food Webs and the Dynamics of Marine Reefs*. Oxford University Press, 2008.
- [2] W. V. Sweet and N. C. S. University, *Mechanisms of Variability Within the Upper Ocean of the Galapagos Archipelago*. Pro Quest, 2008.
- [3] I. O. de la A. (Ecuador) D. C. del Mar, *Acta oceanográfica del Pacífico*. Instituto Oceanográfico de la Armada, 2007.
- [4] C. J. Donlon, M. Martin, J. Stark, J. Roberts-Jones, E. Fiedler, and W. Wimmer, "The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) system", *Remote Sensing of Environment*, vol. 116, pp. 140-158, Jan. 2012.

COMPORTAMIENTO DEL OXIGENO DISUELTO EN DOS ESTACIONES COSTERAS LA LIBERTAD Y MANTA, COMO APOORTE AL CONOCIMIENTO DEL FENÓMENO “EL NIÑO”

Por: Paulina Carrillo¹

RESUMEN

El análisis de parámetros Químicos que permitan establecer tendencias de los mismos durante la ocurrencia de eventos climáticos es limitado; como aporte al conocimiento del comportamiento del Oxígeno Disuelto durante los eventos El Niño. Se comparan un total de 2282 datos de temperatura y concentraciones de Oxígeno Disuelto en la estación Fija La Libertad desde 1988 hasta el 2010 y 1464 datos de temperatura y concentraciones de Oxígeno Disuelto en Manta desde 1991 hasta el 2010. Se elaboraron gráficos de distribución en superficie y en la columna de agua, notándose que en las dos estaciones fijas costeras a nivel superficial las concentraciones del oxígeno disuelto son menores al presentarse eventos cálidos, y en especial durante los El Niño extremos como el de 1997-1998; mientras que a nivel subsuperficial, se observa que las concentraciones de Oxígeno Disuelto se profundizan cuando los eventos cálidos se manifiestan en ambas estaciones fijas costeras.

Palabras Claves: Oxígeno Disuelto, Eventos El Niño, Distribución, Estaciones Fijas Costeras.

ABSTRACT

Analysis of parameters chemicals to establish the same trends during the occurrence of climatic events is limited; as a contribution to the knowledge of the behavior of the dissolved oxygen during the events the child. Compares a total of 2282 data of temperature and dissolved oxygen concentrations in the fixed La Libertad station from 1988 to 2010 and 1464 data of temperature and concentrations of dissolved oxygen in blanket from 1991 until 2010. Were developed graphics of distribution on surface and in the water column, noting that the two fixed coastal stations at surface level concentrations of dissolved oxygen are less to be warm, and events particularly during extreme the child as the 1997-1998; While subsurface level, shows that the concentrations of dissolved oxygen deepens when warm events manifest themselves in both

Key Words: fixed coastal stations. Keywords: Dissolved oxygen, El Niño, Fixed coastal stations.

* Tomado de la tesis de grado “Comportamiento del Oxígeno y Micronutrientes en dos Estaciones Costeras La Libertad y Manta, como aporte al Conocimiento del Fenómeno El Niño” presentada el 9 de diciembre del 2011, para la obtención del título de Magister en Administración Ambiental (Unidad de Postgrado.UG)

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Departamento de Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. Email: pcarrillo@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

El Oxígeno Disuelto es uno de los parámetros Hidro-Químicos, indicativos de la salud de un Ecosistema Hídrico, que forma parte de los analitos que se colectan en el monitoreo de las estaciones 10 millas costa afuera, ubicadas frente a las ciudades de La Libertad y Manta.

El oxígeno tiene un comportamiento cíclico en el océano, se encuentra como componente de la atmósfera y llega al mar al disolverse en el agua, de donde lo toman los vegetales y los animales para su respiración. Con las corrientes y el oleaje la cantidad de oxígeno en el agua aumenta, pero los vegetales verdes también contribuyen a incrementar su cantidad, que durante el proceso de fotosíntesis, fijan el carbono y desprenden el oxígeno, como resultado de las reacciones químicas que efectúan, completándose el ciclo del oxígeno en el mar. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua del mar es inversamente proporcional a la profundidad, encontrándose en los grandes fondos marinos áreas carentes de este gas. (Cifuentes y Torres 2003).

ÁREA DE ESTUDIO

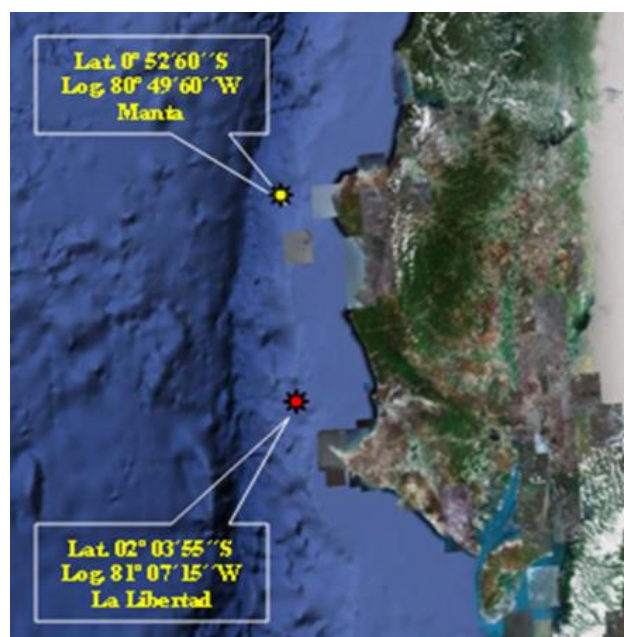


Figura 1: Área de Estudio

La presente investigación se realizó en base a la información obtenida en dos estaciones fijas costeras ecuatorianas, cuya ubicación es 10 millas costa afuera frente a las ciudades de:

- La Libertad Lat. 02°03'55'', Long 81° 07'15''.
- Manta a Lat. 0° 52'60'', Long 80°49'60'', (Figura 1)

En el área de estudio, durante el período lluvioso, las temperaturas elevadas y los valores relativamente altos de precipitación corresponden a un calentamiento del Océano, mientras que las bajas temperaturas y la disminución de lluvias corresponden a un Océano frío. La estación seca por su parte es un resultado de la intensificación de la circulación anticiclónica, lo que a su vez acelera el afloramiento costero, aumentando la intensidad de la corriente de Humboldt y creándose de inmediato una inversión estable en la atmósfera (Moreano, 1983).

(Zambrano 1998), determina la relación existente entre el nivel del mar y la profundización de las isotermas. Para este efecto se simplificó la distribución térmica de la estación costera de La Libertad seleccionando la isoterma de 20°C, por considerarla representativa de la distribución térmica en esta estación costera.

Frecuencia de muestreo. Las estaciones costa afuera de La Libertad y Manta se vienen ejecutando desde diciembre de 1988 y 1991 respectivamente con muestreos cada 30 días, y en los últimos años se realizan en los primeros meses del año cada 15 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los recursos empleados para la realización del presente trabajo fueron:

- Base de datos de los monitoreos en estaciones fijas 10 millas costa afuera en La Libertad y Manta hasta el 2010,
- Programas estadísticos para procesamiento de datos y gráficos.
- Equipos Informáticos.

Metodología de campo: Para la toma de las muestras de agua para oxígeno disuelto, se utiliza una botella Van Dorn, la misma que se lanza de forma manual desde la superficie hasta los 100 m. de profundidad cerrándose a los niveles estándares (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m). A bordo se toman alícuotas de las

diferentes profundidades en botellas para Oxígeno Disuelto de 300 ml.

Metodología de laboratorio: Las muestras de oxígeno disuelto deben ser procesadas lo más rápido posible y su contenido se determina por el método Iodométrico; éste consiste en la oxidación del hidróxido de manganeso por el oxígeno del agua del mar, cuando se les añade ácido; el manganeso oxidado reacciona con yoduro de potasio y pone en libertad una cantidad de yodo equivalente a la cantidad de oxígeno que se titula.

RESULTADOS

ANÁLISIS SUPERFICIAL

Estación Fija La Libertad.

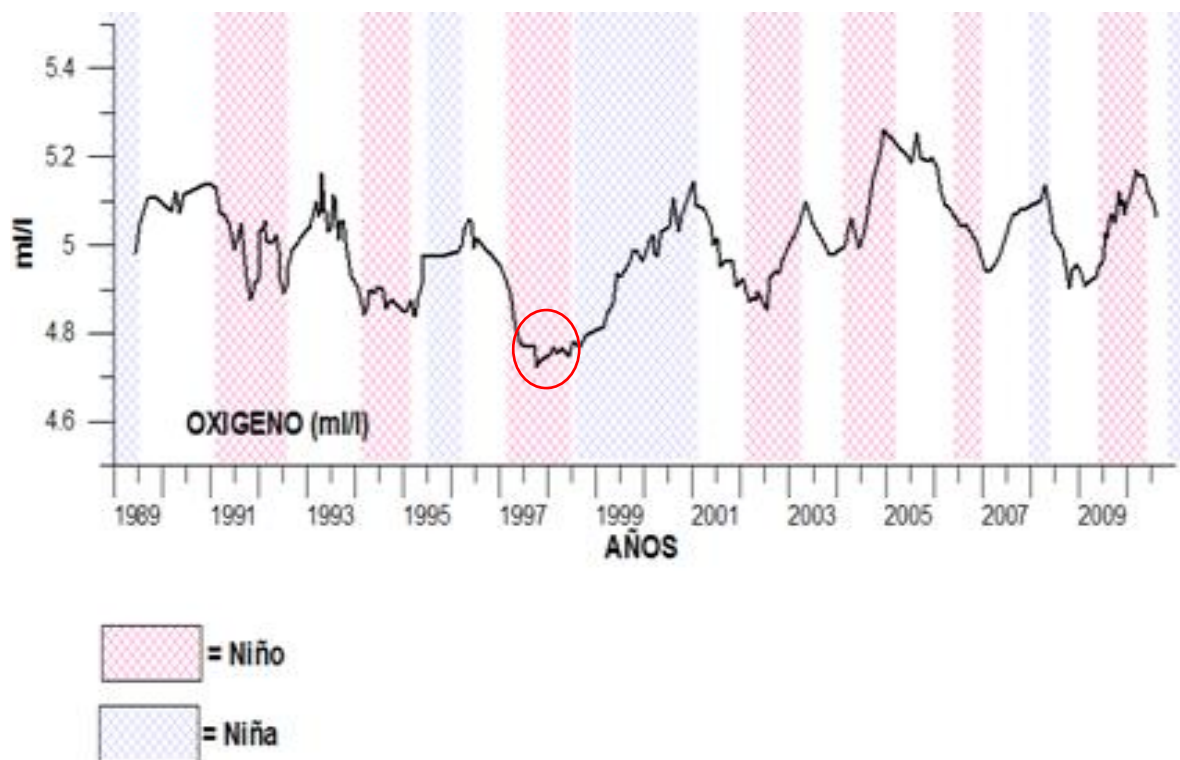


Figura 2. Promedios superficiales de Oxígeno Disuelto Estación Fija La Libertad

Las aguas superficiales más oxigenadas se detectaron en el año 2005 (5.39 ml/l), mientras que las más pobres en oxígeno superficial en el año 1997 (4.73 ml/l), fecha en la que la temperatura superficial presentó el valor más

alto de los últimos 22 años, figura 2. El promedio superficial de la concentración de oxígeno disuelto en los años Niño es de 4.98 ml/l

4.1.1.1. Estación Fija Manta

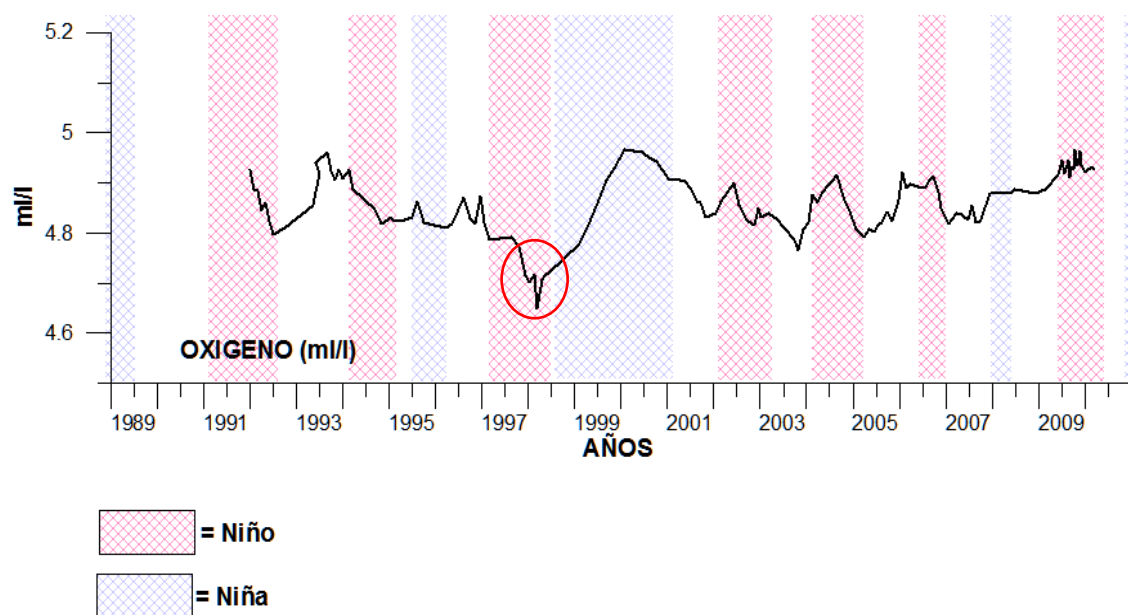


Figura 3: Promedios Superficiales de Oxígeno Disuelto Estación Fija Manta

El oxígeno disuelto a nivel superficial mostró su menor concentración en 1998 (4.52 ml/l), año donde la temperatura presentó su máximo valor a nivel superficial debido a la presencia

de un fuerte evento cálido, figura 3, al igual que sucedió en la estación fija La Libertad. El promedio en todos los eventos El Niño fue 4.95 ml/l, tabla 1.

ANÁLISIS SUBSUPERFICIAL

Estación fija La Libertad

Temperatura

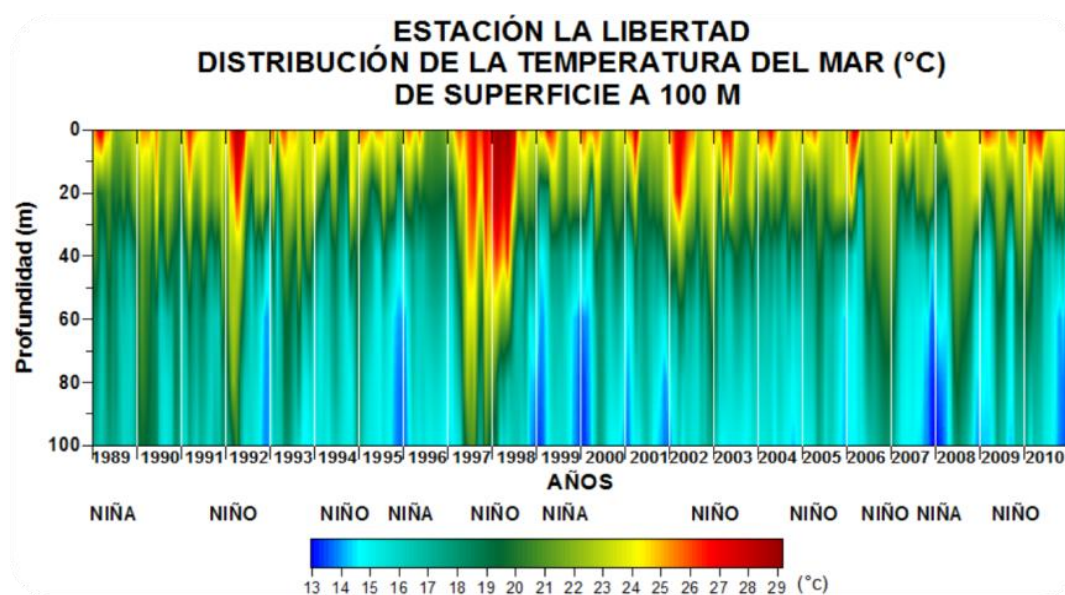


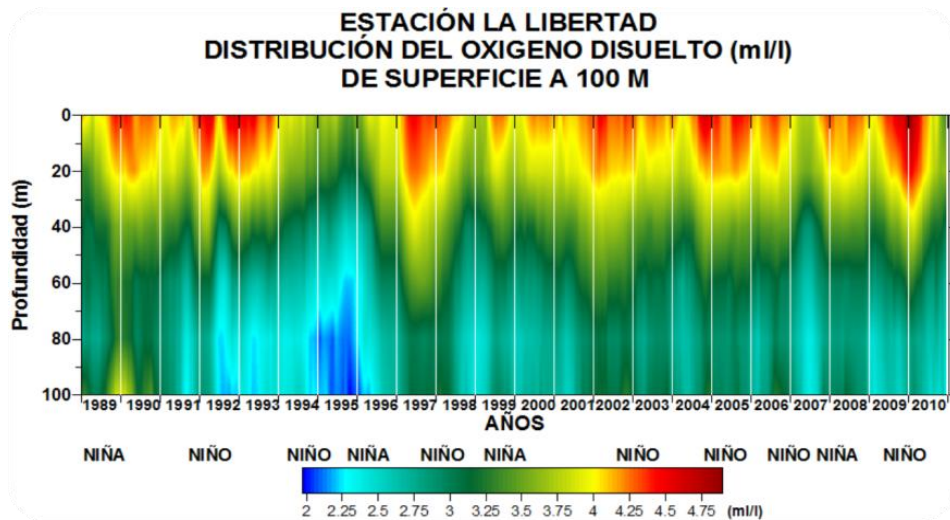
Figura 4. Promedio Subsuperficial de Temperatura Estación Fija La Libertad

En años Niños, los valores de temperatura que por lo general se observan a nivel superficial, se profundizaron, siendo más evidente en 1997 y 1998 evento denominado “Meganiño” (Carbonel 2006). La Isolínea de los 20°C en esta área generalmente oscila entre los 30 a 40 m, se observa el desplazamiento esta hasta un promedio de 75m en años donde se ha

manifestado El Niño, evidenciándose el valor más alto en Octubre del 1997 cuya temperatura fue de 21.96 °C a 100m de profundidad, figura 4. En época fría se aprecia notablemente que temperaturas bajas se encuentran en toda la columna de agua, siendo en el período frío del 2007-2008 donde se aprecian a 100 m promedios de hasta 13°C.

Oxígeno Disuelto:

Figura 5: Distribución subsuperficial Oxígeno disuelto Estación La Libertad



La distribución de la concentración de Oxígeno Disuelto en la columna de agua en la estación fila La Libertad, se puede observar en la figura 5 donde se aprecia que la concentración es inversamente proporcional con la profundidad, siendo mayor en la superficie de la columna de

agua. En los años donde se han presentado eventos El Niño, las mayores concentraciones se profundiza, así en El Niño de 1997 su valor fue de 4.27 ml/l a 40m; mientras en años donde los eventos fríos se manifiestan, la concentración de oxígeno fue menor.

Estación Fija Manta.

Temperatura:

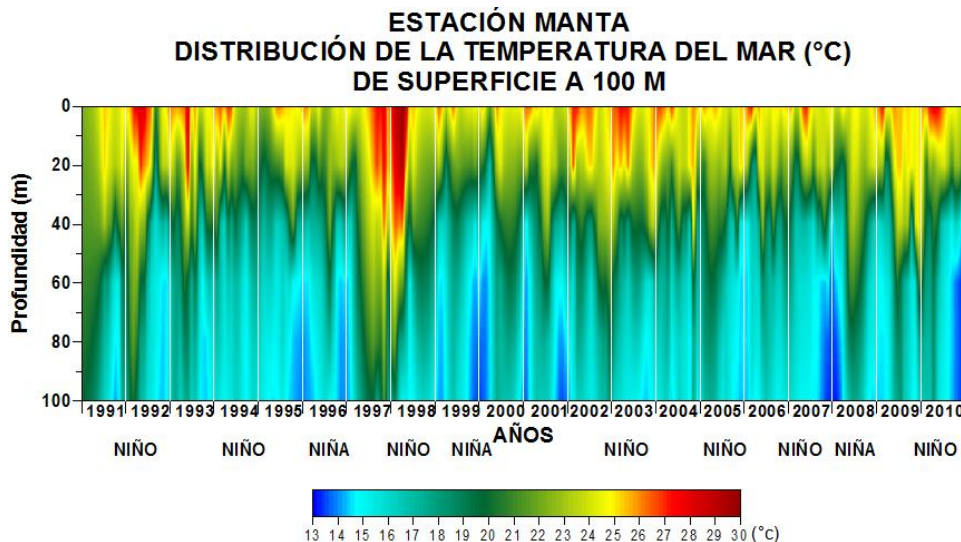


Figura 6. Promedio Subsuperficial de temperatura estación fija Manta

Las temperaturas fueron más elevadas y profundizadas en años donde los eventos El Niño se manifestaron, presentándose en 1998 la máxima de 29.59°C a 0m, figura 6. Al comparar con la figura de la columna de agua en la Estación La Libertad se notó que la distribución es bastante parecida, siendo los

años 1992, 1997- 1998, 2002, 2009, los que presentaron valores más altos y profundizados. La Isolínea de 20°C se profundizó en la estación fija Manta mientras que en La Libertad se presentó a niveles más superficiales.

Oxígeno Disuelto:

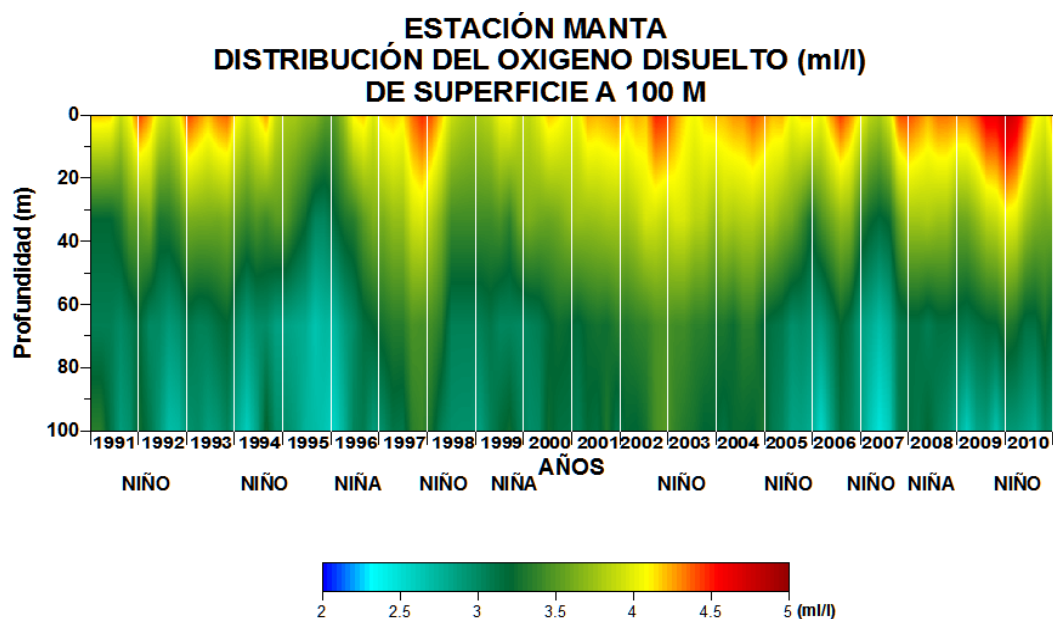


Figura 7. Distribución subsuperficial Oxígeno disuelto Estación Manta

En la figura 7 se aprecia, que en años Niño (1993, 1997, 2002) se obtuvieron concentraciones entre 4 a 5 ml/l profundizándose inclusive hasta los 50 metros aproximadamente, no llegándose a observar la isolínea de 2.5 ml/l sobre todo cuando este evento se manifestó con mayor fuerza. En cambio en la mayoría de épocas frías se detecta una presencia pobre de este parámetro en la columna de agua.

DISCUSIONES

En el análisis del promedio mensual de las concentraciones de Oxígeno Disuelto obtenidos en la estación fija La Libertad durante 22 años y en la estación fija de Manta durante 19 años,

se consideran los promedios de todos los períodos neutros presentados en los años de estudio (línea azul) como una línea base de comparación frente a un período donde se evidenció El Niño más fuerte ocurrido en 1997-1998 (línea fucsia) lo que nos permite aportar lo siguiente:

ESTACIÓN FIJA LA LIBERTAD:

La figura 8 evidencia que la concentración superficial de Oxígeno Disuelto es menor en el mes de agosto 1997, enero 1998 en el evento cálido ocurrido en El Niño 97-98, al ser comparado con el promedio de períodos neutros.

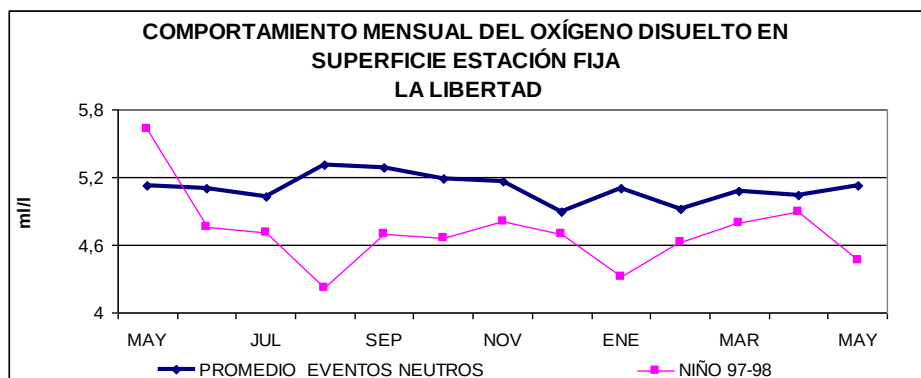


Figura 8. Promedios mensuales de oxígeno disuelto superficial en períodos Neutros vs evento El Niño 97-98 estación fija La Libertad.

ESTACIÓN FIJA MANTA:

La concentración de oxígeno disuelto superficial en el episodio El Niño 97-98 figura 9, es menor al obtenido en períodos neutros a excepción del mes de agosto y octubre del 97. En el mes de enero 98 el registro de oxígeno

disuelto alcanza el valor más bajo, siendo el mes donde la temperatura registrada es la más elevada. Se evidencia además que en el mes de abril de los episodios neutros es donde se registra la concentración más elevada de oxígeno disuelto superficial.

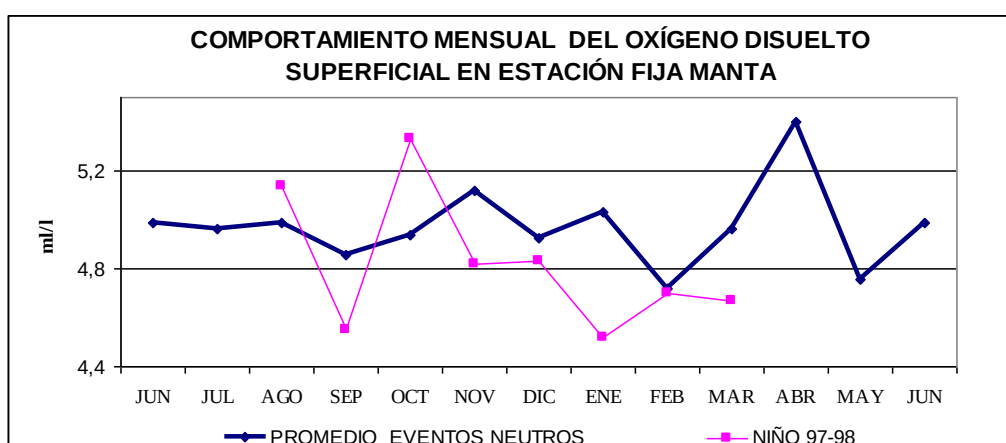


Figura 9. Promedios mensuales de oxígeno disuelto superficial en períodos Neutros vs evento El Niño 97-98 Estación Fija Manta.

Al realizar un estudio comparativo en las dos estaciones fijas, (tabla 1) de los resultados promedios obtenidos en superficie, podemos indicar que:

El promedio superficial del oxígeno disuelto es apenas superior en la estación fija La Libertad con 4.98ml/l, mientras que en la estación fija Manta este parámetro presenta 4.95 ml/l como su promedio superficial, el promedio de El Niño es inferior a la concentración promedio

obtenida en un período Neutro, de manera general el oxígeno disuelto se presenta en mayor concentración en eventos el Niño, a excepción de los meses en que éste fue más extremo, lo cual podría deberse a que al ser el oxígeno un gas pudo haberse liberado a la atmósfera, por encontrarse sometido a la influencia de temperaturas superiores a las que normalmente se presentan en la zona (como las que se presentaron en meses donde El Niño 97-98 se manifestó).

TABLA 1

EVENTO	EL NIÑO			NEUTRO			LA NIÑA		
PROMEDIO SUPERFICIAL	LA LIBERTAD	MANTA	PROMEDIO NIÑO	LA LIBERTAD	MANTA	PROMEDIO NEUTRO	LA LIBERTAD	MANTA	PROMEDIO NIÑA
OXÍGENO DISUELTO (ml/l)	4.98	4.95	4.97	5.12	4.97	5.04	4.94	4.90	4.92

CONCLUSIONES

- Existe una relación entre el comportamiento de la temperatura y el Oxígeno Disuelto, en las dos estaciones fijas monitoreadas, hecho que se evidencia al observar la isolínea de 20°C, concluyendo que en el análisis subsuperficial presenta el mismo comportamiento en cuanto a la profundización o ascenso que la isolínea de 2,5 ml/l del oxígeno disuelto.
- En el análisis superficial del oxígeno disuelto en las dos estaciones fijas costeras, observamos claramente como la concentración de este parámetro son inferiores al manifestarse el evento El Niño 97-98 en comparación con las concentraciones presentadas durante años neutros.
- De la misma manera el oxígeno disuelto presenta mayor concentración en la estación fija La Libertad por la situación geográfica de la misma posee el aporte de vientos y corrientes que incrementan el dinamismo del mar produciéndose mayor turbulencia en las aguas superficiales lo que permite que se mezclen las aguas superficiales con el oxígeno del aire.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a las autoridades del INOCAR que facilitaron la realización del presente artículo.

Mi reconocimiento al Biólogo y Oceanógrafo Eduardo Zambrano por los valiosos aportes, a la MSc. Carmen Palacios, por la guía en la realización del documento.

BIBLIOGRAFÍA

Burgos, L. 2004. *Estudio Temporo Espacial de las condiciones hidroquímicas en el mar ecuatoriano: Valor pronóstico de eventos climático.* Tesis de Doctorado, Universidad de Guayaquil, p.2, 24-28.

Carpel, J. 1999. *“El Niño” y el Sistema climático Terrestre,* Editorial Ariel S.A. p. 138

Carbonel, C. 2006. *El Fenómeno de El Niño, predicción y modelaje.* Instituto Geofísico del Perú. p. 147-149, Consultado el 19 de Agosto 2010. Disponible en <http://www.imarpe.com>

Carrillo, P. 2011. *Comportamiento del Oxígeno y Micronutrientes en dos Estaciones Costeras La Libertad y Manta, como aporte al Conocimiento del Fenómeno El Niño,* Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil. p.9, 53-95.

Cifuentes, J. Torres, M. 2003. *El Océano y sus Recursos II. Las Ciencias del Mar.* México, Segunda Edición, Editorial Fondo de Cultura Económica, p.9, 130- 154.

Garreaud, R. Falvey, M. 2008. *The Coastal winds off Western Subtropical South America in Future Climate Scenarios, International Journal of Climatology,* Tomo 33, p. 18.

Graco, M. Ledesma, J. Flores, G. Girón, M. 2007. *Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la Corriente de Humboldt frente a Perú.* Revista Perú biológico. 14(1), Versión Online ISSN 1727-9933 p. 117-128.

Moreano, H., 1983. *Interacción Océano-Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador.* Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), 2 (I): I-II:

Palacios, C. Burgos, L. 2007. *Estudio Comparativo de la Calidad del agua en el área marino-costera estaciones fijas.* Acta Oceanográfica INOCAR- Ecuador. p. 43.

Torres, G. 2002. *Ecología del fitoplancton en el Mar Ecuatoriano y su relación con el Niño 1991-1992.* Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil. p. 56-62.

Valencia M., y A. Rodríguez 1996. Características químicas de las masas de aguas costeras ecuatorianas en estaciones fijas Península de Santa Elena y Puerto de Manta-Ecuador. 1990-1995. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 8 (1): 29-38.

Zambrano, E., 1986. *El Fenómeno El Niño y la Oscilación del Sur (ENSO),* Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, Tomo 3(1) p.195-201.

Zambrano, E., 1996. El Niño, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, Tomo 8(1) p.110-113.

Zambrano, E., 1998. Un análisis de la Estructura termal de la Estación Costera “La Libertad” y su relación con los Eventos ENOS. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 8 (I): I – 8.

EL TSUNAMI DE CHILE 27-02-2010 Y SU COMPORTAMIENTO EN LAS ZONAS: COSTERA E INSULAR DEL ECUADOR

Hernán Moreano¹
 Patricia Arreaga²
 Jorge Nath³

SUMARIO

La disponibilidad de mareogramas de varios puertos de la costa continental del Ecuador y Galápagos, hizo posible realizar su análisis y entender el comportamiento del tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa nacional y en el archipiélago. En general los mareógrafos de la zona costera reciben la cresta de la primera onda minutos después de la hora pronosticada para la bajamar, cerca de las 08H30R (hora local) de la mañana del día sábado 27, registrándose por lo menos tres ondas de amplitudes que variaron entre 20 y 70 cm y períodos que alcanzaron las 2 horas para posteriormente registrar anomalías con amplitudes y períodos mucho menores respondiendo probablemente a las características propias de cada puerto. En la caleta Aeolian de la Isla Baltra en Galápagos, el evento ocurrió también durante la bajamar con ondas de amplitudes que se acercaron a los 35 cm. al punto que las embarcaciones fondeadas en Puerto Ayora (Santa Cruz) se asentaron sobre el fondo rocoso, mientras que los períodos resultaron en tiempos muy inferiores a los 60 minutos para posteriormente reducirse paulatinamente respondiendo a las características propias de la caleta. Para la noche del siguiente día la mayor parte de los puertos habían alcanzado una condición de estabilidad. Si bien las amplitudes de las ondas se mantuvieron en valores similares, en cambio los períodos fueron más largos en los puertos continentales por lo que el fenómeno no fue tan notorio, lo contrario ocurrió en Galápagos con períodos mucho menores, de manera que las ondas del tsunami prevalecieron sobre la onda de marea, de todas maneras, la población de Puerto Ayora tuvo que ser evacuada con anticipación a las partes altas de la Isla para precautelar por sus vidas.

ABSTRACT

The availability of mareograms from Galapagos and from the continental ports of Ecuador made possible the analysis of them to understand the behavior of the tsunami induced by the giant Chile earthquake in February 27/2010. In general, all tidal gauges of the coastal zone started to register the sea level perturbations minutes after low water predicted near 08H30R (local time) in the morning on February 27. Records shown waves with amplitudes in between 20 and 70 cm. and periods of almost 2 hours and from then on the noise has amplitudes and periods rather shorts, responding may be to local conditions of each port. At caleta Aeolian, Baltra Island, Galapagos, sea level perturbations also occurred at low water with waves closer to 35 cm. amplitude to the point that boats at Puerto Ayora (Academy Bay - Santa Cruz) were seated on the rocky bottom at around 07H30, while periods were less than 60 minutes but later on, perturbations were shorter may be due to local conditions. By midnight, next day, all ports attained a stability condition. If amplitudes were almost similar, periods were longer at the coast and shorter at the Galapagos in a way that the tsunami prevailed on the tidal wave, in any way, an early evacuation to higher ground of the people of Puerto Ayora was necessary to protect their lives.

Palabras clave: Tsunami Chile 2010. Gestión de riesgo de tsunami.

¹ Instituto de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, Centro de Estudios Integrales del Ambiente. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Vía: La Libertad - Santa Elena, La Libertad. hmoreano@gve.satnet.net

² Laboratorio de Tsunamis. Instituto Oceanográfico de la Armada. Avda. de la Marina, Guayaquil. parreaga@inocar.mil.ec

³ Departamento de Hidrografía, Sección Mareas. Instituto Oceanográfico de la Armada, Avda. de La Marina. Guayaquil. jnath@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

Una ruptura de la falla localizada en la fosa Chile - Perú, asociada a la ocurrida en el sismo de 1960 en un proceso de levantamiento de un bloque de corteza de alrededor de 500 - 600 x 130 Km. generó un terremoto gigante y el tsunami asociado que puso en alerta a toda la población costera de la cuenca del pacífico desde las 03H34 de Chile, hora a la que se produjo el evento frente a la costa de Maule, Lat: 35.9 S. y Long: 72.7 W., con magnitud 8.8 (escala Richter modificada), duración > 2 minutos, profundidad de 35 km. (Cienfuegos, 2010) y (Comte, 2010), provocando alrededor de 500 víctimas y considerable daño en el filo costero fundamentalmente por efectos del tsunami que alcanzó alturas de hasta 19 metros medidos en los acantilados, pero los mayores impactos ocurrieron en las pequeñas bahías y desembocaduras de ríos (Ej. Boca del río Maule) que resultó en la completa destrucción de poblados (Lagos, 2010). El sistema de alarma contra tsunamis mantenido por el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC por sus siglas en inglés) permitió alertar a la población costera de la cuenca, de manera que, si bien hubieron daños menores, en cambio no hubo pérdida de vidas, como ocurrió en el tsunami provocado por el terremoto gigante de 1960 ($M_w = 9.5$), año en el que el sistema estaba en su infancia.

Muy poco tiempo después de ocurrido el evento sísmico, la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, emitió el mapa de propagación del tsunami (Fig. 1) que incluía el tiempo de arribo en horas y las amplitudes en centímetros, notándose que para Galápagos era de cerca de 6 horas y 40 cm., mientras que para la costa del Ecuador era de alrededor de 5 horas y 20 cm. respectivamente.

OBJETIVO

En el contexto expuesto, el objetivo del presente trabajo de investigación es analizar los registros de los mareogramas en los sensores instalados en 5 puertos costeros y 2 insulares, para conocer el comportamiento de las ondas del tsunami en ambos sectores y en particular en cada puerto; así como, extraer conclusiones que permitan a la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y a los gobiernos locales adoptar medidas de prevención y mitigación para manejar futuros eventos con el mínimo de víctimas e impactos a la infraestructura.

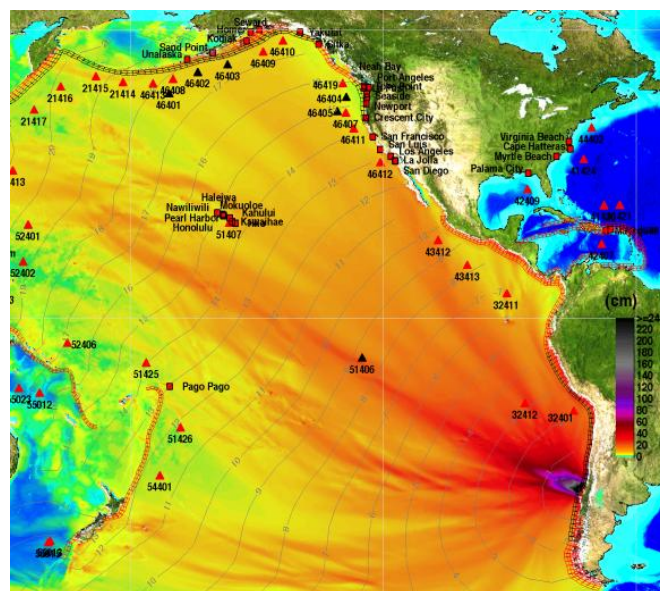


Fig. 1 Mapa de propagación del tsunami emitido por la NOAA el 27 de febrero de 2010. Las líneas grises indican tiempos de arribo y los colores amplitudes de la onda.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) mantiene una red de mareógrafos en la costa continental y comprende aquellos instalados en puertos con salida directa al mar y aquellos en zonas de estuario. Para el primer caso y para fines del análisis se escogieron de norte a sur las localidades de: Esmeraldas, Manta y La Libertad (integra el sistema de alerta internacional) y para el segundo, Bahía

de Caráquez ubicada en el estuario del Río Chone y Puerto Bolívar en el estero Santa Rosa del Archipiélago de Jambelí. Baltra (integra el sistema de alerta internacional) y Santa Cruz

(Puerto Ayora) son los mareógrafos correspondientes a Galápagos. La Tabla 1 resume los detalles de ubicación de los mareógrafos.

Tabla 1. Ubicación de mareógrafos en la costa Continental y Galápagos

PUERTO	LATITUD	LONGITUD	CARTA/ EDICION	OBSERVACIONES
Esmeraldas	00-57-29 N.	079-38-46 W.	IOA-10010/2010	Muelle APE.
Bahía de Caráquez	00-36-26 S.	080-25-22 W.	IOA-1031/2007	Estuario del Río Chone, Muelle Municipio.
Manta	00-55-53 S.	080-43-18 W.	IOA-10401/2008	Muelle APM.
La Libertad	02-13-04 S.	080-54-23 W.	IOA.10520/2008	Muelle SUINLI.
Puerto Bolívar	03-15-35 S.	080-00-05 W.	IOA-10811/2006	Estuario Jambelí, Estero Santa Rosa, Muelle APPB.
Isla Baltra	00-26-06 S.	090-17-06 W.	IOA. 20213/2011	Caleta Aeolian, Muelle Puerto.
Isla Santa Cruz	00-44-48 S.	090-19-00 W.	IOA-20310/2009	Puerto Ayora, Muelle Capitanía.

De cada uno de los registros se restó la marea pronosticada para el 27 de febrero, de manera de disponer solo de la oscilación del tsunami y de los efectos de presión atmosférica, ondas ecuatoriales o costeras atrapadas y de marejadas, los que fueron mínimos o inexistentes, por lo que las ondas obtenidas representan las oscilaciones provocadas por el tsunami. La fase de luna llena ocurrió el 28 de marzo, de manera que la condición de la marea aún no era de sicigia.

ANÁLISIS:

La Tabla 2 resume las horas de arribo, la bajamar para 7 puertos prevista para el 27 de febrero/2010 en la tabla de mareas editada por el INOCAR, las amplitudes y períodos de las ondas generadas por el mega terremoto determinadas desde los mareogramas (Figuras: 2 y 3); de su análisis se establece que el arribo a la costa continental ecuatoriana de la cresta de la primera de por lo menos tres ondas, se produce minutos después de la bajamar; sin embargo, en Bahía de Caráquez y Puerto Bolívar, el arribo se produce minutos antes, en las mismas condiciones de marea.

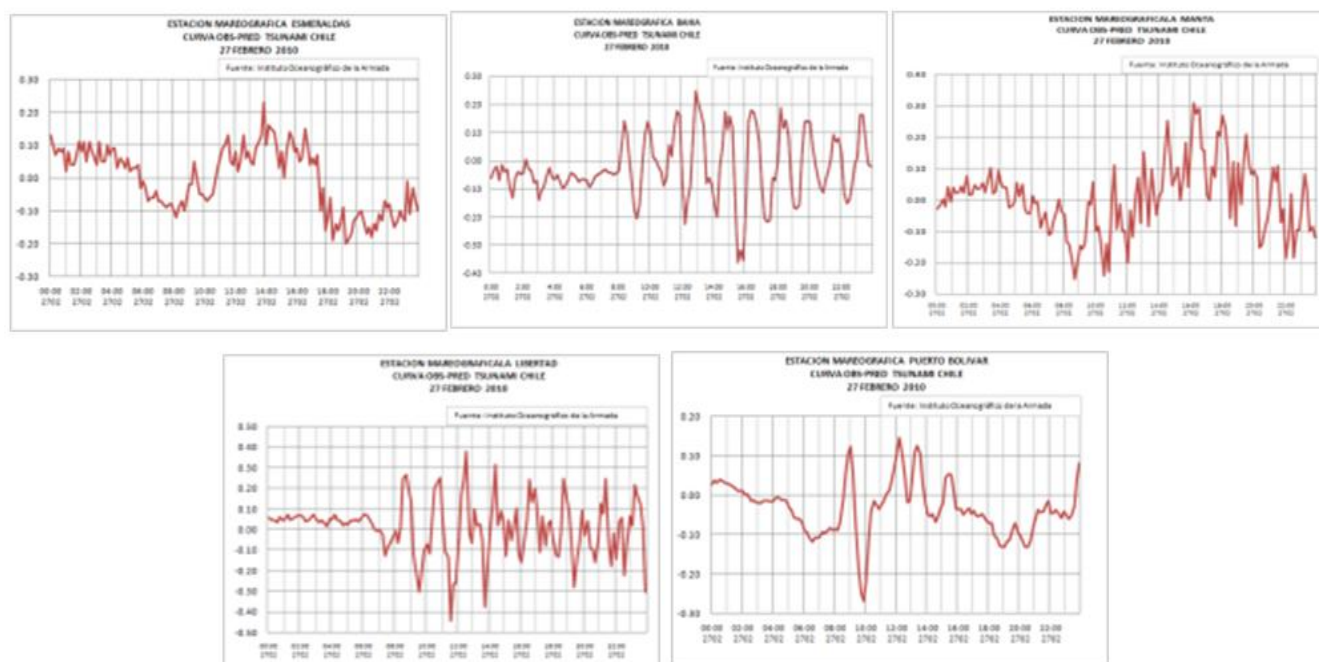
Tabla 2. Detalles del arribo de la onda de tsunami.
PBM: Primera Bajamar (Según Tabla de Mareas), R : Huso Horario 5, S : Huso Horario 6

PUERTO	HORA ARRIBO	HORA PBM	AMPLITUD (cm.)	PERÍODO (min.)
Esmeraldas	09H30 R	08H28	20-30	120
Bahía de Caráquez	08H30 R	08H56	30-50	60-120
Manta	10H00 R	08H35	25-30	90-120
La Libertad	08H50 R	08H38	35-70	120-150
Puerto Bolívar	09H00 R	09H24	35-50	60-110
Isla Baltra	07H00 S	07H28	25-35	30-60
Isla Santa Cruz	07H00 S	07H28	25-35	30-60

Para Galápagos, en cambio, ocurrió a las 07H00S, media hora antes de la bajamar y las ondas mostraron períodos más cortos y amplitudes menores que aquellas registradas en los puertos continentales; sin embargo, al producirse un rápido refluo, flujo y refluo en la hora siguiente, la Bahía Academia frente a Puerto Ayora (Fig. 4) experimentó un rápido retiro del agua, al punto que los yates y embarcaciones menores que fondean en el

puerto se asentaron sobre el fondo rocoso (Tagle, 2010), una tercera onda las desvaró en la hora subsiguiente y a partir de las 09h00S se registran oleajes de períodos y amplitudes más pequeñas resultantes de nuevas ondas de tsunami, de alteraciones locales inducidas por las tres primeras ondas o ambos a la vez. Para la media noche del día siguiente las condiciones de la Bahía Academia retornaron a la normalidad.

Figura 2: Oscilaciones resultantes luego de substraer la marea pronosticada, de manera que, los registros muestran las ondas del tsunami Chile 2010. Las amplitudes y períodos difieren debido a las características de cada puerto. Para los detalles referirse al texto.



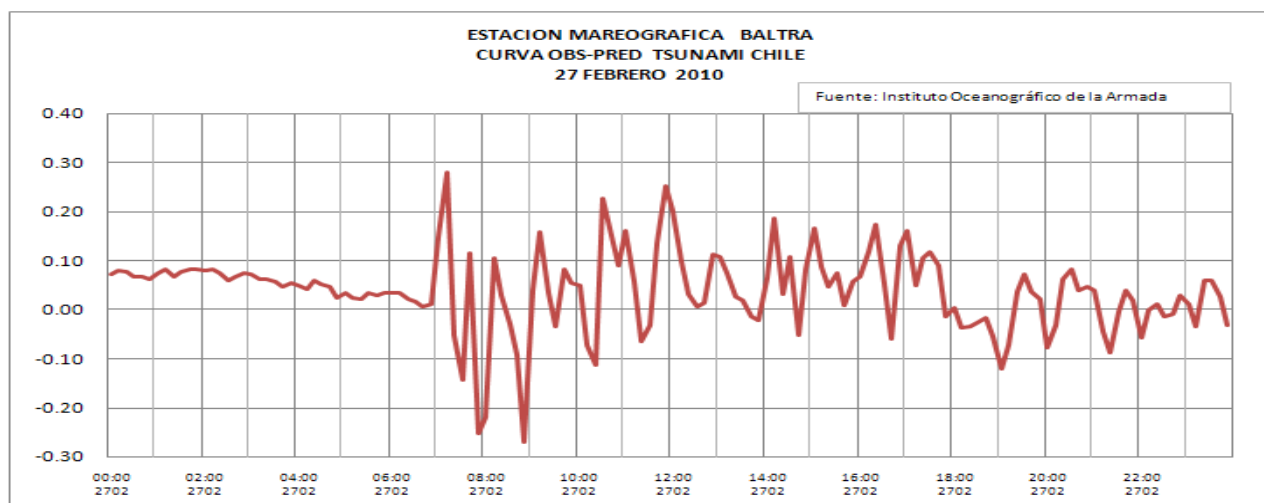
En Puerto Bolívar, el arribo de la cresta de la onda ocurre a las 09H00R, antes de la bajamar pronosticada, con período de cerca de dos horas y amplitud de 35 cm. Pasado el mediodía se registran tres oscilaciones adicionales, pero parecería que las mismos son respuestas de condiciones locales del Estero Santa Rosa e inducidas probablemente por la onda de la mañana. En Bahía de Caráquez, si bien, la onda inicial se registra a las 08H30R con períodos y amplitudes menores, pero se incrementan conforme avanza la mañana y la tarde y en este comportamiento probablemente tiene mucho que ver la propia hidráulica y morfología del estuario.

El registro de la primera onda en Manta ocurre a las 10H00R, es decir, con más de una hora de atraso con respecto a La Libertad y media hora con respecto a Esmeraldas, a pesar

de que los tres puertos registran las tres ondas con períodos largos y amplitudes similares, de manera que la incoherencia en las horas de arribo puede probablemente ser un resultado de los efectos combinados de difracción y refracción que sufre la onda debido al cambio de profundidad, a las características de la costa (Fig. 5) y a la ubicación de los puertos, llegando olas bajas no destructivas a la costa norte (Espinoza, 1990). Manta se localiza en una costa de orientación este-oeste, mientras que La Libertad está en el interior de la Bahía de Santa Elena, por lo que en ambos casos, las ondas provenientes del sur deben hacer un agudo giro antes de llegar a ambos puertos.

Note que el tsunami Chile 1960 provocó ondas en La Libertad con amplitudes de 1.54 m. y 36 minutos de período y ocurrió también en la bajamar (Rizzo, 1977).

Figura 3: Oscilación resultante luego de sustraer la marea pronosticada. Note las amplitudes mayores y los períodos más cortos, así como las oscilaciones en la Caleta Aeolian y Bahía Academia que permanecieron por varias horas. Para los detalles referirse al texto.



Los largos períodos, el valor de las amplitudes y el estado de marea, permitió que la onda de marea prevalezca sobre aquellas del tsunami en los puertos continentales, de manera que, las variaciones del nivel del agua las notó un observador experto, pero para un inexperto el hecho pasó inadvertido. No ocurrió lo mismo en Galápagos, en donde los cortos períodos y el valor de las amplitudes permitieron observar flujos y reflujos más fuertes y el vaciado y

llenado de la Bahía Academia; de todas maneras, la población fue evacuada con anticipación a las partes altas para precautelar por sus vidas. Los yates y embarcaciones varadas sufrieron daños menores y la condición de la marea evitó que se produzcan inundaciones e impactos negativos mayores. En definitiva, en el archipiélago, las ondas del tsunami prevalecieron sobre la onda de marea.

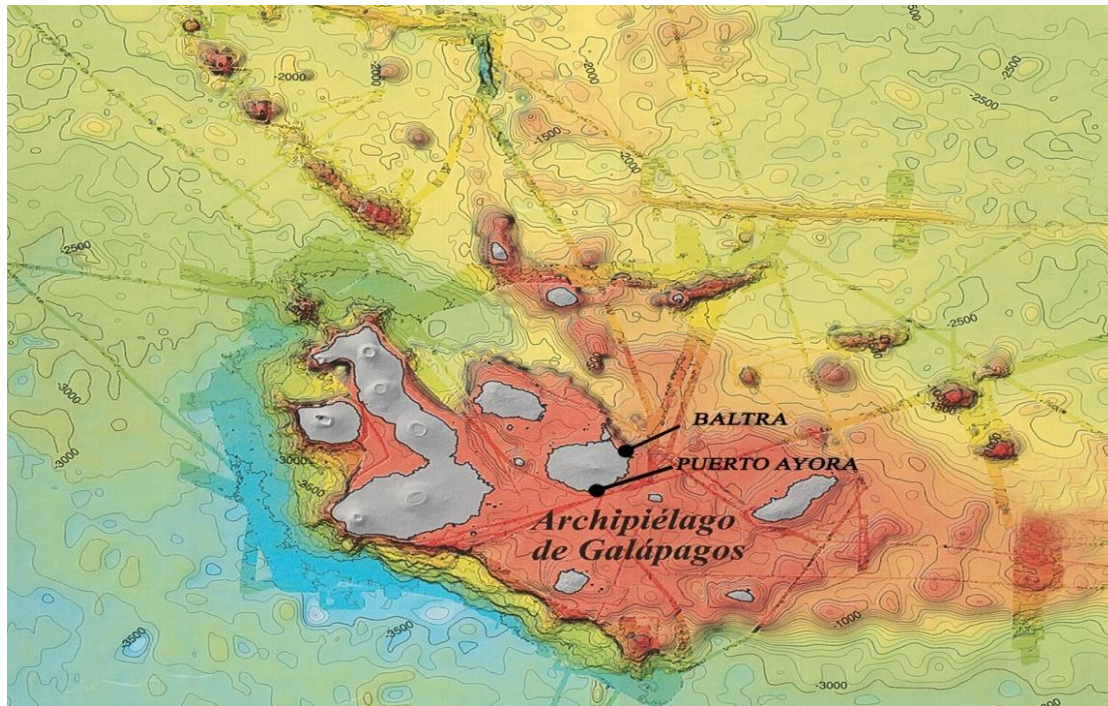


Fig. 4.- Islas, puertos y morfología submarina de Galápagos (Fuente: INOCAR)

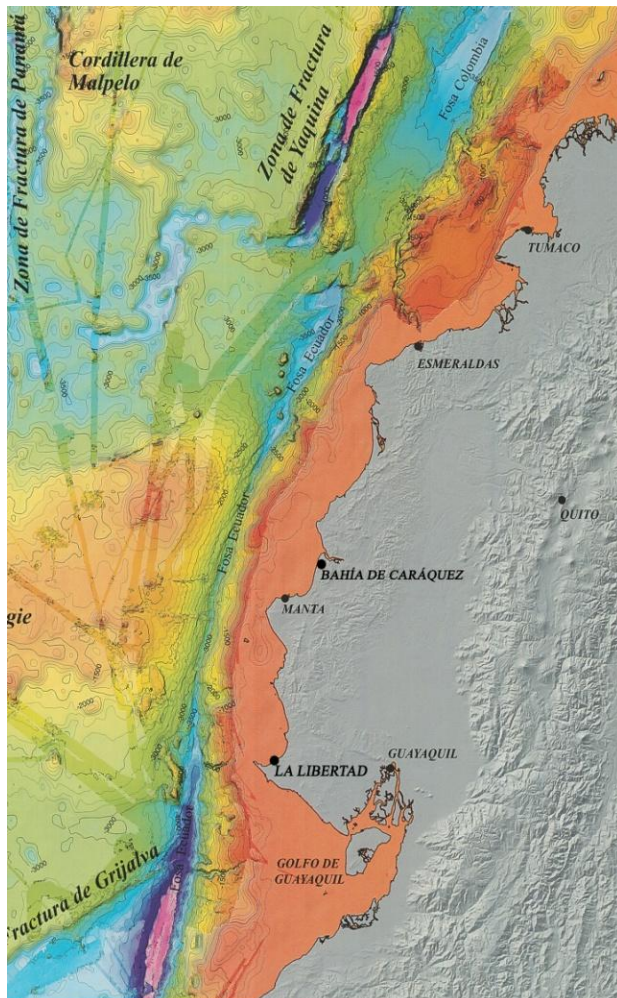


Fig. 5.- Borde costero, puertos, fosa y margen continental del Ecuador (Fuente: INOCAR)

DISCUSIÓN:

Para el Ecuador, las circunstancias del 27 de febrero de 2010 fueron favorables por las siguientes razones:

- ❖ La distancia del epicentro del mega terremoto a la costa continental e insular del Ecuador permitió que la onda del tsunami generado tome entre 5 y 6 horas para su arribo, tiempo suficiente para que las autoridades tomen las medidas de alerta necesarias y en este sentido la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) dispuso la evacuación de la población de Puerto Ayora y los Comités de Operaciones de Emergencia (COE) se mantuvieron pendientes de la evolución del evento en la costa continental.
- ❖ El arribo de las ondas de tsunami poco antes o después de la primera bajamar pronosticada para el sábado 27 fue favorable, por lo que los impactos fueron mínimos (solo se reportaron daños

menores por el varamiento de las embarcaciones en Bahía Academia) e inexistentes en la costa.

Preocupa el posterior comportamiento del nivel del mar en estuarios, bahías, y caletas, ya que el impacto inicial de las ondas de tsunami impulsan otras ondas (ondulaciones secundarias y energía atrapada) que responden a la topografía y a la configuración costera propia de cada sector, que pueden tener impactos significativos para la actividad portuaria o de playa y peor aún si el evento se produce cerca o en la pleamar, por lo que es necesario trabajar en la simulación de aquel a fin de tener una idea más clara de sus consecuencias y en este sentido, el trabajo de Breaker et al. (2011) en la Bahía de Monterrey (California) es un camino a seguir en una forma de mejorar resultados. La transformación del tsunami en una oscilación resonante o seiche (Breaker et al. 2012) es un hecho interesante de analizar.

En el evento del 27 de febrero/2010 se hizo evidente la afirmación hecha por Espinoza (1990) en el sentido de que los tsunamis menos peligrosos son los que se generan en áreas lejanas a las costa ecuatoriana y que los más peligrosos son los generados localmente como aquel de enero 31/1906 ocurrido frente a las costas de Esmeraldas y su epicentro pudo ser la falla transformante de Yaquina o la Cuenca de Manglares (Collot et al. 2009), siendo el sexto terremoto gigante en magnitud registrado en el último siglo.

Si la fosa Chile - Perú y especialmente su sector central ha sido el epicentro de los terremotos gigantes de 1960 ($M_w=9.5$) y de 2010 ($M_w=8.8$), lo son también la fosa de Alaska – Aleutianas epicentro del terremoto, $M_w=9.2$ de 1964 (Ryan, *et. al.* 2012) y las

fosas frente al Japón, las Islas Marianas entre otras, que son el epicentro de terremotos de magnitudes menores y lo propio puede expresarse de la fosa del Ecuador. Este hecho implica que la costa del Ecuador no solo reciba ondas de tsunami provenientes del sur, sino también del norte y oeste, con lo cual el comportamiento de las mismas en los puertos señalados probablemente es distinto y las consecuencias mayores.

La morfología del margen continental, el hot spot y la plataforma de Galápagos, así como la Cordillera Carnegie han sido descritas por Goyes (2009) y Collot (2009). Los epicentros de los sismos cercanos están ubicados en el Graven de Yaquina, en la Fosa Ecuador, en los cañones submarinos del margen Continental y en el Hot Spot, incluyendo aquellas formaciones que pueden generar tsunamis sorpresa como la Roca Redonda que es la cima de un volcán submarino posible de colapsar como lo hizo el volcán Ecuador de la Isla Isabela. El tiempo de arribo del tsunami generado en epicentros cercanos a Galápagos y la costa es inferior a la hora y puede ser más destructivo que aquellos generados en zonas alejadas del área marítima del Ecuador por lo que es necesario trabajar en: Investigación/sistema de alarma y educación/divulgación para actuar correctamente cuando la amenaza se concrete.

CONCLUSIONES:

La localización del epicentro, la magnitud del sismo, el mapa de propagación del tsunami, la ubicación de los puertos nacionales y sus características topográficas son parámetros que influyen en el período y amplitud de la onda, lo que se refleja en los registros analizados.

Es necesario desarrollar simulaciones del comportamiento de las ondas posteriores al

tsunami, en cada uno de los puertos continentales e insulares, ya que en condiciones de marea alta pueden generar tanto o más daño que el propio tsunami. Este es un reto para investigadores de los Centros Académicos y del propio Instituto, con el apoyo de la SNGR y los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD).

Si los tsunamis de Chile en 1960 y 2010 ocurrieron en bajamar, es probable que el próximo sea en la pleamar de sicigia y sería peor si coincide con un nivel del mar más alto asociado a El Niño; entonces, es necesario, en cada puerto y usando mapas topográficos de detalle, evaluar bajo diferentes escenarios el flujo y reflujo del tsunami y sus impactos consecuentes.

El varamiento de los yates en la Bahía Academia es un caso para el debate, pues los patrones o armadores de las embarcaciones tenían la opción de salir a navegar hacia aguas profundas, que en Galápagos están cerca de la costa y que es una forma segura de enfrentar la amenaza; sin embargo, comparando los tiempos entre evacuar a la parte alta y trasladarse a la embarcación desde sus casas, la autoridad de gestión de riesgo local optó por lo primero.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Ing. Jimmy Candell Soto, Rector de la Universidad Estatal Península de Santa Elena y al Sr Capitán de Navío de Estado Mayor Rafael Cabello Peñafiel, Director del Instituto Oceanográfico, por su apoyo incondicional a la investigación como instrumento de generación de conocimiento. A Luis A. Burbano, César Barrionuevo y Jorge Briones del Departamento de Hidrografía del INOCAR por sus oportunas sugerencias y comentarios durante el proceso. A Jorge Espinoza, Consultor Privado

especialista en tsunamis por su apoyo en mejorar el texto de la discusión y a María Caza por su paciencia e invaluable aporte en la diagramación del documento.

REFERENCIAS

Breaker, L., Murty, T., Flora, S. and Hunter, C. (2011). The Response of Monterey Bay to the 2010 Chilean Earthquake. *Journal of Tsunami Society International*. 30(1), 1-23.

Breaker, L., Murty, T., Carrol, D. and Teague, J. (2011). The Response of Monterey Bay to the Great Tohoku Earthquake of 2011. *Journal of Tsunami Society International*. 30(3), 153-162.

Cienfuegos, R. (2010). Observations on morphological changes produced by the impact of the February 27 2010 tsunami along the coastline of V-VI-VII regions. *Chapman Conference of Giant Earthquakes and their Tsunamis, Book of Abstracts*, 18, American Geophysical Union.

Comte, D. (2010). The 2010. Chile earthquake – Variations in the rupture mode. *Chapman Conference of Giant Earthquakes and their Tsunamis, Book of Abstracts*, 20, American Geophysical Union.

Collot, J., Michaud, F., Alvarado, A., Mercailou, B., Sosson, M., Ratzov, G., Migeon, S., Calahorrano, A. and Pazmiño, A. (2009). Visión general de la morfología submarina del margen convergente de Ecuador-Sur de Colombia: Implicaciones sobre la transferencia de masa y la edad de la subducción de la Cordillera de Carnigie. *Geología y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador*. Comisión Nacional del Derecho del Mar. Argudo & Asociados Impresores. Guayaquil. 47-74

Espinoza, J. (1990). Posibles efectos de un tsunami en las costas de la Península de Santa Elena. *Instituto Oceanográfico de la Armada*.

Goyes, P. (1990). Fondos marinos de soberanía y jurisdicción del Ecuador, *Geología y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador*. Comisión Nacional del Derecho del Mar. Guayaquil. 1-8.

Lagos, M. (2010). Magnitude and impact from the 2010 Chilean tsunami. *Chapman Conference of Giant Earthquakes and their*

Tsunamis, Book of Abstracts, 29 *American Geophysical Union*.

Rizzo, P. (1977). Catálogo de tsunamis en la costa ecuatoriana y su región insular. *Instituto Oceanográfico de la Armada*.

Ryan, H., Von Huene, R. and Kirby, S. (2012). Tsunami Hazards to U.S. Coast from Giant Earthquakes in Alaska. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*. 93(19), 185-186.

Tagle, P. (2010). Tsunami en Puerto Ayora. *La Revista* 24, El Universo, 21 de marzo.

VARIABILIDAD ESTACIONAL DEL FITOPLANCTON Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN EL ESTUARIO INTERIOR DE ESMERALDAS DURANTE LOS AÑOS 2004 – 2005*

María Elena Tapia ⁽¹⁾

RESUMEN

Se colectaron y analizaron un total de 96 estaciones distribuidas en cinco áreas de la Provincia de Esmeraldas durante los años 2004 – 2005. Se elaboraron gráficos de las especies (muestras de red de 50 μ) y la relación con los parámetros físicos y químicos.

En la comunidad del fitoplancton presentó una variabilidad en la composición de especies, especialmente en el Terminal Petrolero durante septiembre del 2004 y disminuye en abril del 2005, la mayor densidad poblacional fue para el grupo de diatomeas.

Las principales especies en el ambiente estuarino fueron Climacosphenia monoligera, Pseudo-nitzschia paradoxa, Thalassiotrix frauenfeldii, Terpsinoe musica, Coscinodiscus excentricus.

Las especies representativas en el ambiente marino Navicula tuscua, Climacosphenia monoligera, Lauderia boreales, Coscinodiscus concinnus, Cyclotella menenghiniana.; las mismas que presentaron variabilidad en su distribución, registrando altas concentraciones celulares.

Palabras Claves: Estuario, productividad, contaminación, distribución, especies.

ABSTRACT

Ninety six phytoplankton samples were collected and analyzed in five areas of the Esmeraldas Province during the years 2004-2005. Were elaborated graphic of the (with a net of 50 μ) and the relation with the parameters physical and chemical.

The phytoplankton community showed variability in the composition of species, specially in the Terminal Petrolero, during September of 2004. Later in April of 2005, the high density poblacional it is belonged the diatomns group.

The main species in the estuary environmental were following species Climacosphenia monoligera, Pseudo-nitzschia paradoxa, Thalassiotrix frauenfeldii, Terpsinoe musica, Coscinodiscus excentricus.

The main species in the marine environmental were following species Navicula tuscua, Climacosphenia monoligera, Lauderia boreales, Coscinodiscus concinnus, Cyclotella menenghiniana; Vich ones showed distribution variability, registered high cell of diatomns concentration.

Key Words: Estuary, productivity, contamination, distribution, species.

* Síntesis del Trabajo presentado previo a la obtención del título de Magister. Universidad de Guayaquil- Facultad de Ciencias Naturales durante diciembre de 2010. Guayaquil – Ecuador.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil - Ecuador. Fax: 485166. Email: mtapia@inocar.mil.ec.

INTRODUCCIÓN

El estuario es un cuerpo de agua donde la desembocadura de un río se abre a un ecosistema marino, con una salinidad intermedia entre dulce y salada, en los que la acción de las mareas es un importante regulador biofísico.

Los estuarios y las aguas intercosteras se encuentran entre las aguas más fértiles del mundo, en las que la micro y macro flora mantienen un alto nivel de producción, sustentando una red alimentaria que permite el rápido crecimiento de juveniles de especies de peces, y crustáceos que usan los estuarios como criaderos.

El Ecuador y principalmente su zona costera ha venido soportando en las últimas décadas serios problemas ambientales, como es el deterioro de los recursos naturales y de los suelos provocada por la deforestación, erosión y otros procesos degradantes que están afectando a la capacidad asimilativa de los ecosistemas, y contribuyendo al desempleo, la pobreza, la pérdida de productividad, emigración rural, lo cual agrava los problemas sociales que existen en el país según el Proyecto de Manejo de Recursos Costeros (PMRC, 1993).

Los manglares constituyen uno de los ecosistemas costeros importantes y productivos del planeta. El aporte de materia orgánica por las hojas caídas de los manglares es de magnitud considerable; producida su descomposición, se convierte en la principal fuente de materia nutritiva en forma de detritus y materia orgánica disuelta (Odum, 1971).

Existe una pérdida de manglares, disminución de la pesca, incremento de desechos sólidos, descargas citadinas y contaminación hidrocarbúrica entre otros en el área del río Teatone

y frente al balneario de Las Palmas (Pérez, 1987).

El presente estudio se desarrolló en el estuario del río Esmeraldas conformado por manglares ribereños, estos se encuentran a lo largo del cauce del río Esmeraldas, influenciados por las mareas y el agua salada o salobre. Su distribución de la salinidad depende en buena parte de la topografía local y se correlaciona con la máxima penetración de la cuña de agua salobre.

Algunos ecosistemas marino costeros en la provincia de Esmeraldas desde hace algún tiempo han venido siendo objeto de un paulatino deterioro, debido principalmente a las actividades desarrolladas por el hombre, en búsqueda de un desarrollo y bienestar de la población a través del tiempo.

Esta investigación es una contribución al conocimiento de la ecología del estuario interior y externo de Esmeraldas, los resultados enfocarían las principales áreas y meses de productividad durante la época húmeda y seca.

CONDICIONES AMBIENTALES

Aspectos físicos del estuario.

La fuerte estratificación y los cambios en salinidad y sedimentos en suspensión registrados en el estuario del río Esmeraldas, permiten clasificarlo como un estuario de "Cuña de agua salina" o de tipo 4, con un ingreso de agua oceánica hacia la cabeza del estuario en los meses que corresponden a la época seca. La onda de marea perceptible hasta unos 9 km río-arriba de la boca del estuario, posee un progresivo retardo en la pleamar debido a la fricción lateral y del fondo (Cucalón, 2002).

En el área oceánica, la presencia de un cañón submarino con pendientes entre el 5 y 20% cuya cabecera se encuentra en la misma desembocadura del río Esmeraldas, constituye el principal accidente geológico de la plataforma continental adyacente al Puerto de Esmeraldas.

La presencia de una “pluma de agua dulce” hasta unas 15 millas mar afuera en marzo, 8 millas en junio, y 6 millas en septiembre, es una característica importante que domina la circulación del área oceánica adyacente al estuario del río Esmeraldas.

La circulación en el área oceánica se ve disminuida en general en un 80% con respecto a los valores que alcanzan los flujos en la boca del estuario. Durante la época seca, los flujos superficiales se presentan disminuidos en un 66% en la zona del Terminal Petrolero.

Aspectos químicos del estuario.

Los tipos de contaminación son endémicos en el mar, por ejemplo la contaminación por petróleo, la mayoría de los tipos se origina de las actividades humanas en tierra, siendo la contaminación del mar sólo una etapa dentro de una amplia secuencia (Cucalón, 2002).

Los efectos de contaminación en tierra deben ser atendidos, y la estrategia de control de la contaminación debe empezarse por otros sitios. Además muchas especies pasan algunas fases de su vida en hábitats de aguas continentales así como en aguas marinas. En consecuencia, la estrategia respecto a la contaminación debe ser orientada de tal manera, al considerar el hábitat del hombre en su totalidad.

En la zona estuarina se observaron elevadas concentraciones de níquel, vanadio y zinc, lo que podrían atribuirse al aporte de los diferentes efluentes.

Aspectos biológicos del estuario.

Las condiciones ambientales del estuario del río Esmeraldas no favorecen el desarrollo del fitoplancton, debido a la alta concentración de sedimentos en suspensión, lo que limita la zona eufótica o zona iluminada, aún existiendo suficiente disponibilidad de nutrientes, parecería que existen condiciones de origen antropogénico que están limitando el desarrollo del fitoplancton en el estuario (Jiménez, 2002), esta contaminación orgánica tiene efectos negativos en la productividad primaria del fitoplancton al disminuir la zona eufótica o capa iluminada por la abundante materia orgánica en suspensión del estuario.

Se observó que las diatomeas que se desarrollan en los ríos (diatomeas pennadas), son rápidamente colonizadas por hongos acuáticos, con lo que se altera el ciclo biológico de estas especies que directa o indirectamente determinan el desarrollo de los niveles tróficos superiores.

Al indicarse las condiciones del deterioro ambiental registrado en este estuario, han originado que los recursos pesqueros del estuario propiamente dicho han sido seriamente afectados, con poblaciones dominantes y casi monoespecíficas, que se encuentran alterando todo el ecosistema.

ÁREA DE ESTUDIO

Los monitoreos se efectuaron en cinco áreas de Esmeraldas, con un total de 96 estaciones distribuidas en 24 estaciones marinas y estuarinas con una periodicidad bianual durante abril (2004-2005) y septiembre (2004-2005), utilizando para los muestreos las lanchas de la Armada del Ecuador. El Programa PEI-INOCAR (Programa estratégico institucional), inició monitoreos semestrales

costeros y estuarinos, sobre los primeros niveles tróficos.

El área en estudio está definida en 2 ecosistemas bien marcados, el primero sus estaciones están localizadas en un ecosistema

de agua dulce y con una ligera intrusión de agua salina que tiene mayor influencia en la época seca, que está conformado principalmente por el río Esmeraldas y con el aporte continuo del río Teaone, (Figura 1).

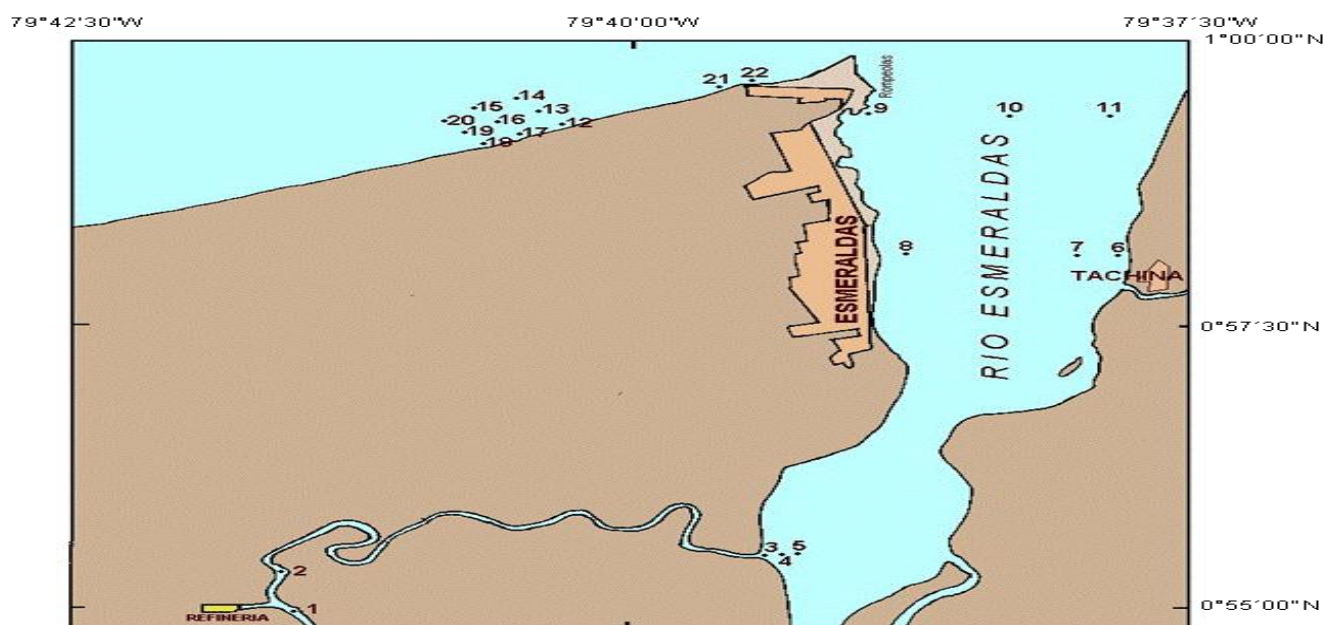


Figura 1. Ubicación del área de estudio y estaciones de los muestreos realizados en los años 2004 - 2005.

El segundo ecosistema está circunscrito en la zona marino costera cuyas estaciones están ubicadas en el área del Terminal Petrolero

(TEPRE), frente al balneario de Las Palmas y Atacames.

Tabla 1. Posición geográfica de las cinco áreas de estudio.

ÁREAS	ESTACIONES	COORDENADAS
Río Teaone	1 y 2	1°00'06"N - 79°39'20"S
Río Esmeraldas(Bocana)	3 a 11	0°55'27"N - 79°39'24"S
Terminal Petrolero	12 a 20	0°59'48"N - 79°40'00"S
Balneario Las Palmas	21 y 22	1°01'34"N - 79°39'54"S
Atacames	23 y 24	0° 52'45"N - 79°50'25" S

Situadas a 2 millas de la costa y en áreas cercanas al estuario interior de Esmeraldas, las estaciones están influenciadas por la Corriente de Panamá, las masas de aguas cálidas tropicales superficiales provenientes del norte con temperaturas mayores de 25° C, comienzan a fines de diciembre hasta abril asociados a un período de lluvias (invierno).

Cabe mencionar que el caudal del río Teaone es bajo y con una profundidad durante la época húmeda de 0.80 cms y en época seca de 0.50 cms, donde fue imposible muestrear con la embarcación, para el efecto los muestreos físicos, químicos y biológicos fueron realizados ingresando a pie hacia el centro del río, y para el lance de la red se recorrió a lo largo del río durante un período de 10 minutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información colectada por INOCAR en los muestreos bianuales de las cinco áreas mencionadas anteriormente, a bordo de embarcaciones dotadas generalmente de ecosondas y GPS para determinar la posición geográfica en cada estación muestreada.

En cada salida se colectaron muestras de agua con botellas Van Dorn (de 5 Litros), para análisis de contajes celulares a nivel superficial, un CTD- SEABIRD para Oceanografía Física (temperatura y salinidad). Los muestreos del fitoplancton fueron obtenidos mediante arrastres superficiales con red cilindro cónica simple WP- 2 con las siguientes características: La abertura de la boca de la red tiene 0.30 cm de diámetro, la malla de la red tiene 1 m de longitud y una abertura de malla de 50 micras.

Contajes celulares en muestras de agua.

Las muestras para contajes celulares, se efectuaron con el método de Uthermohl a nivel superficial. Las muestras obtenidas, fueron fijadas con solución de lugol, las cuales fueron

homogeneizadas, posteriormente se colocaron en cámaras de sedimentación de 25 ml por un período de 24 horas y examinadas en un microscopio invertido a 400 X de magnificación.

Mediante formulación los datos son convertidos en cél/l. Para la sistemática del fitoplancton, las células se identificaron a nivel de especies.

Muestreos con red de fitoplancton.

Se realizaron análisis cualitativo y semi-cuantitativo, de la variabilidad porcentual de especies del fitoplancton correspondientes a un total de 96 muestras. Las colectas se realizaron con arrastres superficiales con la red cónica simple de 50 micras de poro, por 10 minutos con una velocidad de la embarcación de 2 nudos. Las muestras fueron fijadas con formol al 4% previamente neutralizado con bórax.

De las muestras obtenidas se colocaron 2 gotas debidamente homogeneizadas, colocadas en un portaobjeto y sobrepuesto un cubreobjeto de 24 X 24 mm, en un microscopio binocular, recorriendo toda el área del cubreobjeto.

RESULTADOS

Distribución superficial de contajes celulares: Esmeraldas 2004.

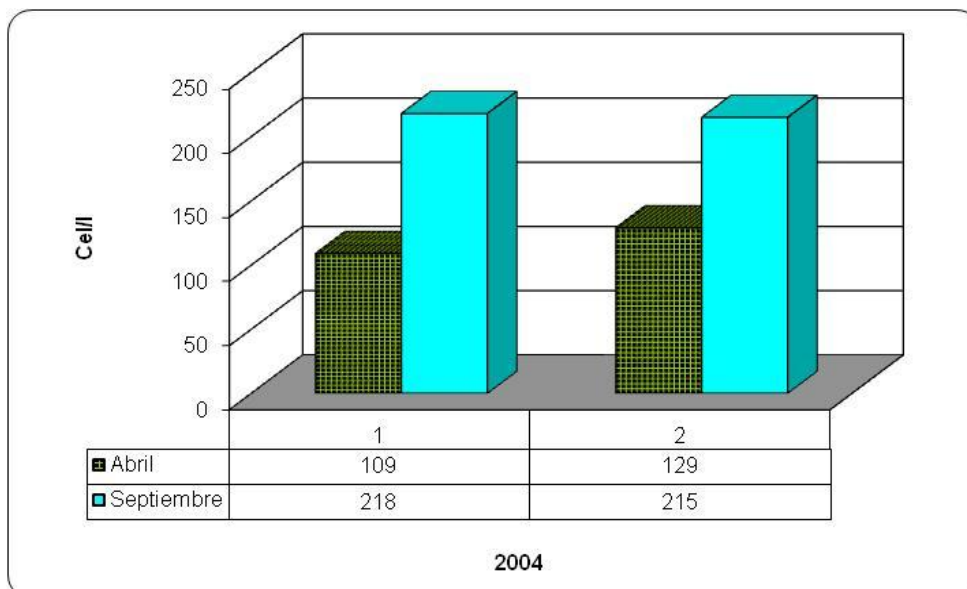


Figura 2.
Distribución superficial de la Biomasa celular en el río Teaone Esmeraldas, durante el año 2004.

Río Teaone: En abril se registró un total de 220 cél/l, observándose bajas concentraciones celulares con rangos entre 109 - 111 cél/l localizadas en las estaciones 1-2 respec-

tivamente. Mientras en septiembre se observó un ligero incremento con un total de 498 cél/l con rangos entre 280-218 cél/l localizadas en las estaciones 1-2 respectivamente, (Figura 2).

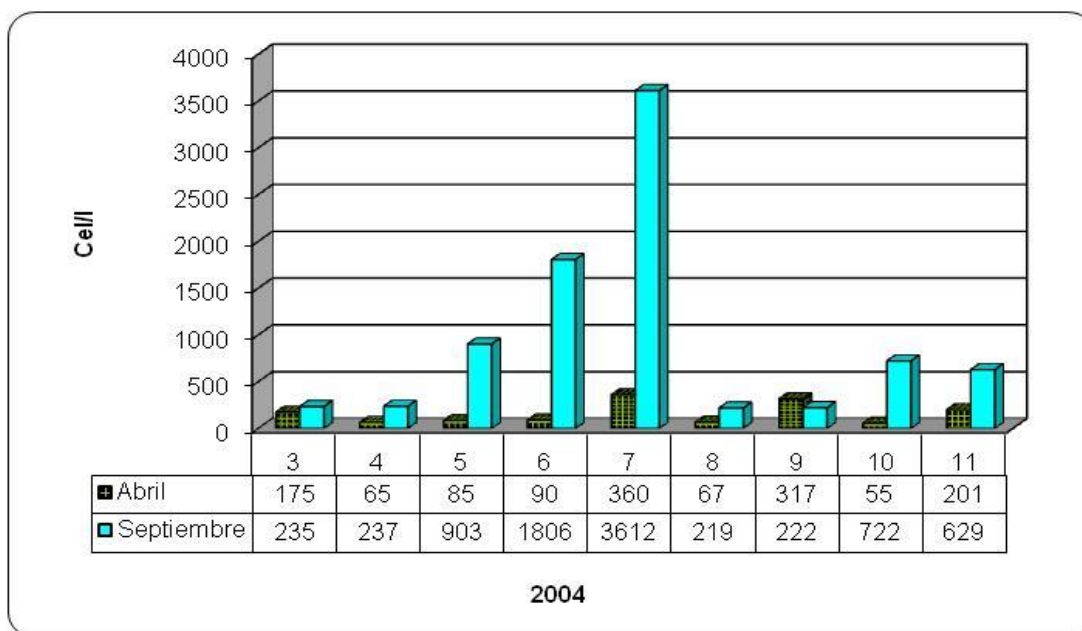


Figura 3. Distribución superficial de la Biomasa celular en el río Esmeraldas, durante el año 2004.

Río Esmeraldas (Bocana): En abril se registró un total de 1217 cél/l, observándose moderadas concentraciones celulares con rangos entre 266-360 cél/l localizadas en las estaciones 7 y 11. Mientras en septiembre se observó un ligero incremento con un total de 1708 cél/l,

localizados en las estaciones 6-7 respectivamente. Las menores concentraciones se registraron en abril con rangos entre 75-85 cél/l localizadas en las estaciones 3- 4 respectivamente, (Figura 3).

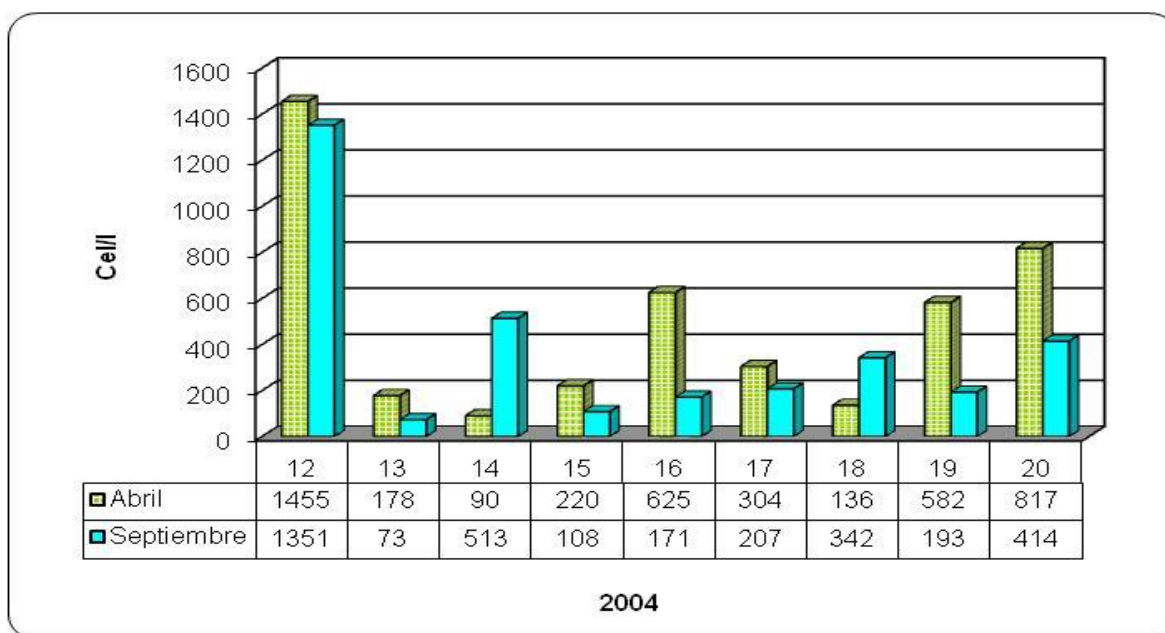


Figura 4. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Terminal Petrolero, durante el año 2004.

Terminal Petrolero: En abril se registró un total de 3248 cél/l, observándose la mayor concentración celular de toda el área en estudio localizada en la estación 20. Mientras en septiembre se observó una ligera disminución

con un total de 1937 cél/l, localizado en la estación 18. La menor concentración se registró en abril con 90 cél/l localizada en la estación 14, (Figura 4).

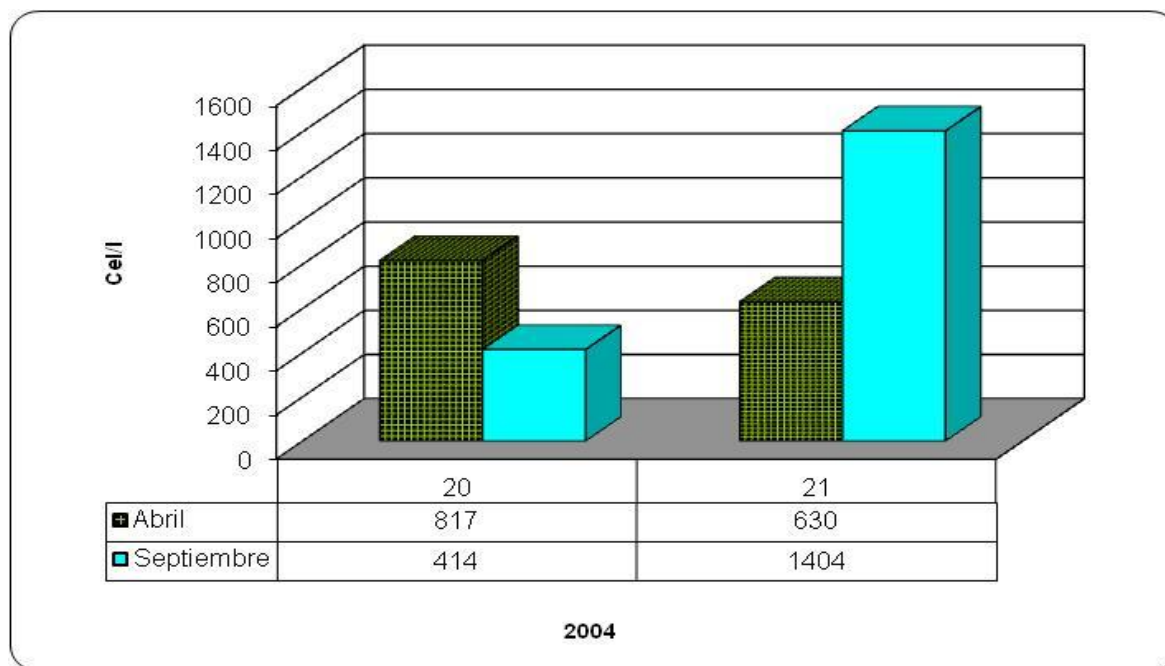


Figura 5. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Balneario Las Palmas, durante el año 2004.

Balneario Las Palmas: En abril se registró un total de 1250 cél/l, observándose moderadas concentraciones en las estaciones 21-22 con rangos entre 630-817 cél/l. Mientras en

septiembre se observó un total de 816 cél/l, observándose concentraciones entre 414 - 1404 cél/l en las estaciones 21-22 respectivamente, (Figura 5).

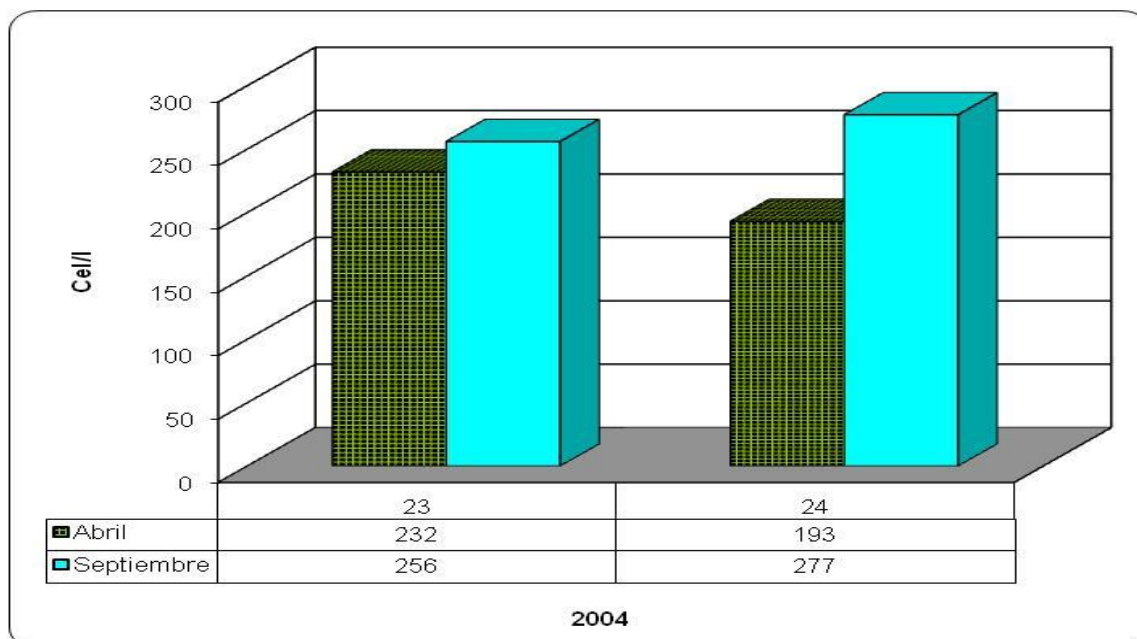


Figura 6. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Balneario Las Palmas, durante el año 2004.

Atacames: En abril se encontró un total de 561 cél/l, observándose una escasa concentración de 232 cél/l localizada en la estación 23. Mientras en septiembre se observó un total de 490 cél/l, observándose un ligero incremento en la estación 24 con 277 cél/l. La menor concentración se registró en abril con 193 cél/l localizada en la estación 24, (Figura 6).

ANÁLISIS EN PORCENTAJES DE MUESTRAS DE RED EN ESMERALDAS DURANTE ABRIL DE 2004.

Río Teane: En abril las especies dominantes en porcentajes fueron: *Pseudo-nitzschia plana*

87,61%, *Climacosphenia monoligera*, 2,87%, *Coscinodiscus excentricus* 2,16%, *Pseudo-nitzschia sp* 1,24%, *Bacteriastrum hyalinum* 1,08% y otras especies que alcanzaron el 5%. Estas especies habitan en agua dulce y estuarina. Con temperaturas entre 30.5° C; salinidad de 0 UPS. Se registraron un total de 29 especies distribuidas en 22 diatomeas, 5 dinoflagelados, 2 cianobacterias, (Figura 7).

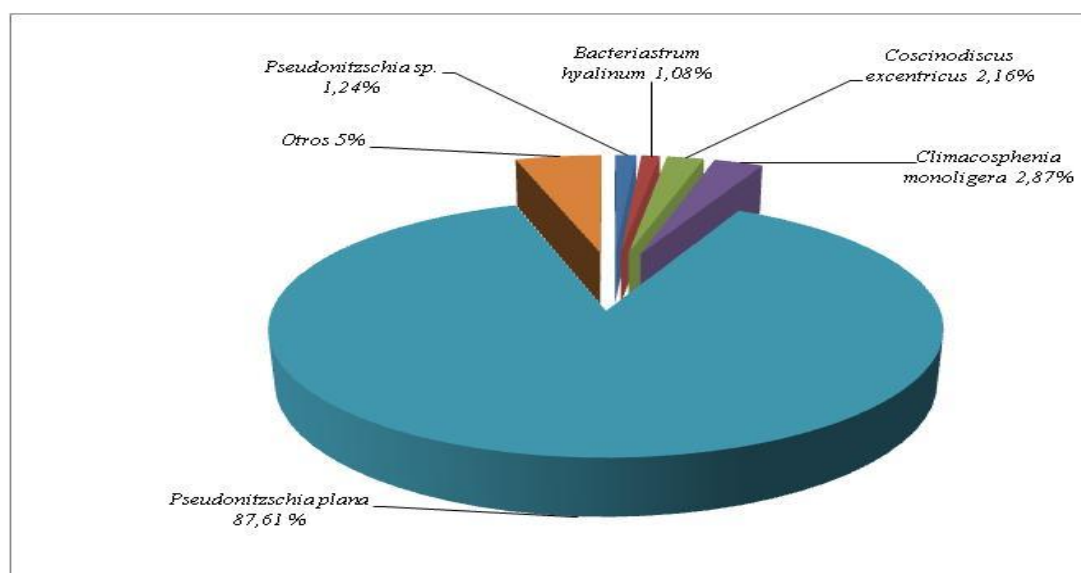


Figura 7. Porcentaje del fitoplancton en el río Teane, durante abril de 2004.

Río Esmeraldas (Bocana): En abril las especies dominantes en porcentajes fueron: *Chaetoceros affinis* (53,51%), *Ch. curvisetus* 23,16%, *Thalassiotrix frauenfeldi* 9,58%, *Coscinodiscus excentricus* 2,94%, *Skeletonema costatum* 2,22%, *Bacteriastrum hyalinum* 1,15% y otras especies que alcanzaron el 7,44%. Estas especies que habitan en agua

marina y estuarina. Con temperaturas entre 30.1-30.5° C; salinidad de 0.4 -2.4 UPS. Se registraron un total de 75 especies distribuidas en 57 diatomeas, 14 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, 2 cianobacterias, dentro del microzooplankton se observó 1 tintinnido, (Figura 8).

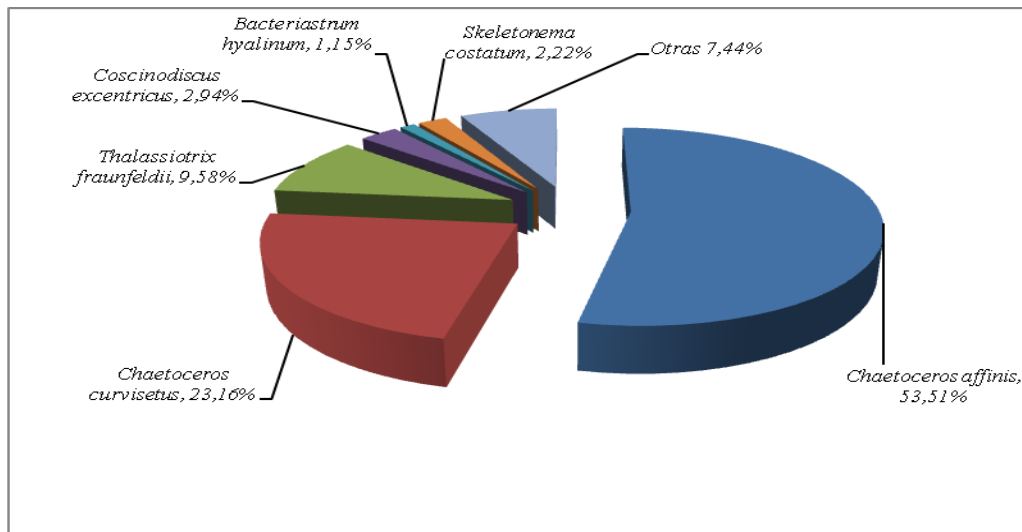


figura 8. Porcentaje del fitoplancton en el río Esmeraldas, durante abril de 2004.

Terminal Petrolero: En abril las especies dominantes fueron: *Chaetoceros curvisetus* 20,77%, *Ch.affinis* 15,93%, *Bacteriastrum hyalinum* 7,67%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 7,58%, *Ch. cinctus* 6,34%, *Bacteriastrum sp.* 5,46%, *T. mediterránea* 3,35%, *Coscinodiscus excentricus* 3,31%, *Ditylum brightwellii* 2,72%, *C. lineatus* 2,62%, *Skeletonema costatum* 2,60%, *Rhizosolenia hebetata* 1,57% y otras

especies que alcanzaron el 13%. Estas especies que habitan en agua nerítica y oceánica. Con temperaturas entre 26.8-27.9° C; salinidad de 33.4-33.9 UPS. Se registraron un total de 83 especies distribuidas en 55 diatomeas, 23 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, dentro del microzooplancton se observaron 3 tintinnidos, (Figura 9).

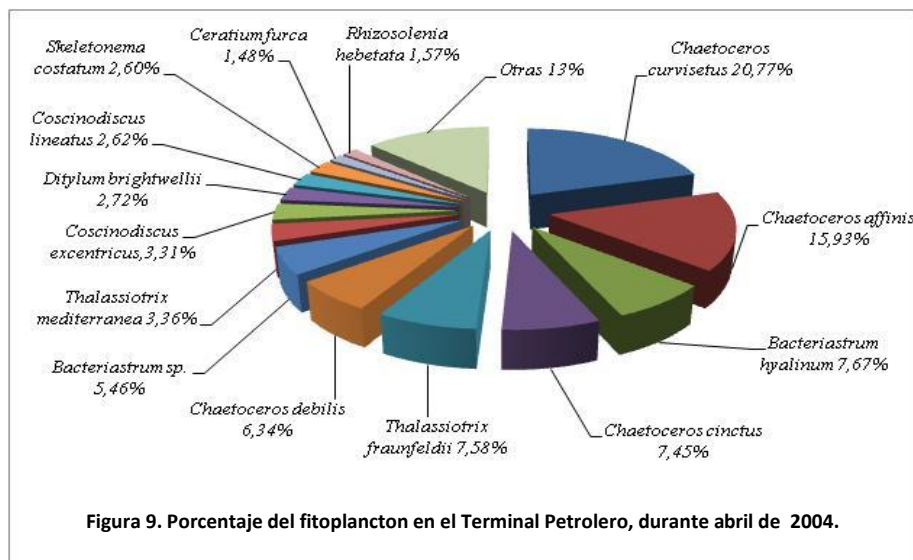


Figura 9. Porcentaje del fitoplancton en el Terminal Petrolero, durante abril de 2004.

Balneario Las Palmas: En abril las especies dominantes fueron: *Chaetoceros debilis* 31,76%, *Ch. cinctus* 26,15%, *Bacteriastrum sp* 11,94%, *Thalassiotrix mediterránea* 9,98%. Entre los dinoflagelados *Ceratium fusus* 5,13%, *Biddulphia alternans* 4,29%, *Rhizosolenia setigera* 2,87%, *Coscinodiscus lineatus* 2,42%,

Stephanophyxis palmeriana 1,55%. Estas especies que habitan en aguas neríticas. Con temperaturas entre 26.8° C; salinidad de 33.4 UPS. Se registraron un total de 45 especies distribuidas en 31 diatomeas, 12 dinoflagelados, dentro del microzooplancton se observaron 2 tintinnidos, (Figura 10).

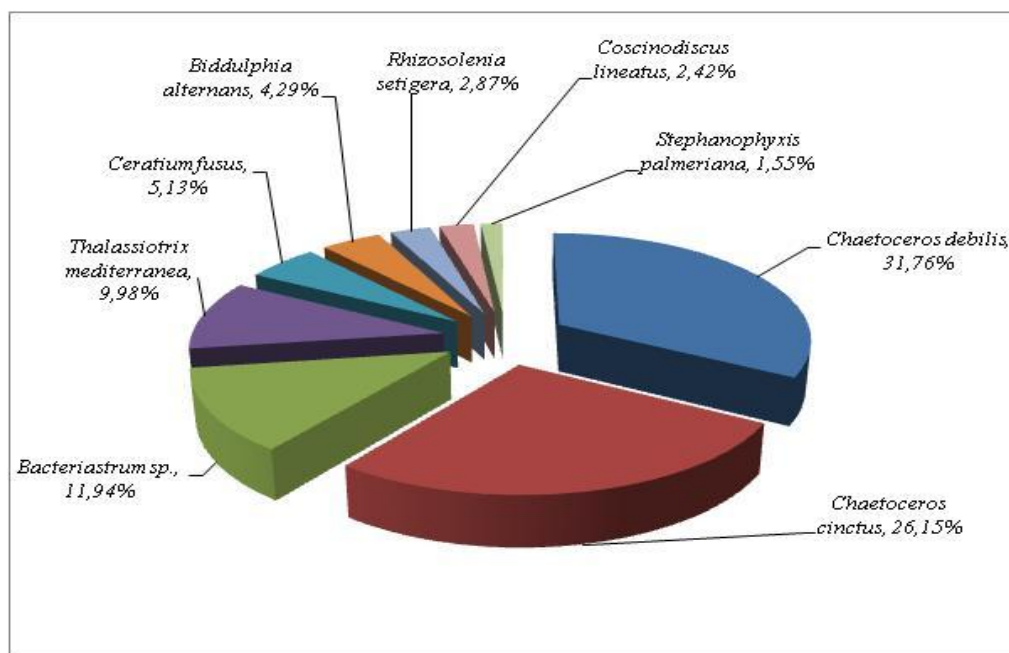


Figura 10. Porcentaje del fitoplancton en el Balneario Las Palmas, durante abril de 2004.

Atacames: En abril las especies dominantes fueron: *Stephanopyxis palmeriana*, 57,55%, *Cocconeis sp* 12,06, *Licmophora flabellata* 3,87%, *Cyclotella sp*, 3,44%, *Rhizosolenia calcar avis* 3,44%, *R. hialina* 3,01% *Pseudonitzschia paradoxa* 1,72%, *P. recta* 1,72 % y

otras especies que alcanzaron el 13%, habitan en agua nerítica y oceánica. Con temperaturas entre 26.4-26.5° C; salinidad de 33.8 UPS. Se registraron un total de 27 diatomeas, (Figura 11).

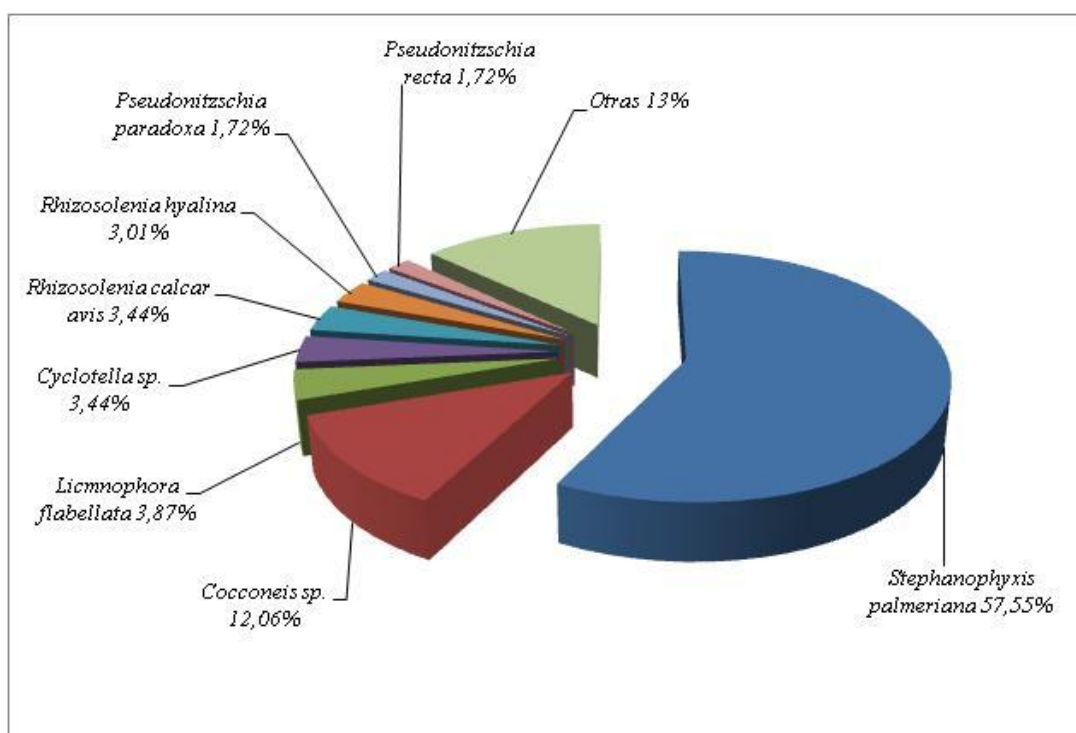


Figura 11. Porcentaje del fitoplancton en Atacames, durante abril de 2004

La composición zooplanctónica para el mes de abril estuvo representada por una abundancia relativa de Larvas de decápodos, copépodos, zoeas de brachiuras, cladóceros. En la categoría de accesorios se encuentran el grupo de larvas de peces y quetognatos.

Dentro de la categoría de accidentales se encuentran los grupos zooplanctónicos: ostrácodos, huevos de peces, así también se registraron los grupos zooplanctónicos nauplios de cirripedios, megalopas de brachiuras, anfípodos y larvas de poliquetos que juntos alcanzaron una baja abundancia relativa. Adicionalmente se reporta la presencia inusual en las muestras de zooplancton estadios larvales de insectos.

ANÁLISIS EN PORCENTAJES DE MUESTRAS DE RED EN ESMERALDAS DURANTE SEPTIEMBRE DE 2004.

Río Teane: En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Oscillatoria nigro-viridis* 17,44%, *Pseudo-nitzschia longissima*, 10,73%, *Amphora alata* 6,37%, *Biddulphia mobiliensis* 5,32%, *Melosira italica* 5,03%, *Cyclotella meneghiniana* 5,32%, *Climacosphenia monoligera* 5,03% *Skeletonema costatum* 4,02%, *Coscinodiscus excentricus* 3,35%. Estas especies que habitan en agua dulce y estuarina. Con temperaturas entre 28.6-29.6° C; salinidad de 0 UPS. Se registraron un total de 30 especies distribuidas en 19 diatomeas, 5 dinoflagelados, 4 cianobacterias, 2 clorophyta, (Figura 12).

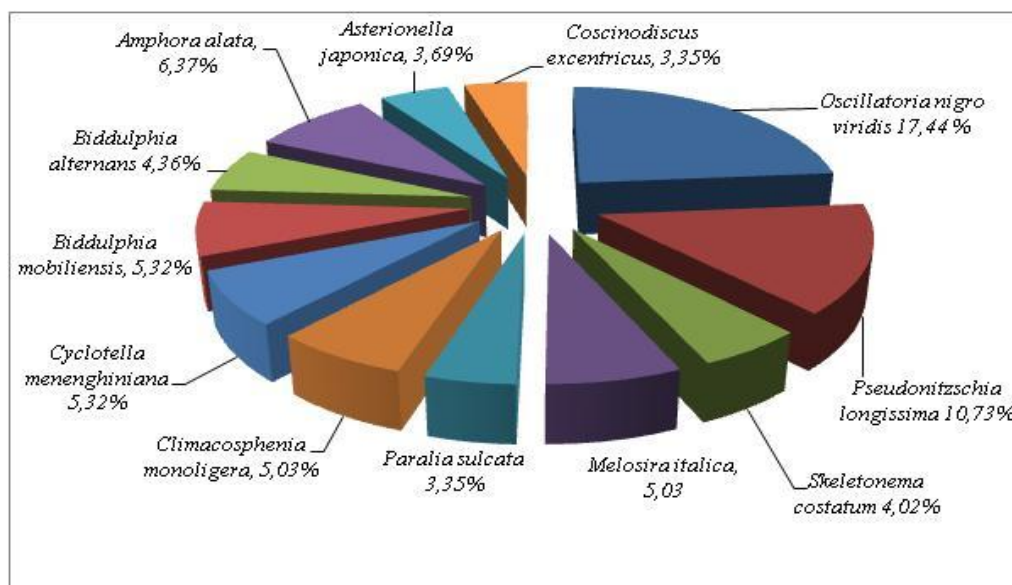


Figura 12. Porcentaje del fitoplancton en el río Teane, durante septiembre de 2004.

Río Esmeraldas (Bocana): En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Chaetoceros compressus* 20,84%, *Cyclotella meneghiniana* 14,3%, *Pseudo-nitzschia closterium* 14,6%, *Melosira itálica* 10,19%, *Ch. laevis* 9,8%, *Lithodesmiun undulatum* 5,26%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 5%, *Biddulphia sinensis* 1,84% y otras especies que alcanzaron el 7,9%. Estas

especies que habitan en agua estuarina y marina. Con temperaturas entre 26.5-27.6° C; salinidad de 0.7-32.6 UPS.

Se registraron un total de 98 especies distribuidas en 76 diatomeas, 16 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, dentro del microzooplancton se observaron 2 tintinnidos, (Figura 13).

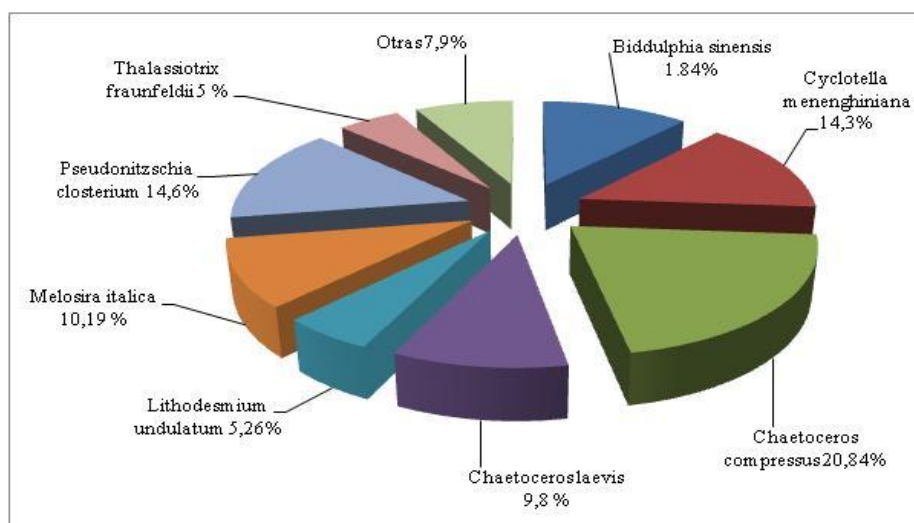


Figura 13. Porcentaje del fitoplancton en el río Esmeraldas, durante septiembre de 2004.

Terminal Petrolero: En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Skeletonema costatum* 26,26%, *Chaetoceros affinis* 26,3%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 7,39%, *Rhizosolenia imbricata* 7,35%, *Dactyosolen mediterranea* 6,56%, *Ch. curvisetus* 4,13%, *Biddulphia sinensis* 3,07%, *Ch. laevis* 2,15% y otras especies que alcanzaron el 13,6%. Estas especies que habitan en agua nerítica y oceánica. Con

temperaturas entre 26.3-27.4° C; salinidad de 33.4-33.8 UPS.

Se registraron un total de 112 especies distribuidas en 72 diatomeas, 31 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 2 cianobacterias, 2 clorophytas, dentro del micro-zooplancton se observaron 3 tintinnidos, (Figura 14).

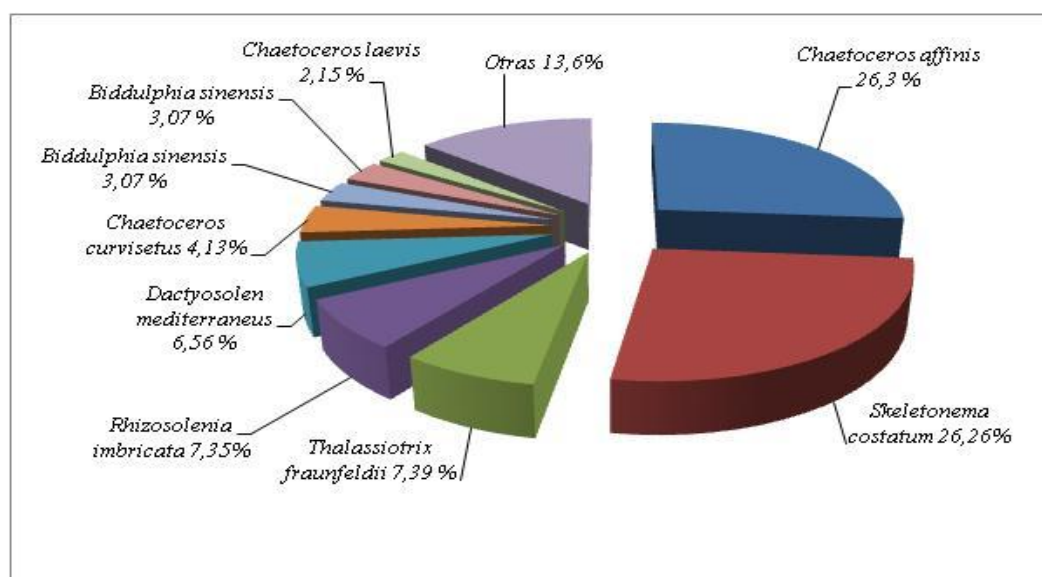


Figura 14. Porcentaje del fitoplancton en el Terminal Petrolero, durante septiembre de 2004.

Balneario Las Palmas: En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Skeletonema costatum*, 16,91%, *Chaetoceros curvisetus* 13,92%, *Ch. vistulae*, 10,46%, *Ch. affinis* 9,06%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 8,6%, *Corethron criophyllum* 8,6%, *Rhizosolenia imbricata* 4,53% y otras especies que alcanzaron el 6,52%. Estas

especies que habitan en aguas neríticas. Con temperaturas entre 26.8° C; salinidad de 33.4 UPS.

Se registraron un total de 79 especies distribuidas en 58 diatomeas, 16 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, 2 cianobacterias, 2 clorophytas, (Figura 15).

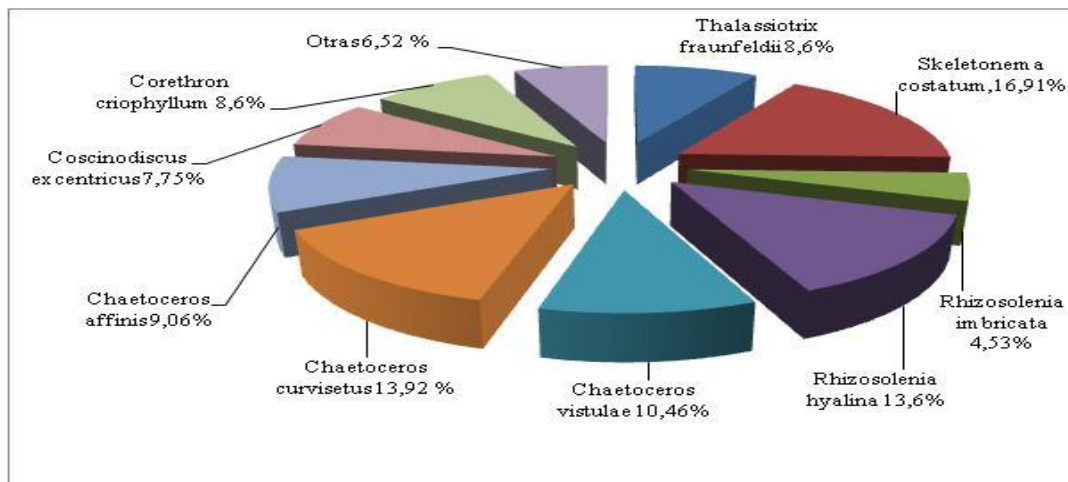


Figura 15. Porcentaje del fitoplancton en el Balneario Las Palmas, durante septbre de 2004.

Atacames: En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Ceratium macroceros* 51,6%, *Rhizosolenia setigera* 27,36%, *Pseudoeunotia doliolus* 7,33%, *Pyxidicula cruciata* 4,33%, *Chaetoceros debilis* 3,33%, *Biddulphia sinensis* 3%, especies que habitan en agua nerítica y

oceánica. Con temperaturas entre 26.4 - 26.5° C; salinidad de 33.8 UPS.

Se registraron un total de 25 especies distribuidas en 18 diatomeas, 7 dinoflagelados, (Figura 16

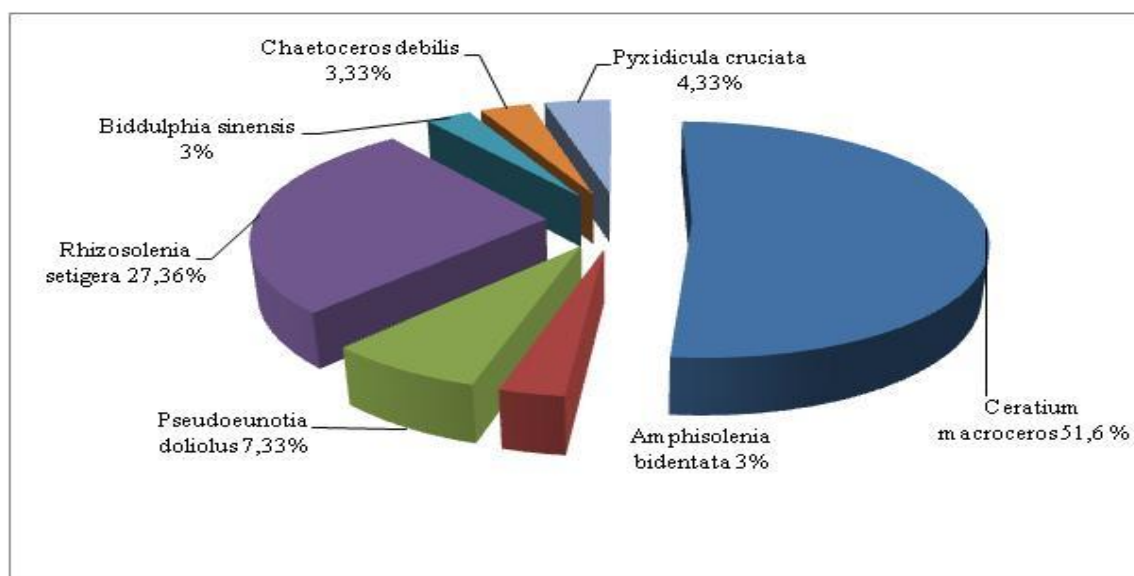


Figura 16. Porcentaje del fitoplancton en Atacames, durante septiembre de 2004.

Diversidad en muestras de red en Esmeraldas durante el 2004.

El índice de biodiversidad de Shannon y Weaver basados en el estudio fueron: diversidad, riqueza y uniformidad. El índice de diversidad específica se determinó basándose en la fórmula de Diversidad de Shannon-Weaver (1964) detallado en la siguiente fórmula: $H = -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$

Cuando $p_i = 1$, p_i representa la probabilidad de ocurrencia de cada una de las especies, en bits/individuo.

La riqueza de población fue determinada aplicando la siguiente manera:

S = Sumatoria del número de especies (n_i) encontradas.

El índice de uniformidad de la población se lo obtiene aplicando la siguiente fórmula: $E = + (-\sum(p_i \cdot \ln(p_i)) / \ln(n_i))$.

Los valores inferiores a 2.0 son considerados zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Shannon y Weaver, 1964).

Río Teaone: En abril se determinó una menor diversidad con valores de H : 1.04 asociado a un valor de uniformidad de 0.31 bits; mientras que la mayor diversidad fue en septiembre con H : 3.00 bits.

Río Esmeraldas (Bocana): En abril se determinó una menor diversidad con valores

de H : 1.59 asociado a un valor de uniformidad de 0.37; mientras que la mayor diversidad fue en septiembre con H : 2.40 bits y un valor de uniformidad de 0.52 bits.

Terminal Petrolero: En abril se determinó una mayor diversidad con valores de H : 2.75 bits asociado a un valor de uniformidad de 0.62; mientras que la menor diversidad fue en septiembre con H : 2.46 bits y un valor de uniformidad de 0.52 bits.

Balneario Las Palmas: En abril se determinó una menor diversidad con valores de H : 1.90 asociado a un valor de uniformidad de 0.50 bits; mientras que la mayor diversidad fue en septiembre con H : 2.48 bits asociado a un valor de uniformidad de 0.57 bits.

Atacames: En abril se determinó una menor diversidad con valores de H : 1.80 asociado a un valor de uniformidad de 0.55; mientras que en septiembre se observó una diversidad similar con H : 1.80 bits y un valor de uniformidad de 0.56 bits.

Distribución superficial de contajes celulares: Esmeraldas 2005.

Río Teaone: En abril se registró un total de 365 cél/l con rangos entre 167-198 cél/l localizadas en las estaciones 1-2 respectivamente. Mientras en septiembre se observó un ligero incremento de 159 cél/l en las estaciones 1-2 respectivamente, (Figura 17).

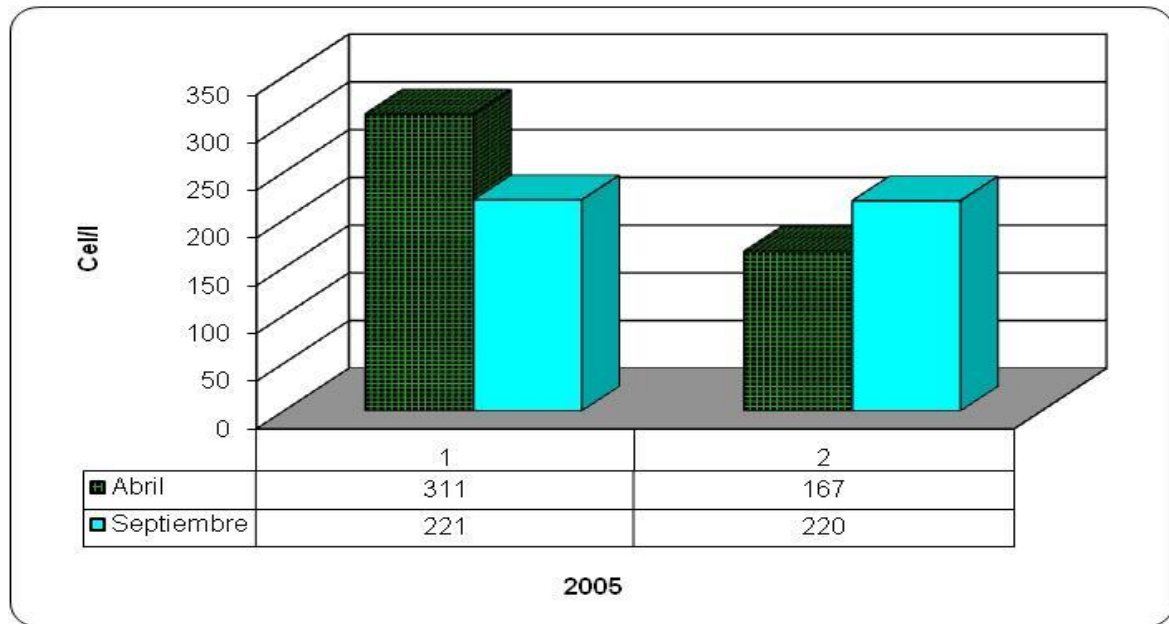


Figura 17. Distribución superficial de la Biomasa celular en el río Teaone Esmeraldas, durante el año 2005.

Río Esmeraldas (Bocana): En abril se registró un total de 955 cél/l con rangos entre 188-478 cél/l localizadas en las estaciones 3 y 12. Mientras en septiembre se observó la mayor biomasa celular dentro del área en estudio con

un total de 4008 cél/l localizadas en las estaciones 7-8 con rangos entre 1397-1941 cél/l respectivamente. La menor concentración se registró en septiembre con 38 cél/l localizada en la estación 10, (Figura 18).

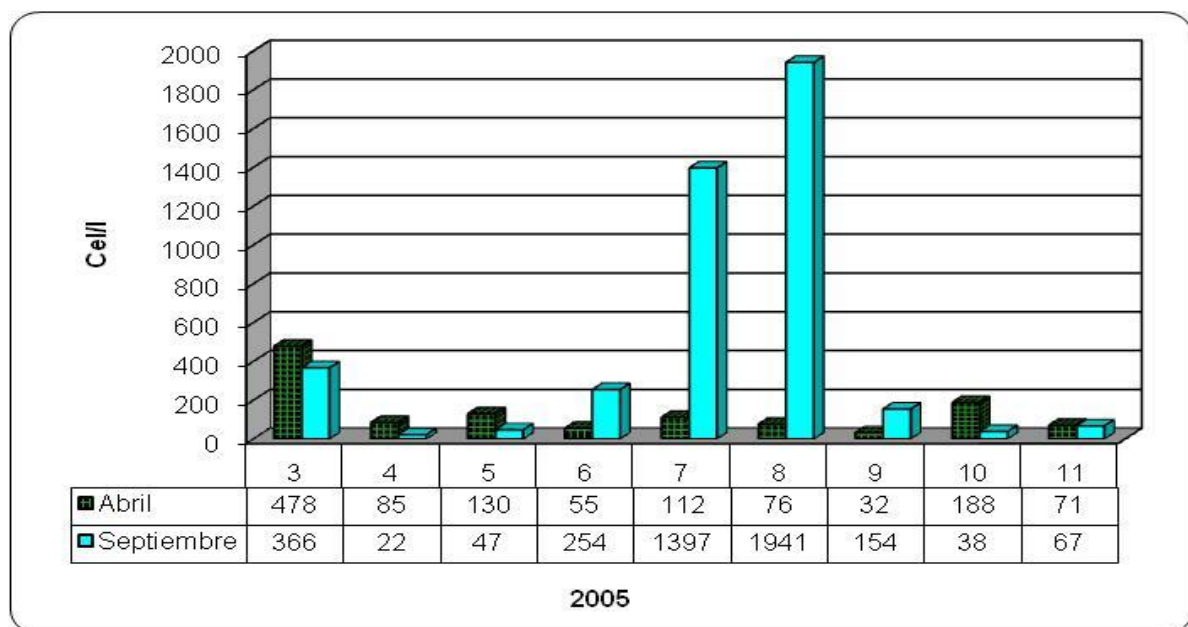


Figura 18. Distribución superficial de la Biomasa celular en el río Esmeraldas, durante el año 2005.

Terminal Petrolero: En abril se observó un total de 1343 cél/l con rangos entre 281-461 cél/l localizadas en las estaciones 16 y 18. Mientras en septiembre se observó un total de 1052 cél/l con rangos entre 170- 270 cél/l

localizadas en las estaciones 12 y 13. La menor concentración celular se registró en septiembre con 27 cel/l situada en la estación 15, (Figura 19).

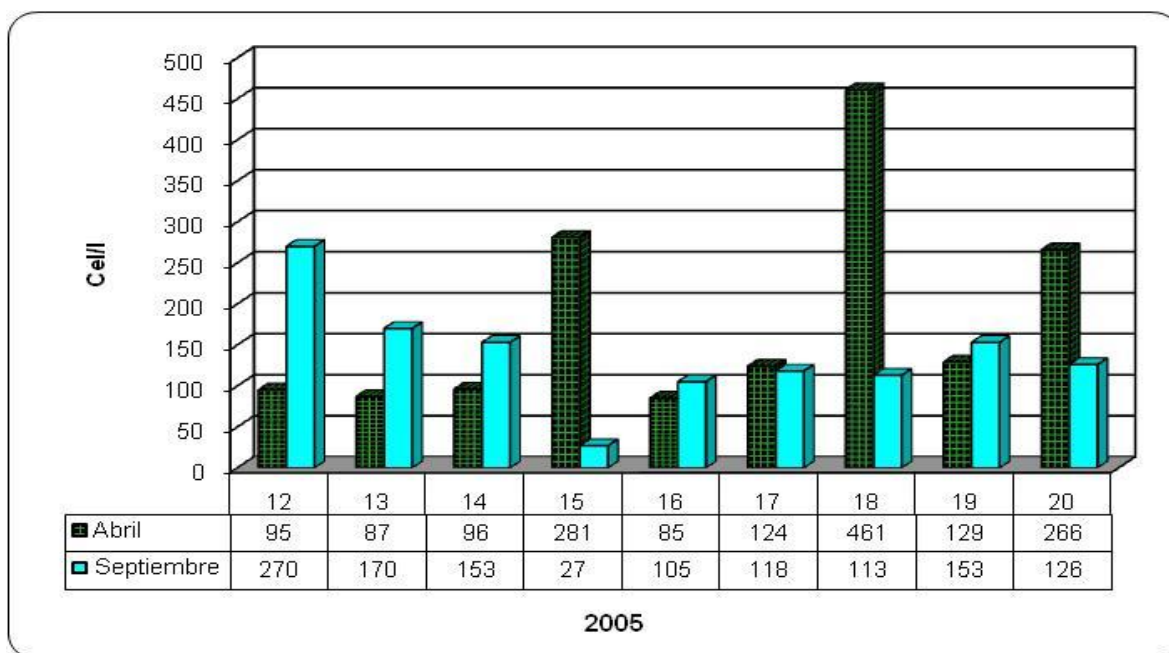


Figura 19. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Terminal Petrolero, durante el año 2005.

Balneario Las Palmas: En abril se registró un total de 488 cél/l con rangos entre 257-266 localizadas en las estaciones 21 y 22. Mientras en septiembre se registró una disminución

celular con 181 cél/l localizadas en las estaciones 21 y 22. La menor concentración se registró en septiembre con 111 cel/l localizada en la estación 21, (Figura 20).

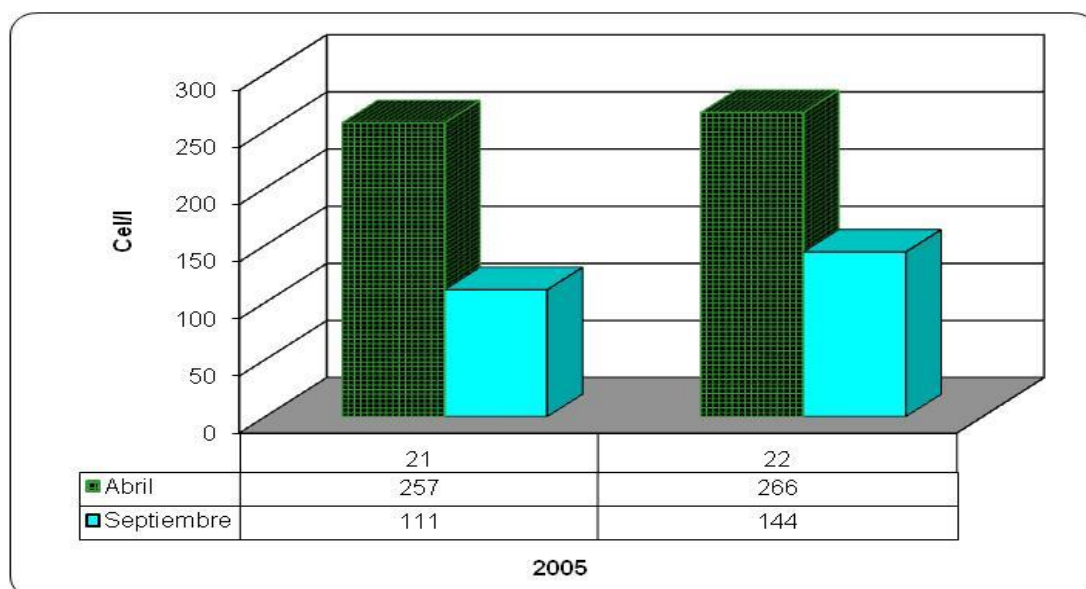


Figura 20. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Balneario Las Palmas, durante el año 2005.

Atacames: En abril se observó un total de 380 cél/l localizada en la estación 24. Mientras en septiembre se registró un incremento de 459

cél/l con rangos entre 219-238 cél/l localizadas en las estaciones 23-24, (Figura 21).

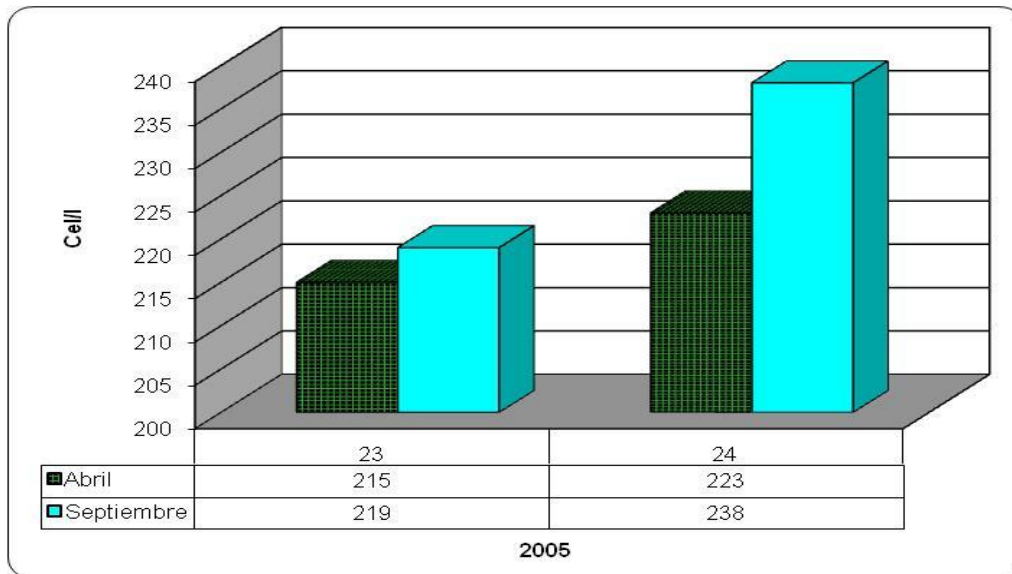


Figura 21. Distribución superficial de la Biomasa celular en Atacames, durante el año 2005.

ANÁLISIS EN PORCENTAJES DE MUESTRAS DE RED EN ESMERALDAS DURANTE ABRIL DE 2005.

Río Teañone: En abril las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Pseudo-nitzschia longissima* 37,28%, *P. recta* 10,16%, *Synedra goulardii* 10,16%, *Cyclotella* sp. 8,47%, *Tintinnopsis* 8,47%, *Oscillatoria cortiana* 5,64%, *Surirella* sp. 3,38%,

Coscinodiscus excentricus 2,25%, *Cocconeis scutellum* 1,69% y otras especies que alcanzaron el 12,5%. Estas especies que habitan en agua dulce y estuarina. Con temperaturas de 25.5° C; salinidad de 0 UPS.

Se registraron un total de 23 especies distribuidas en 15 diatomeas, 2 dinoflagelados, 1 cianobacteria, 4 clorophytas y dentro del microzooplancton 1 tintinnido, (Figura 22).

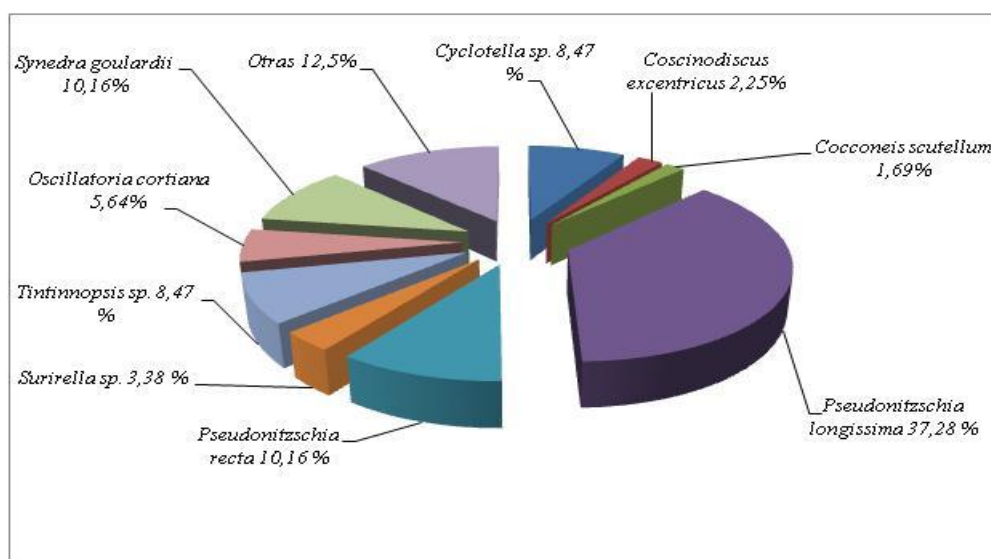


Figura 22. Porcentaje del fitoplancton en el río Teañone, durante abril de 2005.

Río Esmeraldas (Bocana): En abril las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Climacosphenia monoligera*

77,91%, *Pseudo-nitzschia paradoxa* 10,21%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 3,56%, *Terpsinoe musica* 1,45% y otras especies que alcanzaron

el 6,4%. Estas especies que habitan en agua marina y estuarina. Con temperaturas entre 25.6-27.2° C; salinidad de 0.4-32.7UPS, transparencia entre 0.15-0.30 cm

Se registraron un total de 29 especies distribuidas en 28 diatomeas, 1 cianobacteria, (Figura 23).

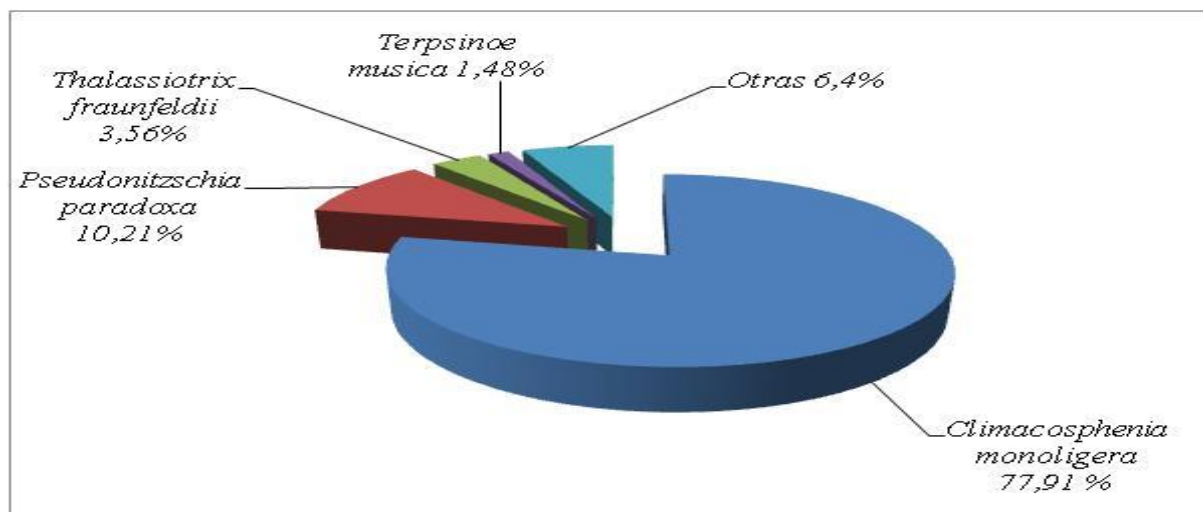


Figura 23. Porcentaje del fitoplancton en el río Esmeraldas, durante abril de 2005.

Terminal Petrolero: En abril las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Chaetoceros eibeni* 12,88%, *Cyclotella meneghiniana* 7,62%, *Rhizosolenia alata* 6,47%, *Ch. laevis* 5,1%, *Ch. cinctus* 4,03%, *Biddulphia aurita* 3,79%, *Climacosphenia monoligera* 3,77%, *Bacteriastrum delicatulum*

3,29%. Estas especies que habitan en agua nerítica y oceánica. Con temperaturas entre 27.4-27.5° C; salinidad de 33.4-33.9 UPS, transparencia de 4 metros. Se registraron un total de 71 especies distribuidas en 69 diatomeas, 2 dinoflagelados, (Figura 24).

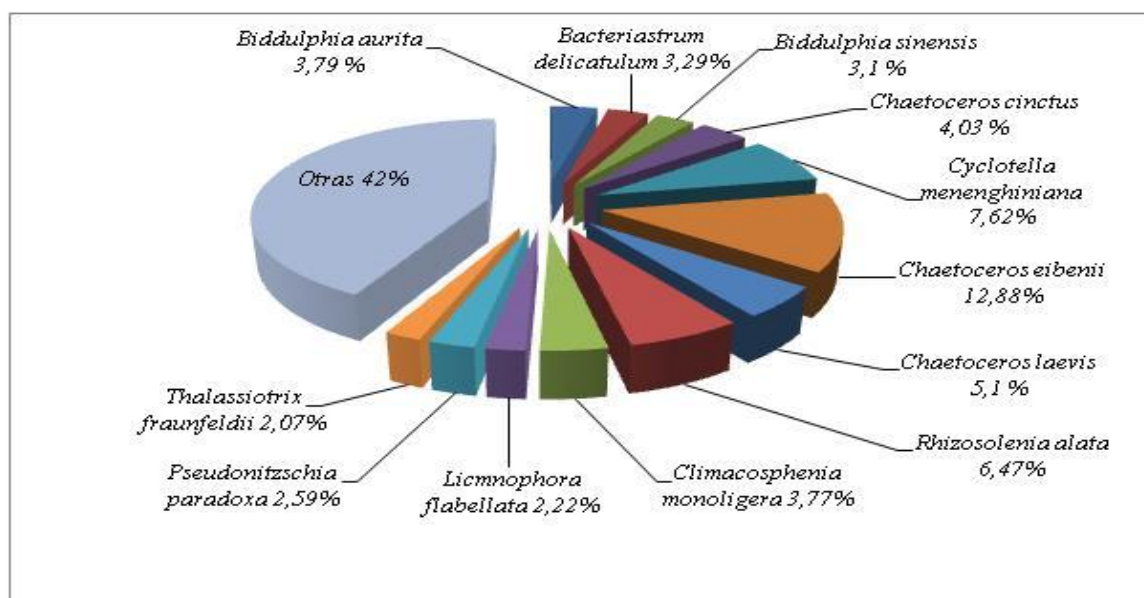


Figura 24. Porcentaje del fitoplancton en el Terminal Petrolero, durante abril de 2005.

Balneario Las Palmas: En abril las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Biddulphia mobiliensis* 76,94%, *Coscinodiscus excentricus* 6,92% *Chaetoceros debilis* 3,62%, *Ch. vistulae* 1,32%, *Actinopterychus splendens* 3,24%, *Bacteriastrum delicatulum* 3,38% y otras especies que

alcanzaron el 8%. Estas especies que habitan en aguas neríticas. Con temperaturas entre 27.9° C; salinidad de 32.4 UPS, transparencia de 2 metros. Se registraron un total de 49 especies distribuidas en 47 diatomeas, 2 dinoflagelados, (Figura 25).

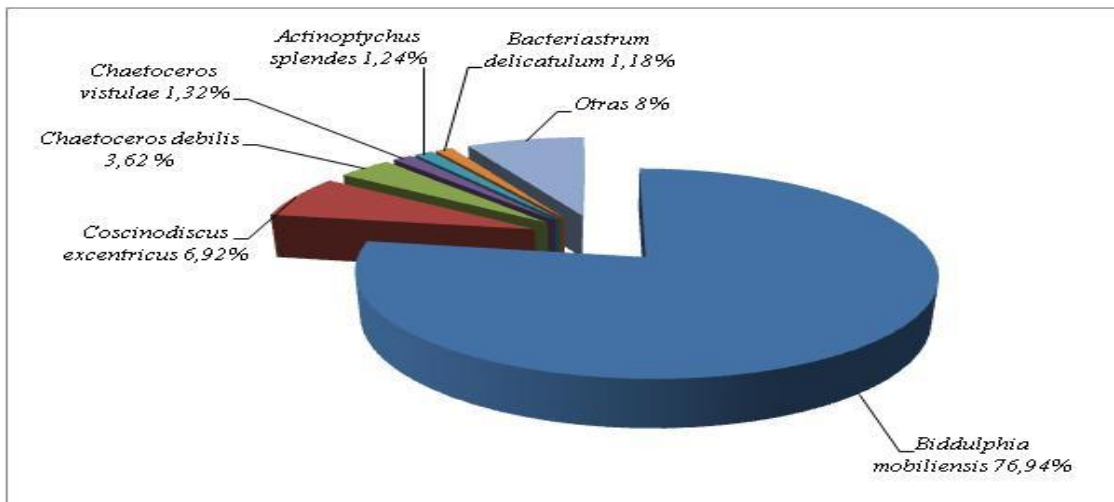


Figura 25. Porcentaje del fitoplancton en el Balneario Las Palmas, durante abril de 2005.

Atacames: En abril las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Leptocylindrus danicus* 79,35%, *Rhizosolenia alata* 2,81%, *Coscinodiscus perforatus* 2,68%, *Pseudo-nitzschia closterium* 2,56%, *Cyclotella* sp, 1,99% y otras especies que alcanzaron el 8%. Estas especies que habitan en agua

nerítica y cálida. Con temperaturas entre 27.6° C; salinidad de 32.5 UPS, transparencia de 0.60-0.80 cm.

Se registraron un total de 46 representadas por 44 diatomeas, 2 dinoflagelados, (Figura 26).

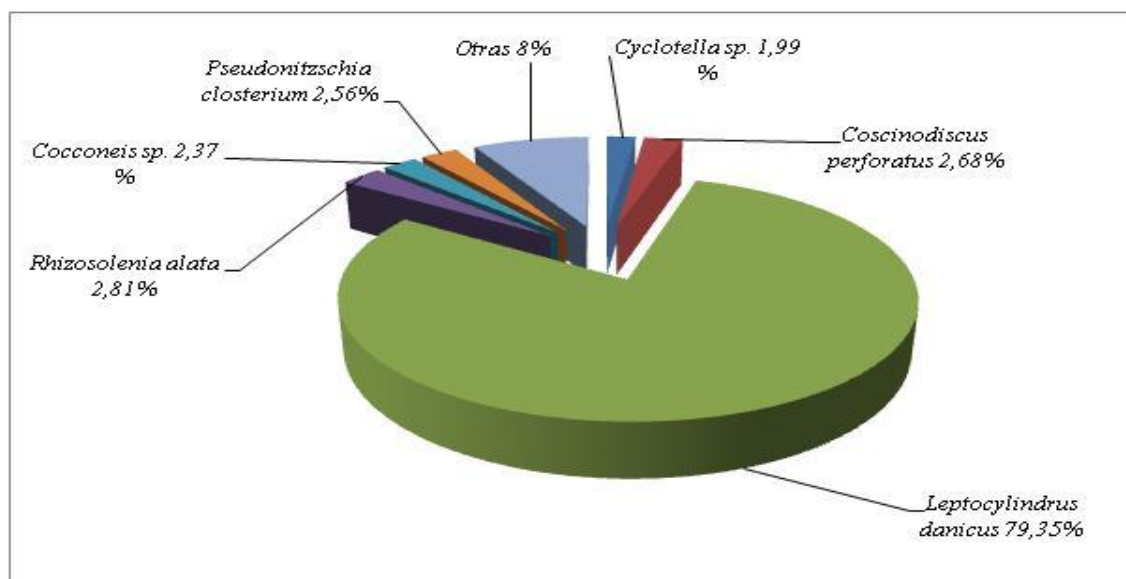


Figura 26. Porcentaje del fitoplancton en Atacames, durante abril de 2005.

Análisis en porcentajes de muestras de red en Esmeraldas durante septiembre de 2005.

Río Teaone: En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Navicula tuscua* 74,15%, *Climacosphenia monoligera* 21,03%, *Pseudonitzschia plana* 1,21%, *Filamento sp.* 1,21%,

especies que habitan en agua dulce y estuarina. Con temperaturas entre 26.5-27.2° C; salinidad de 0 UPS.

Se registraron un total de 84 especies distribuidas en 67 diatomeas, 13 dinoflagelados, 3 cianobacterias, 1 silicoflagelado, (Figura 27).

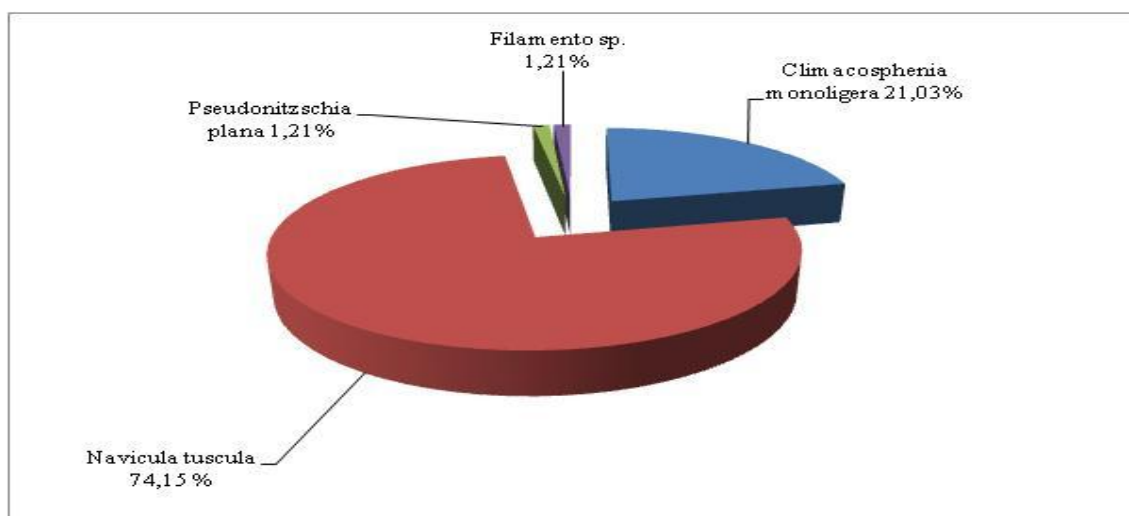


Figura 27. Porcentaje del fitoplancton en el río Teaone, durante septiembre de 2005.

Río Esmeraldas (Bocana): En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Climacosphenia monoligera* 18,9%, *Thalassiotrix frauendfeldii* 18,9%, *Lauderia borealis* 15,29%, *Navicula tuscua* 12,35%, *Chaetoceros curvisetus* 10,17%, *Dactyosolen mediterraneus* 9,95%, *Biddulphia mobiliensis* 7,66%, *Rhizosolenia imbricata*

4,68% y, otras especies que alcanzaron el 2,1%. Estas especies que habitan en agua estuarina y marina. Con temperaturas entre 27.3-28.4° C; salinidad de 4.2-5.1 UPS, transparencia de 0.10-0.15 cm. Se registraron un total de 69 especies distribuidas en 56 diatomeas, 6 dinoflagelados, 3 cianobacterias, 1 silicoflagelado, 3 clorophytas, (Figura 28).

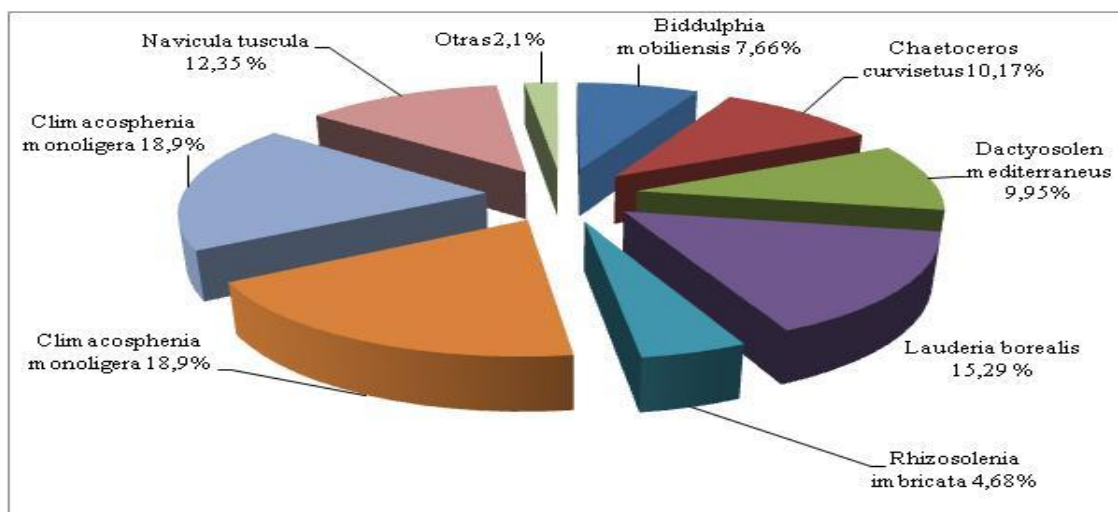


Figura 28. Porcentaje del fitoplancton en el río Esmeraldas, durante septiembre de 2005.

Terminal Petrolero: En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Navicula tuscula* 25,53%, *Climacosphenia monoligera* 22,25%, *Chaetoceros affinis* 12,39%, *Coscinodiscus concinnus* 13,69%, *Lauderia borealis* 12,15%, *Dactyosolen mediterraneus* 8,28%, *Cyclotella*

menenghiniana. 6,65%, especies que habitan en agua nerítica y oceánica. Con temperaturas entre 26.4-26.9° C; salinidad de 32.4-32.3 UPS, transparencia de 1 a 4 metros. Se registraron un total de 62 especies distribuidas en 56 diatomeas, 3 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, 2 clorophytas, (Figura 29).

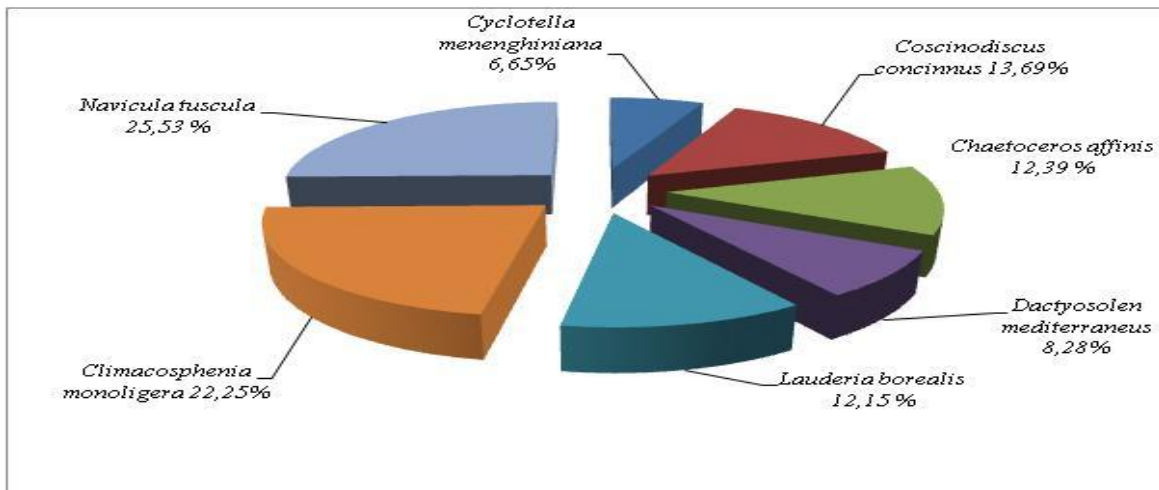


Figura 29. Porcentaje del fitoplancton en el Terminal Petrolero, durante septiembre de 2005.

Balneario Las Palmas: En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Dactyosolen mediterraneus* 59,52%, *Dictyocha fibula* 25,92%, *Lauderia borealis* 7,48%, *Biddulphia mobiliensis* 2,4%, *Climacosphenia monoligera* 1,15% y, otras especies que alcanzaron el 3%. Estas especies que habitan en aguas neríticas. Con

temperaturas entre 27.2° C; salinidad de 32.5 UPS, transparencia de 2.50 metros.

Se registraron un total de 20 especies distribuidas en 13 diatomeas, 2 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, 2 cianobacterias, 2 clorophytas, (Figura 30).

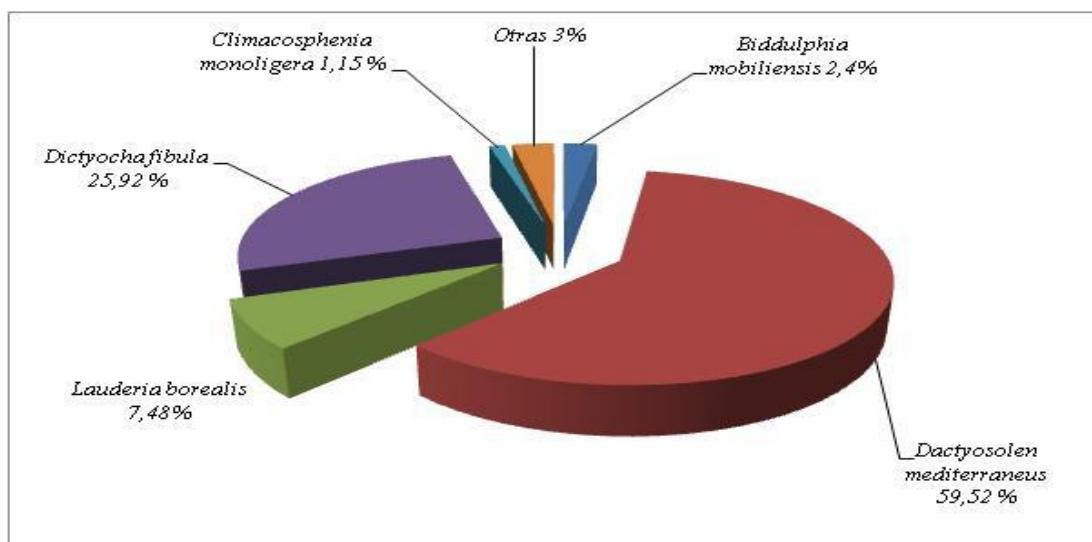


Figura 30. Porcentaje del fitoplancton en el Balneario Las Palmas, durante septbre de 2005.

Atacames: En septiembre las especies dominantes en orden de abundancia relativa fueron: *Bacteriastrum hyalinum* 26,62%, *Chaetoceros affinis* 21,61%, *Dactyosolen mediterraneus* 18,95%, *Lauderia borealis* 13,5%, *Ch. curvisetus* 6,03%, *Pseudo-*

nitzschia pungens 1,04%, especies que habitan en agua nerítica y oceánica. Con temperaturas de 27.0° C; salinidad de 32.7 UPS. Se registraron un total de 47 representadas por 25 especies distribuidas en 38 diatomeas, 8 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, (Figura 31).

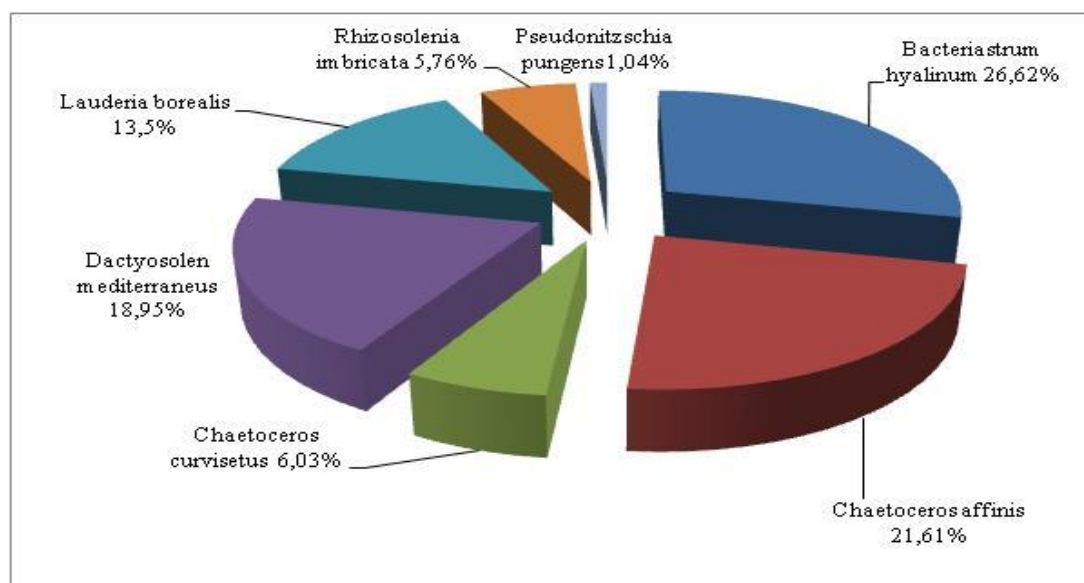


Figura 31. Porcentaje del fitoplancton en Atacames, durante septiembre de 2005.

Diversidad en muestras de red en Esmeraldas durante el 2005.

Río Teaone: En abril se determinó una alta diversidad de especies con valores de H: 2.29 asociado a un valor de uniformidad de 0.72; mientras que la menor diversidad fue en septiembre con H: 0.80 bits.

Río Esmeraldas (Bocana): En abril se determinó una menor diversidad con valores de H: 0.99 asociado a un valor de uniformidad de 0.29; mientras que la mayor diversidad fue en septiembre con H: 2.56 bits.

Terminal Petrolero: En abril se determinó una alta diversidad con valores de H: 3.47 asociado a un valor de uniformidad de 0.81; mientras que en septiembre también se observó una alta diversidad con H: 2.25 bits.

Balneario Las Palmas: En abril se determinó una moderada diversidad con valores de H: 1.15 asociado a un valor de uniformidad de 0.29; mientras que la menor diversidad fue en septiembre con H: 0.95 bits.

Atacames: En abril se determinó una menor diversidad con valores de H: 1.16 asociado a un valor de uniformidad de 0.30; mientras que en septiembre se observó una alta diversidad con H: 2.03 bits.

DISCUSIONES

Existen pocos trabajos de fitoplancton realizados en el estuario del río Esmeraldas sin embargo, se realizó una comparación de la composición, y porcentajes de estudios desarrollados anteriormente en ésta área de la costa ecuatoriana.

Naranjo y Tapia (2002), efectuaron un estudio para establecer la composición, distribución y abundancia del plancton en el estuario de San Lorenzo-Esmeraldas determinando que la mayor biomasa de zooplancton se localizó en el estero Chimbusal durante la fase flujo y la menor biomasa zooplanctónica se observó en el estero Nadadero durante el estado de refluo, esta biomasa zooplanctónica estuvo representado por 17 taxa zooplanctónica destacándose la dominancia de los grupos copépodos, quetognatos, huevos y larvas de peces.

Adicionalmente, mencionan que es probable que exista una estrecha relación directamente proporcional entre las máximas concentraciones celulares de fitoplancton, y la mayor abundancia de larvas de peces representados especialmente por la dominancia de las familias Clupeidae, Engraulidae y Sciaenidae.

Jiménez y Pesantes (1977), mencionan que la distribución vertical del fitoplancton para las aguas costeras del Ecuador ha presentado igualmente mayores concentraciones entre 10-20 m, con concentraciones menores en la superficie y bajo los 30 m de profundidad.

En el río Teaone durante abril de 2004 se encontró la dominancia de especies de agua dulce, con menores porcentajes de especies propias de ambientes marinos y estuarinos que seguramente ingresaron al río por las corrientes de marea; en septiembre de 2004 se observaron especies que habitan en agua dulce y en menor dominancia especies de ambientes marinos y estuarinos.

En el río Esmeraldas durante abril de 2004 se observaron especies expatriadas que habitan en agua marina y estuarina, estas especies de fitoplancton tienen un amplio rango de soportar la salinidad; en septiembre de 2004 se registraron especies que habitan en agua

marina y estuarina, mientras que Tapia (2002), registró las especies *Pseudo-nitzschia paradoxa*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Coscinodiscus excentricus*, *Skeletonema tropicum*, *Pseudo-nitzschia* sp. Cabe mencionar que los mayores valores de nitrato y fosfato se observaron en el río Esmeraldas,

Tapia (2002), menciona que la zona marino-costera correspondiente al Terminal Petrolero se registró la mayor productividad fitoplanctónica representado por una biomasa celular alta en el estrato superficial y subsuperficial. Comparando con la información obtenida de la biomasa zooplanctónica se registró la mayor productividad secundaria en la época húmeda con relación a las otras áreas en estudio.

Tapia (2003-2004), efectuó un estudio de la comunidad fitoplanctónica en el estuario interior de Esmeraldas, durante mayo de 2002 en la que menciona que en el río Teaone registró una baja concentración de 0.02 mg/m³ de clorofila; así también menciona que es la zona de menor diversidad y abundancia relativa de células fitoplanctónicas. Coincidentemente en la comunidad zooplanctónica se registró la menor biomasa zooplanctónica en la época seca en comparación con las otras áreas en estudio.

Tapia (*op.cit.*), menciona que en las áreas del Terminal Petrolero de Esmeraldas y del río Atacames, se encuentra la mayor diversidad de especies fitoplanctónicas donde se registraron 49 especies en muestras de agua y 80 especies en muestras de red, en menor proporción de diversidad en comparación al estuario de San Lorenzo, Esmeraldas.

Naranjo (2005 - 2006), registra en los ecosistemas conformados por los río Teaone y Esmeraldas se registró la menor biomasa y diversidad zooplanctónica en las estaciones

localizadas en el río Teaone, destacándose la presencia de algunos ejemplares correspondientes al taxón Caridea, determinándose la especie, *Macrobranchium rathbunae*, durante la época húmeda.

Además, muchas especies pasan algunas fases de su vida en hábitat de aguas continentales así como en aguas marinas. En consecuencia, la estrategia respecto a la contaminación debe ser orientada de tal manera, al considerar el hábitat del hombre en su totalidad (Diario El Comercio, 2002).

En este estudio se observó la dominancia de las diatomeas marinas y en menor abundancia las diatomeas de agua dulce, esto indica que si mejoran las condiciones de calidad de agua del estuario interno, se incrementaría la diversidad del fitoplancton, con el consiguiente incremento del zooplancton y de organismos dependientes del oxígeno del agua.

CONCLUSIONES

- Se observaron en el Terminal Petrolero, durante abril de 2004 y en el río Esmeraldas durante septiembre de 2005 la mayor biomasa celular a nivel superficial. La menor biomasa celular se observó en el río Teaone durante abril de 2004.
- Se registraron en el Terminal Petrolero durante septiembre, 2004 la mayor diversidad de especies y la mayor abundancia relativa con un total de 112 especies. Se destaca la dominancia de la especie *Navicula tuscua*, *Climacosphenia monoligera*, *Chaetoceros affinis* y *Coscinodiscus concinnus*. Mientras en el río Esmeraldas durante abril de 2004 se encontraron dominancia de especies, expatriadas que habitan en agua marina y estuarina, estas especies tienen un amplio rango de soportar la salinidad.

- Se determinan que las altas diversidades se registraron en el Terminal Petrolero durante abril, 2005 y en el río Teaone durante septiembre, 2004 con valores entre 3.00 y 3.48 bits/cél respectivamente; mientras que la baja diversidad se encontró en el río Teone durante septiembre, 2005 con 0.80 bits/cél.
- Las áreas de rompientes, generalmente son de baja productividad por que acarrean gran cantidad de sedimentos así, como falta de estabilidad de la columna de aguas. Así, las áreas de rompientes como las localizadas en el Balneario Las Palmas, Atacames presentaron baja diversidad del fitoplancton por las condiciones antes mencionadas.
- Por lo tanto, en este estudio se observó la dominancia de las diatomeas marinas y en menor abundancia las diatomeas de agua dulce, esto indica que si mejoran las condiciones de calidad de agua del estuario interno, se incrementaría la diversidad del fitoplancton, con el consiguiente incremento del zooplancton y de organismos dependientes del oxígeno del agua.

BIBLIOGRAFÍA:

- Cucalón E., 2002.** Estudio de los Aspectos físicos del estuario de Esmeraldas. Informe final de Petroecuador.: 5-14.
- Cupp E. 1943.** Marine plankton diatoms of west coast. Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California. Eds H.Sverdrup, R. Fleming, L. Miller,5(1):1-238.
- Diario El Comercio.** Noviembre de 2002. Sección 1: 4. Quito.
- Jiménez R., y Pesantes F, 1977.** Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas

costeras ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 2(1):30 .

Jiménez R., y Bonilla D, 1980. Composición y distribución de la biomasa del plancton en el Frente Ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 1 (1):19-64.

Jiménez, R., 2002. Estudio del monitoreo físico, químico y biológico del Estuario del río Esmeraldas y aguas aledañas para determinar el Impacto de la Refinería Estatal de Esmeraldas. Informe final de Petroecuador. Febrero 20, 2002: 4 -66.

Naranjo, C & M. Tapia. 2002. Composición, distribución y abundancia del plancton en el estuario de San Lorenzo Esmeraldas-Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. 2002. Vol. 10(1): 113-128.

Naranjo, C., 2005-2006. Comunidades del zooplancton en los ríos Teaone, Esmeraldas, Terminal Petrolero y el balneario Las Palmas de Esmeraldas, durante el 2004, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, 11(1): 21-28.

Odum W. 1971. Patways of energy in a south Florida. Sea Grant Technical Bulletin. Number 7. University of Miami, Coral Gables, Florida: 162.

Pérez E. 1987. Prevención y Control de la Contaminación de las aguas costeras y estuarinas del Ecuador: 1-12.

PMRC., 1987. Ecuador perfil de sus recursos costeros. Proyecto de Manejo de Recursos Costeros, Ecuador, (1):1-258.

PMRC., 1993. Plan de manejo de la ZEM Bahía- San Vicente- Canoa. Proyecto de Manejo de Recursos Costeros, Ecuador, (1):1-95.

SCOR UNESCO Working group 17, 1966. Determination of photosynthetic pigments in the sea water. Monographs on oceanographic methology, 1, UNESCO: 8-9.

Shannon, C. y W. Weaver. 1964. The Matematical Theory of Communication. University Illinois Press, Urbana: 117.

Semina J., 1978. Manual of Phytoplankton. Edited by Sournia- UNESCO:181.

Tapia, M. 2003-2004. Estudio de las comunidades fitoplanctónicas en el estuario interior de Esmeraldas, Ecuador durante mayo de 2002. Acta Oceanográfica del Pacífico. 2003-2004. Vol. 12(1):21-28.

Tapia M., 2006. Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelacion con el evento “La Niña 1999-2000”. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales- Ecuador.

Taylor F., 1976. Dinoflagellates from the Internacional Indian Ocean expedition. A report on material collected by the R. V. Anton Brunn. Institute of Oceanography and Departament of Botany, Canadá.pp: 227.

Uthermohl H. 1958. Zur Vervollkomnung der Quantitativen phytoplankton Methodik Mitt Inter. Ver. Limnol. 9:1-38.

ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS DEL PLANCTON Y SU RELACIÓN CON EL FRENTE ECUATORIAL, DURANTE SEPTIEMBRE DE 2011. (*)

María Elena Tapia ¹

Christian Naranjo ¹

RESUMEN

El presente trabajo comprende la composición y distribución del plancton en las islas Galápagos. Para el efecto se establecieron 12 estaciones ubicadas en las secciones 83°- 86°-89° y 92° W, realizadas en septiembre del 2011. Se identificaron 71 especies de fitoplancton en muestras de red (50u). Las diatomeas fueron dominantes y en menor concentración se observaron los dinoflagelados, cocolitofóridos, silicoflagelados cianobacterias y tintinnidos. En las muestras de red se observaron Chaetoceros eibonii, Rhizosolenia imbricata, Thalassiosira subtilis, Proboscia alata y Planktoniella sol características del Frente Ecuatorial en la sección 86° W y 02° sur. En zooplancton se registraron 17 taxa zooplanctónicas destacándose los grupos de Radiolarios 47.5%, Copépodos 29.3% y Huevos de invertebrados 9.9%, como grupos dominantes y frecuentes en el área de estudio. De las especies de Quetognatos se reporta la dominancia de Sagitta enflata asociada a S. pacifica y su mayor concentración de individuos se localizó en la sección 90 ° W a 1° norte en la capa superficial. Adicionalmente se reporta la presencia de Sagitta hexaptera determinándose la mayor abundancia en la capa subsuperficial de la sección 89° W entre 1° sur a 3° sureste de las islas Galápagos.

Palabras Claves: Productividad, impacto, afloramiento, escalas de productividad.

ABSTRACT

The paper has reference of the composition and distribution of the species the plankton around of Galapagos Islands. It was established 12 stations located in the sections following 83°-86°-89° y 90° y 92° west, carry out during in september of 2011.

It was identified 71 species phytoplankton in net (50u). The diatomms were dominants and low concentration was registered the Dynoflagellates, Cocolitophorides, Silicoflagellates, Cianobacters, Tintinnoids.

With the species obtained of net example was registered Chaetoceros eibonii, Rhizosolenia imbricata, Thalassiosira subtilis, Proboscia alata and Planktoniella sol that characteristic the Frente Ecuatorial in the section 86° West and 02° sur .

The zooplankton were registered 17 taxa of Zooplankton representated the groups dominants the groups of Radiolarios 47.5%, Copépodos 29.3% and Huevos de invertebrados 9.9%, como grupos dominantes y frecuentes in the area of study.

The species of Chaetognathas was registered the dominance Sagitta enflata associated S. pacifica with the hight density of individuals localized in the secction 90° W and 1° north in the surface. Additionally it was registered the species Sagitta hexaptera determinance the hight abundance in the subsurface in the secction 89°W between the 1° to 3° sureast of the Galapagos islands.

Key Words: Productivity, impact, upwelling, scales of productivity.

* Presentado en las XXV Jornadas Nacionales de Biología, Universidad Pontificia Católica del Ecuador, durante noviembre de 2011. Quito – Ecuador.

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil- Ecuador. Fax (5934) 485166.

INTRODUCCIÓN

Una de las características más importantes del océano entre las islas Galápagos y el Ecuador continental es el Frente Ecuatorial que se localiza normalmente entre los 0° a 3° S, separando las aguas más frías y ricas en nutrientes de la Corriente de Humboldt y su extensión la Corriente Sur Ecuatorial de las aguas cálidas superficiales y generalmente pobres en nutrientes procedentes del norte.

A pesar de que las condiciones oceanográficas estacionales del Frente, generalmente se mantienen de año a año, sin embargo se han observado algunas diferencias, no sólo en lo que se refiere a la intensidad y permanencia del Frente, sino también a fluctuaciones en pequeña y gran escala, ligadas a determinadas propiedades inherentes al ecosistema marino.

Su posición y orientación en el mar costero ecuatoriano y la intensidad de las termohalinas a través de los años y en las diferentes épocas de un mismo año, son las características más notables, que identifican la magnitud de su desarrollo y su repercusión en la vida acuática (Pak y Zaneveld, 1974).

Los frentes marinos han sido identificados por los pescadores como bandas angostas en la superficie del mar, con olas peculiares u ondulaciones características que presentan comúnmente agregaciones de material flotante.

Las zonas frontales corresponden al área de estratificación horizontal producida por el encuentro de dos masas de agua de propiedades distintas, que originan una turbulencia geofísica que juegan un rol fundamental en la dinámica de los océanos.

En el Frente Ecuatorial, determinadas características estacionales se mantienen de año en año; sin embargo se observan algunas

diferencias, no sólo en lo que se refiere a la intensidad y duración del evento, sino también a fluctuaciones en pequeña escala, de ciertas propiedades inherentes al ecosistema marino que constituye el Frente.

Es importante señalar, que en la época de mayor desarrollo de los gradientes termohalinos del Frente (mayo – septiembre) los máximos de fitoplancton y zooplancton se distribuyen más ampliamente enriqueciendo las aguas costeras y oceánicas del Ecuador, con el predominio de diatomeas y de altas concentraciones de copépodos y eufáusidos Jiménez, (1983).

Durante La Niña, el Frente Ecuatorial es desplazado hacia el norte de la costa ecuatoriana, la biomasa fitoplanctónica se incrementa, principalmente con abundancia de diatomeas y disminución de dinoflagelados indicadores de aguas cálido-tropicales coincidentes con mayores capturas en el sector pesquero de Ecuador (Pesantes, 1983).

Las condiciones hidrográficas del Frente determinan la formación de zonas de convergencia y divergencia en los niveles superficiales, los cuales favorecen el incremento de los nutrientes en la zona eufótica, la producción primaria, la biomasa del zooplancton y de las poblaciones de peces pelágicos de menor y mayor tamaño tales como sardinas y atunes.

Existen evidencias, que especialmente en los trópicos el fitoplancton se concentra en niveles más atenuados de luz, produciéndose en algunas ocasiones una inhibición de la fotosíntesis del fitoplancton por la fuerte radiación solar. Estas consideraciones determinan que las concentraciones menores del fitoplancton en la superficie del mar, localizándose en los niveles subsuperficiales las condiciones óptimas de la incidencia para el

nivel de los 10-20m de la columna de agua, Jiménez (1977).

ÁREA DE ESTUDIO

Esta investigación corresponde al segundo crucero oceanográfico realizado a bordo del B/I ORIÖN de la Armada del Ecuador desde el 02 al 20 de septiembre de 2011 donde se realizaron 12 estaciones oceanográficas para coleccionar las muestras de fitoplancton y zooplancton ubicadas entre 83° -92°W y 02° S -01° N desde el Golfo de Guayaquil hasta el Oeste de Galápagos.

Los estudios desarrollados para conocer el régimen de circulación y su influencia sobre el plancton se basan fundamentalmente en las

condiciones hidrográficas que caracteriza a cada masa de agua en particular.

Wooster (1969), ha definido la posición promedio del Frente Ecuatorial, ésta área caracterizada por ser una región limítrofe entre las aguas frías y más salinas de la Corriente del Perú y las cálidas y menos salinas de la cuenca de Panamá. El límite entre ambas es el Frente Ecuatorial, las variaciones de posición de este frente son notorias a lo largo del año.

Jiménez y Bonilla (1980), la distribución del plancton marino costero, está regulada por las condiciones estacionales influenciadas directamente por la posición del Frente Ecuatorial, zonas de convergencia intertropical, disponibilidad nutricional por las cercanías de los afloramientos costeros, (Figura 1).

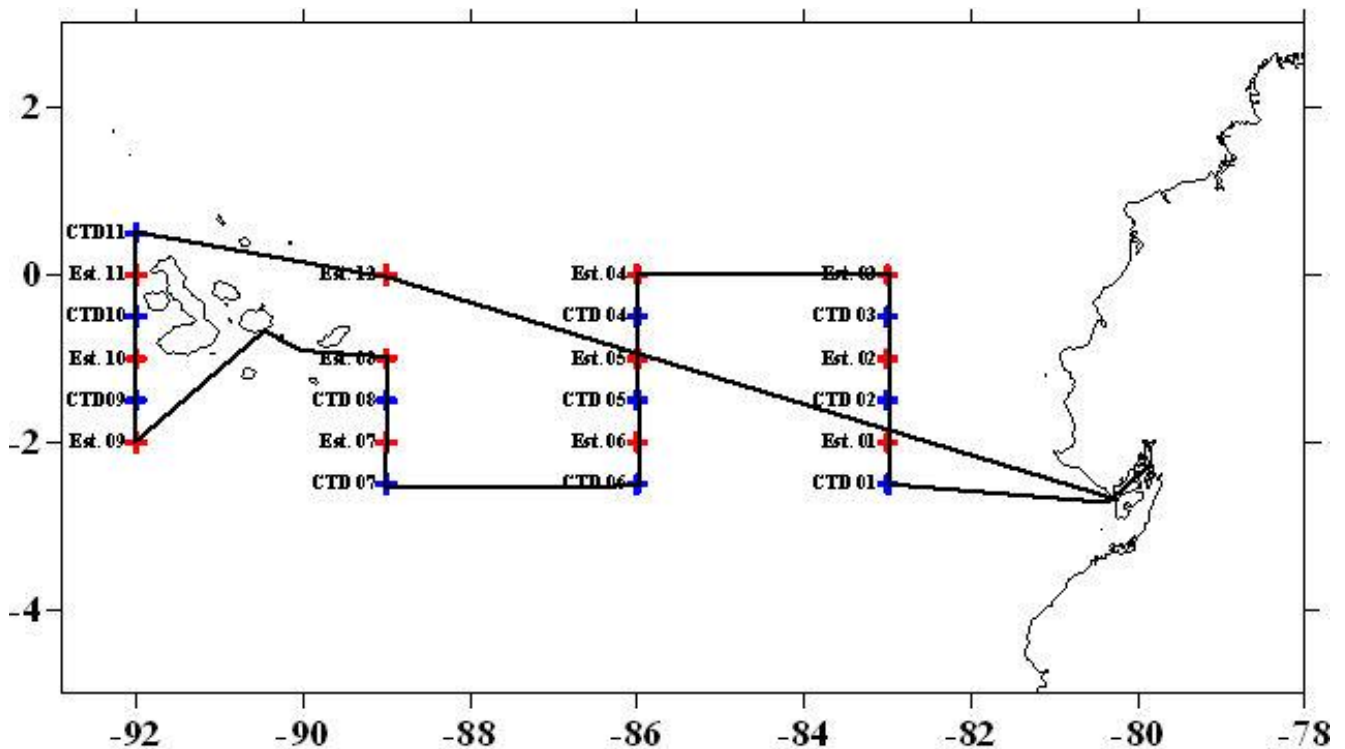


Figura 1. Ubicación del área de estudio durante el CO-2-2011, Septiembre de 2011.

MATERIALES Y MÉTODOS

FITOPLANCTON

En las estaciones oceanográficas se obtuvieron muestras de agua a ocho niveles de profundidad para análisis de clorofila *a*.

Para la determinación de clorofila *a* se colectaron muestras de un litro de agua de mar a 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad.

Las muestras para clorofila *a* fueron filtradas con la ayuda de una bomba al vacío. Adicionalmente se utilizó un set de filtración donde se colocaron los filtros de fibra de vidrio Whatman de 0.40 μ , donde se vertieron 1000 ml de muestra. Finalmente se adicionó 2 ml de carbonato de magnesio para que los pigmentos de la clorofila se adhieran a los filtros.

Posteriormente, los filtros fueron colocados en una solución de 10 ml de acetona al 90%, que luego fueron cubiertos con papel aluminio y llevados a refrigeración durante un período de 24 horas.

Al siguiente día se centrifugaron las muestras durante 2 minutos a 1500 RPM. Luego con la ayuda del equipo fluorométrico TURNER se leyeron las densidades ópticas de clorofila *a*, las lecturas se realizaron directamente en el tubo de fluorescencia.

Para los cálculos de clorofila *a* se emplearon las ecuaciones detalladas en el manual de la SCOR UNESCO Working Group 17 (1966).

Para los análisis cualitativos de la comunidad fitoplanctónica se efectuaron arrastres superficiales y verticales utilizando una red cónica simple (WP-2), con un diámetro de 0.30 m y una apertura de malla de 20 y 50 μ . Los arrastres superficiales se realizaron

durante 10 minutos a una velocidad de dos nudos, mientras los arrastres verticales fueron con el buque sin movimiento. Las muestras fueron fijadas con formol al 4% previamente neutralizado con bórax.

Para el análisis de las muestras se tomaron 2 alícuotas homogeneizadas que fueron previamente colocadas en porta objeto y sobrepuesto un cubre objeto de 20 x 20mm y con la ayuda de un microscopio binocular, se efectuó el análisis de toda el área del cubreobjeto, finalmente los datos fueron expresados en $\text{cél}/\text{m}^3$.

Para el análisis de especies del fitoplancton se siguió la taxonomía de Cupp (1943), Taylor (1976), Jiménez (1983), Pesantes (1983), Balech (1988), Thomas (1997).

ZOOPLANCTON

Para el estudio de las comunidades del zooplancton se efectuaron un total de 13 arrastres superficiales realizados cada uno durante diez minutos a una velocidad aproximada de dos nudos, para ello se utilizaron redes cónicas simples (WP-2) con un diámetro de 0.30 m y con una apertura de malla de 335 μ y 600 μ . para el estudio de zooplancton. Las muestras de zooplancton obtenidas fueron preservadas con formaldehído al 4%.

Para determinar el volumen de agua filtrada se utilizaron flujómetros previamente calibrados para obtener las revoluciones/segundo para luego aplicar las fórmulas descritas en el manual de Boltovskoy (*op. cit.*).

En el laboratorio con la ayuda del submuestreador de Folsom, se procedió a extraer alícuotas representativas de las muestras. Luego se procedió a efectuar el análisis cualitativo y cuantitativo de las

muestras para determinar la composición y abundancia de la comunidad del zooplancton.

Con el propósito de conocer la composición faunística del zooplancton se determinó los parámetros comunitarios tales como la constancia y dominancia numérica. La constancia se calculó mediante la relación porcentual existente entre el número de muestras en las que se encontró cada grupo y el total de muestras de cada estrato; mientras que la dominancia numérica se obtuvo mediante la relación porcentual entre el número de zoopláncteres de cada grupo con respecto al total de especímenes colectados en cada estrato. Los grupos se clasificaron de acuerdo a la escala propuesta por (Bodenheimer, 1955), referido en (Mujica y Ascencio, 1985).

Para la identificación taxonómica y clasificación del zooplancton se utilizaron las claves de Tregóuboff & Rose (1957); Boltovskoy (*op. cit.*). Para la identificación de los especímenes de Quetognatos se emplearon las claves y literatura especializada de (Bonilla, 1983 a y b); (Gasca y Suárez, 1996) y (Alvariño, 1965).

CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DEL FRENTE ECUATORIAL.

Cromwell y Reid (1956), han definido lo que es un frente oceánico, señalando que es una banda a lo largo de la superficie del mar a través de la cual la densidad cambia abruptamente, además de la densidad, temperatura y salinidad, otras propiedades pueden cambiar de igual forma a través de un frente, incluyendo velocidad de las corrientes y concentraciones de materiales disueltos y suspendidos, algunas ocasiones con cambios notables en el color y transparencia del agua.

Wooster (1969), ha interpretado la presencia, como la posición promedio del Frente

Ecuatorial entre los 80° y 90° W entre las costas de Ecuador y Perú y las Islas Galápagos señalando que el Frente, es una manifestación en superficie que se caracteriza por ser una región que separa las aguas frías y más salinas de la Corriente de Humboldt, de las cálidas y menos salinas aguas tropicales del Norte. El límite entre ambas es el Frente Ecuatorial, a través de análisis de los promedios de la temperatura superficial mensual, ha concluido sobre algunas características generales del Frente:

1. El Frente Ecuatorial es una característica superficial confinada sobre los 100 metros de profundidad.
2. Es una característica permanente.
3. La localización del Frente varía estacionalmente.
4. El Frente está orientado zonalmente (Oeste-Este) entre las Galápagos y los 84° W, y meridionalmente (Noreste-Sureste) al Este de los 83° W; y el gradiente de temperatura a través del Frente, decrece de Este a Oeste y, tiende a ser mayor, durante el invierno en el Hemisferio Sur que durante el verano.

Posteriormente han sido las investigaciones de Pak y Zaneveld, (1974) las que principalmente han contribuido al conocimiento de las características oceanográficas ligadas al Frente Ecuatorial, desde el Oeste de las Islas Galápagos hasta las proximidades de la costa del Ecuador.

Debido a la importancia que tiene el trabajo de Pak y Zaneveld (*op.cit.*) para las futuras investigaciones de la oceanografía física y biológica del Frente Ecuatorial, nos permitimos presentar las conclusiones a que han llegado estos autores:

- 1) El Afloramiento Ecuatorial asociado con la divergencia inducida por el viento y la Subcorriente Ecuatorial, parece ser el

mayor origen del agua fría del Frente Ecuatorial al Oeste de las Islas Galápagos.

- 2) La Subcorriente Ecuatorial se extiende más allá de los $85^{\circ} 30'W$, (Pak y Zaneveld, 1973) encontrándose así la Subcorriente asociada con el afloramiento al lado Este de las Islas Galápagos.
- 3) Se observa que un bien definido Frente Ecuatorial está asociado con el Afloramiento Ecuatorial al Este de las Islas Galápagos.
- 4) Sugieren los autores que en adición a la Corriente de Perú, el afloramiento asociado con la Subcorriente puede ser el mayor origen del agua fría del Frente Ecuatorial en la región al Este de las Galápagos entre los $3^{\circ} N$ y $3^{\circ} S$.

RESULTADOS

FITOPLANCTON

SECCIÓN $83^{\circ} W$: Distribución superficial de Clorofila *a*.

En la capa superficial se registraron aguas de baja productividad observándose concentraciones entre 0.04 - 0.10 mg/m^3 localizado a 0° y 2° Sur correspondientes a las estaciones 1 y 3 respectivamente.

Las menores concentraciones de clorofila se registraron a 1° Sur (E. 2) con una concentración de 0.02 mg/m^3 , (Figura 2).

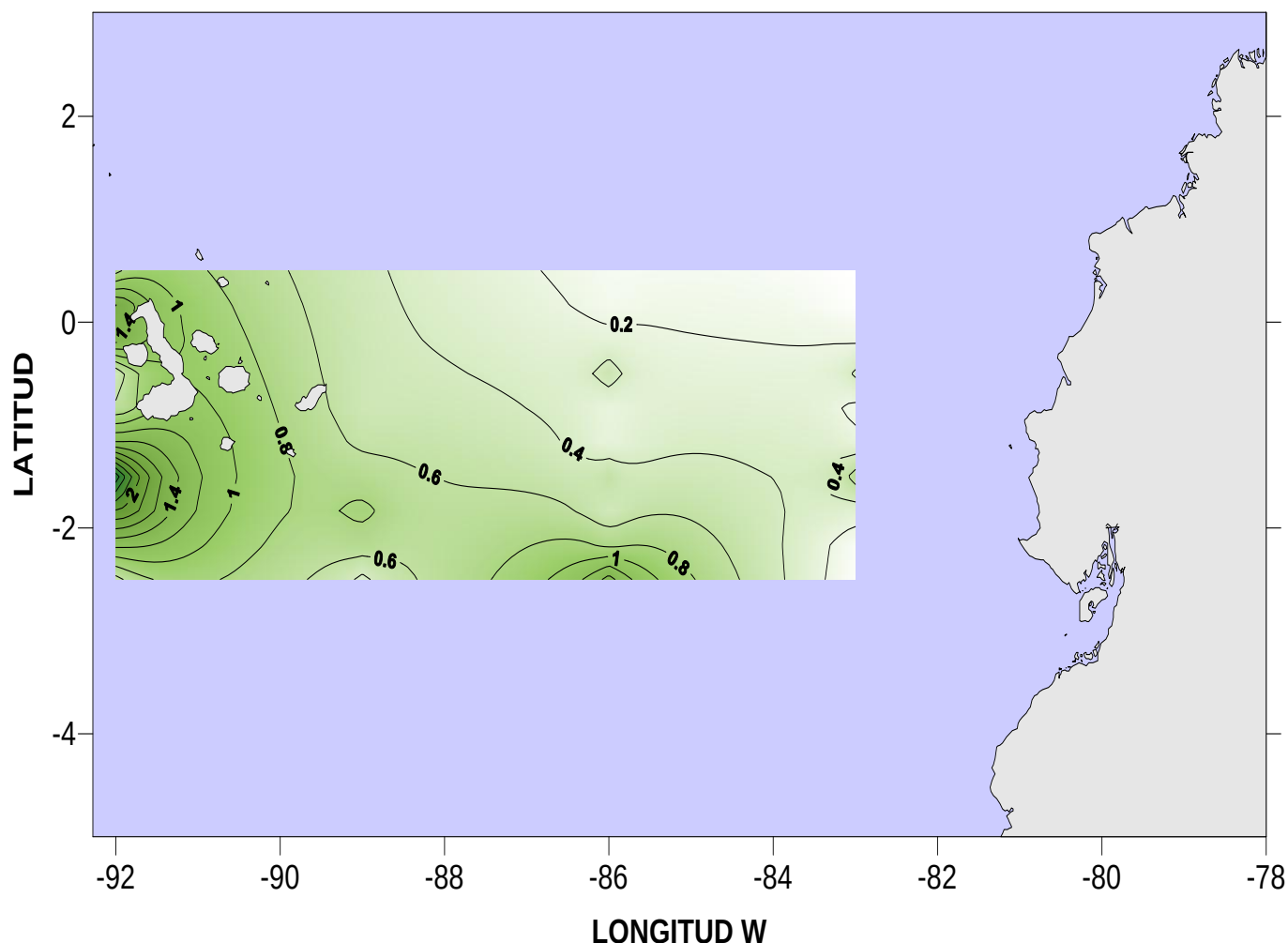


Figura 2. Distribución superficial de Clorofila en la Sección 83° , durante el C0-2-2011, Septiembre de 2011.

Distribución subsuperficial de Clorofila *a*.

En la capa subsuperficial se registraron aguas ligeramente productivas con rangos entre 0.17-0.21 mg/m³ localizado a 0° (E. 3) a los 10 y 20 metros de profundidad.

Las menores concentraciones se registraron a 1° Sur (E.2) a los 20-30 metros de profundidad con rangos entre 0.01-0.02 mg/m³, (Figura 3).

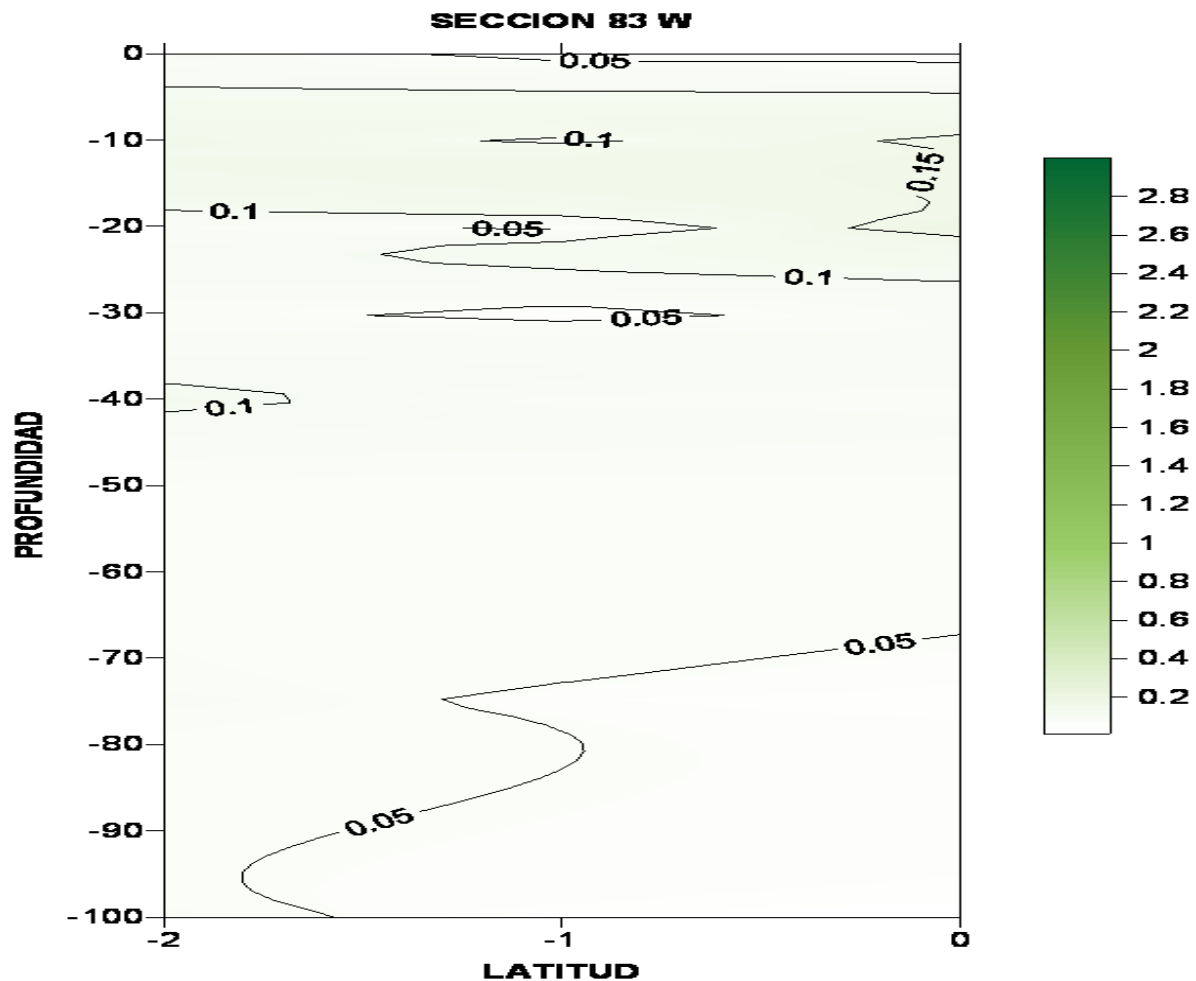


Figura 3. Distribución subsuperficial de Clorofila en la Sección 83°, durante el C0-2-2011 – Septiembre de 2011.

Fitoplancton 50µ: Arrastre superficial

A nivel superficial se registró una abundancia de 4742 cél/m³ y una diversidad de 57 especies distribuidas en 25 diatomeas, 25 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, 1 cianobacteria, dentro del microzooplancton se observaron 5 tintinnidos. Adicionalmente se registraron 2058 cél/m³ (E.2), representadas por

Rhizosolenia imbricata, *Chaetoceros eibonii*, *Coscinodiscus excentricus*, *Asteromphalus brookei*, *Thalassiosira subtilis* y *Planktoniella sol* especies indicadoras de aguas neríticas y oceánicas que presentaron una mayor concentración celular en el área comprendida a 1° Sur. La menor abundancia relativa se registró en la estación 1 con 1021 cél/m³ localizada a 0° (Figura 4).

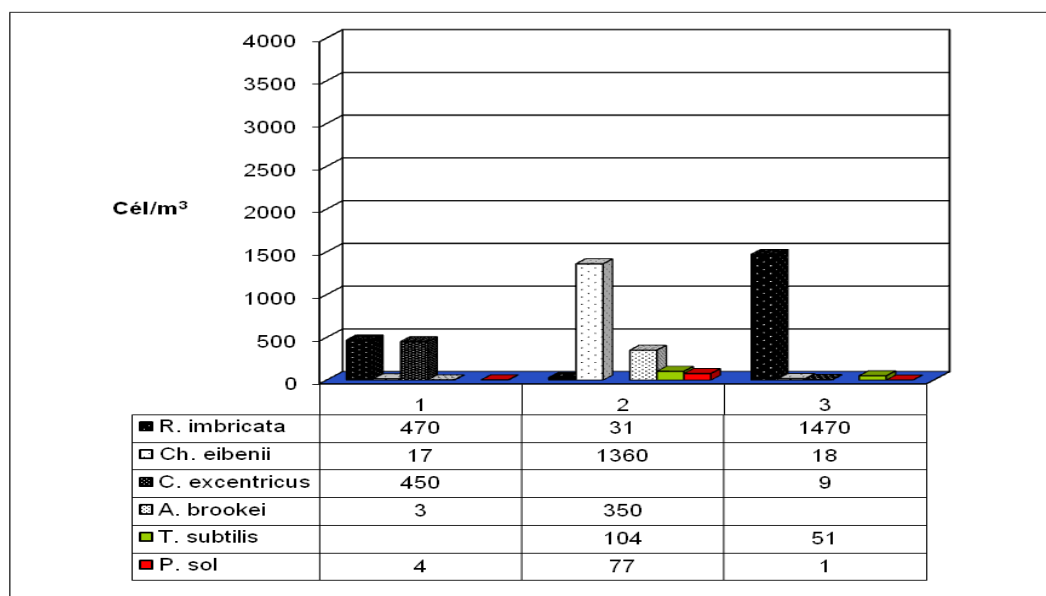


Figura 4. Distribución superficial del Fitoplancton en la Sección 83° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

Arrastre vertical

En el estrato subsuperficial se registró una baja abundancia de 695 células/m³ y una diversidad de 71 especies distribuidas en 38 diatomeas, 29 dinoflagelados, 1 cianobacteria, dentro del microzooplancton se observaron 2 tintinnidos representados por *Rhizosolenia imbricata*, *Chaetoceros eibenii*, *Leptocylindrus danicus*, *Coscinodiscus excentricus* y *Proboscia alata*, observándose una mezcla de especies típicas de aguas neríticas, oceánicas y en escasa densidad especies de aguas cálidas.

Cabe mencionar que en esta sección se registró la mayor diversidad de especies en relación al área de estudio.

Adicionalmente se registró una escasa densidad celular de dinoflagelados representados por las especies *Pyrocystis lunula*, *Ceratium macroceros* y *Cochlodinium sp.* registradas en toda la sección. Estas especies de dinoflagelados son termófilas consideradas como indicadores de Aguas Ecuatoriales Superficiales (Figura 5).

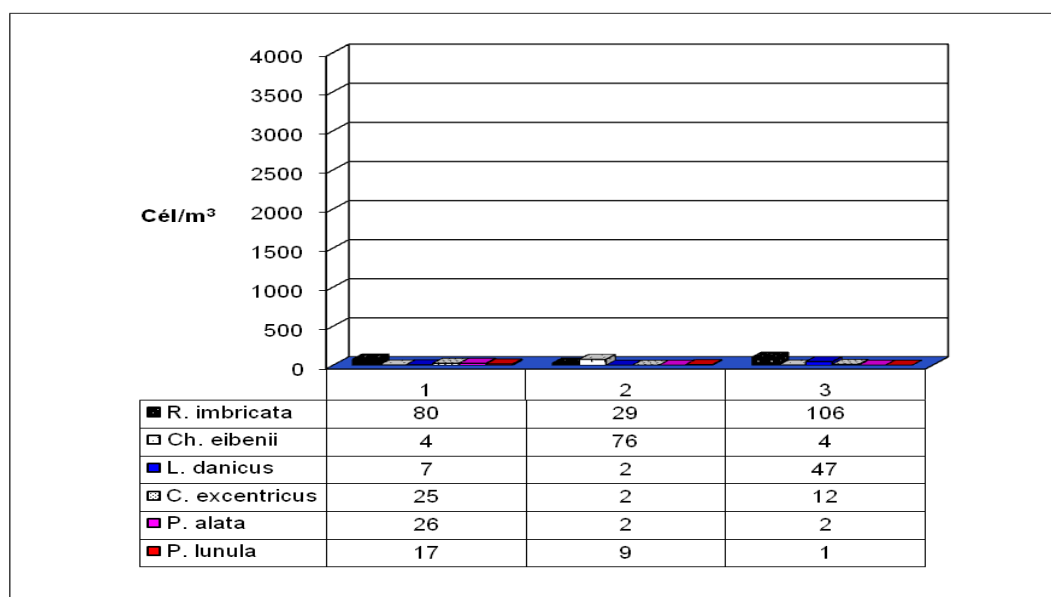


Figura 5. Distribución vertical del Fitoplancton en la Sección 83° W, durante el C0-2-2011 – Septiembre de 2011.

ZOOPLANKTON

SECCIÓN 83° W: Distribución superficial de la biomasa de zooplancton.

Se determinó una elevada biomasa zooplanctónica localizado al Sur de la sección, la biomasa de zooplancton fue disminuyendo progresivamente hacia el Norte, de la sección 83° W.

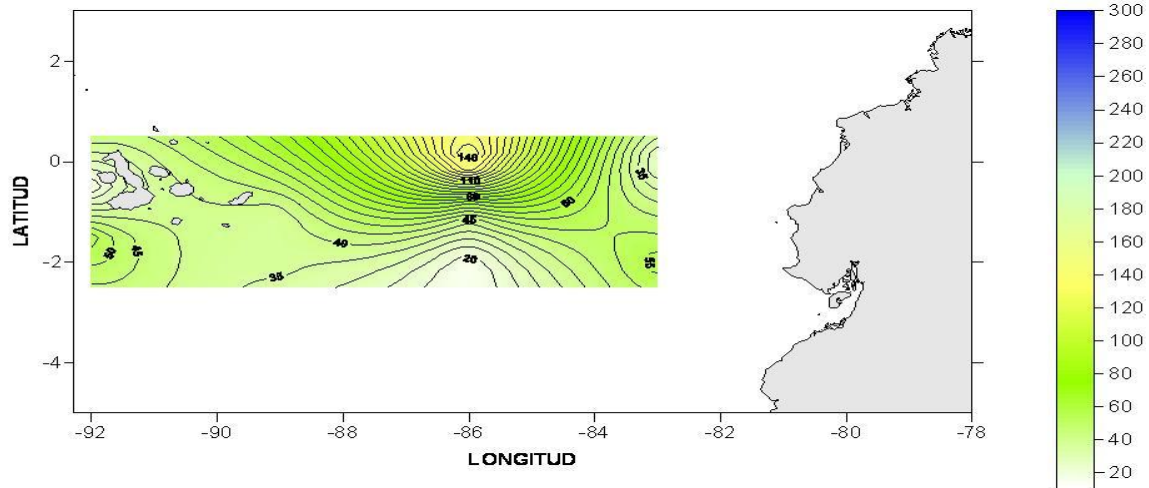


Figura 6. Distribución superficial de la biomasa del zooplancton, durante el CO-2-2011 – Septiembre de 2011.

En la capa superficial se observó valores de biomasa zooplancton de 58 y 44 ml/100m³, a los 2° y 1° Sur correspondiente a las estaciones E-1 y E-2.

La menor biomasa zooplanctónica se registró a 0° (E-3), con valor de 22 ml/100m³ (Figura 6).

Distribución subsuperficial de la biomasa de zooplancton.

En la capa subsuperficial se observó la mayor biomasa de zooplancton a 1° Sur (E-2) con 25 ml/100m³, las biomases de zooplancton fueron disminuyendo paulatinamente hacia la línea ecuador 0°, con un valor de 19 ml/100 m³.

Normalmente los patrones de distribución de la biomasa de zooplancton se presentaron normales para la época seca de 2011. (Figura 7).

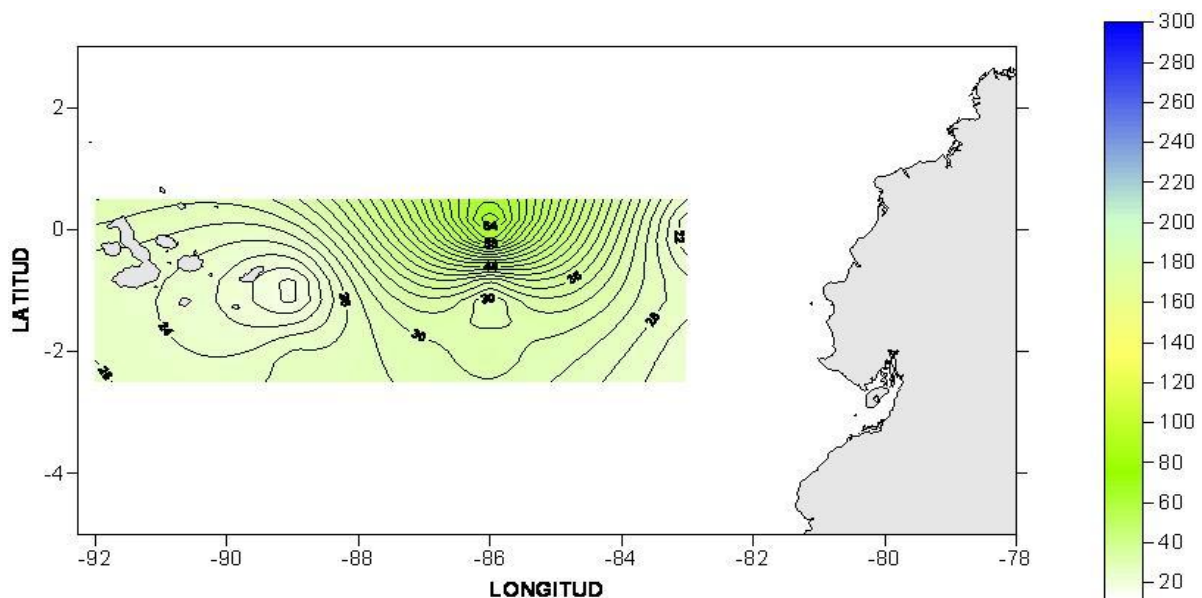


Figura 7. Distribución superficial de la biomasa del zooplancton, durante el CO-2-2011 – Septiembre de 2011

Zooplankton 335u: Arrastre superficial

La composición del zooplankton estuvo representado por los grupos Huevos de Peces 34.6%, seguido de Copépodos 25.9%, Huevos de invertebrados 23.2%.

En menor abundancia relativa se encontraron los grupos Quetognatos 3.6%, Eufáusidos 3.5%, Anfípodos 3.3%, Sifonóforos 2.5%.

Con una escasa abundancia se observaron los grupos Medusas, Larvas de eufáusidos, Zoeas de brachiuras, Pterópodos, Larvas de poliquetos, Larvas de peces, Lucifer y Ctenóforos que juntos alcanzaron una abundancia relativa de 3.3%.

Con respecto a los indicadores de zooplankton con especial énfasis al grupo de los quetognatos se destaca en la sección 83° W una amplia distribución de la especie *Sagitta enflata*.

S. enflata presentó su máxima densidad poblacional localizado a 0° (E-3) con una abundancia de 35 Org/100m³ y la menor abundancia de *S. enflata* se encontró a 2° Sur (E-1) con un total de 12 Org/100m³.

Adicionalmente se observó la presencia de *Sagitta bedoti*, especie que caracteriza la presencia del Frente Ecuatorial, registrándose su mayor abundancia poblacional en la capa superficial a 0° S (E-3) con un valor de 12 Org/100 m³ y esta especie solo se registró en esta estación.

Con una menor abundancia se observaron las especies *Sagitta peruviana* y *S. bierii*, especies de quetognatos que caracteriza la presencia fría de la corriente de Humboldt, que se registraron en las estaciones 1 y 2 con una abundancia de 12 Org y 6 Org/100 m³ respectivamente, (Figura 8).

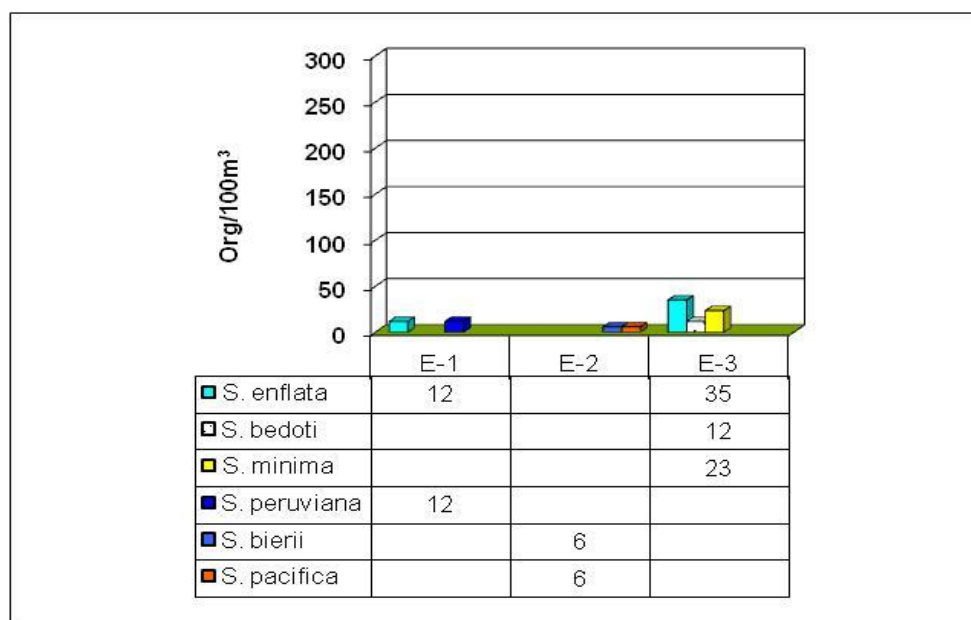


Figura 8. Distribución superficial de Quetognatos en la Sección 83° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

Zooplankton 335u: Arrastre oblicuo

Los grupos abundantes en la columna de agua fueron Copépodos 56.4%, Huevos de invertebrados 17.3%, seguido de Eufáusidos

9.4%, y los grupos Quetognatos 5%, Anfípodos 4.7%. Con una menor abundancia relativa se registraron los grupos Lucifer, Sifonóforos, Larvas de peces, Zoeas de brachiuras, Larvas de poliquetos, Ostrácodos y Estomatópodos.

Cabe resaltar que la mayoría de los grupos forman parte del denominado zooplancton nutritivo, lo que se interpreta que la sección 83° W se caracteriza por ser una zona muy eminentemente productiva.

En la capa subsuperficial, la especie *Sagitta bierii*, que caracteriza la presencia de aguas frías fue muy abundante en la Estación 2 con 81 Org/100 m³. Se registró una escasa densidad

de las especies *Sagitta minima*, *S. bedoti*, *S. peruviana*, que juntos caracterizan procesos de mezcla a nivel subsuperficial registrado en la estación 3, y en especial *S. bedoti* tipifica la presencia del Frente Ecuatorial a nivel superficial donde convergen aguas menos salinas provenientes del Norte y el encuentro con aguas con mayor salinidad provenientes del Sur, (Figura 9).

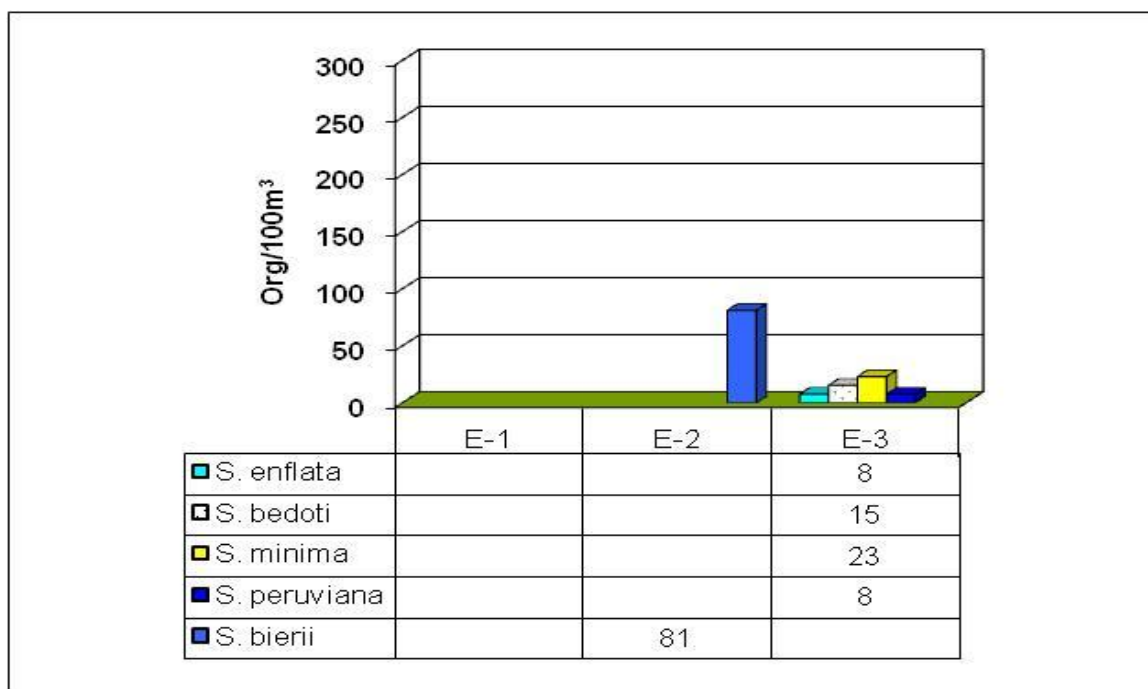


Figura 9. Distribución subsuperficial (0-200m) de Quetognatos en la Sección 83° W, durante el CO-2-2011– Septiembre de 2011.

SECCIÓN 86° W: Distribución superficial de Clorofila *a*.

Se registraron aguas ligeramente productivas de clorofila *a* encontrándose aguas ligeramente productivas con rangos entre 0.13-0.40 mg/m³ localizados a 0° y 2° Sur correspondientes a las estaciones 4 y 6 respectivamente.

La menor concentración de clorofila *a* se registró a 1° Sur (E. 5) con una concentración de 0.09 mg/m³ (Figura 2).

Distribución subsuperficial de Clorofila *a*

En la capa subsuperficial se registraron aguas muy productivas con rangos entre 0.80-0.88 mg/m³ localizado a 1° y 2° Sur (E. 5 y 6) a 10 y 40 metros de profundidad respectivamente.

La menor concentración se registró a 0° (E.4) a los 50 metros de profundidad con 0.03 mg/m³, (Figura 10).

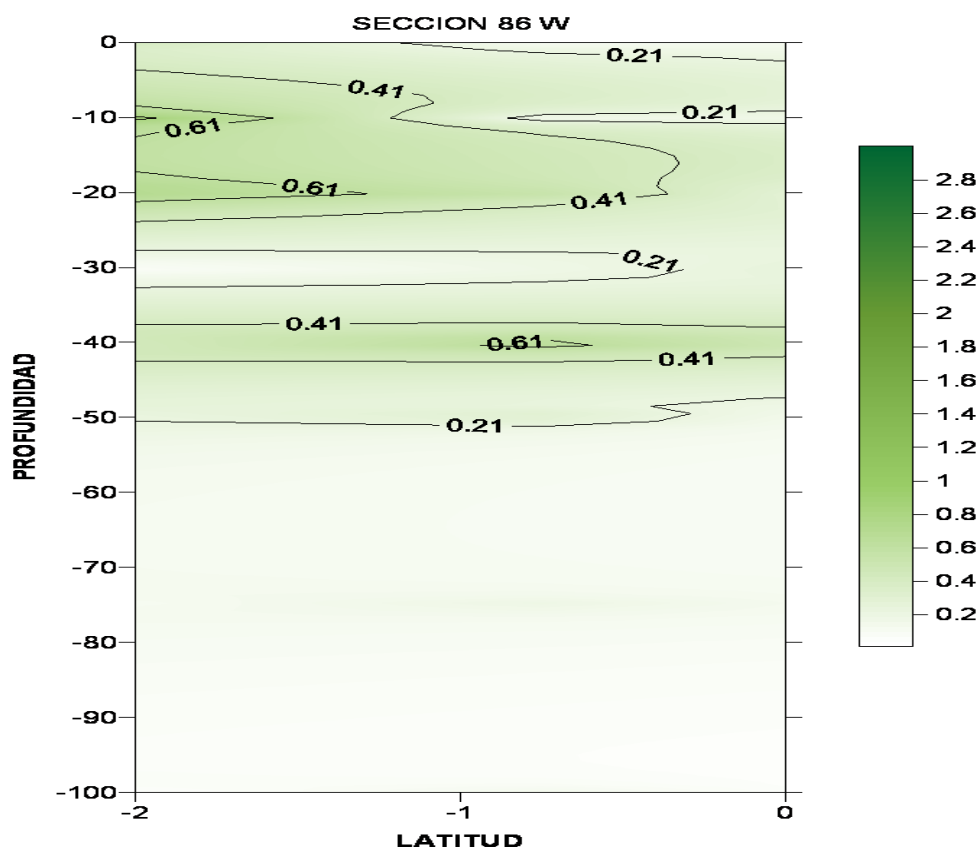


Figura 10. Distribución subsuperficial de Clorofila en la Sección 86°, durante el C0-2-2011 – Septiembre de 2011.

Fitoplancton 50µ: Arrastre superficial

A nivel superficial se registró una abundancia de 8770 $\text{cél}/\text{m}^3$ y una diversidad de 54 especies distribuidas en 23 diatomeas, 28 dinoflagelados, dentro del microzooplancton se observaron 2 tintinnidos. Se registraron 4114 $\text{cél}/\text{m}^3$ (E.5), representadas por *Rhizosolenia*

imbricata, *Chaetoceros eibonii*, *Thalassiosira subtilis* y *Planktoniella sol* especies indicadoras de aguas neríticas y oceánicas que presentaron una mayor concentración celular en el área comprendida a 1° Sur (E.5). La menor abundancia relativa se registró en la estación 6 con 2247 $\text{cél}/\text{m}^3$ localizada a 2° Sur, (Figura 11).

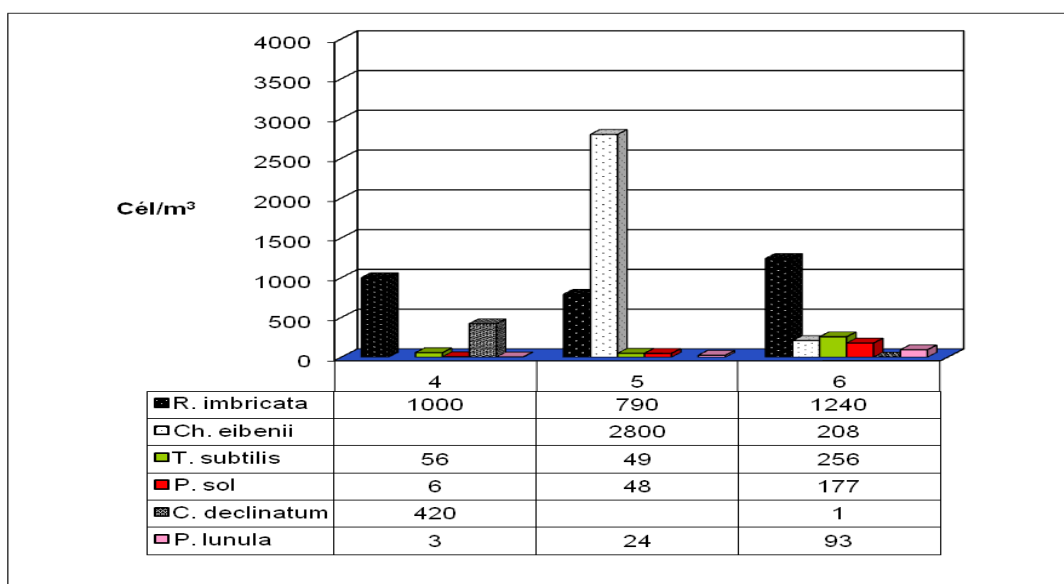


Figura 11. Distribución superficial del Fitoplancton en la Sección 86° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

Arrastre vertical

En el estrato subsuperficial se registró una abundancia y diversidad de especies reportándose un total de 9759 cél/m³ y 41 especies distribuidas en 18 diatomeas, 22 dinoflagelados, dentro del micro-zooplankton se observó 1 tintinnido con un total de 9759 cél/m³ en esta sección. Adicionalmente se registraron 5294 cél/m³ (E.5), representadas por *Chaetoceros eibonii*, *Rhizosolenia imbricata*,

Thalassiosira subtilis, *Proboscia alata* y *Planktoniella sol* encontrándose una mezcla de especies típicas de aguas oceánicas y neríticas.

Además se registró una escasa densidad celular de dinoflagelados representados por las especies *Pyrocystis lunula*, *Protoperiinium divergens* y *Cochlodinium sp.* La menor abundancia relativa se registró en la estación 4 con 120 cél/m³ localizada a 0°, (Figura 12).

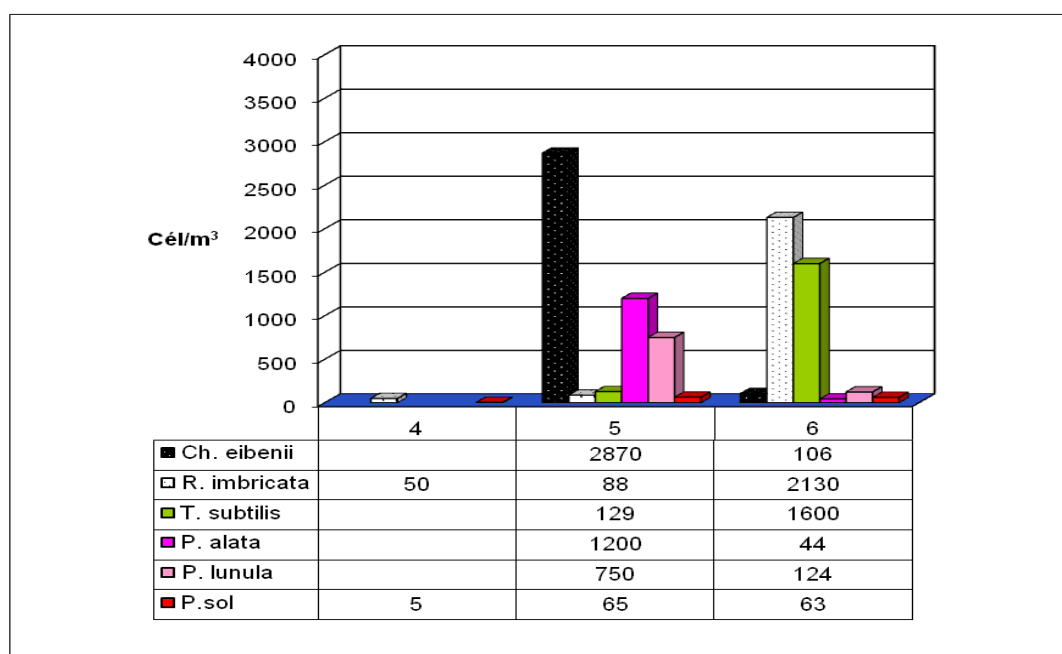


Figura 12. Distribución vertical del Fitoplancton en la Sección 86° W, durante el CO-2-2011– Septiembre de 2011.

SECCIÓN 86° W: Distribución superficial de la biomasa de zooplancton.

La mayor biomasa zooplanctónica se registró a 0° Sur (E-4), representado por una biomasa zooplanctónica de 154 ml/100m³, un segundo núcleo de máxima concentración zooplanctónica se encontró a 1° Sur con una biomasa correspondiente a 48ml/100 m³, (Figura 6).

La menor biomasa zooplanctónica se encontró a 2° Sur (E-6) con un valor de 15ml/ 100m³.

Los patrones de distribución de la biomasa zooplancton presentaron su mayor abundancia

a 0° y fue disminuyendo hacia el Sur. La máxima biomasa de zooplancton está asociada a las distribuciones verticales que realizan diariamente los principales grupos del zooplancton y otro factor preponderante se debe posiblemente a la presencia de Frente Ecuatorial que caracteriza una elevada productividad zooplanctónica.

Distribución subsuperficial de la biomasa de zooplancton.

A nivel subsuperficial se observaron concentraciones inferiores de biomasa zooplanctónica con relación a la capa superficial. La mayor biomasa de zooplancton se encontró a 0° (E-4)

con un valor de $69\text{ml}/100\text{m}^3$, y la menor biomasa se registró a los 1° Sur (E-5) con una concentración menor a $28\text{ ml}/100\text{m}^3$.

Zooplankton 335u: Arrastre superficial

En esta sección, se determinó que la composición estuvo representada por los grupos Radiolarios con el 42%, que es un grupo característico de ambiente oceánico. En menor abundancia se encontró los Copépodos 26.3%, y Huevos de invertebrados con el 17.1%.

Otros grupos importantes se registraron tales como Eufáusidos 5%, Foraminíferos 4.8%, Quetognatos 2.1%, grupos son comunes de ambiente oceánico.

La mayor abundancia de quetognatos se encontró en la estación 4, siendo las especies con mayor abundancia *S. bedoti* que caracteriza los procesos de los gradientes termohalinos a nivel superficial denominado Frente Ecuatorial. Otras especies importantes fueron *S. enflata* y *S. minima*, estas especies caracterizan aguas ligeramente cálidas.

La especie *Sagitta bedoti* su abundancia fue disminuyendo hacia el Sur reportándose valores de 117 y 3 Org/100m³ en las estaciones 5 y 6 respectivamente.

Otras especies de quetognatos se reportan tales como *S. pacifica* y *S. regularis* que son especies típicas de ambiente oceánico, y su mayor abundancia se encontró en la estación 5 ubicado a los 1° Sur, (Figura 13).

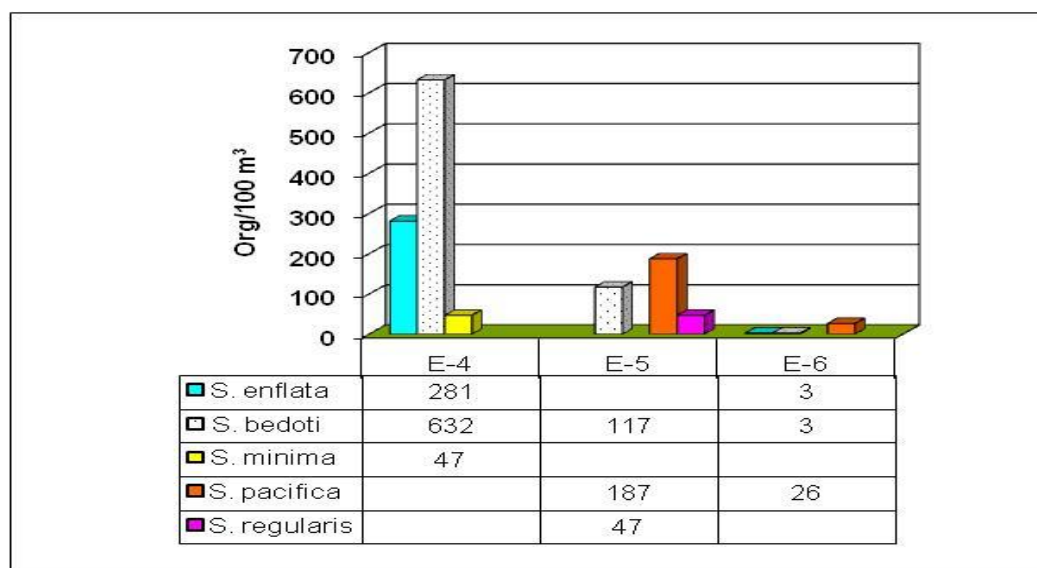


Figura 13. Distribución superficial de Quetognatos en la Sección 86° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

Zooplankton 335: Arrastre oblicuo

A nivel subsuperficial se determinó un patrón similar en la composición zooplanktónica, entre los grupos zooplanktónicos más abundantes fueron Radiolarios 47.5%, Copépodos 29.3% y Huevos de invertebrados 9.9%. Lo que se explica que estos grupos presentaron una amplia distribución vertical que va desde los 0-200m de profundidad.

Sagitta pacifica coincidió su mayor abundancia en la estación 5 ubicada a 1° Sur a nivel subsuperficial, representado por un valor de $208\text{ Org}/100\text{ m}^3$ y asociada a *S. regularis* con $15\text{ Org}/100\text{ m}^3$. Estas especies son típicas de ambiente oceánico y normal para la época. Adicionalmente se registró la especie *S. bedoti* con una abundancia de $45\text{ Org}/100\text{ m}^3$.

A nivel subsuperficial se registraron especies típicas de agua fría caracterizada por la presencia de las especies *S. hexaptera* y *S. bierii*. Estas especies se registraron las 2

especies en la estación 4 y *S. bierii* se encontró en la estación 6 localizado a 2° Sur con una abundancia de 19 Org/100 m³, (Figura 14).

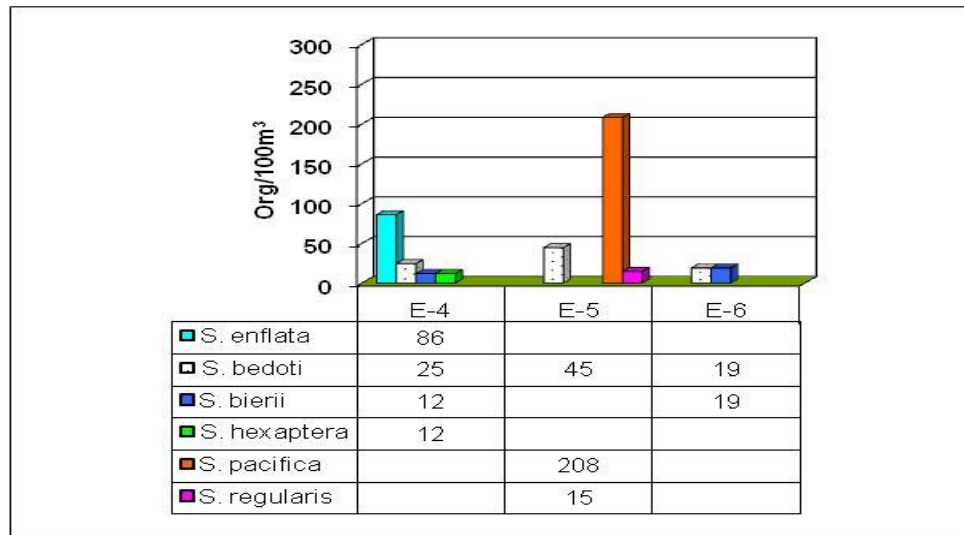


Figura 14. Distribución subsuperficial (0-200m) de Quetognatos en la Sección 86° W, durante el CO-2-2011 – Septiembre de 2011.

SECCIÓN 89° W: Distribución superficial de clorofila *a*.

Se registraron aguas productivas de clorofila *a* encontrándose rangos que oscilaron entre 0.48-0.90 mg/m³ localizado a 1° y 2° Sur correspondientes a las estaciones 7 y 8, (Figura 2).

Distribución subsuperficial de Clorofila *a*

En la capa subsuperficial se registraron aguas muy productivas con núcleos clorofílicos entre 1.15-2.04 mg/m³ localizado a 2° Sur (E. 7) a 20 y 40 metros de profundidad.

Las menores concentraciones se registraron a 1° Sur (E.8), localizados a 10 y 40 metros de profundidad con concentración de 0.28 mg/m³, (Figura 15).

Fitoplancton 50µ: Arrastre superficial

A nivel superficial se registró una abundancia de 9465 cél/m³ y una diversidad de 47 especies distribuidas en 26 diatomeas, 17 dino-flagelados, dentro del microzooplankton se observaron 4 tintinnidos. Adicionalmente se

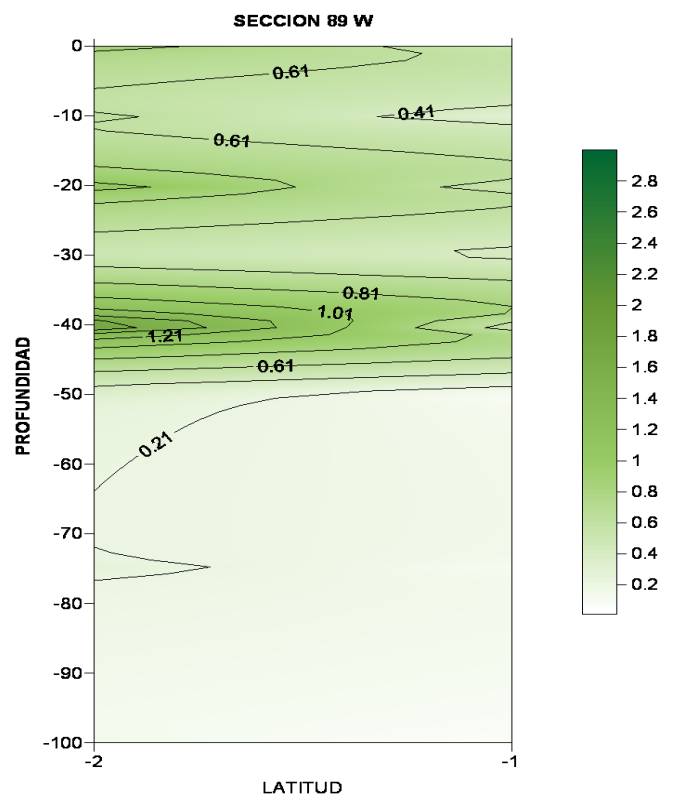


Figura 15. Distribución subsuperficial de Clorofila en la Sección 89°, durante el CO-2-2011– Septiembre de 2011.

registraron 5900 cél/m³ (E.7), representadas por *Proboscia alata*, *Chaetoceros eibenii*, *Rhizosolenia imbricata*, *Asteromphalus brookei*

y *Pseudoeunotia doliolus* especies indicadoras de aguas oceánicas y cálidas que presentaron una mayor concentración celular en el área comprendida a 1° Sur.

Se registró una escasa densidad celular de dinoflagelados representados por las especies

Pyrocystis lunula y *Protoperidinium oceanicum* registradas en toda la sección. La menor abundancia relativa se registró en la estación 8 con 3565 cél/m³ localizada a 2° Sur, (Figura 16).

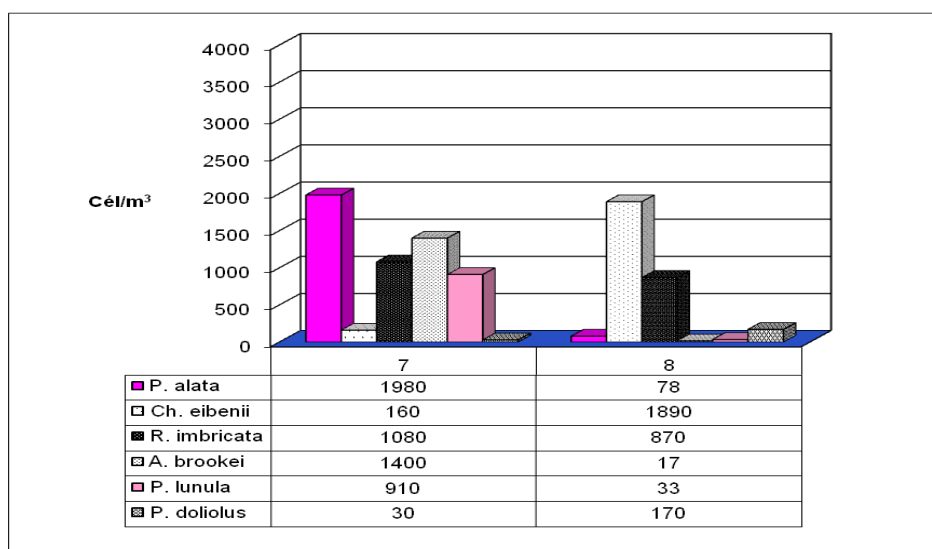


Figura 16. Distribución superficial del Fitoplancton en la Sección 89° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

Arrastre vertical

En el estrato subsuperficial se registró una abundancia de 5206 cél/m³ y una baja diversidad de 35 especies distribuidas en 22 diatomeas, 12 dinoflagelados, dentro del microzooplancton se observó 1 tintinnido. Adicionalmente se registraron 4153 cél/m³ (E.7), representadas por *Proboscia alata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Chaetoceros eibenii*, *Asteromphalus brookei* especies indicadoras de

aguas oceánicas, mientras *Thalassiosira subtilis*, y *Rhizosolenia hebetata* especies de aguas frías que presentaron una mayor concentración celular en el área comprendida a 2° Sur. Se registró una escasa densidad celular de dinoflagelados representados por las especies *Pyrocystis lunula* y *Protoperidinium depressum*. La menor abundancia relativa se registró en la estación 8 con 1053 cél/m³ localizada a 1° Sur, (Figura 17).

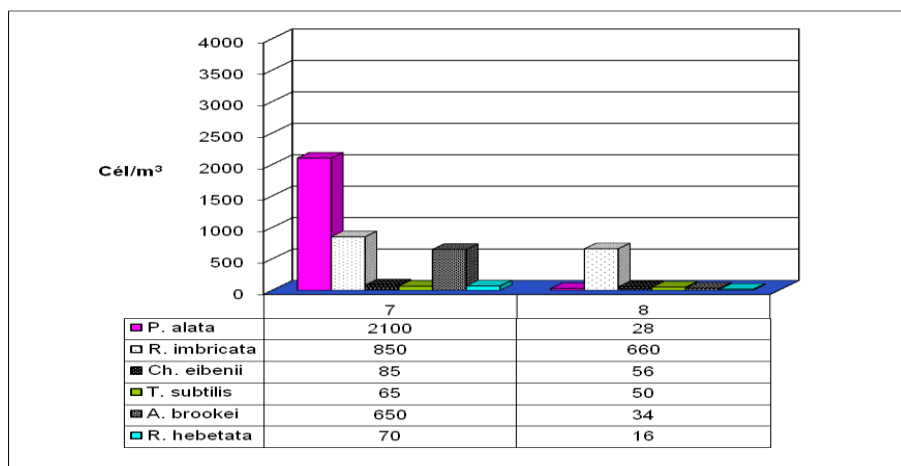


Figura 17. Distribución vertical del Fitoplancton en la Sección 89° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

SECCION 89° : Distribución superficial de la biomasa de zooplancton.

La biomasa zooplanctónica en la capa superficial presentó valores de 37 ml/100 m³, en las estaciones 7 y 8 ubicadas a 2° y 1° Sur. Esta biomasa zooplanctónica registradas al sur son relativamente normales para la época seca, (Figura 6).

Distribución subsuperficial de la biomasa de zooplancton.

A nivel subsuperficial se registraron las mayores concentraciones de zooplancton de 27ml/100 m³ localizado a 2° Sur (E-7) y la menor biomasa zooplanctónica se registró a 1° Sur (E-8) con un valor a 16 ml/100 m³.

Las biomásas de zooplancton registradas en la capa superficial en la sección 89° W fueron superiores a los registrados a nivel subsuperficial.

Zooplancton 335u: Arrastre superficial

La comunidad del zooplancton estuvo dominado principalmente por el grupo Radiolarios con un 83.7%, y en menor abundancia Copépodos 5.5% y Huevos de invertebrados 5.1%, esta composición fue

similar al observado en la sección 86° W, esto se interpretaría que estos grupos zooplanctónicos, presentaron una amplia distribución superficial en la región oceánica.

Con una menor abundancia se registraron los Cladóceros 3.3%, Quetognatos 0.4%, Sifonoforos 0.4%, Apendicularios 0.3%, Larvas de Eufaúsidos 0.2% Huevos de peces 0.2%, y otros grupos tales como Larvas de poliquetos, Larvas de decápodos, Pterópodos, y Ostrácodos que juntos sumaron el 0.5%.

Con relación a las especies de Quetognatos, se identificaron un total de 4 especies, siendo la especie con mayor abundancia *Sagitta pacifica* 175 Org/100 m³, esta especie es típica de ambiente oceánico y se considera normal para la época. Otra especie importante fue *S. bierii* con 23 Org/100 m³, esta especie tipifica la presencia de aguas frías, observado especialmente a 2° Sur.

A 1° sur se reporta 2 especies *S. enflata* con 47 Org/100 m³ y *S. pacifica* 94 Org/100 m³ que juntos caracterizan la presencia de aguas Ecuatoriales superficiales en esta zona, (Figura 18).

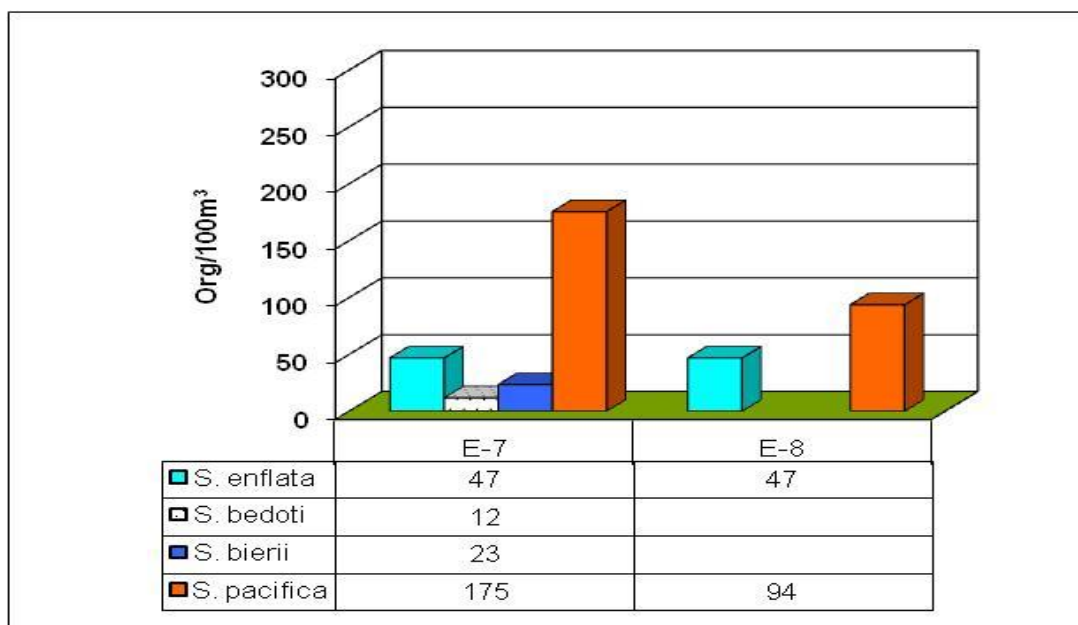


Figura 18. Distribución superficial de Quetognatos en la Sección 89° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

Zooplankton 335u: Arrastre oblicuo

La composición del zooplankton presentó cualitativamente un patrón similar a nivel subsuperficial, determinándose los grupos Radiolarios 60.9%, Copépodos 17.6% y Cladóceros 14.4%. Este último grupo estuvo se identificaron las especies *Evadne tergestina* y *P. avirrostris*, especies que son típicas de ecosistemas costeros.

A nivel subsuperficial se reporta la presencia de 4 especies que tipifican, especialmente a los

2° Sur la presencia de *S. hexaptera* que tipifica aguas frías provenientes de zonas intermedias y profundas, esta es típica de aguas frías.

A los 1° Sur se reporta la *S. pacifica* y *S. regularis* que juntos caracterizan aguas típicamente oceánicas, y que son propias para la época.

Las especies *Sagitta enflata* y *S. bedoti* registrado a 1° Sur (E-8) se encontraron 25 y 13 Org/100 m³ respectivamente, que tipifican capa de mezcla a nivel vertical, (Figura 19).

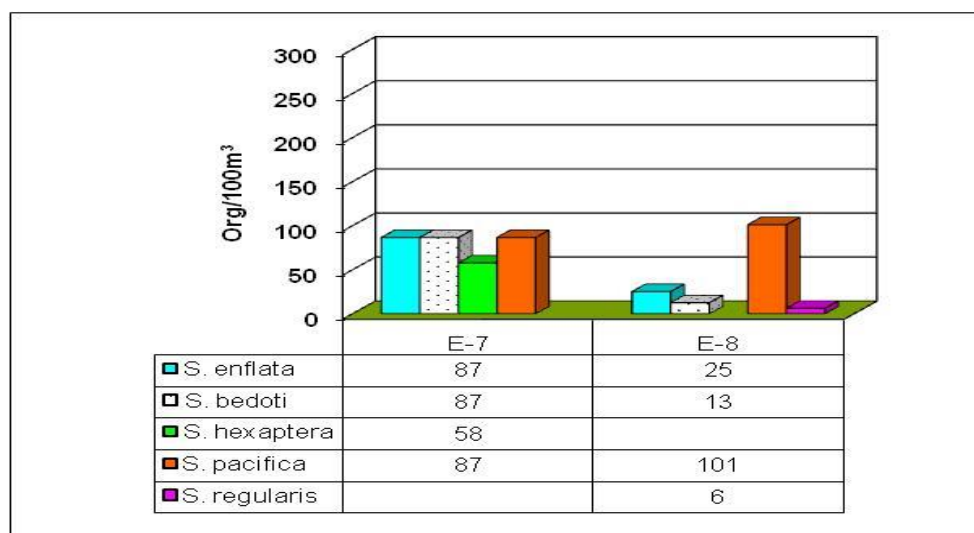


Figura 19.
Distribución
Subsuperficial de
Quetognatos en la
Sección 89° W,
durante el C0-2-
2011– Septiembre de
2011

SECCIÓN 92° W: Distribución superficial de clorofila *a*

Se registraron aguas muy productivas de clorofila *a* encontrándose parches de clorofila con rangos que oscilaron entre 0.73-2.72 mg/m³ localizado a 0.5° y 1.5° Sur correspondientes a las estaciones 9 y 11, (Figura 2).

Distribución subsuperficial de Clorofila *a*

En la capa subsuperficial se registraron aguas muy productivas con núcleos clorofilicos entre 1.02-1.17 mg/m³ localizado a 2.5° Sur (E.12) a 10 y 20 metros de profundidad.

Las menores concentraciones se registraron a 0.5 ° Sur (E.10), localizados a 40 y 50 metros de profundidad con rangos entre 0.21-0.27 mg/m³, (Figura 20).

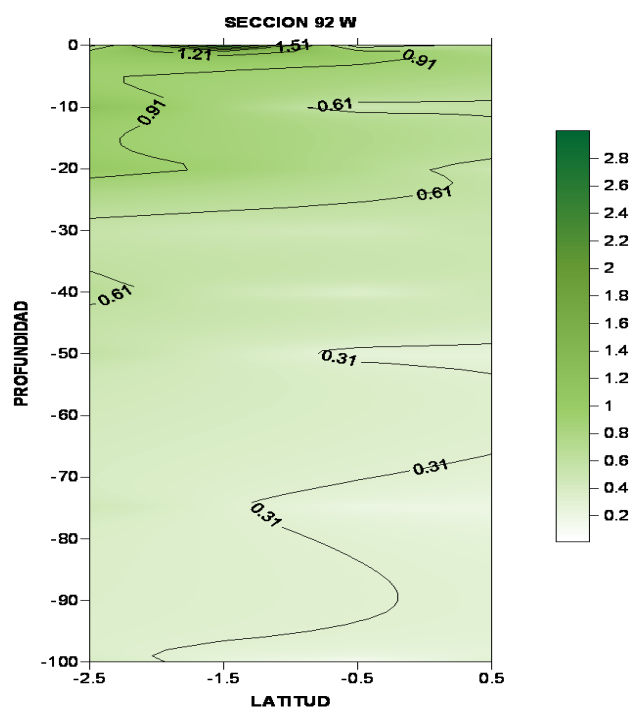


Figura 20.
Distribución subsuperficial de Clorofila en la Sección 92°, durante el
C0-2-2011– Septiembre de 2011

Fitoplancton 50μ: Arrastre superficial

A nivel superficial se registró la mayor abundancia dentro del área de estudio con 28922 cél/m^3 y una diversidad de 65 especies distribuidas en 30 diatomeas, 31 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, 1 cianobacteria, dentro del microzooplancton se observaron 2 tintinnidos. Adicionalmente se registraron 10236 cél/m^3 (E.12), representadas por *Pseudoeunotia doliolus*, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ch.*

peruvianus, *Thalassiosira subtilis* y *Thalassiotrix frauenfeldii* especies que tipifican áreas de afloramientos hacia los 1.5 y 2.5° Sur. La menor abundancia relativa se registró en la estación 9 con 1862 cél/m^3 localizada a 0.5° Sur.

Se registró una escasa densidad celular de dinoflagelados representados por las especies *Ceratium furca* y *Protoperdinium oceanicum*, (Figura 21).

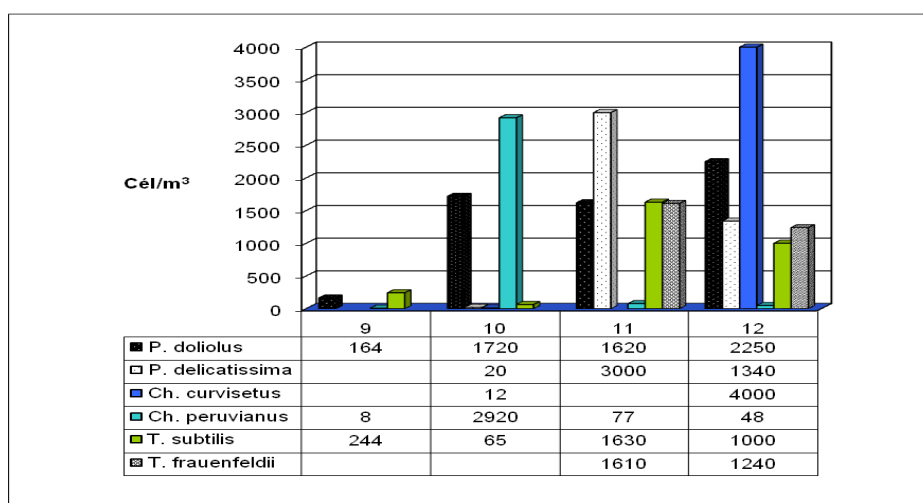


Figura 21. Distribución superficial del Fitoplancton en la Sección 92° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

Arrastre vertical

En el estrato subsuperficial se registró una abundancia de 20466 cél/m^3 y una diversidad de 43 especies distribuidas en 27 diatomeas, 14 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, dentro del microzooplancton se observó 1 tintinnido. Además se registraron 9642 cél/m^3 (E.11),

representadas por *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. affinis*, *Thalassiosira subtilis* y *Corethron criophyllum* especies indicadoras de áreas afloradas. La menor abundancia relativa se registró en la estación 10 con 349 cél/m^3 localizada en la estación 10 a 0.5° Sur, (Figura 22).

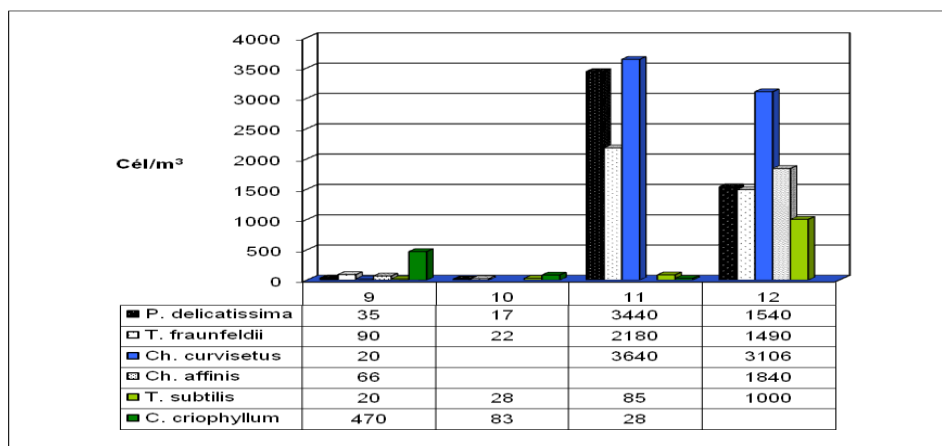


Figura 22. Distribución vertical del Fitoplancton en la Sección 92° W, durante el C0-2-2011 – Septiembre de 2011.

SECCIÓN 92° W: Distribución superficial de la biomasa de zooplancton.

Se registró una moderada biomasa zooplanctónica en la capa superficial destacándose el máximo valor de 58ml /100 m³ localizado a 1.5° Sur (E- 11), y la menor biomasa de zooplancton se encontró a 0.5° Sur (E-10) con un valor de 15ml/ 100 m³.

Distribución subsuperficial de la biomasa de zooplancton.

A nivel subsuperficial se determinó que la mayor biomasa zooplanctónica se registró uniforme la biomasa zooplanctónica comprendido entre un rango de 25 a 30 ml/100m³, estableciéndose la mayor biomasa zooplanctónica a 2.5° Sur (E-12).

Zooplankton 335u: Arrastre superficial

En la capa superficial, la comunidad zooplanctónica estuvo representado principalmente por el grupo Radiolarios con el 53.8% de abundancia relativa en la sección 92° W, Copépodos 30.2%, Huevos de invertebrados 7.1% esta composición fue similar a las observadas en las secciones 89° y 86° W.

Con menor biomasa se registraron los Quetognatos 2.0%, seguido de Larvas de eufáusidos 1.8%, y Sifonóforos 1%. Con una escasa abundancia que representa el % se

determinaron Pterópodos, Anfípodos, Eufáusidos, Foraminíferos, Ostrácodos, Huevos de peces, Larvas de poliquetos, Larvas de decápodos, Lucifer que juntos sumaron una abundancia relativa de 4.1%.

Con respecto a los indicadores de zooplancton con especial énfasis al grupo de los Quetognatos en la sección 92° W se encontró una mayor diversidad de especies.

Sagitta bedoti, es una especie más abundante con 367 Org/100 m³, en la (E-9), ubicado a 0.5° Norte, esta especie está caracterizando la presencia a nivel superficial del Frente Ecuatorial que limita las aguas frías con mayor salinidad, de las aguas cálidas con menor salinidad. Esta especie fue disminuyendo en menor abundancia hacia estaciones ubicadas al Sur de la sección 92°W.

Asociado a *Sagitta bedoti* se registró a *S. hexaptera* y *S. bierii* especies que caracterizan la presencia de aguas frías, y *S. minima* que caracteriza la ligera presencia de aguas cálidas, por lo tanto se puede considerar que existe la presencia de un Frente Ecuatorial, (Figura 23).

Otra especie importante dentro del ecosistema al oeste de las islas Galápagos fue *S. pacifica* que se registró en las estaciones E-10 y E-12, con 47 y 12 Org/100 m³. Esta especie típica de ambiente oceánico y normal para la época.

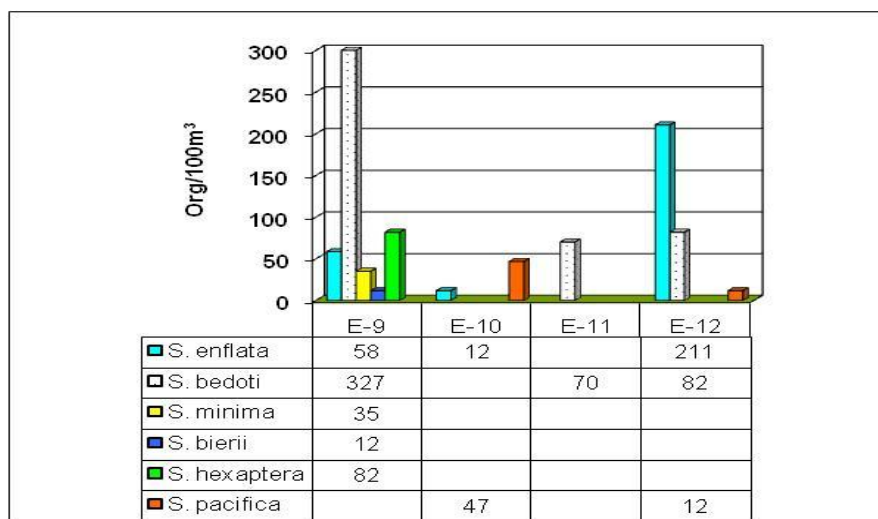


Figura 23. Distribución Superficial de Quetognatos en la Sección 92° W, durante el C0-2-2011– Septiembre de 2011.

Arrastre oblicuo

En la capa subsuperficial, se determinó una composición similar en la comunidad zooplanctónica registrándose los grupos dominantes Radiolarios 71%, y Copépodos 19.4%. Con una menor abundancia se registraron los siguientes grupos Larvas de eufausidos 1.9%, Huevos de invertebrados 1.7%, Apendicularios 1.6%, Cladóceros 0.7%, a este grupos se determinó la especie *Evadne tergestina*, que es una especie típica de ambiente costero.

Con una escasa abundancia se reporta los Quetognatos, Sifonóforos, Doliolum, Medusas, Anfípodos, Eufáusidos, Huevos y Larvas de peces

A nivel subsuperficial se encontraron en la estaciones 9, 10, 11 ubicados entre a 0.5° Norte y 1.5° Sur la especie *Sagitta hexaptera*, esta especie caracteriza aguas provenientes de las capas intermedias y/o profundas, la cual está relacionada con una relativa productividad zooplanctónica y junto a *S. bierii* y *Krhonitta subtilis* tipifican la presencia de afloramiento en esta zona ubicado al Oeste de la isla Isabela, (Figura 24).

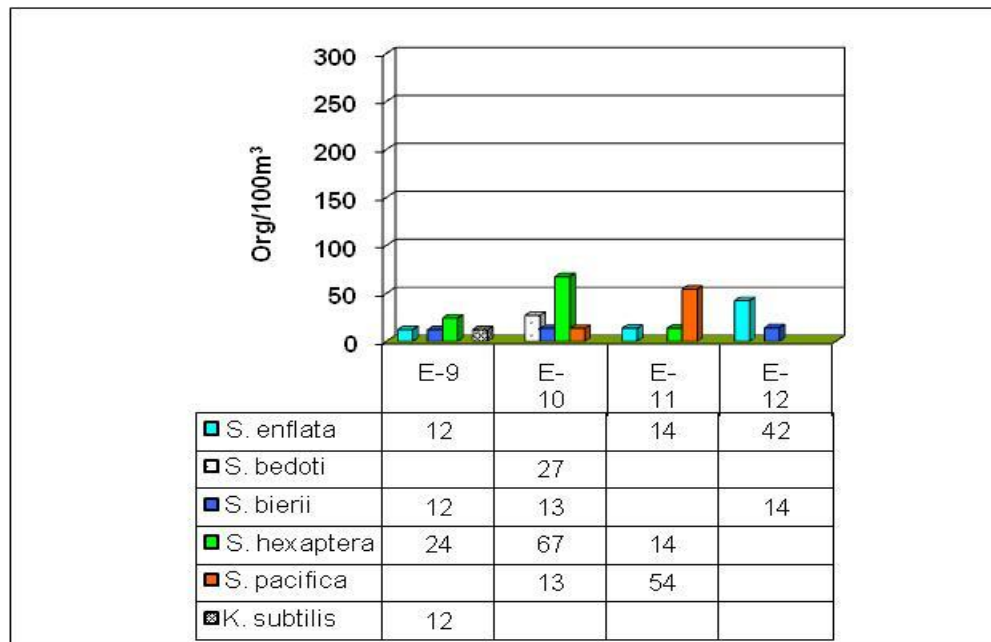


Figura 24. Distribución Subsuperficial (0-200m) de Quetognatos en la Sección 92° W, durante el C0-2-2011- Septiembre de 2011.

DISCUSIONES

En cuanto a trabajos de plancton son escasas las investigaciones marinas relacionadas a la composición, distribución sobre fitoplancton y zooplancton efectuadas en las islas Galápagos, sin embargo se realizó una comparación macro de la composición y abundancia relativa de estudios desarrollados en esta área.

En la composición del fitoplancton se reporta para las cuatro secciones en estudio la presencia de las especies indicadoras del Frente Ecuatorial tales como: *Thalassiosira subtilis*,

Chaetoceros curvisetus Ch. *eibonii*, *Rhizosolenia imbricata*, *Proboscia alata* y *Planktoniella* sol indicadoras del Frente Ecuatorial.

Semina (1978), menciona que las especies colectadas con el método de fijación y las colectadas en muestras de redes, presentaron diferencias en su composición y abundancia, evidenciando las especies de menor tamaño en muestras de agua y las de mayor tamaño e indicadoras de eventos cálidos en las muestras de redes.

Torres y Tapia (1998), reportan que las principales áreas de mayor concentración de productores primarios se presentaron al Oeste de las islas Galápagos y en el Golfo de Guayaquil, variables de gran utilidad ecológica que actúan direccionadamente a la producción de grandes áreas de pesquerías.

Tapia y Torres (2000), registraron el mayor contenido celular hacia el Oeste y Sur de las Islas Galápagos con 600.000 cél/l y la menor concentración hacia el noroeste de Galápagos con 300.000 cél/l.

Naranjo (2000), reporta la presencia de especies *Sagitta enflata* y *S. pacifica* que son de hábitat epiplanctónico las cuales presentan una amplia distribución considerándose a estas especies cosmopolitas que pueden habitar en regiones neríticas y oceánicas.

Tapia y Naranjo (2005-2006), registraron la presencia de especies *Rhizosolenia hebetata* y *Thalassiosira subtilis* indicadoras de masas de aguas frías y oceánicas, asociado a estas se observó la presencia poco usual de *Planktoniella sol* y *Asteromphalus brookei* con una máxima distribución de norte a sur del área que son consideradas diatomeas típicas de masas de Aguas Tropicales Superficiales.

Naranjo y Tapia (2007), reportaron en un estudio realizado en la isla Baltra una elevada productividad primaria con rangos entre 1.40-1.80 mg/m³ en la capa superficial, mientras en muestras de red de 50 micras encontraron 46 especies y una diversidad de grupos del zooplancton tales como Copépodos, Huevos de peces, Quetognatos, Zoeas de brachiuras, Larvas de invertebrados.

En el presente estudio se registraron 65 especies en muestras de red de 50 micras representados mayormente por diatomeas, dinoflagelados y tintinnidos,

Relacionando con el presente estudio se resalta que en la sección 86° W y a los 0° se registró una alta productividad zooplanctónica, además a 2° Sur de la sección 83° W y 1.5° Sur de la sección 92° W, en este último sitio debido a la presencia del afloramiento al Oeste de la isla Isabela.

La composición del zooplancton estuvo representada por los grupos Radiolarios con el 42%, que es un grupo característico de ambiente oceánico. En menor abundancia se encontró los Copépodos 26.3%, y Huevos de invertebrados con el 17.1%. Otros grupos importantes se registraron tales como Eufáusidos 5%, Foraminíferos 4.8%, Quetognatos 2.1%, grupos son comunes de ambiente oceánico.

En cuanto a los Quetognatos se encontraron las especies *Sagitta hexaptera* asociada a las especies *S. bierii* y *K. subtilis* caracterizan a la zona desde los 0° hacia el sur oeste de la isla Isabela la presencia del afloramiento de Galápagos.

La mayor productividad de fitoplancton se registró en la sección 92°W, y de zooplancton en la sección 86°W registrándose variabilidad en los parámetros físicos, determinándose valores de salinidad entre 35.17 UPS y Temperatura promedio de 22. 16° C.

CONCLUSIONES

- Se encontraron las mayores biomásas de clorofila *a* en la sección 92°W localizados a 1.5 y 2.5° Sur desde el estrato superficial hasta los 20 metros, registrándose parches de alta producción primaria.
- Se registraron las mayores abundancias relativas de fitoplancton en muestras de red en la sección 92°W y en toda la columna de agua.

- Cabe resaltar la presencia de *Pseudonitzschia delicatissima*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. peruvianus*, *Thalassiosira subtilis* y *Thalassiotrix frauenfeldii* especies indicadoras de afloramientos observadas a los 1.5 y 2.5° Sur y que tipifican la presencia de la Corriente de Cromwell.
- Se registraron la presencia de las especies *Proboscia alata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Chaetoceros eibonii* y *Planktoniella sol* indicadoras de masas de aguas oceánicas, y neríticas.
- Durante la evaluación del crucero oceanográfico se determinó que la mayores biomásas de zooplancton se observaron a los 0° de la sección 86° W, y otros sitios de alta productividad zooplanctónica fueron a 2° Sur de la sección 83° W y 1.5° Sur de la sección 92° W, en este último sitio debido a la presencia del afloramiento al Oeste de de la isla Isabela.
- A nivel subsuperficial coincidió con las mayores biomásas de zooplancton localizado a los 0° de la sección 86° W, y la menor biomasa de zooplancton se observó a 1° Sur de la sección 89° W.
- La presencia de la especie *Sagitta hexaptera* asociada a las especies *S. bierii* y *K. subtilis* caracterizan a la zona desde los 0° hacia el sur oeste de la isla Isabela la presencia del afloramiento de Galápagos, debido a la presencia en la capa subsuperficial de la Corriente de Cromwell, siendo normal que se intensifica su presencia durante los meses de agosto a octubre de cada año.
- Se observó el Frente Ecuatorial bien marcado debido a la presencia de la especies fitoplanctónicas representadas por

Chaetoceros eibonii, *Rhizosolenia imbricata*, *Thalassiosira subtilis*, *Proboscia alata* y *Planktoniella sol* encontrándose una mezcla de especies típicas de aguas oceánicas y neríticas.

- En cuanto a especies del zooplancton se registraron a *Sagitta bedoti* ubicándose la mayor abundancia relativa en la capa superficial a los 0° de la sección 86° W, y en menor importancia a *Sagitta enflata* y *S. minima*, estas especies caracterizan aguas ligeramente cálidas, y su baja abundancia en las secciones en estudio son normales para la época.

BIBLIOGRAFÍA:

Alvariño, A. 1965. Distributional Atlas of Chaetognatha in the California Current Region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, Atlas No 3: 1-291. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations.

Boltovskoy, D. & S. Jankilevich. 1981. Distribución de las especies de Quetognatos en el Atlántico Sudoccidental, en Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental: 781-791.

Cromwell, T. & J.L. Reid, 1956. A study of Oceanic Fronts. Tellus VIII (1) 94-101.

Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, 1: 1-300.

Bonilla D. 1983a. Estudio Taxonómico de los Quetognatos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 2 No. 2 : 509-567 .

Bonilla, D. 1983b. Quetognatos de las islas Galápagos durante el crucero oceanográfico

del 17-16 de noviembre de 1978. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 2(1): 147-160.

Cupp, E., 1943. Marine plankton diatomms of west coast. Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California. Eds H.Sverdrup, R. Fleming, L. Miller, 5(1) : 1-238.

Gasca, R. & E. Suárez. 1996. Introducción al Zooplancton Marino. ECOSUR-CONACYT, México 1-711p.

Jiménez R., 1977. Biomasa y composición del fitoplancton al oeste de las Islas Galápagos-Ecuador. Boletín informativo ERFEN, 1(2):14-17.

Jiménez R., y Pesantes F, 1977. Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 2(1): 30.

Jiménez R., 1977 b. Distribución del fitoplancton en el Frente Ecuatorial. Boletín EFRÉN, 3: 11 – 17.

Jiménez R., y Bonilla D, 1980. Composición y distribución de la biomasa del plancton en el Frente Ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 1 (1):19-64.

Jiménez, R., 1983. Diatomeas y dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 193-282.

Mujica, A. y V. Ascencio. 1985. Larvas de peces, Eufáusidos y estructura comunitaria del zooplancton del Estrecho Bransfield (Crucero Sibex-Inach, 1984). Ser. Cient. INACH. 33: 159-186 p.

Naranjo, C., 2000. Contribución al estudio de los Quetognatos alrededor de las islas

Galápagos. Acta oceanográfica del Pacífico. Vol. 10, (1) 169-179.

Naranjo C., & M. Tapia. 2007. Comunidades del Plancton en la Caleta Aeolían de la isla Baltra- Galápagos (Ecuador), durante 2005. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 14, (1) 137-168.

Pak, H. And J.R. Zaneveld, 1974. Equatorial Front in the Eastern Pacific Ocean. J. Phys. Oceanogr., Vol.4:570-578.

Pesantes, F., 1983. Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2):283-399.

SCOR UNESCO Working group 17, 1966. Determination of photosynthetic pigments in the sea-water. Monographs on oceanographic methodology, 1, UNESCO : 9-18.

Semina J., 1978. Manual of Phytoplankton. Edited by Sournia- UNESCO:181. Sournia.

Tapia y Torres. 2000. Variabilidad fitoplanctónica en 5 Bahías de las islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Ecuador, 9(1): 151-159.

Tapia y Naranjo. 2005- 2006. Plancton alrededor de las islas Galápagos, durante el Crucero Oceanográfico efectuado en mayo de 2004. Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Ecuador, 13(1): 137-168.

Tapia M., 2006. Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatorial y su interrelacion con el evento “La Niña 1999-2000“. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales- Ecuador.

Thomas C., 1997. Identifying marine Phytoplankton. Academic Press, Florida: 1-858.

Taylor, F., 1976. Dinoflagellates from International Indian Ocean expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Brunn". Institute of Oceanography and Department of Botany, Canada: 227.

Tregouboff, G. & M. Rose. 1957. Manuel de Planctonologie Mediterrane. Centro

National de la Recherche Scientifique, París. Tomo 2.

Torres y Tapia. 1998. Distribución del Primer nivel trófico (Fitoplancton) en el Pacífico Ecuatoriano, Período 1996-1997 (Pre- El Niño). Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Ecuador, 9(1): 79-94.

Wooster, W., 1969. Equatorial front between Peru and Galapagos. Deep. Sea Res. Supl. Vol 16: 407:419.

PREFERENCIA Y RANGOS DE TOLERANCIA A LA TEMPERATURA Y SALINIDAD DE LOS PTERÓPODOS Y HETERÓPODOS FRENTE A LA COSTA ECUATORIANA*

Manuel Cruz ⁽¹⁾

RESUMEN

Del análisis de 216 muestras de zooplancton, obtenidas mensualmente desde 1990 hasta el 2007, en la estación fija a 10 millas de la costa ecuatoriana, frente a Salinas, Ecuador, se identificaron 14 especies de gasterópodos planctónicos (Pterópodos y heterópodos) a los que se le analizaron la preferencias de las masas de aguas y sus rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad en el mar.

Los registros mensuales de la temperatura y salinidad superficial del agua, fueron relacionados con la abundancia de cada especie en un diagrama T-S (Temperatura y Salinidad) donde se observa la distribución y preferencia de la especie, mientras que en una tabla con las temperaturas y salinidades mínimas y máximas registradas mensualmente en la estación fija, se seleccionó los rangos de la temperatura y salinidad en que se presentó cada especie y se escogieron las 3 mejores abundancias, para definir la preferencia del tipo de masas de agua, esta información se ubicó en una figura con los diferentes tipos de aguas identificadas por (Enfield, 1976) en la que se graficaron las mínimas y máximas abundancias donde se aprecia el tipo de agua donde se presentaron, de lo cual se clasificaron las especies de la siguiente manera:

Euritermos: Creseis vírgula, Creseis acicula, Cavolinia uncinata, Limacina trochiformis y Atlanta gaudichaudi, Atlanta lesueuri y Firoloida desmarestia. Estenotermos: Hyalocylis striata, Atlanta peroni, Atlanta turriculata, Desmopterus papilio, Cavolinia longirostris, Diacria quadridentata, y Limacina bulimoides. Eurihalinos: Creseis vírgula, Hyalocylis striata, Atlanta lesueuri, Atlanta peroni, Diacria quadridentata, Atlanta gaudichaudi. Estenohalinos: Creseis acicula, Atlanta turriculata, Firoloida desmarestia, Desmopterus papilio, Cavolinia longirostris, Limacina bulimoides, Cavolinia uncinata, y Limacina trochiformis

Palabras claves: Tolerancia, temperatura, salinidad, Pterópodos, heterópodos, Ecuador

* Tesis de Magister (Parte). Fac. Ciencias Naturales, Universidad. de Guayaquil

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. Base Naval Sur-Vía a Pto. Marítimo-Av. 25 de Julio. Guayaquil-Ecuador
E-mail: mcruz@inocar.mil.ec; mcruzp47@yahoo.com

ABSTRACT

Of the analysis of 216 zooplankton samples, obtained monthly from 1990 to 2007, in the station to 10 miles of the Ecuadorian coast, in front of Salinas, Ecuador, 14 species of planktonic gastropods were identified (Pteropods and heteropods) to which analyzed the preferences of the water masses and their ranks of tolerance to the temperature and salinity in the sea.

The monthly registries of the surface temperature and salinity of the water, were related with the abundance of each species in a diagram T-S (Temperature and Salinity) where is observed the distribution and preference of the species, whereas in a table with the minimum and maximum temperatures and salinities registered monthly in the fixed station, it selected the ranks of the temperature and salinity in which each species appeared and chose the 3 higher abundances, to define the preference of the type of water masses, this information was located in a figure with the different types from waters identified by (Enfield, 1976) in which were registered the minimums and principles abundances where the type of water is appraised where presented/displayed, of which the species of the following way were classified:

Euritermos: *Creseis vírgula*, *Creseis acicula*, *Cavolinia uncinata*, *Limacina trochiformis*, *Atlanta gaudichaudi*, *Atlanta lesueuri* and *Firoloida desmarestia*. Estenotermos: *Hyalocylis striata*, *Atlanta peroni*, *Atlanta turriculata*, *Desmopterus papilio*, *Cavolinia longirostris*, *Diacria quadridentata*, and *Limacina bulimoides*. Eurihalinos: *Creseis vírgula*, *Hyalocylis striata*, *Atlanta lesueuri*, *Atlanta peroni*, *Diacria quadridentata*, *Atlanta gaudichaudi*. Estenohalinos: *Creseis acicula*, *Atlanta turriculata*, *Firoloida desmarestia*, *Desmopterus papilio*, *Cavolinia longirostris*, *Limacina bulimoides*, *Cavolinia uncinata*, and *Limacina trochiformis*.

Key words: Tolerance, temperature, salinity, pteropods, heteropods, Ecuador

INTRODUCCIÓN

El estudio sobre la tolerancia a la temperatura y salinidad se aplica mucho a las especies de importancia comercial, para conocer el medio mas apropiado para su cultivo, como en el camarón *Penaeus vannamei* que tolera un amplio rango de salinidad, desde 0,5–45 ppt, se siente cómodo entre 7–34 ppt pero crece particularmente bien en bajas salinidades entre 10–15 ppt (1)

Una realidad actual es el cambio climático y la contaminación, hacen que los ecosistemas acuáticos estén constantemente modificándose y es necesario conocer sus rangos de tolerancia para conocer la capacidad que tendrían las especies de adaptarse o desaparecer (2), pero en las especies marinas con importancia ecológica para interpretar ecosistemas y masas de aguas, hay poca información.

Desde el año 1990 hasta la actualidad han ocurrido siete eventos cálidos de El Niño y seis eventos fríos de La Niña en el Pacífico central, que tienen efectos principalmente frente a la costa ecuatoriana, donde generalmente se presentan situaciones climáticas extremas como las inundaciones, deslaves, es afectado el transporte y las comunicaciones, la agricultura, pesca, afectando el sector social y la economía del país por esa razón es necesario buscar nuevas alternativas como conocer mejor el comportamiento de las especies bioindicadores de masas de aguas y su tolerancia a la temperatura y salinidad, que ayuden a interpretar con más eficiencia qué tipo de masas de aguas se encuentran frente a la costa Ecuatoriana, para enfrentar con anticipación estos eventos naturales, informar a la comunidad para así disminuir los riesgos e impactos socio-económicos, que le cuesta cientos de millones de dólares al gobierno ecuatoriano.

Sobre las especies marinas se han publicado sobre indicadores de El Niño como el de Miró y Luzuriaga (1974), quienes dan a conocer que los foraminíferos planctónicos son especies que pueden ser utilizados para identificar los diferentes tipos de masas de agua en el mar ecuatoriano. Luzuriaga, (1980), determina como especie de aguas cálidas a *Globigerinoides ruber*, de aguas frías a *Globigerina bulloides* y de aguas de mezcla a *Globoquadrina dutertrei*.

Las investigaciones sobre bioindicadores de masas de agua, se incrementaron con la creación de las estaciones fijas de La Libertad y Manta en 1990, donde se iniciaron las investigaciones de los pterópodos y heterópodos como indicadores de masas de agua, y desde 1997 se incorporaron las especies de diatomeas, dinoflagelados y quetognatos. Considerando, que es prioritario para el investigador biólogo identificar el hábitat que prefiere cada especie, en este trabajo se da a conocer la preferencia y la tolerancia a la temperatura y salinidad que tiene cada especie de Pterópodo y Heterópodo obtenidos a 10 millas de la costa ecuatoriana, para lo cual se ha considerado la información mensual de 17 años de investigación, desde 1990 al 2007.

Es importante agregar que para la interpretación las masas de aguas e interpretar el verdadero hábitat de la especie, hay que considerar su abundancia, el desarrollo morfológico, si son adultos o juveniles y la calcificación de sus conchas entre otras características.

ANTECEDENTES

Los estudios más antiguos sobre los pterópodos y heterópodos, se encuentran en los reportes de las expediciones científicas extranjeras del "Voyage of H.M.S. Challenger" realizado en los años 1873 -1876, reportado hace más de

ciento veinte años por Pelsener en 1888 (Tesch, 1946), quien da a conocer las características taxonómicas de los gasterópodos planctónicos del océano Atlántico, que tienen concha calcárea, y son denominados pterópodos tecosomados.

Otros reportes que han contribuido al mejor conocimiento de la taxonomía de los pterópodos tecosomados, es el “Siboga Expedition”, realizado en 1899-1900 y reportado por Tesch, 1904 (en Matsubara, 1975), y el “Dana Expedition”, realizado en 1921-1922 en el Atlántico norte (en Matsubara, *op cit.*).

Después de los trabajos taxonómicos, aparecen las publicaciones de Souleyet, Boas, Pelsener y Meisenhelmer que contribuyeron mucho en la descripción morfológica y fisiología de los pterópodos tecosomados (Tesch, 1946).

Posteriormente, las especies de pterópodos se relacionan con el medio ambiente y es Tokioka, (1951) quien menciona que hay especies que son típicas de aguas costeras en el Pacífico y en el Atlántico Tropical como *Creseis chierchiae*, esto ha sido comprobado por Cruz, (1983) al haber reportado esta especie en el Golfo de Guayaquil, pero solo en la plataforma continental donde se presenta influencia de aguas del Río Guayas, en un ambiente estuarino, encontrándose ausente en las estaciones más alejadas, que se localizaban fuera de la plataforma continental, donde había una influencia de aguas oceánicas. Esta especie no ha sido reportada para las estaciones fijas de La Libertad y de Manta que se localiza en: 0° 52' 60" lat. S y 80° 49' 60" Long. W.

Otra especie que ha sido considerada como indicadora de aguas neríticas y regiones someras es *Creseis acicula* (Matsubara, 1975), que también ha sido denominada como una

especie seminerítica para el Atlántico sur (Boltovskoy, 1981).

Magaldi, (1974), considera que las menores temperaturas pueden ser un limitante afectando negativamente a ciertas especies como a *Limacina inflata*, considerando a esta especie como típica de aguas cálidas. Otras especies, que solo habitan en las profundidades como *Limacina helicoides*, es considerada como batipelágica (Matsubara, 1975)

Existen otras especies de pterópodos como *Creseis virgula* que en el Atlántico es considerada como eurihalina, la que no presenta ciclo nictimeral (Frontier, 1965) y en el mar de China tiene una abundancia bianual y está relacionada con los vientos monzones (Matsubara, *op cit.*).

En el océano Pacífico, uno de los trabajos que compila muchas publicaciones sobre los moluscos planctónicos, como los pterópodos y heterópodos que existen en la provincia Biogeográfica Panameña o Panámica, que comprende desde Baja California hasta el norte del Perú es el de Keen, (1971), quien menciona que tienen concha calcárea, pie reducido, con rádula y que algunos tienen ctenidios. Esta autora solo publica los nombres a nivel de especie y en algunas de ellas da a conocer su localidad, sin mencionar las características taxonómicas de estos moluscos pelágicos. En su trabajo, no menciona que son bioindicadores de masas de agua, o de ecosistemas marinos.

Esta autora reporta para la provincia Panámica EN el océano Pacífico 21 especies de heterópodos de las cuales, 5 (cinco) especies se han observado 10 millas de la costa ecuatoriana: *Atlanta gaudichaudi*, *A. lesueuri*, *A. peroni*, *A. turriculata* y *Firoloida desmarestia* (Cruz, 1998).

Keen, (1971), también reporta 20 especies de pterópodos tecosomados para la Provincia Panámica, de las cuales 9 (nueve) especies se han encontradas a 10 millas de la costa ecuatoriana: *C. longirostris*, *C. uncinata*, *C. pyramidata*, *Creseis acicula*, *C. virgula*, *Diacria quadridentata*, *Hyalocylis striata*, *Limacina bulimoides*, *L. trochiformis*.

Hay una especie que no ha sido reportada por Keen, (1971), es el Pseudotecosomado *Desmopterus papilio*, especie que fue encontrada por primera vez a 10 millas de la costa ecuatoriana el 15 de julio de 1991 en aguas con temperatura de 24,5° C, salinidad 34,3 ups, Nitrato 4,2 umol/L y Silicato 2,7 umol/L. lo que indicaría una preferencia por aguas de mezcla entre Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Uno de los primeros trabajos publicados en el Ecuador utilizando las especies zooplanctónicas marinas como indicadores de masas de aguas es el de Miró y Luzuriaga (1974) quienes dan a conocer los resultados del crucero ORIÓN realizado en 1971, mencionando que las especies de foraminíferos planctónicos son organismos bioindicadores de masas de aguas.

Jiménez (1975) encontró en el Golfo de Guayaquil que cuando los dinoflagelados son muy abundantes, la productividad del mar era pobre y las diatomeas presentaron una baja diversidad específica en diciembre de 1972.

Posteriormente, Luzuriaga de Cruz, (1976), estableció que en el mar ecuatoriano se observó el predominio de los foraminíferos planctónicos de aguas cálidas procedentes del norte como *Globoquadrina dutertrei* y *Globorotalia menardii*.

En el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), con la asesoría del Dr. Serge

Frontier, especialista en pterópodos y heterópodos, se iniciaron las investigaciones sobre estos grupos de gasterópodos planctónicos en el Ecuador, desde julio de 1977 a septiembre de 1978.

En la década de 1980 a 1990, se intensificaron las investigaciones que relacionan las especies marinas con los diferentes ambientes incluyendo el frente ecuatorial, así tenemos que Jiménez y Bonilla (1980), reportan que en septiembre de 1974 el frente ecuatorial estuvo bien desarrollado mostrando un gradiente de temperatura entre 18°C y 24°C, y salinidades entre 33,0 ups y 35 ups y que las altas biomásas de macro-zooplankton se ubicaron en la parte sur del frente, así como en las aguas intermedias o de transición.

Durante el evento El Niño de diciembre de 1972, se encontró que cuando predominan los dinoflagelados sobre las diatomeas, el género más abundante es *Ceratium sp.*, las aguas son relativamente pobres y están relacionadas con temperaturas altas de 25,5°C y 27,5°C con salinidades de 32 ups y 33,8 ups. (Pesantes, 1980),

Mientras en Ecuador, se estaban iniciando las investigaciones sobre pterópodos y heterópodos, Van der Spoel y Boltovskoy (1981), utilizaron a los pterópodos tecosomados como organismos bioindicadores para definir y determinar las diferentes provincias biogeográficas en el Atlántico Sudoccidental, demostrando su importancia para caracterizar las masas de agua en base a la asociación faunística que forman estos gasterópodos planctónicos, reconociendo que en la Corriente de Brasil predomina *Stiliola subula*, y en los trópicos *Creseis virgula f. conica*. En cambio *Creseis acicula* está asociada a las aguas neríticas y costeras. De igual forma las especies Antárticas están representadas por *Clio pyramidata f. sulcata* y

Limacina helicina f. antartica, mientras que las especies subantárticas, por *Clio pyramidata f. antartica* y *Spongiobranchea australis*. Además, el pterópodo pseudotecosomado *Desmopterus papillo* es común en el océano Indico.

Con la referencia de que los pterópodos tecosomados son considerados como bioindicadores de masas de agua y ecosistemas marinos, en el Ecuador, Cruz (1983), en el primer trabajo sobre este grupo de gasterópodos planctónicos, reporta tres especies de pterópodos tecosomados para el Golfo de Guayaquil, en los alrededores de la isla Puná, que incluye parte del Canal de Cascajal, Canal de Jambelí y el sur-oeste de la isla Puná.

En el mismo año, Cruz, (1983), reporta siete (7) especies de gasterópodos planctónicos: 5 pterópodos tecosomados: *Creseis chierchiae*, *Creseis virgula*, *Creseis acicula*, *Limacina trochiformis*, *Limacina inflata* y dos heterópodos: *Atlanta gaudichaudi* y *Atlanta lesueuri*, mencionando sus características taxonómicas y sus ambientes como resultado del análisis de 4 cruceros en el Golfo de Guayaquil, en mayo 1973, febrero 1978, marzo 1982 y noviembre 1983.

Bonilla, (1983) en su trabajo sobre El zooplankton de las Islas Galápagos durante 1995 y 1996, reporta a nivel de grupo, que los pterópodos ocupan el segundo lugar en abundancia con el 11 %.

En el país, se continúa aportando con publicaciones sobre las especies planctónicas marinas y es Jiménez, (1983), que en su publicación del catálogo Diatomeas y silicoflagelados del Golfo de Guayaquil (II edición), reporta 189 especies y variedades de diatomeas y silicoflagelados, siendo la mayoría los primeros registros para el Ecuador, agregando datos de su ambiente y el ecosistema

donde fueron encontradas cada una de las especies.

Pesantes, (1983) considera a las especies de dinoflagelados, como indicadores de los avances del agua cálida y de baja salinidad, hacia el sur, que se presentaron en diciembre durante El Niño 1972

Existen evidencias que hay especies marinas que caracterizan las masas de agua en los océanos del mundo, pero es necesario comprender mejor el desplazamiento de las masas de agua utilizando a los organismos marinos como bioindicadores. Cruz, (1996), en su trabajo de “Pterópodos tecosomados y Heterópodos (Gasterópodos) como bioindicadores del Evento “El Niño” 1992, en la estación fija “La Libertad”, Ecuador, relacionó a estas especies con el Evento cálido “El Niño” y reportó 14 especies, nueve (9) especies de pterópodos tecosomados y 5 heterópodos, enfatizando que la interpretación de los ecosistemas marinos se realizó considerando las diferentes asociaciones de las especies, además reconoció que *Hyalocylis striata* es una especie que siempre está asociada a masas de aguas cálidas, incluyendo claves taxonómicas, pero no relacionó a estas especies con los parámetros físicos- químicos.

Dos años después, luego de haberse presentado en el océano Pacífico el Evento cálido El Niño 1997-1998, Cruz, (1998), publicó “Gasterópodos planctónicos (Pterópodos y Heterópodos) como bioindicadores de los eventos “El Niño” 1992 y 1997-1998 en la estación fija “La Libertad”, Ecuador. Este autor reportó 15 especies de pterópodos y heterópodos que se registraron frente a la costa ecuatoriana desde 1990 hasta 1998, y de las cuales 9 especies respondieron mejor a los cambios que ocurren en el mar ecuatoriano, y 6 no correspondieron a estas condiciones y fueron poco abundantes.

El último trabajo publicado sobre los pterópodos y heterópodos en el Océano Pacífico es el de Cruz, (2005-2006), denominado “Determinación de los períodos cálidos (El Niño) y fríos (La Niña), en base al comportamiento mensual de los pterópodos y heterópodos, como Bioindicadores del ecosistema marino Ecuatoriano”, menciona que de las 15 especies de pterópodos y heterópodos, solo nueve especies responden a los cambios en el ecosistema marino frente al Ecuador. De las nueve especies seleccionadas, hay cuatro: *Hyalocylis striata*, *Creseis acicula*, *Atlanta peroni* y *Atlanta lesueuri* que tienen una respuesta positiva aumentando su abundancia frente al Ecuador cuando se presentan aguas cálidas y coinciden con las anomalías positivas de la temperatura superficial que se presentan en el Pacífico central, publicado por la NOAA. Es importante mencionar, que ninguna de las especies es relacionada con la temperatura, salinidad ni parámetros químicos de la estación fija de “La Libertad”.

De la bibliografía consultada se menciona la temperatura y salinidad donde se han encontrado las especies, pero no sus rangos de tolerancia, por lo que se puede manifestar que no se han encontrado trabajos o investigaciones publicadas sobre los rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad de las especies marinas ecuatorianas, por lo que este aporte será una contribución para incentivar este tipo de investigación.

ÁREA DE STUDIO

Para el estudio de la tolerancia a la temperatura y salinidad de quince (15) especies de

gasterópodos planctónicos (Pterópodos y Heterópodos), se seleccionó la estación fija localizada a 10 millas de la costa ecuatoriana, frente a Salinas, donde hay más de 100 metros de profundidad y existe una influencia de masas de aguas oceánicas (Fig. 1).

El área de estudio está influenciada por dos épocas en el año: La época húmeda o lluviosa entre enero a abril y la época seca o no lluviosa entre mayo a diciembre.

En la época lluviosa, la posición del sol se localiza en el Hemisferio sur, por lo que los días son más largos que las noches, el hemisferio sur está más caliente que el Hemisferio norte, por lo que los vientos alisios del norte soplan con más fuerza que los vientos alisios del sur. Esta condición permite que la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se desplace hacia el sur y se localice sobre el territorio ecuatoriano, mientras que el ecosistema de la corriente de Humboldt denominada Aguas Costeras Peruanas (ACP), o Aguas Costeras de Humboldt (ACH), se debilita y se caracteriza por tener una temperatura menor a 21° Centígrados y una salinidad mayor a 34,9 por mil (Enfield, 1976). Las aguas tropicales del norte, caracterizadas por tener una temperatura mayor a 25° Centígrados y una baja salinidad, menor a 33 ups (Enfield, 1976), proveniente de la Bahía de Panamá, se desplazan hacia el sur, llegando hasta los límites sur del Ecuador y en consecuencia el mar ecuatoriano tiene Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) con temperatura de 21 a 25°C y salinidad de 33 a 34,5 ups (Enfield, 1976). (Tabla 1)

Tabla. 1.- Tipos de masas de aguas que pueden encontrarse frente a la costa Ecuatoriana (Enfield, 1976)

Tipo de masa de agua	Temperatura	Salinidad
Aguas Subtropicales Superficiales (ASS)	>25°C	>35 ups
Aguas Tropicales Superficiales (ATS)	>25°C	< 33.0 ups
Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES)	21°C a 25° C	33.0 a 34,5 ups
Aguas Costeras de Humboldt (ACH)	<21°	>34,9 ups

Cuando ocurre un evento El Niño, esta condición meteorológica y oceanográfica, permite que aguas cálidas del Pacífico central con más de 28°C, lleguen a la Bahía de Panamá, se desplacen hacia el sur y

permanezcan frente a Ecuador y Perú, favoreciendo la evaporación del agua, formando nubes convectivas y la correspondiente precipitación.

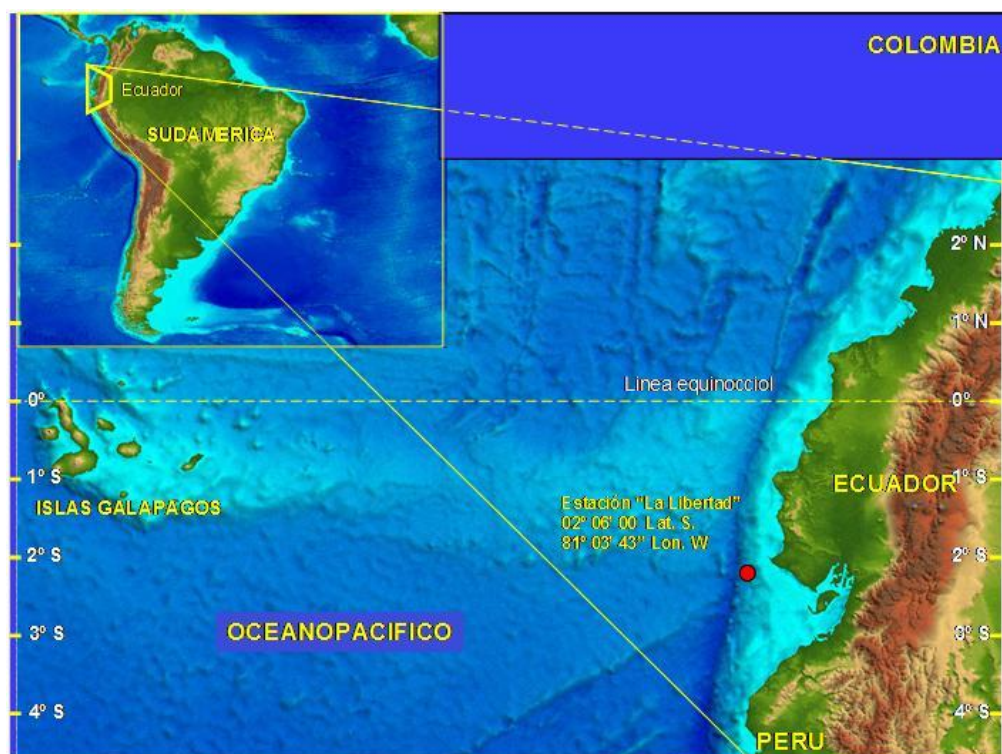


Fig. 1.- Posición de la estación fija de "La Libertad"

En la época seca entre Mayo a Diciembre, el sol se desplaza hacia el hemisferio norte, el cual se calienta más que el del sur, los vientos alisios del sur soplan con mayor fuerza, produciendo los afloramientos costeros de la corriente de Humboldt, estas aguas frías se desplazan hacia el norte y a la altura del Ecuador, giran hacia el oeste del Océano Pacífico debido a la fuerza de Coriolis. De igual forma, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), se desplaza hacia el norte localizándose entre los 5° a 10° de Latitud norte, terminándose las lluvias en el Ecuador.

Las aguas frías de la corriente de Humboldt, más el producto de los afloramientos costeros generados por los vientos alisios, desplazan aguas frías hacia el Ecuador, que en muchas ocasiones pueden llegar hasta el norte del país,

Provincia de Esmeraldas, formando un frente Ecuatorial al mezclarse las aguas frías y salinas del sur, con las aguas tropicales cálidas y poco salinas del norte.

Estas dos épocas existentes en el Ecuador, hacen que la estación Fija de "La Libertad", esté influenciada por aguas frías de Humboldt entre mayo a diciembre y disminuya su influencia entre enero a abril.

Todos estos cambios hacen interesante y más complejos las masas de aguas que existen frente al Ecuador, por eso es un requerimiento indispensable que se conozca los rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad que tiene cada especie que sea utilizada como bioindicador de un ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada es de campo y de laboratorio.

De Campo

Desde la selección de la Estación fija de “La Libertad”, en junio de 1990, localizada a 10 millas de Salinas, la misma se encuentra a 100 m de profundidad, con influencia de aguas oceánicas. Se ha utilizado embarcaciones que están equipadas con GPS para su posicionamiento, y las comunicaciones necesarias propias de las embarcaciones navales, que brindan las seguridades para poder realizar la recolección de las muestras de zooplancton.

El equipo utilizado para la recolección de las muestras de zooplancton, consta de una red cónica tipo estándar, que tiene una boca de 32 cm. de diámetro y un ojo de malla de nylon de 335 micras, considerada como la más adecuada para la recolección de los pterópodos y heterópodos (Comunicación personal con el Dr. Serge Frontier); el largo de la red es de un metro, más 20 cm del cubilete. El arrastre superficial fue realizado a una velocidad constante de dos nudos, durante diez minutos, dando aproximadamente un volumen de agua filtrada de 50 m³ (Fig. 2)



Fig. 2. Red de nylon recolectando el zooplancton

El plancton recolectado a bordo de la embarcación (Fig. 3), es fijado y preservado con formol al 5 %, neutralizado con tetra borato de sodio hasta un pH de 8 a 8,5 aproximadamente, que es el pH del agua de mar del sitio muestreado. La muestra es etiquetada para ser analizada en el laboratorio del INOCAR.



Fig. 3.- Obtención de la muestra de zooplancton

Para registrar la temperatura y salinidad desde la superficie hasta los 100 m de profundidad, se utilizó un CTD (Fig. 4), que es lanzado con un cabo de nylon a través de una polea. La información del CTD es procesada en el laboratorio con una computadora para extraer la información e ingresarla a la base de datos, para proceder a utilizarla y relacionarla con las especies de organismos Bioindicadores.



Fig. 4.-El equipo CTD, listo, antes de lanzarlo al mar.

De Laboratorio

En el laboratorio de biología del INOCAR, se utiliza un estéreo-microscopio Zeiss de 80 aumentos y se analiza toda la muestra de zooplancton utilizando una cámara de Dolfus. Para su identificación se consultan textos especializados, que están mencionados en la bibliografía.

Las fotografías de los organismos fueron tomadas con una cámara fotográfica digital incorporada al estéreo-microscopio, y son utilizadas cuando las estructuras morfológicas son pequeñas y se desea observar características taxonómicas.

ASPECTOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS

En cada tipo de agua hay especies marinas que toleran un amplio rango de temperatura (euritermos) y otras toleran un pequeño rango

de temperatura (estenotermos), así como otras especies toleran también un amplio rango de salinidad (Eurihalinos) y otras soportan un pequeño rango de salinidad (Estenohalinos), conocer el tipo de agua o masa de agua en que prefieren vivir y sus rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad, es básico para interpretar con la presencia de cada especie, el tipo de masa de agua que está presente y conocer mejor el ambiente marino en base a estas especies bioindicadoras como los pterópodos y heterópodos.

Para estos propósitos se ha relacionado cada especie con la temperatura y salinidad en un diagrama T-S, en la que se grafica cada especie encontrada con su menor y mayor temperatura y la menor y mayor salinidad, así como el tipo de masa de agua donde se presentó más abundante y está coloreada. Para graficar la abundancia se tomó el rango logarítmica según Frontier (1980). (Fig. 5)

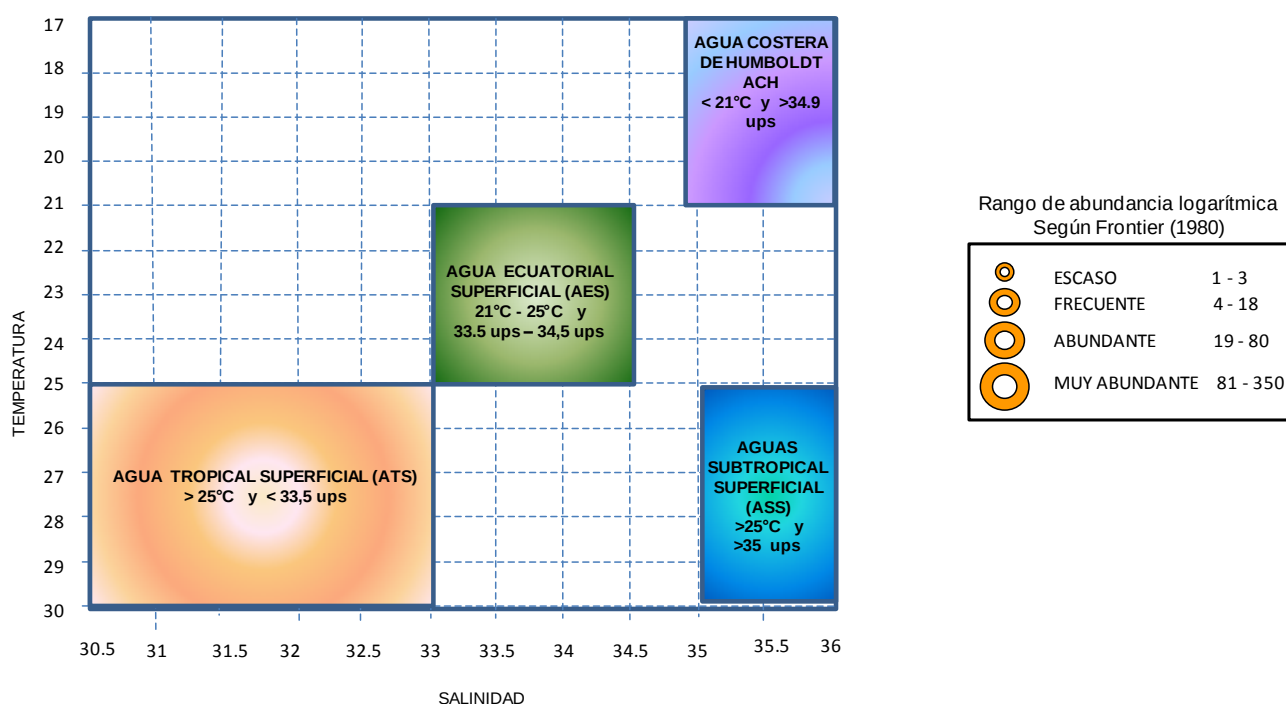


Fig. 5.- Diagrama de Temperatura y Salinidad (T-S), y las características de los tipos de masas de aguas en el océano Pacífico ecuatorial. (Según Enfield, 1976)

RESULTADOS

Se han encontrado 14 especies de pterópodos y heterópodos en los estudios mensuales realizados en la estación fija de La Libertad, desde 1990 al 2007 y para poder utilizarlos como bioindicadores de masas de aguas, se da una breve descripción taxonómica de la especie.

A continuación se muestra el rango de la menor y mayor temperatura y salinidad en que se ha presentado la especie con la mínima abundancia (línea con dos flechas en las puntas) y en un cuadro resaltado o pintado, indica la temperatura y/o salinidad, preferida de la especie, producto de las tres mayores abundancias en que se ha presentado en 240 muestras mensuales, durante los 17 años de estudio desde 1990 hasta diciembre del 2007.

En la figura con los cuatro (4) tipos de aguas que se han encontrado frente al Ecuador, esta graficada la abundancia logarítmica según (Frontier, 1980) de la especie, indicando la preferencia de la masa de agua y la fecha en que se encontró la especie.

Se complementa la información con un diagrama T-S (temperatura y salinidad) en que observa en qué tipo de masa de agua fue encontrada la especie.

Phylum Mollusca:

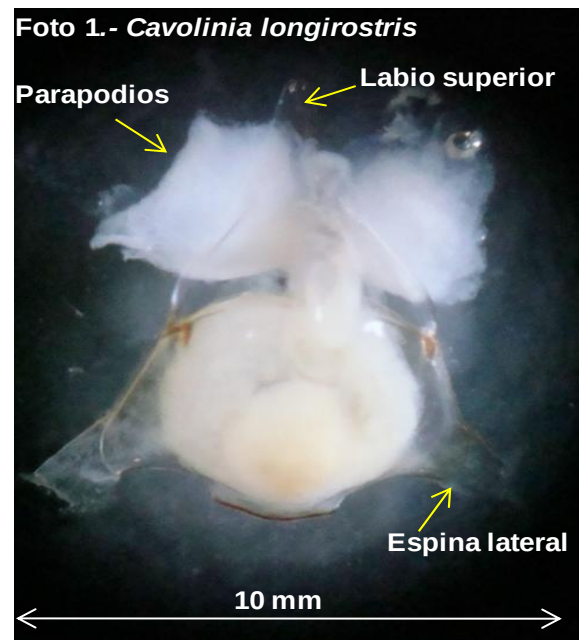
Clase Gasterópoda

Familia CAVOLINIDAE

Cavolinia longirostris (Blainville, 1821)

Esta especie posee conchilla larvaria recta, truncada posteriormente, la abertura, no tiene opérculo y presenta labios finos, el superior se prolonga de forma curvado hacia la parte anterior que termina en punta ovalada en forma de rostro, lo que le da el nombre de la especie, el mayor diámetro de la concha está en la parte posterior a la altura de las espinas laterales (Spoel 1972), es epipelágica y de ambiente oceánico.

En este estudio se la considera estenoterma y estenohalina (Foto 1).



Cavolinia longirostris se ha presentado en temperaturas de 22°C a 27°C con preferencia entre 23.2°C a 24°C y en salinidades de 31.9ups a 34.9ups con preferencia 34 ups a 34.3 ups (Fig. 6).

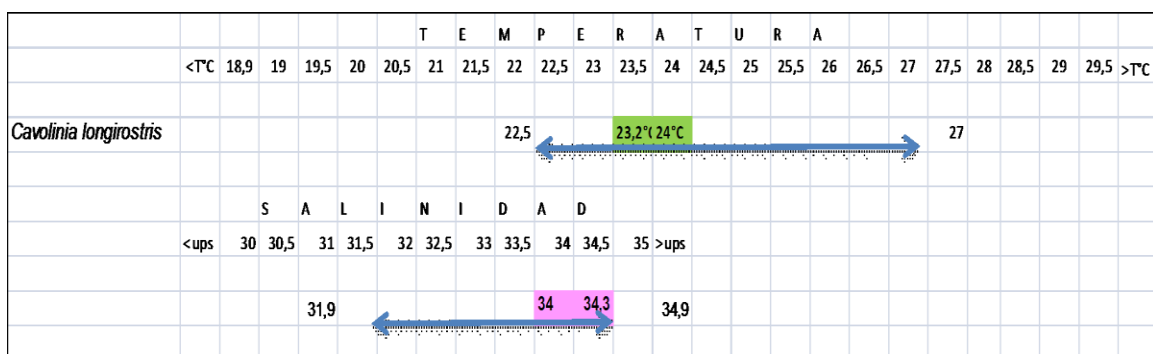


Fig. 6.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Cavolinia longirostris*

Se han encontrado 18 ejemplares en 6 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 10 ejemplares, considerándose relativamente escasa y en una sola ocasión se presentó como frecuente.

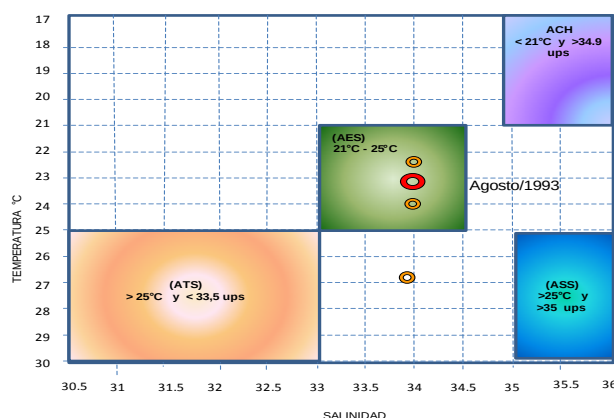
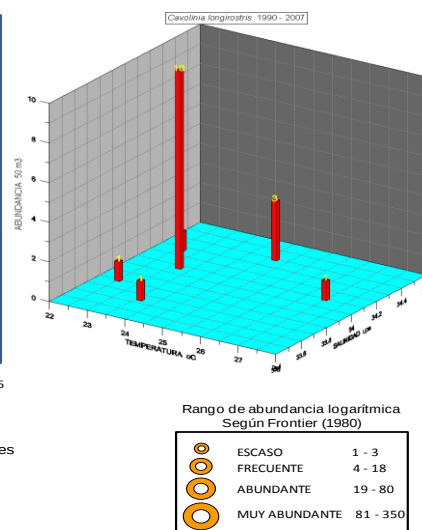


Fig. 7.- *Cavolinia longirostris* muestra preferencia por las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y una salinidad de 34 ups

En el diagrama T-S se observa que se la ha encontrado en Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), así como su mayor abundancia en agosto de 1993 (Fig. 7), cuando en la región 3.4 había un episodio neutral y en la región 1+2 anomalías positivas de 0.27°C después de haberse presentado un evento El Niño.



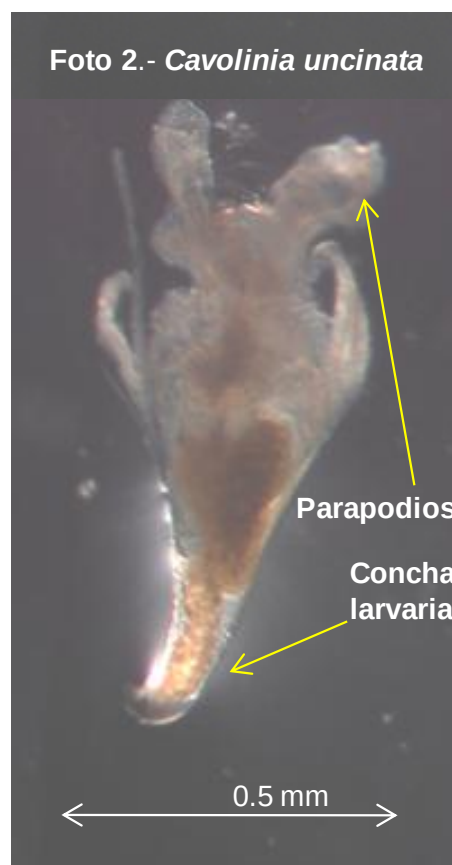
Observaciones: *Cavolinia longirostris* es una especie rara, siempre se ha presentado cuando hay periodos de transición y anomalías cálidas, pero nunca cuando hay un evento El Niño o La Niña. Es una especie epipelágica y de ambiente oceánico, por ser poco común frente a las costas del Ecuador, no es un buen bioindicador de masas de aguas.

Familia CAVOLINIIDAE

Cavolinia uncinata (Rang, 1829)

Conchilla larvaria nunca enrollada pero puede ser arqueada, no truncada posteriormente, de aspecto globoso en el adulto, con zonas de color café a lo largo de la abertura, sin opérculo y sin rostro pronunciado, en el lado dorsal presenta estrías longitudinales, mientras que en el lado ventral tiene estrías transversales, el pie en forma de dos aletas denominados parapodios, que los utiliza para la natación.

En este estudio se la considera euriterma y estenohalina (foto 2)



Cavolinia uncinata se ha presentado en temperaturas de 18.9°C a 26.5°C con preferencia entre 18.9°C a 24.5°C y en salinidades de

31.7 ups a 34.9 ups, con preferencia 33.3 ups a 34.3 ups (Fig. 8).

Se han encontrado 18 ejemplares en 6 observaciones realizadas con una abundancia

máxima de 7 ejemplares, considerándose relativamente escasa y en una sola ocasión se presentó como frecuente muy similar a *Cavolinia longirostris*

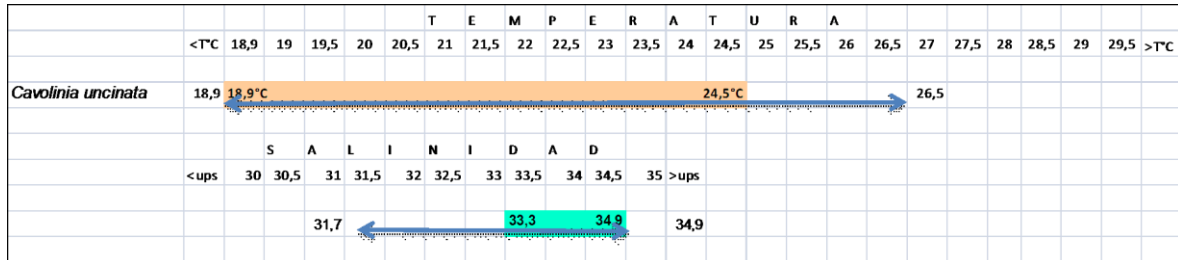


Fig. 8.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Cavolinia uncinata*

En el diagrama T-S se observa que *Cavolinia uncinata* con un amplio rango de temperatura y salinidad, sin preferencia por un tipo de agua. Su mayor abundancia se la encontró en Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) en octubre de

1993 (Fig. 9), cuando en la región 3.4 había un episodio neutral y en la región 1+2 anomalías positivas de 0.11°C después de haberse presentado un evento El Niño.

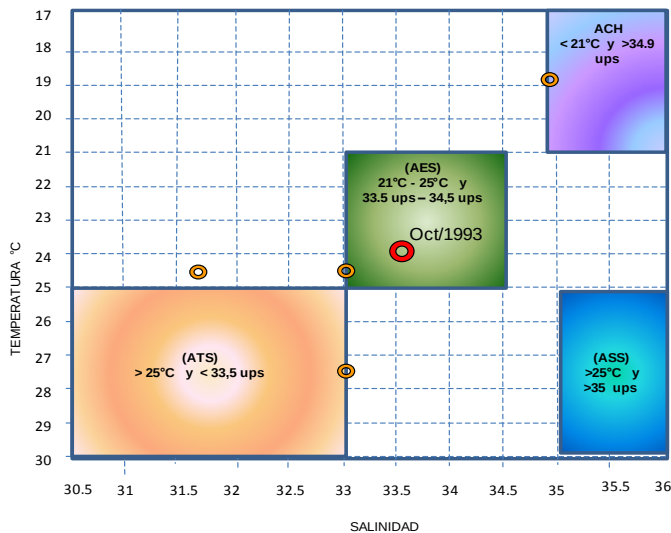
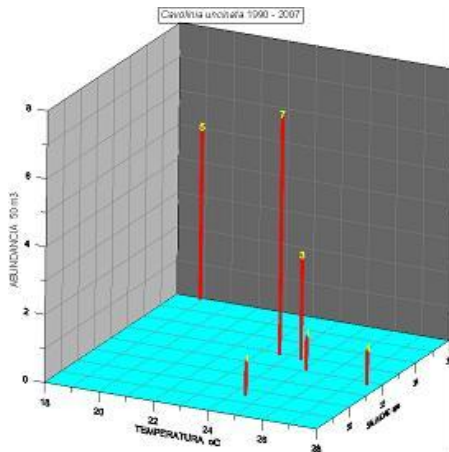


Fig. 9.- *Cavolinia uncinata* no muestra una preferencia por un tipo de agua, su Mayor abundancia se la encontró en Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES)



Rango de abundancia logarítmica Según Frontier (1980)

○	ESCASO	1 - 3
○	FRECUENTE	4 - 18
○	ABUNDANTE	19 - 80
○	MUY ABUNDANTE	81 - 350

Observaciones: *Cavolinia uncinata* es una especie de ambiente oceánico, considerara rara, se la ha observado cuando hay anomalías positivas en la estación La Libertad con tendencia a preferir aguas de alta salinidad,

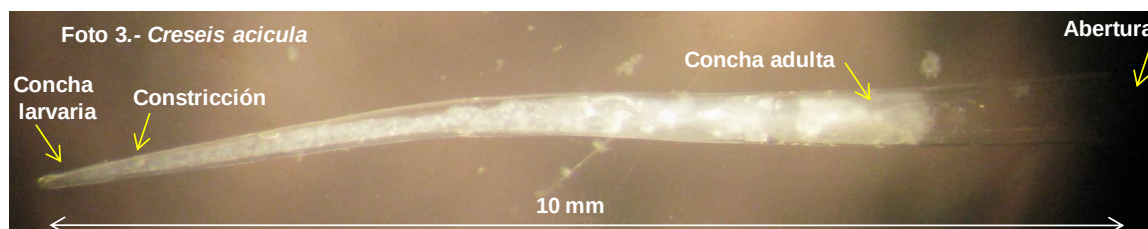
cuando se ha presentado un evento El Niño, no se la ha observado. Por ser poco abundante no es considerada como un buen bioindicador de aguas cálidas.

Familia CAVOLINIIDAE

Creseis acicula (Rang, 1828)

Conchilla recta en forma de aguja, con una ligera constricción en la base que separa la concha larvaria del adulto (Frontier, 1963).

Las estrías de crecimiento no son visibles al microscopio óptico (Magaldi, 1974), se la reconoce porque el ángulo que forma es de 13.5° a 14° (Tokioka, 1955) (Foto 3). En este estudio ha tenido un comportamiento como una especie euriterma y estenohalina.



Creseis acicula se ha presentado en temperaturas de 18.9°C a 29.1°C con preferencia entre 23.2°C a 28.5°C y en

salinidades de 31.3 ups a 34.9 ups, con preferencia de 33.4 ups a 34 ups (Fig. 10).

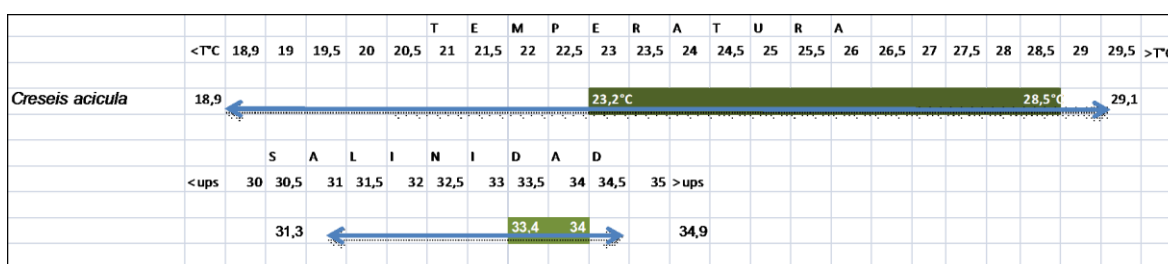
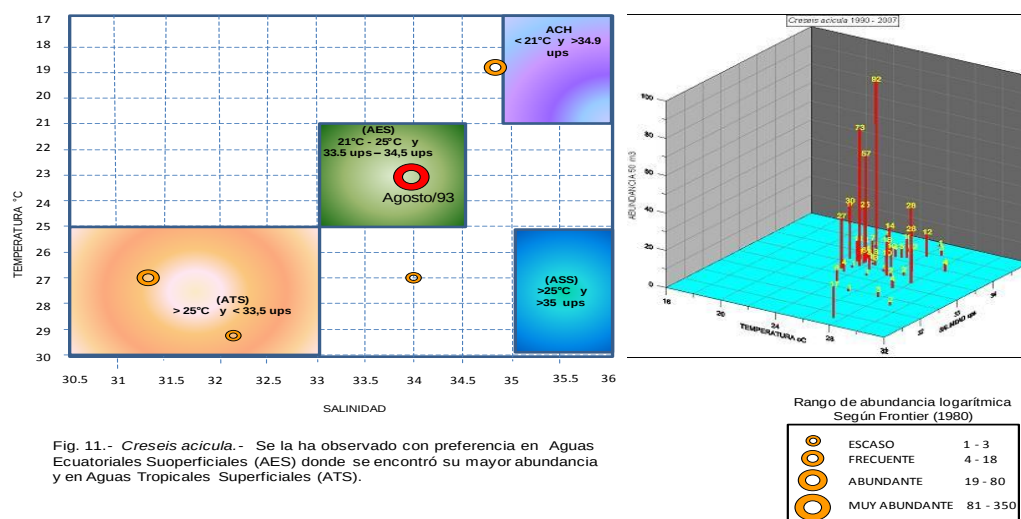


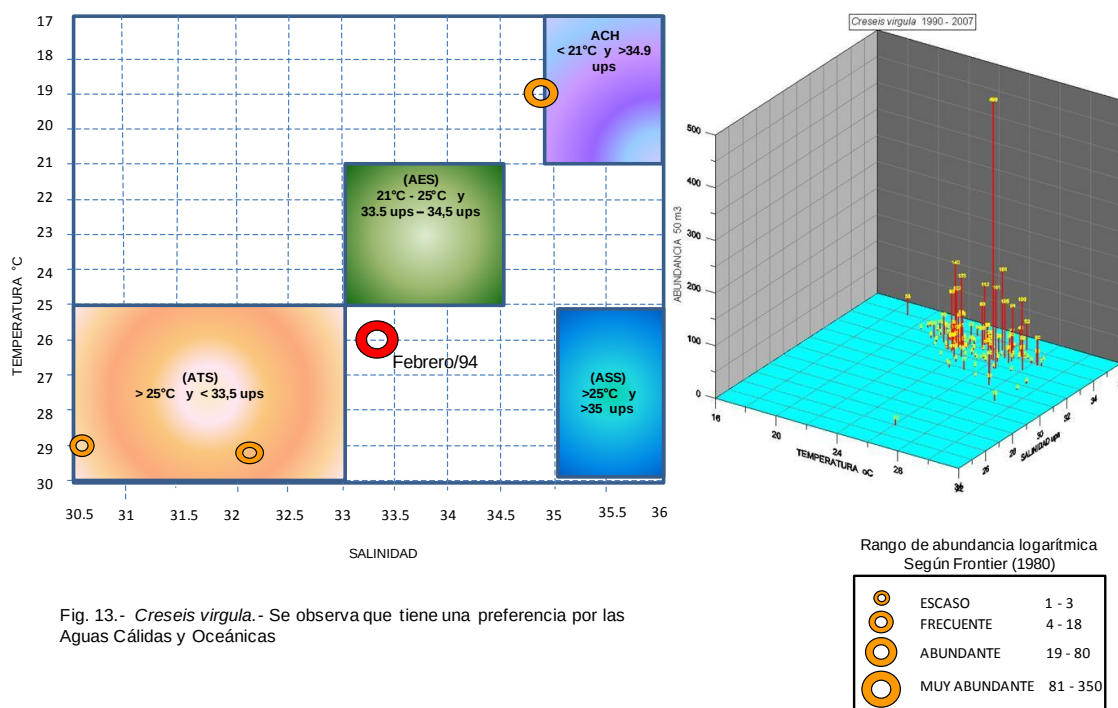
Fig. 10.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Creseis acicula*

Se han encontrado 554 ejemplares en 52 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 92 ejemplares, considerándose como una especie Frecuente.

En el diagrama T-S (Fig. 11), se observa que *Creseis acicula* tiene preferencia por las aguas mayores a 23°C, que incluyen las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas

Tropicales Superficiales (ATS). Su mayor abundancia se la encontró en Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) en agosto de 1993 cuando en la región 3.4 había un episodio neutral y en la región 1+2 anomalías positivas de 0.27°C después de haberse presentado un evento El Niño.





Observaciones: *Creseis vírgula* es una de las más abundantes de todas las especies observadas, su amplio rango de tolerancia a la temperatura y salinidad, permite que siempre esté presente en las muestras de la estación fija La Libertad. Lo que se ha observado es que no prefiere aguas muy calientes de 27°C o 28°C, por esa razón, cuando se presenta un evento El Niño, esta especie disminuye su abundancia y su presencia es mínima; por eso, cuando se presenta muy abundante, se descarta la presencia de El Niño.

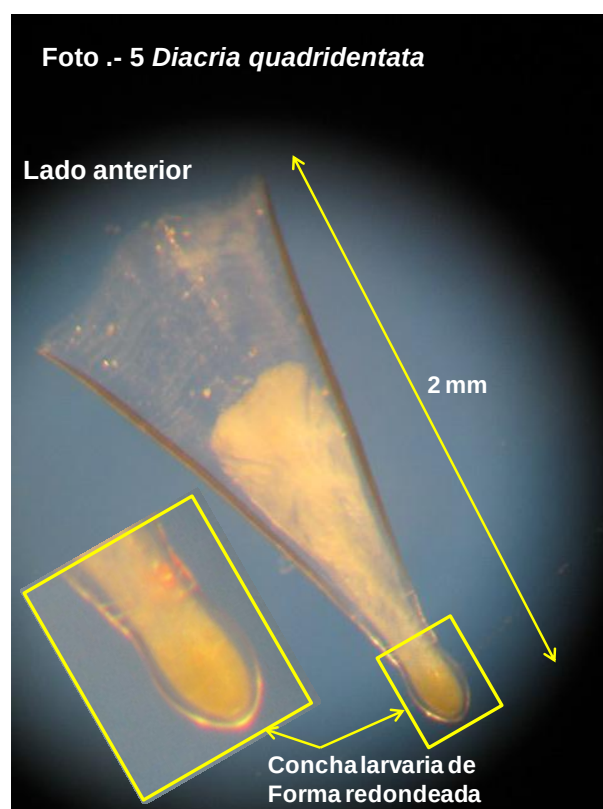
Familia CAVOLINIIDAE

Diacria quadridentata (Blainville, 1821)

Se reconoce esta especie en sus estadios juveniles, porque su conchilla es recta, separada por una constricción de la concha larvaria de forma redondeada (foto 5); esta concha juvenil, en sus estadios adultos generalmente la pierden y adquieren otra forma distinta, su concha es globosa con estrías dorsales transversales, el labio dorsal de la abertura es más ancho y las espinas laterales

pequeñas (Spoel, 1972). Esta especie es oceánica y de aguas cálidas.

En el presente estudio se la considera estenoterma y eurihalina.



Diacria quadridentata se ha presentado en temperaturas de 23°C a 27.5°C con preferencia entre 23.3°C a 25.2°C y en salinidades de 31.9 ups a 34.9 ups, con preferencia de 31.9 ups a 34.9 ups (Fig. 14).

Se han encontrado 7 ejemplares en 6 observaciones realizadas con una abundancia

máxima de 2 ejemplares, considerándose a esta especie rara.

En el diagrama T-S se observa que *Diacria quadridentata* tiene tendencia por las aguas mayores a 23°C, que incluyen las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y masas de aguas mezcladas de (ATS) y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

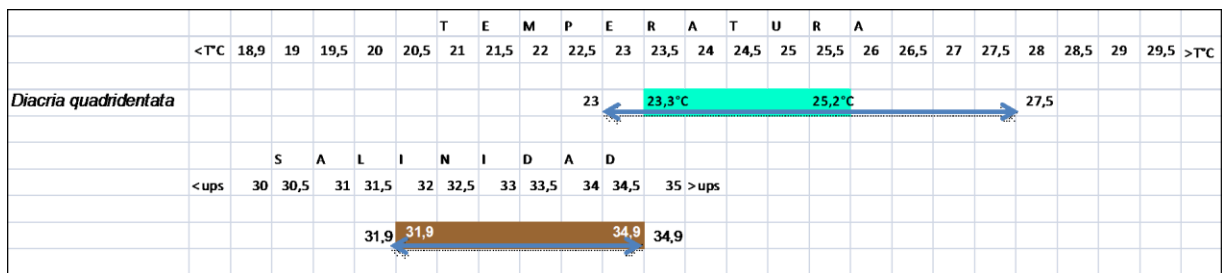


Fig. 14.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Diacria quadridentata*

Su mayor abundancia se la encontró en (ATS) en julio de 1995 (Fig. 15), cuando en la región 3.4 habían anomalías negativas y en la región 1+2 estaba presente La Niña con anomalías de -0.57°C.

Observaciones: *Diacria quadridentata* es una especie rara, oceánica, se presentó antes de El

Niño 1991-1992, en julio de 1995, cuando hay anomalías cálidas, se ausenta en los eventos fríos de La Niña y no se la observó en El Niño 1997-1998. Es una especie que indica períodos de transición, su presencia minimiza la presencia de un evento como El Niño y La Niña.

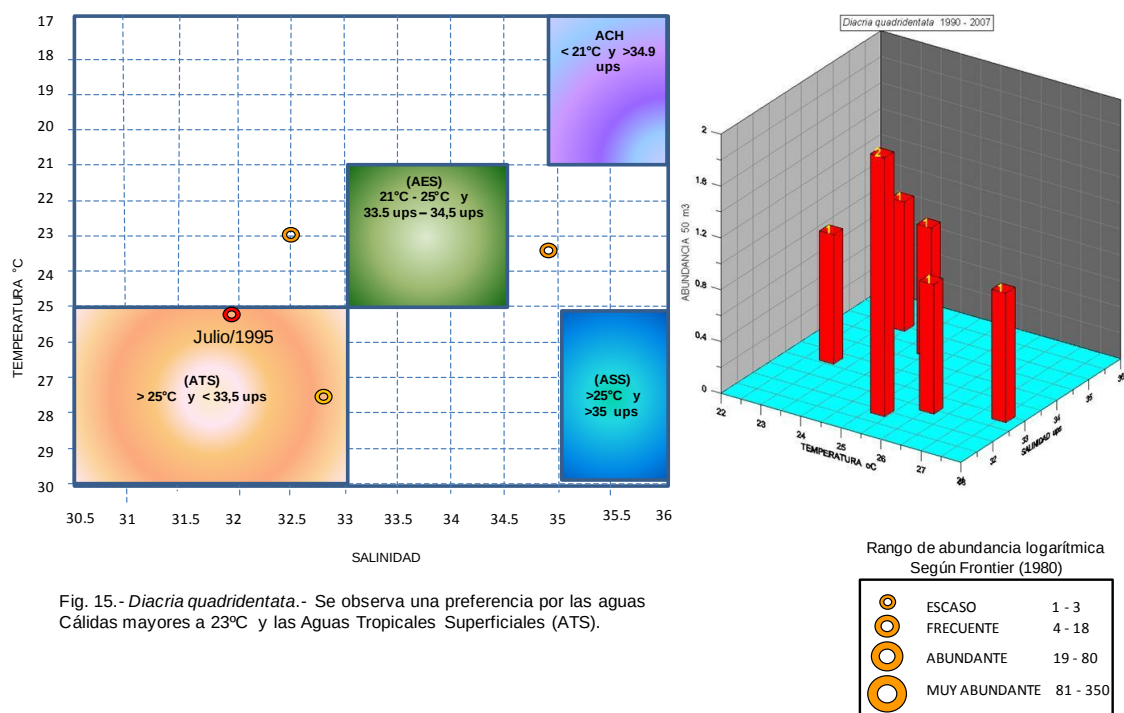


Fig. 15.- *Diacria quadridentata*. - Se observa una preferencia por las aguas Cálidas mayores a 23°C y las Aguas Tropicales Superficiales (ATS).

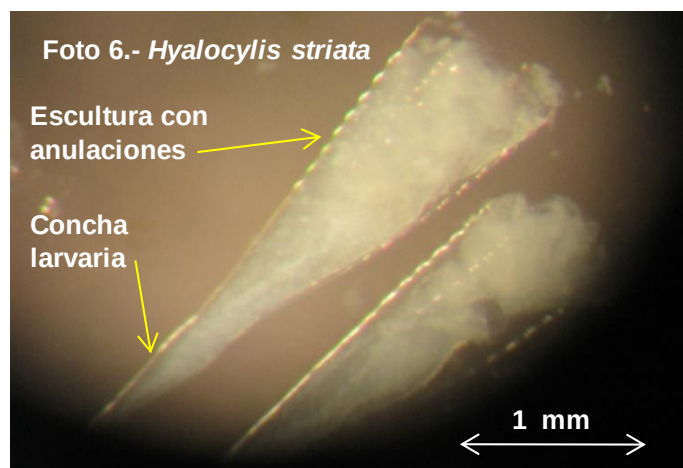
Familia CAVOLINIIDAE

Hyalocylis striata (Rang, 1828)

Concha de forma cónica, con una constricción que separa la concha adulta de la larvaria, que tiene forma ovalada, no puntudo (Rottman, 1976), se la reconoce fácilmente por presentar anulaciones o estrías transversales a lo largo de su concha, la que es transparente y frágil. Es una especie oceánica (Frontier, 1973), típicamente tropical (Tesch, 1948) y cosmopolita (Spoel y Boltovskoy 1981), su ángulo es ligeramente mayor que el de *Creseis vírgula* (foto 6).

En este estudio se la considera estenoterma y eurihalina.

Hyalocylis striata se ha presentado en temperaturas de 21.9°C a 29.1°C con



preferencia entre 26°C a 28.8°C y en salinidades de 30.1 ups a 34.8 ups, con preferencia de 30.1 ups a 33.3 ups (Fig. 16)

Se han encontrado 801 ejemplares en 51 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 140 ejemplares, considerándose a esta especie como frecuente.

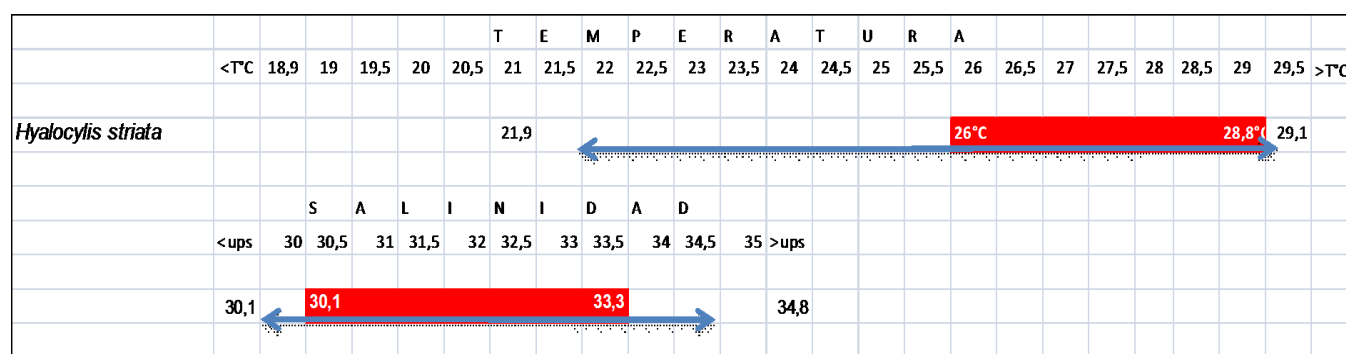
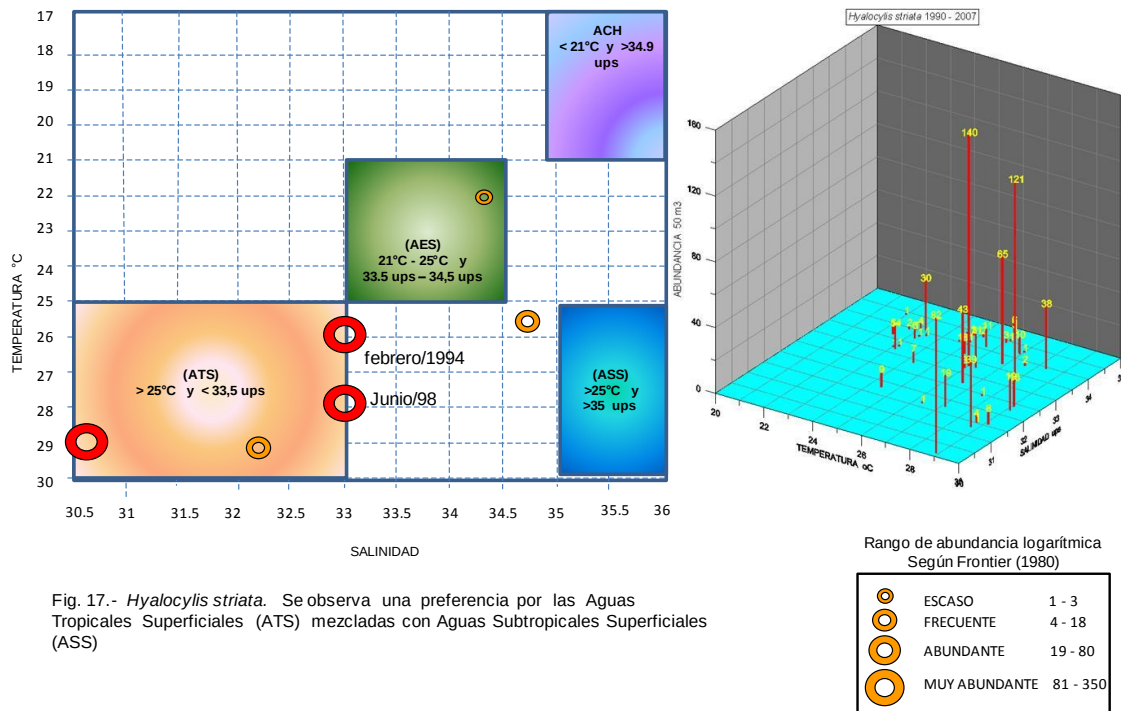


Fig. 16.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Hyalocylis striata*

En el diagrama T-S se observa que *Hyalocylis striata* tiene tendencia por las aguas cálidas mayores a 25°C, que incluyen las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) que generalmente están relacionadas con los

eventos calientes como El Niño. Su mayor abundancia se la encontró en febrero de 1994 cuando en la región 1+2 habían anomalías negativas y en junio de 1998 cuando en todo el océano Pacífico estaba el evento El Niño (Fig. 17)



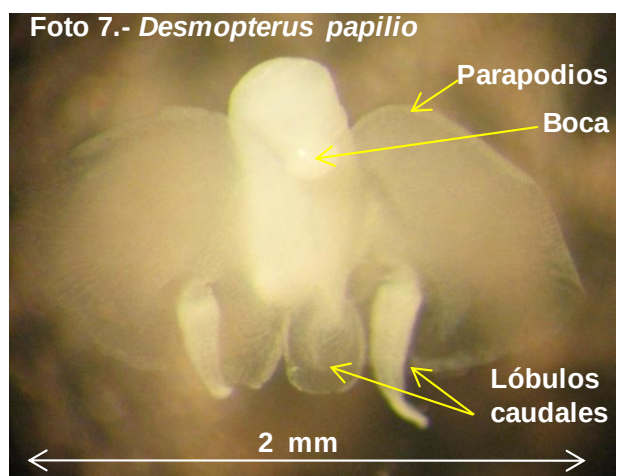
Observaciones: *Hyalocylis striata*. presenta una preferencia por las aguas calientes entre los 26° a más de 28°C, es de ambiente oceánico y en la estación fija de La Libertad se ha presentado de forma abundante cuando hay un evento El Niño. El desarrollo de su concha está relacionada con la madurez del evento, es decir, que cuando son juveniles hay ligeras influencias de aguas oceánicas cálidas y las anomalías positivas son menores a 1°C, pero cuando su conchilla está desarrollada y su abundancia es relevante, el evento El Niño está presente con anomalías cálidas de más de 1.5°C y la temperatura del mar es superior a 27°C.. Esta especie es considerada como un excelente indicador de aguas cálidas y el evento El Niño.

Familia DESMOPTERIDAE

Desmopterus papilio Chun, 1819

Esta especie de pterópodo pseudotecosomado posee una concha cartilaginosa, que generalmente la pierden, por eso es muy común encontrar en una muestra de plancton solo al organismo, que tiene forma ovalada cuando sus parapodios están extendidos y son más grandes

que su cuerpo o masa visceral, la parte posterior tiene cinco lóbulos muy visibles y fácil de reconocerlos. Según Frontier (1963) su distribución es irregular en el océano Indico, que varió desde 1 a 79 individuos. Esta especie es fácilmente reconocida por su musculatura fina en sus parapodios (foto 7), y se la diferencia de *Desmopterus gardineri*, que tiene musculatura gruesa. En este estudio se la ha considerado como estenoterma y estenohalina.



Desmopterus papilio se ha presentado en temperaturas de 22.4°C a 28.8°C con preferencia entre 24.5°C a 25.1°C y en

salinidades de 30.1 ups a 34.8 ups, con preferencia de 34.1 ups a 34.5 ups (Fig. 18)

Se han encontrado 89 ejemplares en 14 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 27 ejemplares, considerándose a esta especie como frecuente.

En el diagrama T-S se observa que *Desmopterus papilio* tiene tendencia por las aguas cálidas mayores a 24.5°C, que incluyen las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) por la preferencia de aguas de alta salinidad.

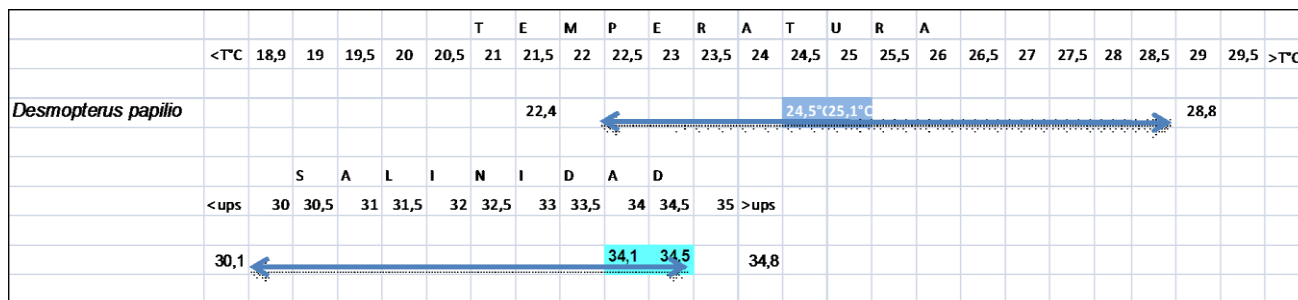


Fig. 18.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Desmopterus papilio*

Su mayor abundancia se la encontró en abril de 1994 cuando en la región niño 3.4 habían anomalías positivas y en la región niño 1+2 estaba el evento frío de La Niña, mientras que

en abril de 1997 está relacionada con anomalías positivas en el Pacífico central y el evento El Niño que se encontraba en la región niño 1+2 (Fig. 19).

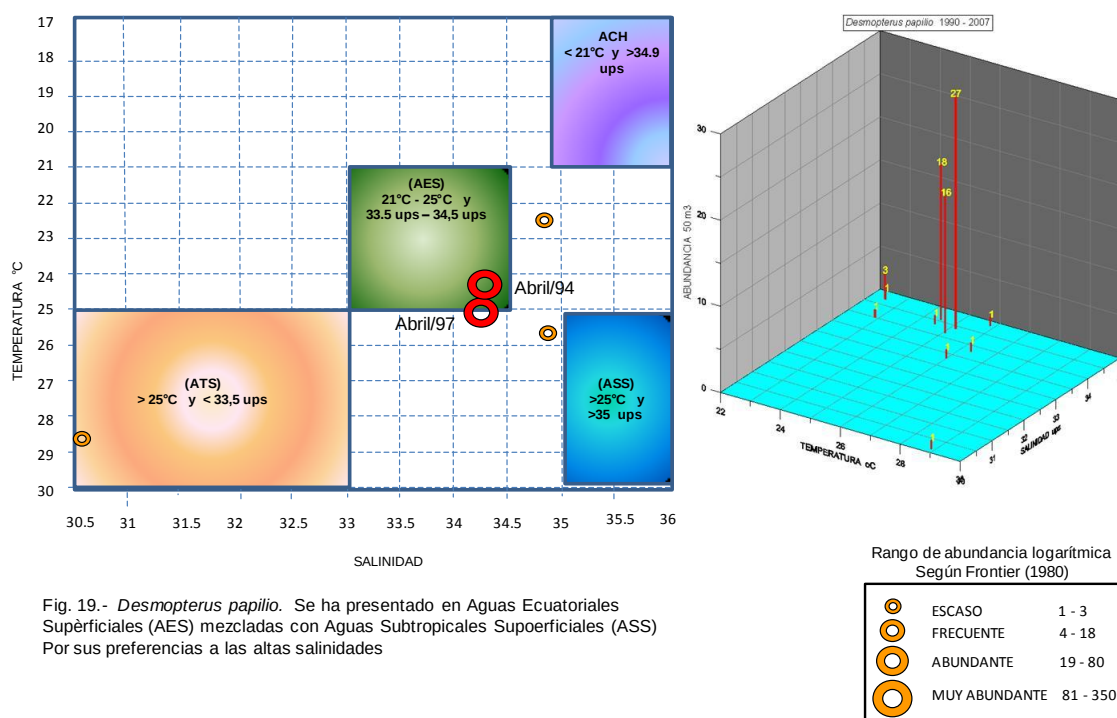


Fig. 19.- *Desmopterus papilio*. Se ha presentado en Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) mezcladas con Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) Por sus preferencias a las altas salinidades

Observaciones: Esta especie de ambiente oceánico, es considerada de escasa a frecuente por su abundancia y densidad variable, se ha presentado en la estación fija de La Libertad en 1993 cuando en la región 1+2 había fuertes anomalías cálidas y durante El Niño 1997-1998, que representó el 1.6 % (Cruz, 2005-2006) y aunque es una especie poco abundante, su presencia está relacionada con anomalías cálidas.

Familia LIMACINIDAE

Limacina bulimoides (Orbigny, 1836)

Concha pequeña transparente de forma trochiforme, levógira con opérculo de constitución quitinosa, escultura lisa, pie en forma de aletas denominados parapodios, espira de la concha más alta que ancha con aproximadamente 5 anfractos o vueltas no apretados, escultura lisa (foto 8).

Esta especie en el presente estudio se la considera estenoterma y estenohalina *Limacina bulimoides*, se ha presentado en temperaturas de 23°C a 26.1°C con preferencia entre 23.6°C a 23.7°C y en salinidades de 33.7 ups a 34.3 ups, con preferencia de 30.1 ups a 33.3 ups (Fig. 20).

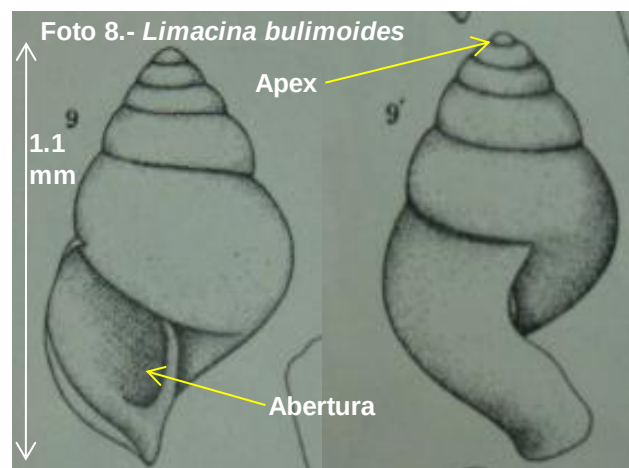


Foto 8.- Se observan las vueltas o espiras no apretadas (Tomado de: Tokioka, 1955)

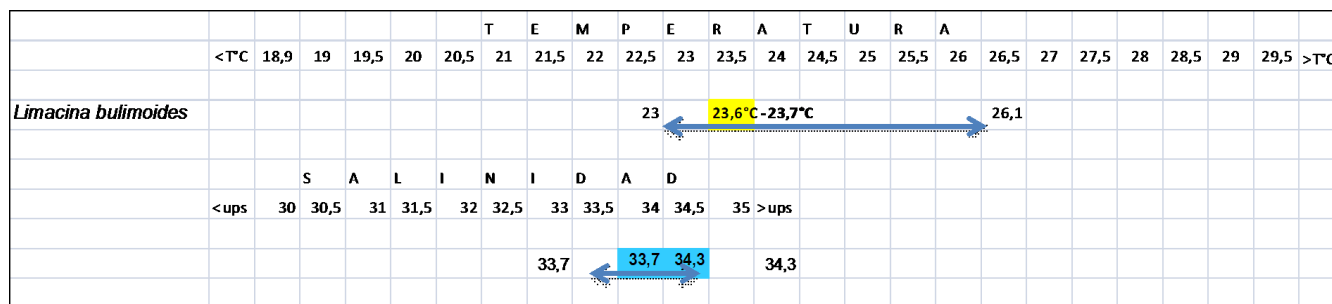
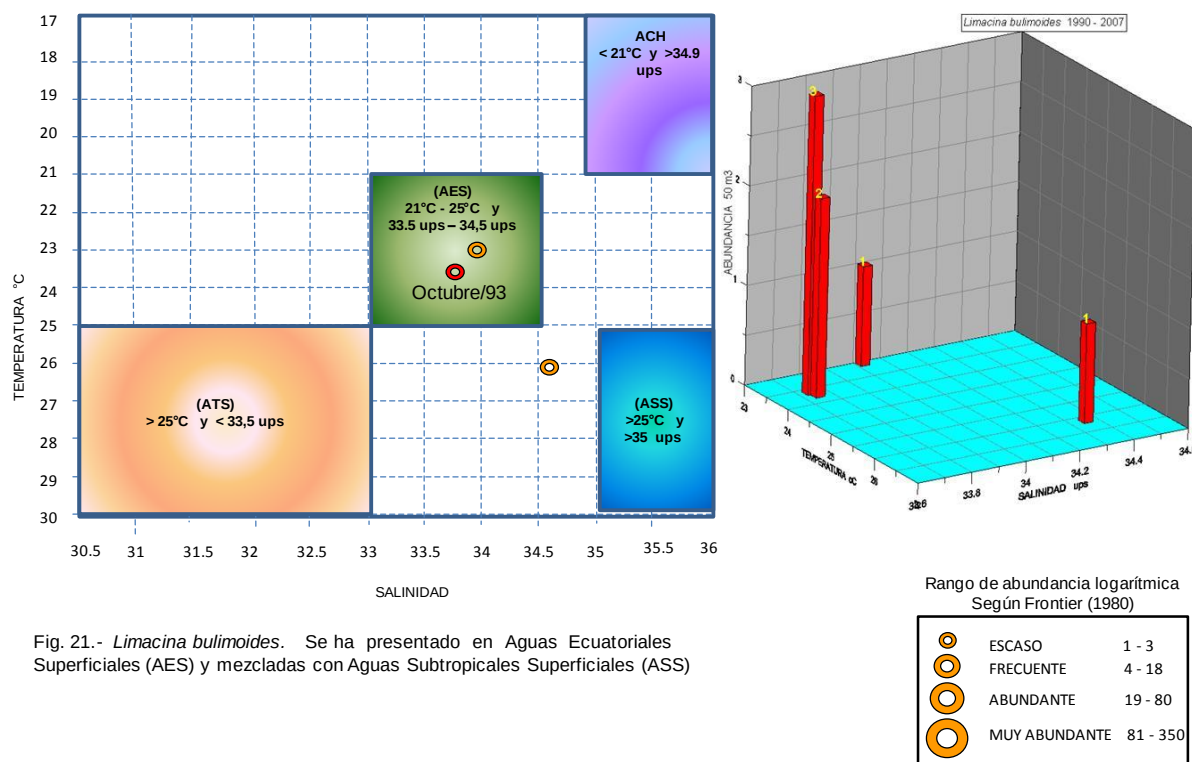


Fig. 20.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Limacina bulimoides*

Se han encontrado 7 ejemplares en 4 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 3 ejemplares, considerándose a esta especie como rara.

En el diagrama T-S se observa que *Limacina bulimoides* tiene tendencia por las Aguas

Ecuatoriales Superficiales donde se encontró su máxima abundancia en octubre de 1993 (Fig. 21). Esta especie considerada rara, desde 1993, no se la ha vuelto a encontrar, es decir, hace 17 años.



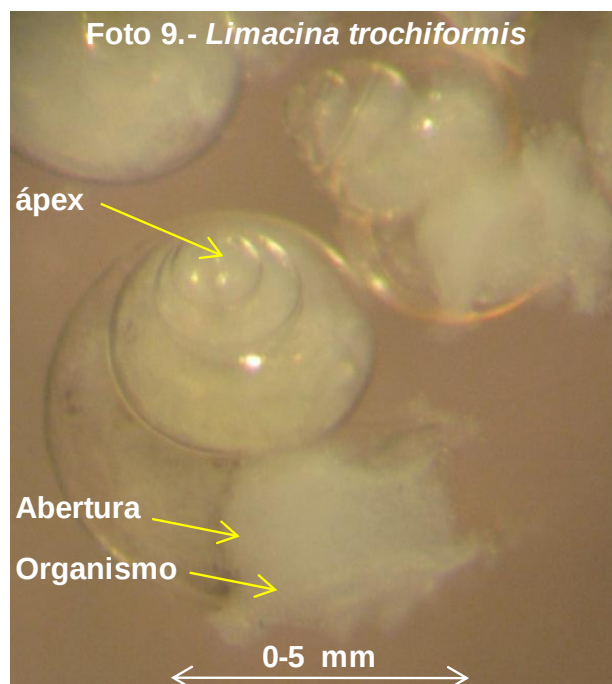
Observaciones: *Limacina bulimoides* es una especie que se presentó durante los años 1992 y 1993, con preferencia por Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), cuando habían anomalías positivas en la estación fija La Libertad. No se la ha vuelto a ver hasta la fecha y se desconocen las razones.

Familia LIMACINIDAE

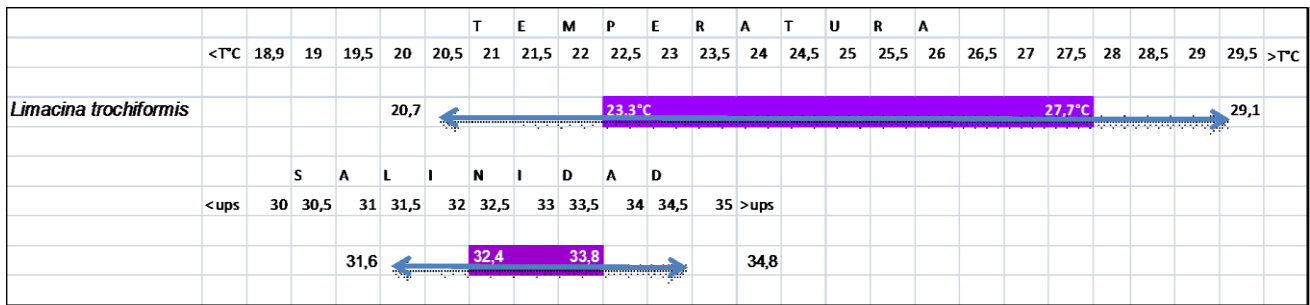
Limacina trochiformis (Orbigny, 1836)

Concha pequeña, de forma trochiforme, más globosa que *Limacina bulimoides*, es tan alta como ancha con 5 a 6 vueltas o anfractos apretados, las suturas son de color café claro, levógira, con un pequeño ombligo, abertura redondeada con el labio externo de color lila claro a ligeramente púrpura-café, con opérculo quitinoso transparente, pie en forma de dos aletas o parapodios (foto 9).

En este estudio se la ha considerado como euriterma y estenohalina frente a la costa ecuatoriana.



Limacina trochiformis se ha presentado en temperaturas de 20.7°C a 29.1°C con preferencia entre 23.6°C a 27.7°C y en salinidades de 31.6 ups a 34.8 ups, con preferencia de 32.4 ups a 33.8 ups (Fig. 22)

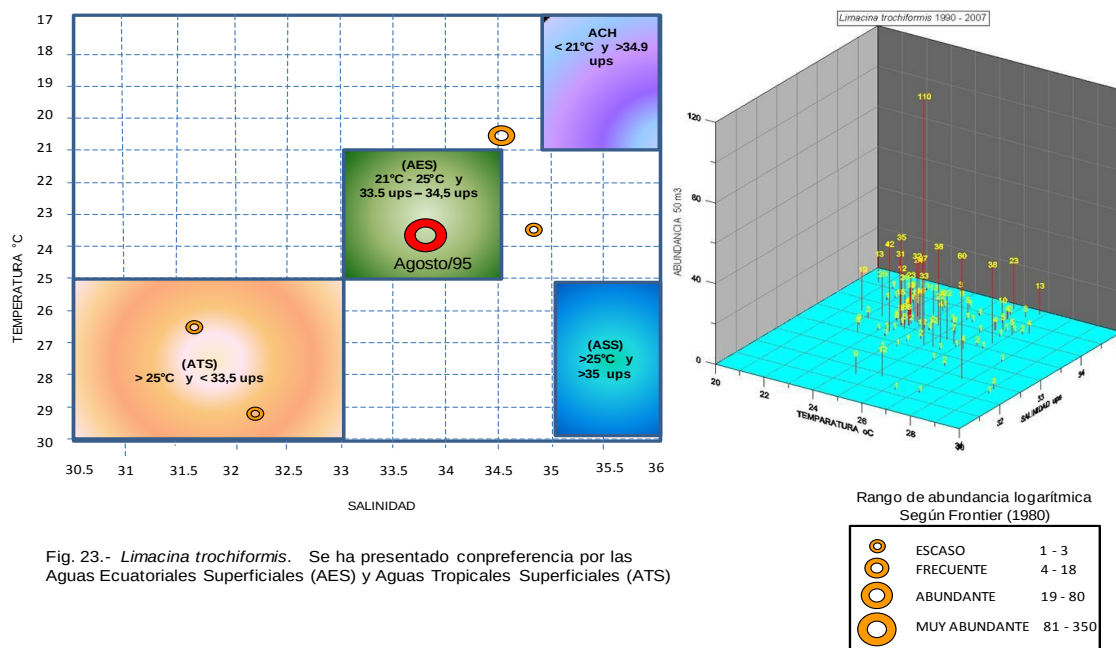

 Fig. 22.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Limacina trochiformis*

Se encontraron 1093 ejemplares en 115 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 110 ejemplares, considerándose a esta especie como frecuente.

En el diagrama T-S se observa que *Limacina trochiformis* tiene tendencia por las aguas cálidas mayores a 23.3°C, que incluyen las

Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y las Aguas Tropicales Superficiales (ATS).

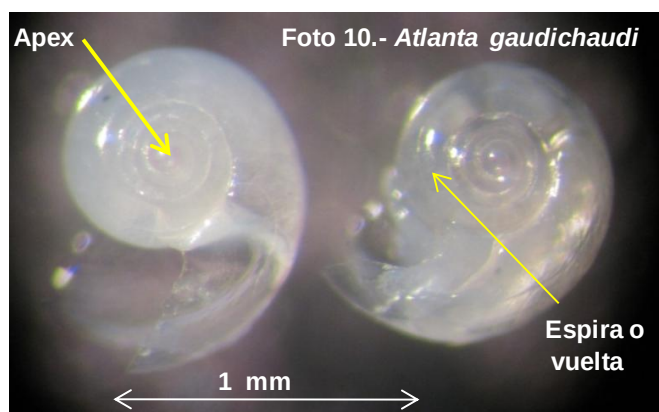
Su mayor abundancia se la encontró en agosto de 1995 cuando en la región niño 3.4 habían anomalías negativas de -0.38°C y en la región niño 1+2 estaba terminando el evento frío de La Niña (Fig. 23).


 Fig. 23.- *Limacina trochiformis*. Se ha presentado con preferencia por las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas Tropicales Superficiales (ATS)

Familia ATLANTIDAE.- Concha calcárea presente, de forma planoespiral, comprimida lateralmente, con opérculo de constitución quitinosa, el organismo puede entrar totalmente dentro de su concha, pie modificado o con lóbulos adaptados para nadar.

Atlanta gaudichaudi Souleyet, 1852

Especie de ambiente oceánico, con 4.5 a 5.5 vueltas, espiras o anfractos, que aumentan progresivamente, la última vuelta es angosta y larga, la base de la carina es de color rojo-café. Del lado interno posee un ombligo profundo y se cuentan de 3 a 3.5 vueltas (foto 10).



En este trabajo es considerada como una especie euriterma y eurihalina frente a la costa ecuatoriana.

Atlanta gaudichaudi se ha presentado en temperaturas de 20.7°C a 29.1°C con preferencia entre 25°C a 26.2°C y en salinidades de 31.2 ups a 34.9 ups, con preferencia de 32.6 ups a 34.1 ups (Fig. 24).

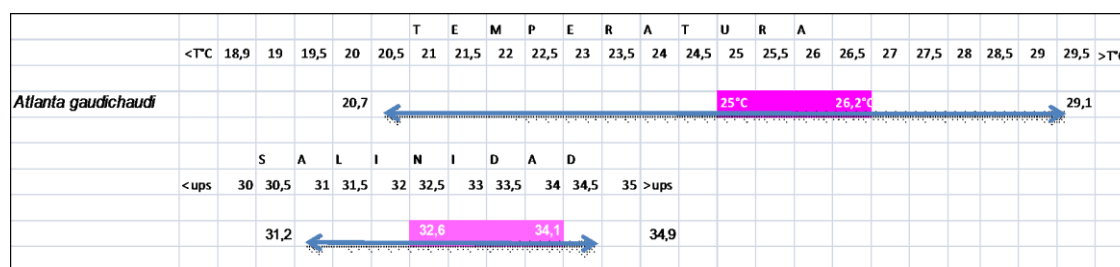


Fig. 24.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Atlanta gaudichaudi*

Se han encontrado 89 ejemplares en 14 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 27 ejemplares, considerándose a esta especie como frecuente.

En el diagrama T-S se observa que *Atlanta gaudichaudi* tiene tendencia por las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y aguas

mezcladas que pueden tener alta salinidad como las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Su mayor abundancia se la encontró en febrero del 2002 cuando en las regiones niño 3.4 y 1+2 habían anomalías positivas (Fig. 25).

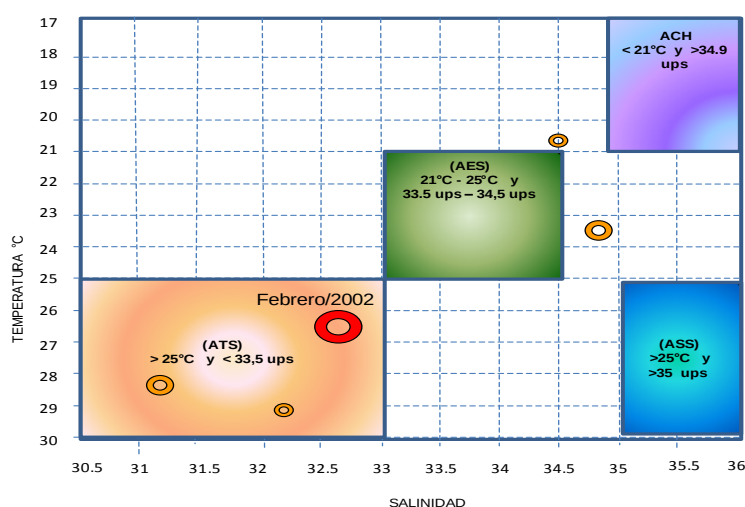
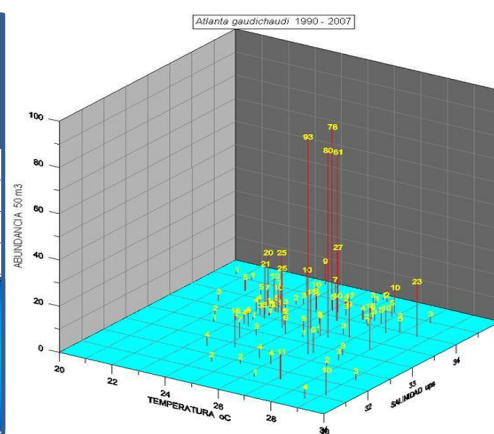


Fig. 25.- *Atlanta gaudichaudi*. Se ha presentado en Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y mezcladas con masas de aguas de alta salinidad



Rango de abundancia logarítmica
Según Frontier (1980)

○	ESCASO	1 - 3
○	FRECUENTE	4 - 18
○	ABUNDANTE	19 - 80
○	MUY ABUNDANTE	81 - 350

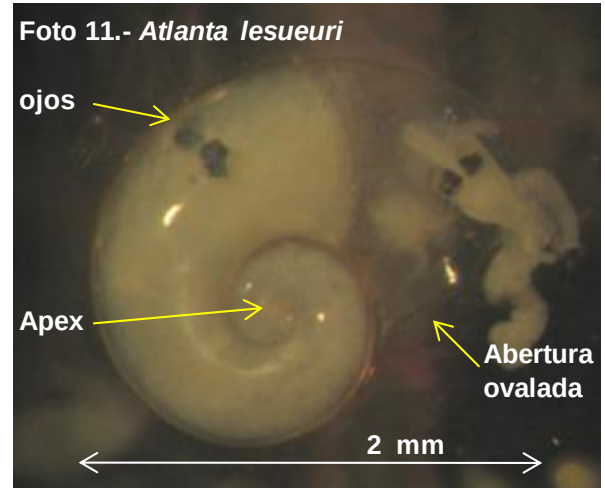
Observaciones: En la estación fija La Libertad se la ha observado rara veces antes de El Niño 1991-1992, pero en abril de 1993 su abundancia aumentó de manera significativa, siempre se ha presentado cuando hay anomalías positivas y durante El Niño 1997-1998 estuvo muy frecuente.

Se ha observado que hay una ligera relación con *Atlanta peroni*, coincidiendo con lo mencionado por Tesch, 1948. Cuando hay un evento frío, puede presentarse poco abundante y ausentarse también.

ATLANTIDAE

Atlanta lesueuri Souleyet 1852

Conchilla dextrógira con 3.5 vueltas o anfractos, la última vuelta es relativamente ancha como también su abertura de forma ovalada, la carina puede insertarse hasta la penúltima vuelta y el ángulo de la espira es de aproximadamente 140° (Frontier, 1966) (foto 11).



Esta especie es considerada como euriterma y eurihalina en el océano Pacífico oriental, frente a la costa ecuatoriana.

Atlanta lesueuri se ha presentado en temperaturas de 18.9°C a 29.1°C con preferencia entre 23°C a 27°C y en salinidades de 30.1 ups a 34.9 ups, con preferencia de 31.3 ups a 33.7 ups (Fig. 26).

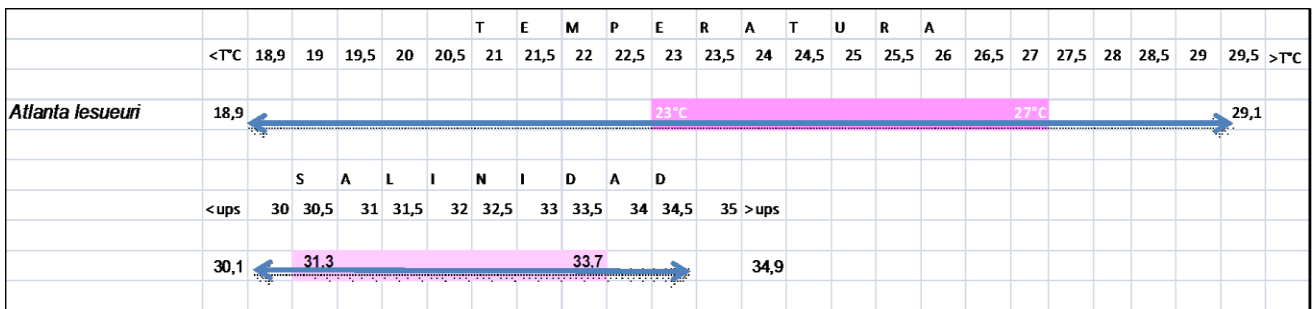


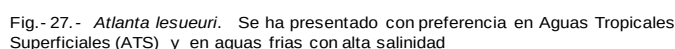
Fig. 26.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Atlanta lesueuri*

Se han encontrado 270 ejemplares en 79 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 24 ejemplares, considerándose a esta especie como rara a frecuente.

En el diagrama T-S se observa que *Atlanta lesueuri* tiene tendencia por las Aguas

Tropicales Superficiales (ATS) y aguas mezcladas con aguas de alta salinidad como las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Su mayor abundancia se la encontró en marzo del 2002 cuando en las regiones niño 3.4 y 1+2 habían anomalías positivas (Fig. 27).



En esta investigación se la ha considerado como Estenoterma y eurihalina en el mar ecuatoriano.

Atlanta peroni Lesueur 1817

Foto 12.- *Atlanta peroni*

ojo

2da vuelta mas delgada

2da vuelta mas delgada

Atlanta peroni se ha presentado en temperaturas de 21.9°C a 29°C con preferencia entre 27.4°C a 28.5°C y en salinidades de 31.3 ups a 34.8 ups, con preferencia de 31.3 ups a 34.2 ups (Fig. 28).

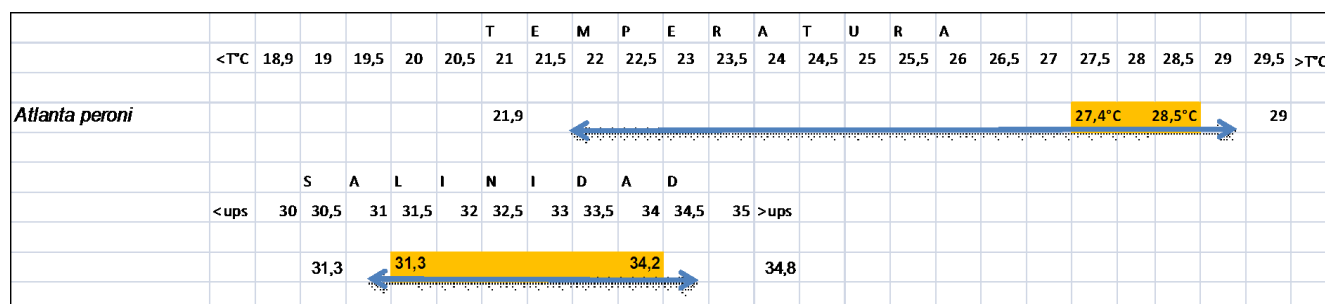


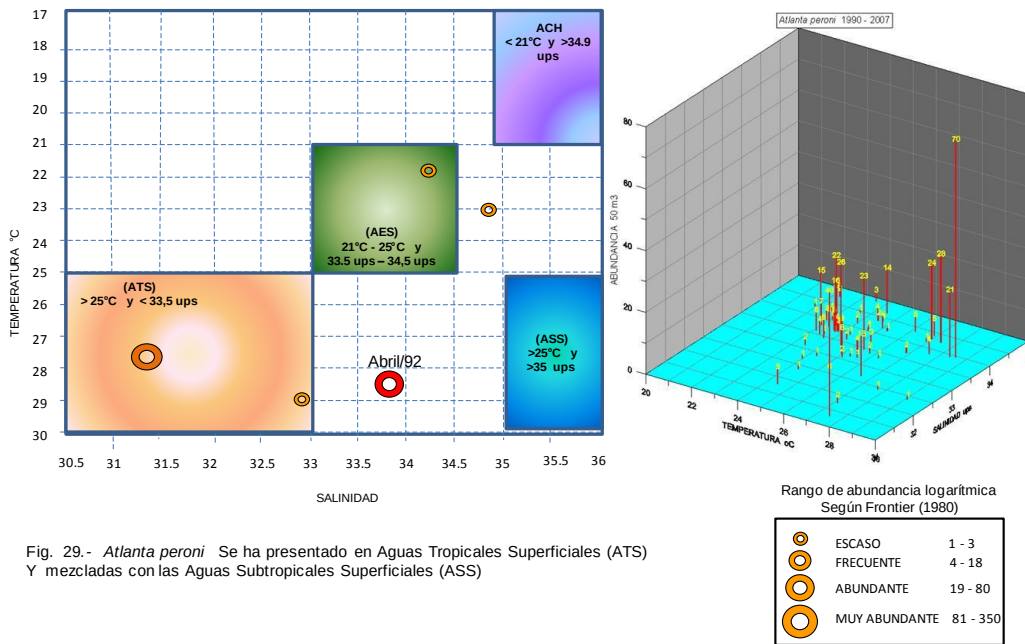
Fig. 28.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Atlanta peroni*

Se han encontrado 464 ejemplares en 64 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 70 ejemplares, considerándose a esta especie como frecuente.

En el diagrama T-S se observa que *Atlanta peroni* tiene tendencia por las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y mezcladas con aguas de

alta salinidad como las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Su mayor abundancia se la encontró en abril de 1992 cuando en las regiones niño 3.4 y 1+2 estaba presente el evento El Niño (Fig. 29). Esta especie está relacionada con aguas cálidas y El Niño.



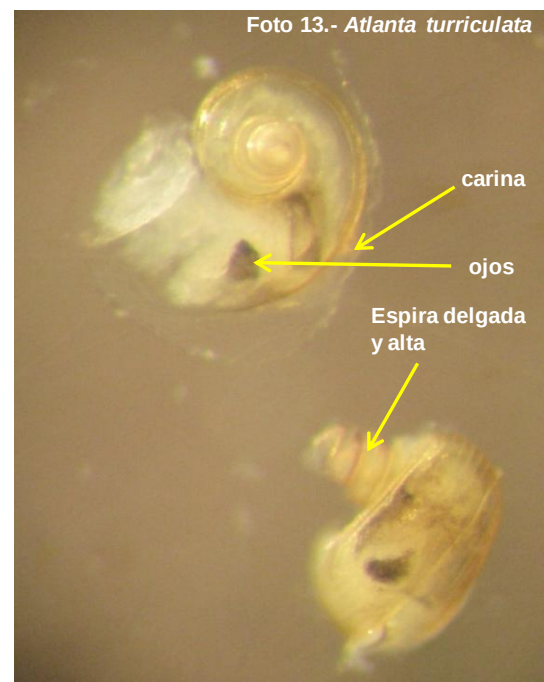
Observaciones: En la estación fija La Libertad *Atlanta peroni* está relacionada con anomalías positivas o el evento El Niño, es una especie que indica la presencia de aguas cálidas y oceánicas frente a la costa de Ecuador. Cuando se asocia con *Atlanta lesueuri*, las anomalías son más fuertes y si se suma *Creseis acicula* y/o *Hyalocylis striata* indica la presencia de aguas tropicales, mezcladas con aguas subtropicales del Pacífico que están frente a Ecuador. A esta consideración se suma el aspecto de la conchilla, si es juvenil, adulta y el desarrollo de su calcificación.

ATLANTIDAE

Atlanta turriculata Orbigny 1836

Es una especie muy fácil de identificar por su espira delgada y alta como torre ligeramente

inclinada con 5 vueltas y media. El opérculo quitinoso, tiene bolitas o pústulas alrededor del núcleo (foto 13).



En este estudio se la ha considerado como una especie estenoterma y estenohalina en el océano Pacífico Ecuatoriano.

Esta especie se ha presentado en temperaturas de 21.7°C a 28.7°C con preferencia entre 24.9°C a 25.6°C y en salinidades de 31.3 ups a 34.6 ups, con preferencia de 33.1 ups a 33.8 ups (Fig. 30)

Se han encontrado 61 ejemplares en 28 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 14 ejemplares, considerándose a esta especie como rara.

En el diagrama T-S se observa que *Atlanta turriculata* tiene tendencia por las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y aguas con salinidades de 33 ups, es decir, una mezcla de ATS y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Su mayor abundancia se la encontró en enero de 1993 cuando en la región 3.4 había anomalías positivas y en la región niño 1+2 y estaba presente el evento El Niño (Fig. 31). Esta especie está relacionada con aguas cálidas.

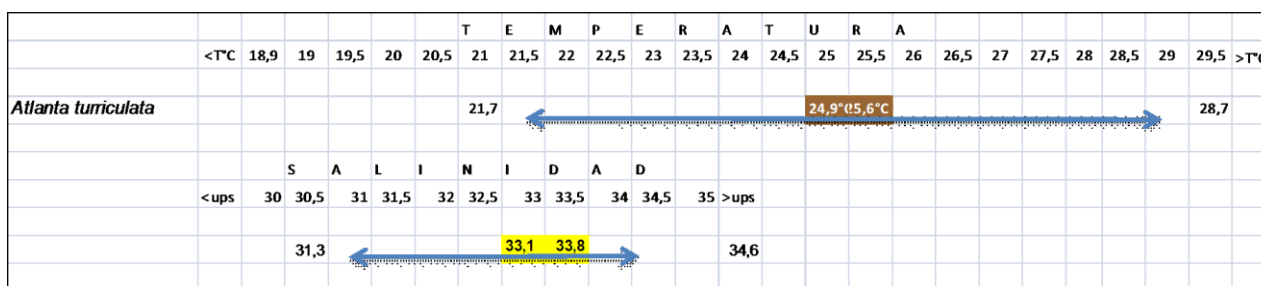


Fig. 30.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Atlanta turriculata*

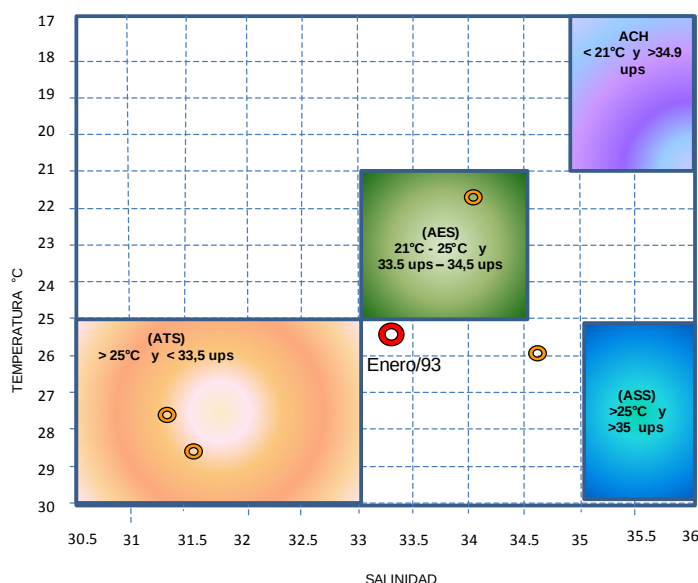
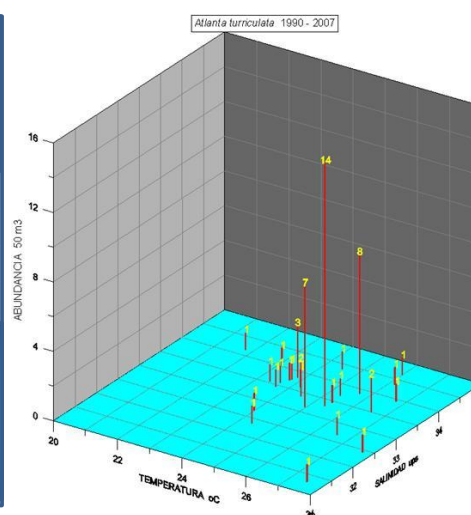


Fig. 31.- *Atlanta turriculata*. Se ha presentado en Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y muestra una preferencia por la mezcla de (ATS) y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) por la preferencias a las aguas cálidas



Rango de abundancia logarítmica
Según Frontier (1980)

○	ESCASO	1 - 3
○	FRECUENTE	4 - 18
○	ABUNDANTE	19 - 80
○	MUY ABUNDANTE	81 - 350

Observaciones: Es una especie que está relacionada con aguas cálidas, su presencia fue mínima durante El Niño 1991-1992 y 1997-1998, mientras que durante los eventos fríos se ausenta. Es una especie bioindicadora de masas de aguas cálidas, pero su mínima abundancia con la que siempre se ha presentado, le resta un poco la importancia que tiene. Su presencia aumenta la certeza de la presencia de aguas oceánicas y cálidas frente a la costra ecuatorial.

Familia PTEROTRACHEIDAE

***Firoloida desmarestia* Lesuer 1817**

Organismo de forma cilíndrica, alargado, transparente, sin concha calcárea, el pie transformado en aleta con una ventosa en la parte anterior, posee tentáculos pre-orales (foto 14).

Es una especie euriterma y estenohalina en el mar Ecuatoriano.



Firoida desmarestia se ha presentado en temperaturas de 21.3°C a 29.1°C con preferencia entre 22.3°C a 26.3°C y en salinidades de 31.5 ups a 34.6 ups, con preferencia de 33.7 ups a 34.4 ups (Fig. 32).

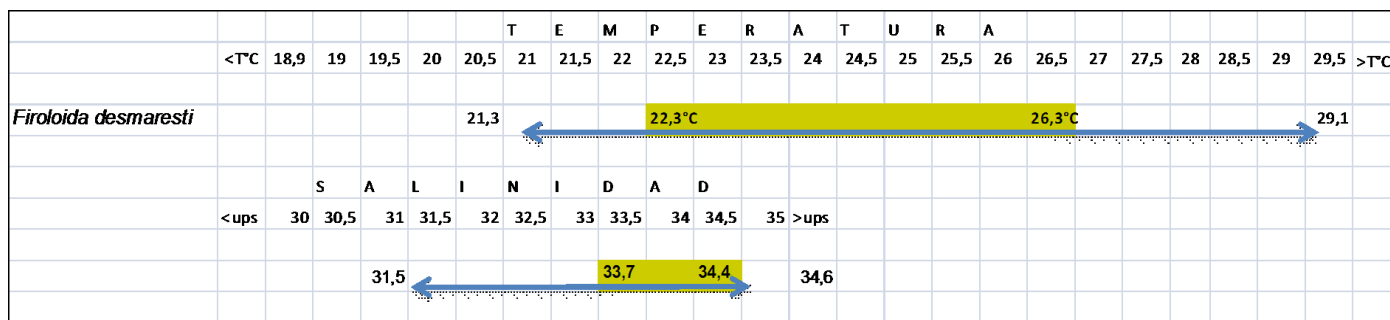


Fig. 32.- Rangos de tolerancia y preferencia de la temperatura y salinidad de *Firoloida desmarestia*

Se han encontrado 20 ejemplares en 10 observaciones realizadas con una abundancia máxima de 3 ejemplares, considerándose a esta especie como rara.

En el diagrama T-S se observa que *Firoloida desmarestia* tiene tendencia por las Aguas

Tropicales Superficiales (ATS) mezcladas con Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Su mayor abundancia se la encontró en abril de 1993 cuando en la región 3.4 habían anomalías positivas y en la región niño 1+2 y estaba presente el evento El Niño (Fig. 33). Esta especie está relacionada con aguas cálidas.

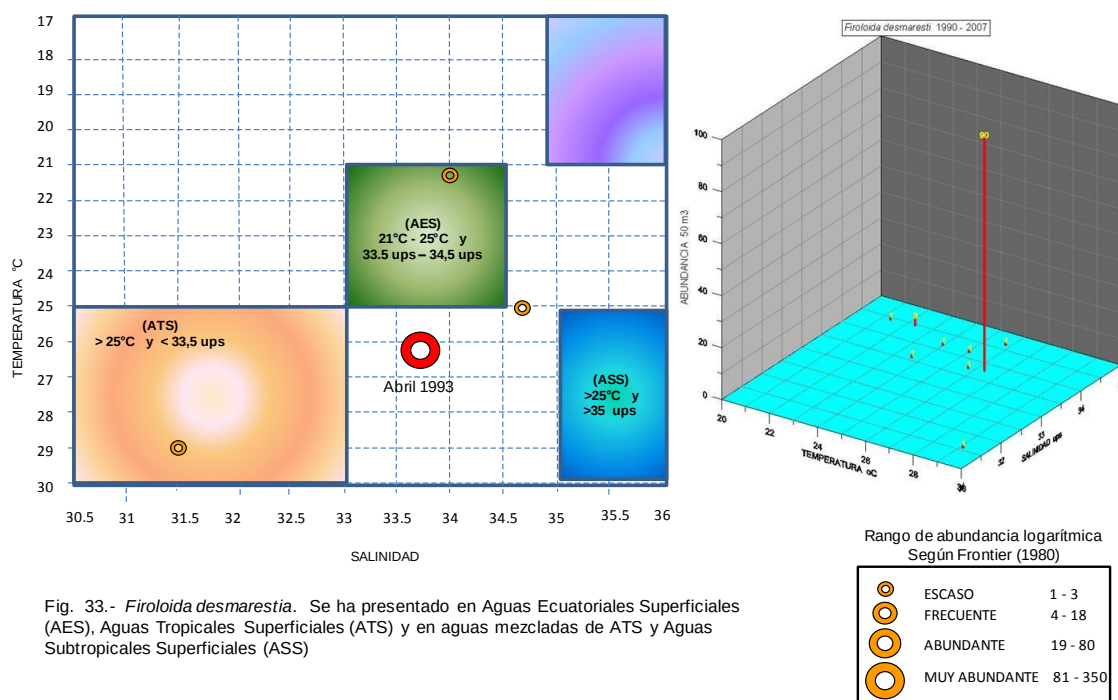


Fig. 33.- *Firoloida desmarestia*. Se ha presentado en Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y en aguas mezcladas de ATS y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS)

Observaciones: Es una especie escasa, con preferencia por las aguas de mayor salinidad, en una sola ocasión se presentó muy abundante cuando en la región 1+2 se desarrollaba un evento cálido. También se la ha observado en eventos fríos en el primer semestre del 2000. Por su escasa abundancia, poca frecuencia de presencia y no define un ambiente, se considera que no es un bioindicador de masas de aguas.

CONCLUSIONES

Los rangos de tolerancia permitieron clasificar a las especies de la siguiente manera:

- **Euritermos:** *Creseis vírgula*, *Creseis acicula*, *Cavolinia uncinata*, *Limacina trochiformis* y *Atlanta gaudichaudi*, *Atlanta lesueuri* y *Firoloida desmarestia*.
- **Estenotermos:** *Hyalocylis striata*, *Atlanta peroni*, *Atlanta turriculata*, *Desmopterus papilio*, *Cavolinia longirostris*, *Diacria quadridentata*, y *Limacina bulimoides*,
- **Eurihalinos:** *Creseis vírgula*, *Hyalocylis striata*, *Atlanta lesueuri*, *Atlanta peroni*, *Diacria quadridentata*, *Atlanta gaudichaudi*.

- **Estenohalinos:** *Creseis acicula*, *Atlanta turriculata*, *Firoloida desmarestia*, *Desmopterus papilio*, *Cavolinia longirostris*, *Limacina bulimoides*, *Cavolinia uncinata*, y *Limacina trochiformis*

Considerando el comportamiento o reacción de cada especie con el tipo o masa de agua presente en la estación fija de La Libertad, su abundancia, correlación con las otras especies, calcificación de la concha, desarrollo del organismo entre otras observaciones, adicionalmente el autor de este trabajo ha podido clasificar a las especies de pterópodos y heterópodos como bioindicadores de masas de aguas de la siguiente manera:

- **Muy buenos:** *Hyalocylis striata*, *Atlanta peroni* y *Atlanta lesueuri*
- **Buenos:** *Atlanta gaudichaudi*, *Atlanta turriculata*, *Desmopterus papilio* y *Limacina trochiformis*.
- **Regular:** *Creseis vírgula*, *Cavolinia longirostris*, y *Diacria quadridentata*.
- **No responden:** *Limacina bulimoides*, *Cavolinia uncinata* y *Firoloida desmarestia*.

Es necesario mencionar, que esta clasificación es variable y puede cambiar, dependiendo de la asociación o conjunto que esté formando con las especies acompañantes, y el episodio que se esté desarrollando, como en el caso de *Atlantia gaudichaudi* y *Atlantia lesueuri*, que pueden presentarse poco abundante, esporádica, e intermitente durante un evento frío de La Niña, sin que sean indicadores de masas de aguas frías, eso depende de su tolerancia eurihalina.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bonilla, D. 1983. El zooplancton de las Islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico., Vol. (2), No. 1, pp. 119-146
- Cruz, M. 1983. Presencia de Pterópodos Tecosomados en el Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico., Vol. (2), No. 1, pp. 179-186
- , 1983.- Pterópodos y Heterópodos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. (2), No. 2, pp. 569-587
- , 1996.- Pterópodos tecosomados y Heterópodos (Gasterópodos) como Bioindicadores del Evento “El Niño” 1992, en la estación fija “La Libertad”, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. (8), No. 1, pp. 51-66
- , 2010.- Pterópodos y heterópodos como Bioindicadores del Evento “El Niño” y su relación con la temperatura y salinidad en la costa ecuatoriana (1990-2007. Tesis de Magister. Universidad de Guayaquil. pp. 1-107
- , 1998.- Gasterópodos planctónicos (Pterópodos y Heterópodos) como Bioindicadores de los Eventos “El Niño” 1992 y 1997-1998, en la estación fija “La Libertad”, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. (9), No. 1, pp. 129-144
- Enfield, David. 1975.- Oceanografía de la región norte del frente ecuatorial: Aspectos físicos. Publicación INOCAR. Dpto. de CDM. pp. 1-55
- Frontier, S. 1963. Presence de *Creseis chierchiae* (Boas) Dans L’ Ocean Indien. Cahiers O.R.S.T.O.M. Oceanographie, No. 6, (Serie Nosy-Be II).
- , 1963. Heteropodes et Pteropodes recoltes dans le plankton de Nosy-Be, CAHIERS O.R.S.T.O.M. Oceanographie. No. VI
- , 1973. Deuxieme liste complementaire des Pteropodes du plankton de Nosy-Be (Madagascar) et notes morphologiques. CAHIERS O.R.S.T.O.M. Oceanographie. Vol. (XI), No. 3, pp. 253-257
- , 1980. Método de análisis rápido en muestras planctónicas. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. (1), No. 1, pp. 137-145
- Jiménez, R. 1975. Composición y variación de fitoplancton marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil.
- , 1976. Oceanografía de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Biológicos. Reunión de trabajo sobre el fenómeno conocido como El Niño, Guayaquil, Ecuador. 4-12 de diciembre de 1974. FAO Inf. Pesca (185): 335-348.
- Jiménez, R. y D. Bonilla 1980. Composición y distribución de la biomasa del plancton en el frente ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. (1), No. 1, pp. 19-64
- Jiménez, R. 1983. Diatomeas y Silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. II

edición. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. (2), No. 2, pp. 193-281

-----, 2008. Aspectos biológicos de El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial. Edición de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales-Centro de Biodiversidad CENBIO. Guayaquil, Ecuador. pp. 330.

Keen, M. 1971.- Sea shells of tropical West America; Marine mollusks from Baja California to Perú. Second edit. Stanf. Univ. Calif., pp. 1-1064.

Luzuriaga de Cruz, M. 1976. Foraminíferos Planctónicos vivos en aguas superficiales ecuatorianas durante El Niño de 1972. Publicación INOCAR. IOA-CM-BIO-09. pp. 1-30. Guayaquil-Ecuador.

-----, 1980. Sistemática y Ecología de los Foraminíferos Planctónicos vivos en el mar Ecuatoriano. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Magaldi, N. 1974. Moluscos holoplanctónicos del Atlántico Sudoccidental, I. Pterópodos Euthecosomados, colectados por el "Atlantis II" en Marzo de 1971. Com. Soc. Malac. Uruguay. 4 (27): 1-20

-----, 1977. Moluscos holoplanctónicos del Atlántico Sudoccidental. III. Heterópodos y Pterópodos de aguas superficiales Brasileñas y Uruguayas. Com. Soc. Malac. Urug. Vol. (IV), No. 33, pp. 295-323.

Matsubara, J.A. 1975. Sistemática, distribución, abundancia y relaciones ambientales de los Pterópodos tecosomados de la Bahía de Campeche, México. Tesis profesional de la Univ. Autónoma de México Fac. CC. Tabla 1, Figs. 10, pp. 1-51

Miró M, D. de y M. Luzuriaga 1974.- Foraminíferos planctónicos vivos en aguas superficiales ecuatorianas. Publicación INOCAR. CM-BIO-3-74. pp. 1-14 Guayaquil-Ecuador

Okuda, T., M. Valencia y R. Trejos de Suescum., 1983 Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 2 No. 1, pp. 31-51

Pesantes, F. 1980. Distribución de los Dinoflagelados en el fitoplancton del mar ecuatoriano. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil.

-----, 1983. Los dinoflagelados como indicadores de "El Niño" en el mar ecuatoriano. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. (2) No. 1, pp. 86-117

Tesch, J.J. 1946.- The thecosomatous Pteropods. I. The Atlantic. Dana report. No. 28, pp. 82

-----, 1948. The Thecosomatous Pteropods. II. The Indo-Pacific. Report. No. 30, pp. 1-45, pl. 3

-----, 1949. Heteropoda. Dana Report. No. 34, pp. 1-53, pl. I-IV

Tokioka, T. 1951 Droplets from the plankton net. Seto. Mar. Biol. Lab., 1(4), pp. 183-184.

-----, 1955. Shells of Atlantidae (Heteropoda) collected by the Soyu-Marú in the Southern water of Japan. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab., IV (2-3) pl. 17-18, Text, figs. 10

Van der Spoel, S. y D. Boltovskoy 1981. Atlas de zooplancton del Atlántico Sudoccidental. Pterópoda. Publ. Esp. INIDEP. Mar del Plata. Argentina. pp. 493-530

-----, 2007. El Niño 2006-2007. Desarrollo y Manifestaciones en aguas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. (14), No.1, pp. 1-6

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

1. <http://www.fao.org/docrep/009/a0086s/A0086S06.htm>
2. <http://ecotoxicologiayecologia.blogspot.com/2012/05/tolerancia-la-temperatura-y-la.html>

DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL Y ECOLOGÍA DE LAS MEDUSAS (CNIDARIAS: HYDROZOA) EN LA ZONA COSTERA SUR DE LA BAHÍA DE SANTA ELENA DURANTE EL PERÍODO (OCTUBRE 2004 – OCTUBRE 2005).*

Por: Carlos Andrade ⁽¹⁾

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el sector Sur de la Bahía de Santa Elena durante Octubre 2004 a Octubre 2005, analizándose un total de 144 muestras zooplanctónicas e identificándose 24 especies, clasificados en 6 órdenes: 5 de la clase Hydrozoa, con 16 familias; 22 géneros y 22 especies, y 2 clases: la clase Scyphozoa y Cubozoa con 1 especie respectivamente. Se consideró las dos épocas estacionales (lluviosa y seca) registrándose para la época lluviosa el 41% de biomasa total con 6477 ind (100m³)⁻¹, mientras que en la época seca se registró el 59% de biomasa total con 9159 ind (100m³)⁻¹.

El análisis estadístico determinó cambios entre la estación lluviosa con una correlación positiva promedio vs la temperatura con valores de 0.75. Mientras en la estación seca se registró una correlación negativa significativa de -0.77 en varias especies.

El índice de Shannon- Weaver mostró la máxima diversidad en época seca para el mes de octubre con 2.58 bits. Mientras en la estación lluviosa se evidenció el máximo índice en enero con 2.74 bits, sin embargo el índice de uniformidad de Pielou durante la estación seca reportó un promedio de 0.91 bits y en la estación lluviosa un promedio de 0.88 bits.

Palabras claves: Hydromedusae, Índices de diversidad, Variación poblacional, Distribución.

ABSTRAC

This study was conducted in the South Bay area of Santa Elena in October 2004 to October 2005, analyzed a total of 288 zooplankton samples and identified 24 species, classified into six orders: 5 of the class Hydrozoa, with 16 families, 22 genera and 22 species and 2 classes: the class Scyphozoa and Cubozoa with 1 species respectively.

We considered the two seasonal periods (rainy and dry) were recorded for the wet season 41% of total biomass with 6477 ind. (100m³)⁻¹, while in the dry season was recorded for 59% of total biomass with 9159 ind. (100m³)⁻¹.

Statistical analysis determined changes between the rainy season with a positive correlation with temperature vs. average values of 0.75. While in the dry season there was a significant negative correlation of -0.77 in several species.

The Shannon- Weaver index showed the highest diversity in the dry season for the month of October with 2.58 bits. While in the rainy season showed the highest rate in January to 2.74 bits, however the Pielou uniformity index during the dry season reported an average of 0.91 bits in the rainy season and an average of 0.88 bits.

Keywords: Hydromedusae, diversity indices, population variation, Distribution.

* Síntesis de la Tesis de Postgrado presentado en la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil previo a la graduación en Magister en Ciencias.

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) Av. 25 de Julio vía, Base Naval Sur, Casilla 5940. Guayaquil, Ecuador. Fax: 2485166. Email: candrade@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

Los trabajos publicados sobre las medusas en el Pacífico Tropical Oriental son escasos y esporádicos (Agassiz y Mayer, 1902; Bigelow, 1909, 1940; Kramp, 1968; Alvariño, 1972, 1975, 1977). La mayor parte de ellos proporcionan listas de especies, descripciones y notas sobre la distribución y sistemática de este grupo tan complejo. Otros trabajos corresponden a material recolectado en determinadas regiones de escasa amplitud o bien se basan en los estudios aislados de algunas especies en particular.

Alvariño (1969) discute las especies de medusas del cinturón trópico-ecuatorial oceánico. En otros trabajos, Alvariño (1972, 1976, 1977) estudia las medusas del Pacífico mexicano, centro americano y ecuatoriano.

Kramp (1968) estudia y determina las medusas que habitan la zona costera de Chile, así como las que se encuentran en el Sistema de Corrientes de Perú.

El propósito fundamental de este trabajo es identificar las especies de medusas en el sector

sur de la Bahía de Santa Elena. Esta investigación será un aporte científico para el país, cuyos resultados demostrarán la presencia o ausencia de los organismos gelatinosos y su variación estacional.

En nuestras costas muchos son los problemas que se presentan debido al efecto nocivo que ocasionan los organismos gelatinosos (medusas), llamados aguas malas, desconociéndose las especies existentes y su relación como posibles indicadores biológicos de masas de aguas

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio encuentra sujeta a la influencia de actividades antropogénicas, presentando un clima tropical, donde las aguas frías transportadas desde el sur por la corriente de Humboldt son ricas en nutrientes, las mismas que son el producto de las mezclas de Aguas Subtropicales Superficiales y aguas costeras del sistema de afloramientos del Perú y la corriente cálida de Aguas Tropicales Superficiales transportadas desde la Bahía de Panamá.

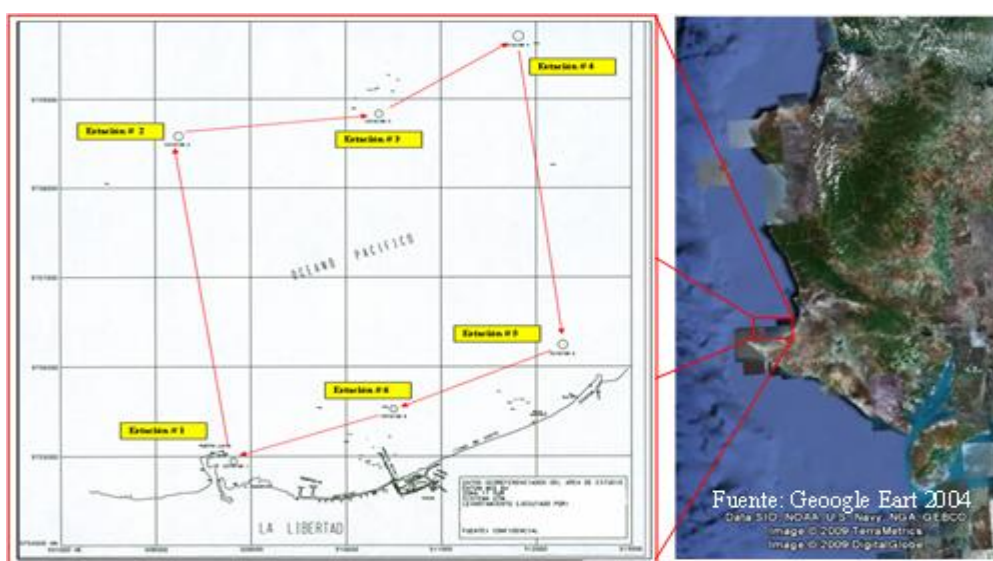


Figura 1. Ubicación general del área de estudio en la Bahía de Santa Elena ($2^{\circ}11'53,2''$ y $2^{\circ}13'12,06''$ Lat. Sur; $80^{\circ}53'6,9''$ y $80^{\circ}54'48,9''$ Long. W.), durante octubre 2004 –octubre 2005.

La Bahía de Santa Elena está limitada por los paralelos 2°11'53,2" y 2°13'12,06" Lat. S y los meridianos 80°53'6,9" y 80°54'48,9" long. W.

La nubosidad promedio observada es de 6 a 8 octavos, mientras desde junio hasta noviembre por lo general el cielo está cubierto (8/8), los meses de mayor precipitación corresponden a enero, febrero, marzo y abril, encontrándose un promedio de 23.5 mm. (Fig. 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos superficiales una vez por mes desde Octubre 2004 a Octubre 2005, durante la mañana y tarde, los muestreos duraron 5 minutos a una velocidad de 2 nudos, en una embarcación de fibra con motor fuera de borda (75 HP). Todas las muestras biológicas (144) fueron obtenidas con una red Standard cónica simple WP-2 de 335µ, con boca de red 0,30m de diámetro y 1m de longitud.

Los datos ambientales fueron obtenidos para la salinidad con un refractómetro BIO-MARINE, modelo ABMTC con rango de 0 a 100‰, calibrado con agua destilada, para la lectura de datos, la temperatura superficial del mar se tomó con un termómetro de mercurio graduado entre un rango de 10 a 60° C.

Las muestras de zooplancton fueron narcotizadas con Cloruro de magnesio al 7,5% (Smaldo & Lee 1979) y fijadas con formalina al 4% neutralizado con Tetraborato de sodio hasta obtener un Ph de 7.5 a 8.0 (Boltovskoy, 1981).

En el laboratorio se procedió a subdividir las muestras zooplanctónicas cuando estas son abundantes, utilizando el submuestreador de Folson.(Mc Ewen *et al.*, 1954).

La identificación de la muestras de medusas se efectuó colocando un organismo en una placa

excavada o en una caja petrix según su tamaño, observando sus estructuras más importantes haciendo énfasis en sus tentáculos, manubrio, gónadas y umbrela.

Para la identificación taxonómica de las hydromedusas y zooplancton acompañante se siguió la metodología de Boltovskoy, *op.cit.* Tregouboff, G. & M. Rose (1957); Pages F., *et al.* (1992); Bouillon, 1999; Kramp, 1968; Young, 2002; De Boyd, 1977.

La abundancia de las especies se correlacionó con la temperatura y salinidad del área de estudio mediante el coeficiente de correlación de (Pearson, 1948).

El resultado numérico fluctúa entre los rangos de +1 a -1, quedando definido mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{C(x,y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Para el análisis de la comunidad de medusas se realizó la aplicación de los índices ecológicos: Se evaluó la riqueza específica de estacionalidad basándose en el número de especies. La diversidad fue obtenida mediante el Índice de Shannon-Weaver, (1949).

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

La dominancia en la comunidad se valoró mediante el índice de Simpson, (Simpson, 1949).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

La equidad o grado de uniformidad en la repartición de los individuos entre las especies fue valorada, con el índice de equidad (Pielou, 1975).

$$J = \frac{H}{H_{max}}$$

RESULTADOS

Variabilidad superficial de las principales especies de medusas (Cnidaria: Hydrozoa) en la Bahía de Santa Elena durante las dos épocas estacionales

En el presente estudio en la Bahía de Santa Elena (La Libertad) se evidenció la variabilidad cualicuantitativa de los Cnidarios. Observándose la mayor abundancia durante la estación seca en la mañana con $5477 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras por la tarde fue ligeramente menor reportando $5223 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

Cabe mencionar que en la estación lluviosa se observó la menor densidad de cnidarios en la mañana con $2213 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, sin embargo por la tarde se reportó un ligero incremento poblacional con un valor de $2541 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ (Fig.2).

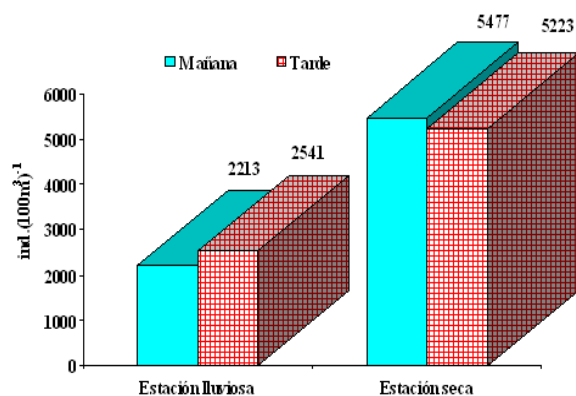


Figura 2. Variación estacional de las medusas durante octubre 2004 a octubre 2005.

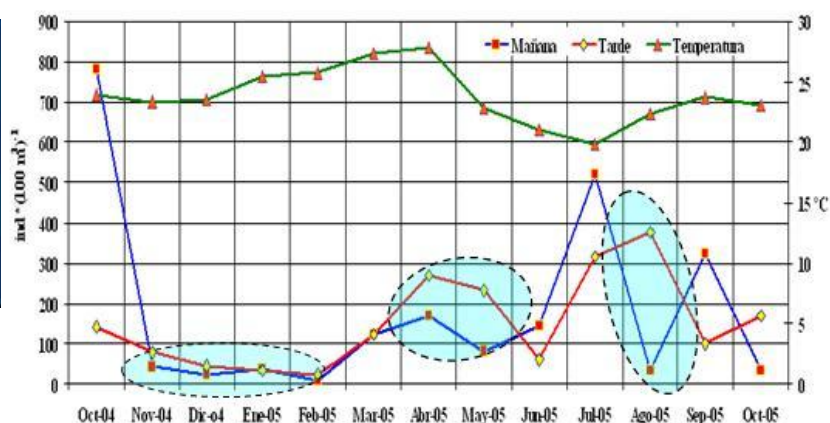
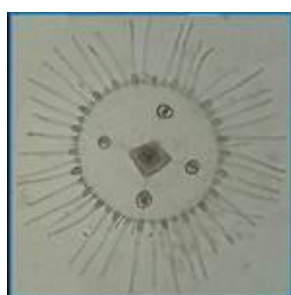


Figura 3. Distribución de *Obelia sp* durante las dos épocas estacionales

ESTACIÓN LLUVIOSA

Obelia sp. (Péron and Lesueur, 1810)

En la Bahía de Santa Elena, durante la estación lluviosa en la mañana la distribución de esta especie fue homogénea pero en baja densidad poblacional, sin embargo se observa un incremento de abundancia para el mes de abril con $168 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 28.8°C y salinidad de 35.0 ups. Durante la tarde se observa la misma tendencia de distribución, evidenciando la mayor biomasa para el mes de abril con $268 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y temperatura de 28.8°C y salinidad de 35.0 ups.

Durante la estación seca (verano) en la mañana, se reportaron las mayores biomásas en los meses de julio con $518 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 19.8°C y salinidad de 34.0 ups y septiembre con $323 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 23.7°C y salinidad de 33.0 ups, mientras las mínimas densidades fueron para los meses de agosto y octubre con un rango de 22.4°C a 22.9°C y salinidades entre 33.3 a 35.0 ups respectivamente.

En la tarde la mayor densidad poblacional se observó en agosto con $377 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 22.1°C y salinidad de 32.5°C , mientras la mínima población se reportó para septiembre con $100 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ con temperatura de 24.0°C y salinidad de 33.0 ups (Fig.3).

Bougainvillia muscus (Van Beneden 1844)

Esta especie se distribuyó en la mañana de forma homogénea evidenciando un máximo poblacional en la estación lluviosa, reportado para febrero con $68 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 25.7°C y salinidad de 35.6 ups. La mínima población se observó para el mes de marzo con $23 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 26.4°C y salinidad de 35 ups. En la estación seca se observaron las máximas poblaciones para octubre 2004 con $63 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 23.5°C y salinidad de 35.2 ups, mientras las mínimas densidades se observaron para junio con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 23.0°C y salinidad de 36 ups y agosto con $14 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

Durante las tardes en la estación lluviosa se presentaron las máximas poblaciones en enero con $73 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 24.7°C y

salinidad de 37.4 ups, mientras las mínimas poblaciones se registraron para noviembre con $23 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 24.0°C y salinidad de 35.0 ups y marzo con $36 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 26.4°C y salinidad de 33.0 ups.

Para la estación seca en las mañanas sus máximas poblaciones se registraron octubre 2004 con $64 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 23.7°C y salinidad de 35.2 ups; julio con $82 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 19.8°C y salinidad de 34.0 ups y septiembre con $50 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 23.8°C y salinidad de 33.0 ups. Durante las tardes se reportó para agosto con $59 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 22.3°C y salinidad de 32.9 ups, su mínima densidad se registro para septiembre con $18 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 24.0°C y salinidad de 33.0 ups (Fig.4).

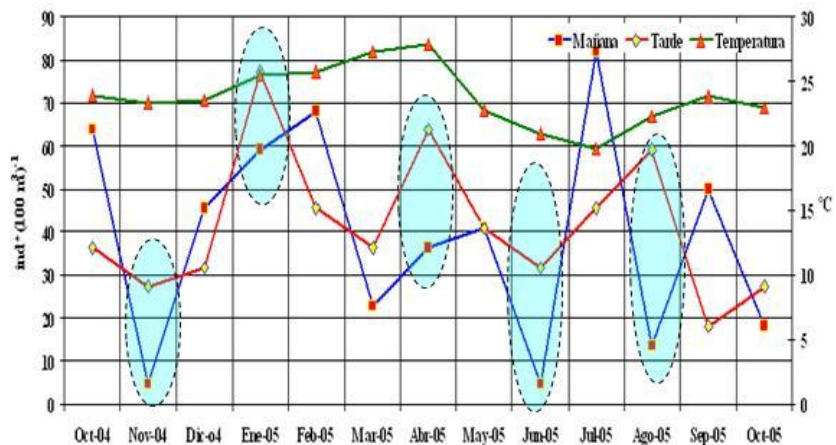


Figura 4. Distribución de *Bougainvillia muscus* durante las dos épocas estacionales

Gossea brachymera (Bigelow 1909)

Durante la estación lluviosa en la mañana esta especie se caracterizó por presentar dos máximos poblacionales distribuidos entre febrero con $14 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y abril con $27 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras sus mínimas densidades se reportó para enero con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

En la tarde se reportaron tres máximos poblacionales distribuidos entre diciembre 2004 con $14 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, febrero 2005 con $18 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, abril con $36 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, incrementándose para el mes de mayo (mes de transición) con $91 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

En la estación seca durante la mañana su máximo poblacional se reportó para julio con $46 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y octubre con $73 \text{ ind} \cdot$

$(100\text{m}^3)^{-1}$, mientras sus mínimas poblaciones se evidenciaron para los meses de junio y septiembre con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente.

En la tarde su máximo poblacional se presentó para octubre con $100 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ mientras las mínimas poblaciones fueron evidenciadas para los meses de junio, julio y agosto con $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ (Fig.5).

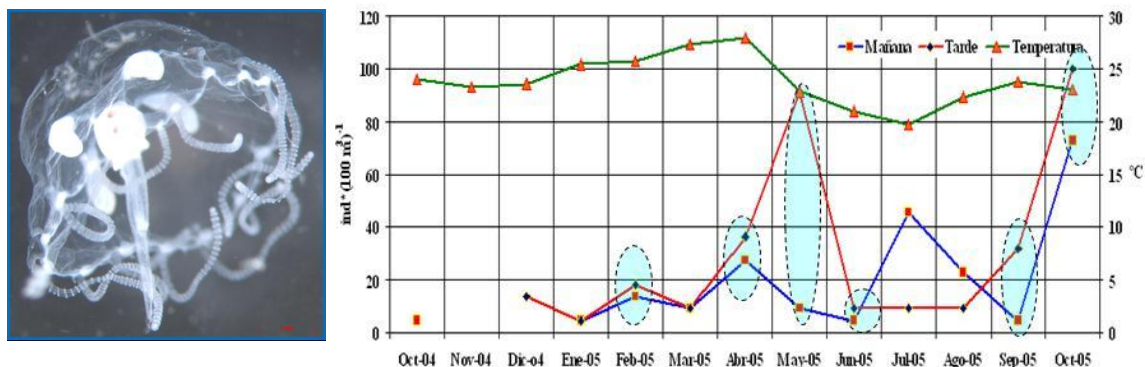


Figura 5. Distribución de *Gossea brachymera* durante las dos épocas estacionales

Dipurena ophiogaster (Haeckel, 1879)

En la Bahía de Santa Elena la máxima densidad se reportó durante la mañana en la estación lluviosa para el mes de diciembre 2004 con $50 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y las mínimas densidades para los meses de abril y mayo 2005 con una media poblacional de $4.5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ registrando una temperatura media de 23.9°C y salinidad de 35 ups, mientras en la estación seca las máximas densidades se

observaron para julio con $36 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y septiembre con $41 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras las mínimas densidades se reportaron para agosto con $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y octubre con $23 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, cabe mencionar que las temperaturas registradas fueron de 19.8°C para julio y 23.8°C para septiembre y 34.2 a 30.4 ups respectivamente, mientras que en octubre se observó una temperatura superficial del mar de 23.0°C y salinidad de 33.0 ups (Fig.6).

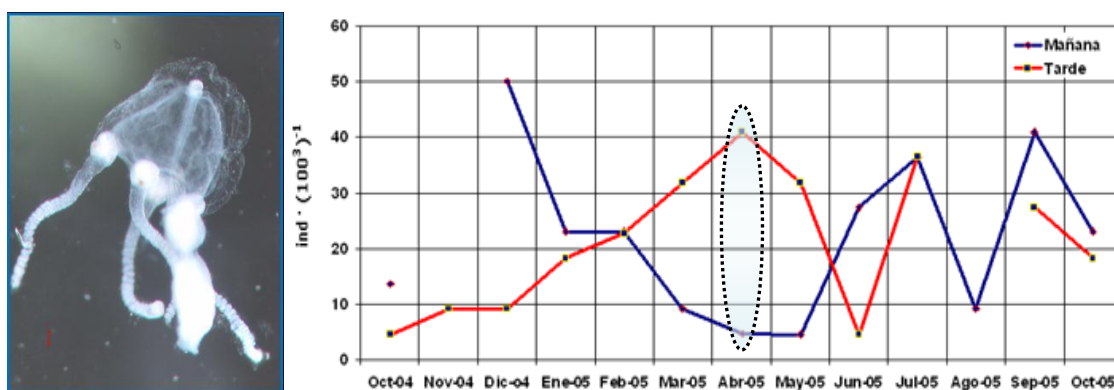


Figura 6. Distribución de las densidades poblacionales de *Dipurena ophiogaster* en la Bahía de Santa Elena durante las estaciones lluviosa y seca desde octubre 2004 a octubre 2005.

Eucheilota menoni (Kramp, 1959c, 1968)

Durante la estación seca (verano) en la mañana, presentó su máxima población para julio con $36 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras sus mínimas

densidades se proyectaron para junio y septiembre con $14 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, sin embargo en la tarde la densidad máxima fué reportada para julio con $64 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y su mínima para agosto con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ (Fig.7).

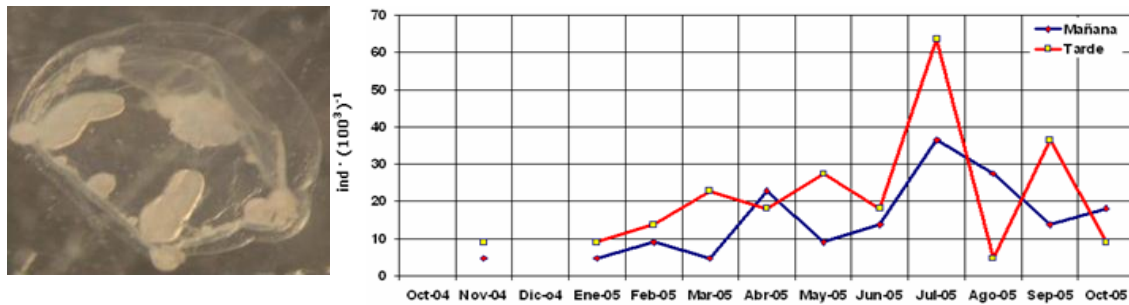


Figura 7. Distribución de las densidades poblacionales de *Eucheilota menoni* en la Bahía de Santa Elena durante las estaciones lluviosa y seca desde octubre 2004 a octubre 2005.

ESTACIÓN SECA

Solmundella bitentaculata (Quoy and Gaimard, 1833)

En la Bahía de Santa Elena en la estación lluviosa durante la mañana esta especie presentó dos máximos poblacionales ubicados en enero con $18 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, marzo con $23 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, posteriormente descender a $18 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ para los meses de abril y mayo.

Durante la tarde fue registrada para los meses de enero con $27 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, ascendiendo para febrero a $32 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, alcanzando su

valor poblacional máximo para el mes de mayo (transición) con $36 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

Durante la estación seca en la mañana esta especie incremento su distribución poblacional para julio con $73 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 19.8°C y salinidad de 34.0 ups, agosto de $64 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, decreciendo notablemente para septiembre a $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y octubre con $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, sin embargo durante la tarde se reporta las máxima densidades para los meses de junio, julio y agosto con valores poblacionales entre 41 a $46 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, decreciendo notablemente para septiembre a $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ en octubre (Fig.8).

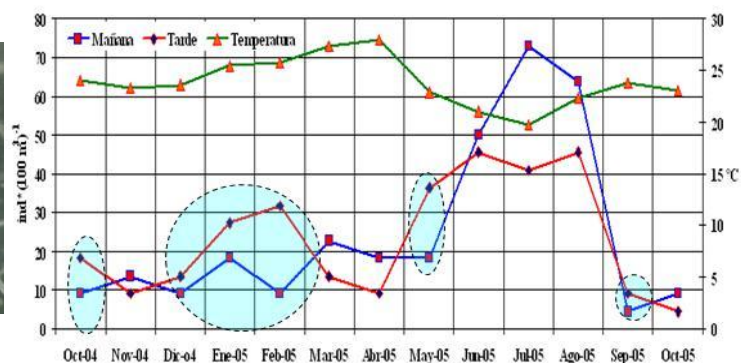


Figura 8. Distribución de las densidades poblacionales de *Solmundella bitentaculata* en la Bahía de Santa Elena durante las estaciones lluviosa y seca desde octubre 2004 a octubre 2005.

Euphysa aurata (Forbes, 1846)

Esta especie durante las mañanas en los meses de octubre, noviembre y diciembre 2004 estuvo ausente, presentando su máximo poblacional para el mes de abril con $68 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura superficial del mar de 27.8°C y salinidad de 35 ups, mientras sus poblaciones

mínimas se registraron para los meses de enero 2005 con $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 25.4°C y salinidad de 36.4 ups, julio con $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 19.8°C y salinidad de 34.2 ups; octubre 2005 con $14 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 23.0°C y salinidad de 33.0 ups.

Durante las tardes esta especie presentó un comportamiento regular durante todo el año, presentando su máxima población en julio 2005 con $46 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 19.8°C y salinidad de 34.5 ups, mientras sus mínimas

densidades se registraron para marzo con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 26.4°C y salinidad de 35 ups, sin embargo en septiembre reportó $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 24.0°C y salinidad de 33 ups (Fig.9).

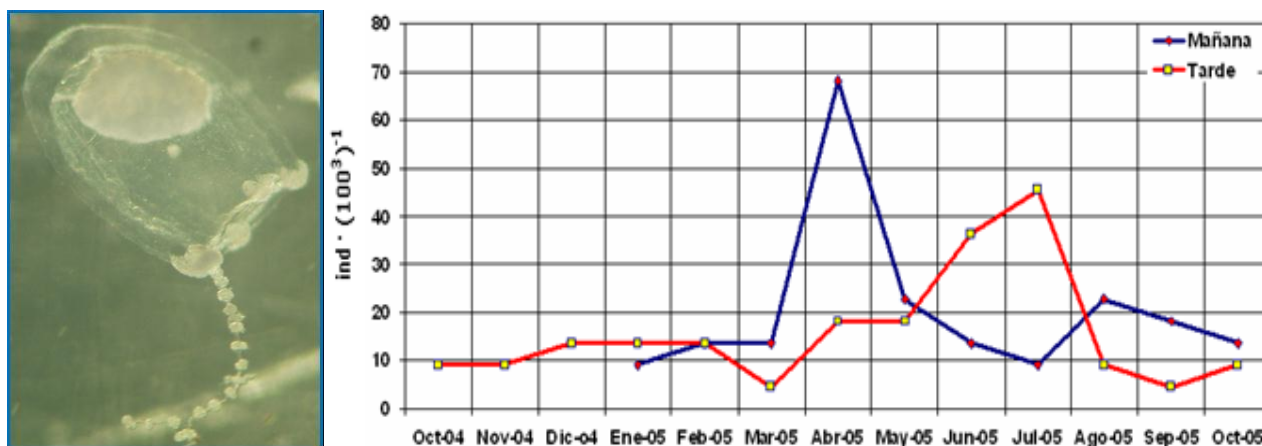


Figura 9. Distribución de las densidades poblacionales de *Euphysa aurata* en la Bahía de Santa Elena durante las estaciones lluviosa y seca desde octubre 2004 a octubre 2005.

Clytia hemisphaerica (Linnaeus, 1767)

En la Bahía de Santa Elena en la estación lluviosa, durante la mañana, esta especie se presentó de forma regular pero en bajas densidades poblacionales, evidenciando su mayor incremento para el mes de transición (mayo) con $27 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, cabe mencionar que se observó una temperatura de 23.2°C y salinidad de 35.0 ups, mientras su mínima densidad se reportó para el mes de abril con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 28.8°C y salinidad de 35.0 ups.

Durante la tarde los niveles de distribución conservaron la misma tendencia, observándose las mayores densidades para los meses de abril y mayo con $23 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ reportándose temperaturas de 28.8°C a 23.2°C y salinidades de 35.0 ups para ambos meses, mientras las mínimas densidades se evidenciaron para

enero, febrero y marzo con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, reportando un rango de temperaturas de 24.7°C a 26.4°C y salinidades de 35.0 a 37.3 ups.

En la estación seca (verano), en la mañana se observó su mayor biomasa para el mes de julio con $100 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y temperatura de 19.8°C y salinidad de 34.0 ups, estando ausente para agosto, evidenciando su mínima densidad poblacional en el mes de septiembre con $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ con temperatura de 23.7°C y salinidad de 33.0 ups.

Mientras por la tarde esta especie estuvo presente toda la época estacional, evidenciando la mayor biomasa para el mes de julio con $46 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, temperatura de 19.8°C y salinidad de 34.5 ups mientras la mínima densidad se presentó para septiembre con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ con temperatura de 24.0°C y salinidad de 33.0 ups (Fig.10).

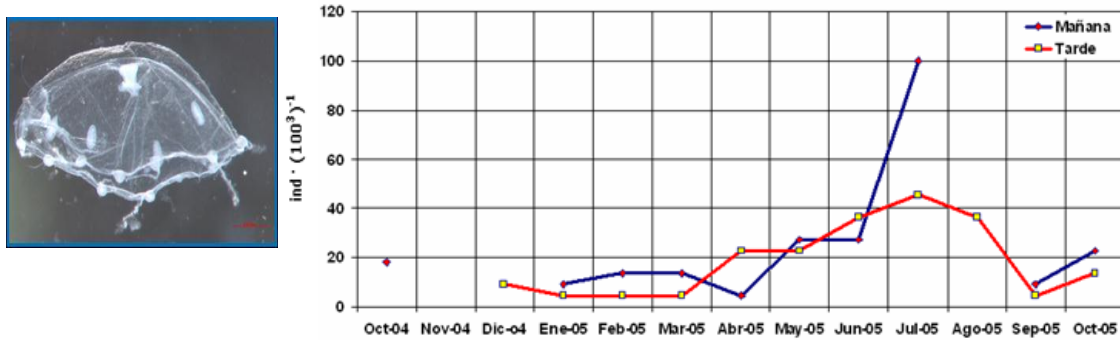


Figura 10. Distribución de las densidades poblacionales de *Clytia hemisphaerica* en la Bahía de Santa Elena durante las estaciones lluviosa y seca desde octubre 2004 a octubre 2005.

Coeficiente de correlación (r) de las especies de medusas con los parámetros abióticos (temperatura y salinidad), durante las estaciones lluviosa y seca.

Estación lluviosa

En la época lluviosa durante la mañana se observó un coeficiente de determinación positiva para la temperatura a las especies *Obelia sp* y *Gossea brachymera*, con un rango entre 81 a 85 %. Mientras por la tarde se reportó a *Dipurena ophiogaster* y *Eucheilota nemoni* con un coeficiente de determinación del 95 a 98% de correlación con la temperatura.

Estación seca

Durante la época seca durante la mañana se reportó a *Solmundella bitentaculata* con un coeficiente de determinación negativa del 88% correlacionado con la temperatura, mientras por la tarde *Euphysa aurata* y *Clytia hemisphaericum* evidenciaron un coeficiente de determinación negativa para la temperatura entre un rango de 94 a 91% respectivamente.

Variabilidad temporal del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') y uniformidad de la comunidad de medusas en la Bahía de Santa Elena durante octubre 2004 a octubre 2005

El índice de diversidad poblacional es considerado uno de los mejores indicativos para determinar la variabilidad entre la riqueza específica y la abundancia poblacional dentro de la comunidad durante el periodo de investigación.

Durante la estación seca por la mañana se observaron dos valores máximos de diversidad, evidenciándose para octubre 2005 un H' : 2.58 bits, coincidente con el mayor número de especies y un grado de uniformidad de 0.88 bits; sin embargo la dominancia fue mínima de 0.10 bits.

Durante la tarde la mayor diversidad se reportó para el mes de septiembre 2005 con 2.71 bits, uniformidad de 0.90 bits y un bajo índice de dominancia de de Simpson de 0.08 bits; para el mes de junio se observó un índice de diversidad de 2.67 bits, seguido de una uniformidad de 0.91 bits y una baja dominancia de 0.08 bits.

Cabe mencionar que la mínima diversidad se reportó para el mes de agosto con un H' : 2.04 bits; la misma tendencia se observó con la uniformidad con 0.71 bits y dominancia de 0.25 bits.

Para la estación lluviosa en la mañana el índice de diversidad de Shannon-Weaver se observó

homogéneamente reportándose los valores máximos para los meses de enero, febrero 2005 con un promedio de 2.70 bits, mientras la misma tendencia se observó para la uniformidad con un valor medio de 0.94 bits; sin embargo la dominancia evidenció un valor promedio mínimo de 0.075 bits; los valores mínimos de diversidad se reportaron para los meses de diciembre 2004 con 2.34 bits.

Por la tarde se observan la misma tendencia de homogeneidad, reportando su máxima valor de diversidad para el mes de febrero 2005 con 2.72 bits, uniformidad de 0.92 bits y una baja dominancia de 0.08 bits, mientras la mínima diversidad de reportó para el mes de abril con 2.32 bits.

CONCLUSIONES

Las 24 especies observadas en el presente trabajo de investigación han sido reportadas por primera vez en aguas de la Bahía de Santa Elena.

La comunidad de medusas en la Bahía de Santa Elena estuvo compuesta por 21 hidromedusas, una escifomedusa, cubomedusa y un sifonóforo, registrándose la máxima diversidad, equidad y riqueza en la estación seca para el mes de septiembre en la tarde, mes en el que se encontró a *A. hemistoma* y *Obelia sp* y octubre en la mañana con *Liriope tetraphylla* y *Cunina octonaria* respectivamente.

En la estación lluviosa en la mañana la máxima diversidad, equidad y riqueza se registró para enero a *Bougainvillia muscus* y *Pandea cónica* del total de la comunidad, mientras para febrero en la tarde se reportó a *Rhopalonema velatum*, *Pandea cónica* y *Bougainvillia muscus* respectivamente.

Con carácter dominante se reportó a la especie *Obelia sp* asociándola una fuerte correlación

positiva y un alto coeficiente de determinación para la temperatura.

La especie *Gossea brachymera* reportó una correlación significativa positiva y un coeficiente de determinación moderado. Por la tarde la especie *Dipurena ophiogaster* presentó una correlación perfecta, siendo una especie adaptada a la temperatura.

Se reporta la especie *Caribdea alata* como organismo potencialmente perjudicial para el ser humano en aguas de la Bahía de Santa Elena.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su gratitud a los directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada, en especial al CPCB-TNC Edwin PINTO Uscocovich jefe del Dpto. de Ciencias del Mar por permitirme ejecutar la presente investigación bajo el Proyecto “**Perspectiva Ambiental para el desarrollo sustentable de la Bahía de Santa Elena**” ejecutado en el Laboratorio Oceánico La Libertad.

En memoria a la Dra. María de Lourdes Segura Puertas, Investigadora y Catedrática de la UNAM; Especialista en Taxonomía y Toxicología de Cnidarios en México, por proporcionarme textos y bibliografía específica.

Al Dr. Álvaro Altuna Prados, especialista en Cnidarios, por facilitar información científica y bibliografía especializada en Cnidarios desde España.

A la M.Sc. Karina Rodríguez Saénz, especialista en Cnidarios y encargada del Dpto. de asuntos Marinos y Dulce acuícola de Costa Rica, por corroborar las especies de hidromedusas expuestas en este trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Agassiz, A. y W. Woodworth Mem. 1902.** Mus. Comp. Zool. Harv. Reports on the scientific results of the Expedition to the Tropical Pacific in charge of Alexander Agassiz by the U.S. Fish Commission Steamer Albatross, from August 1899, to March 1900. 1902. III Medusae. pp139-176.(3):26
- Alvariño, A. 1969.** Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Mexico, Ser. Cienc. del Mar y Limnol. Zoogeografía del Mar de Cortés: Quetognatos, Sifonóforos y Medusas.11-54.(1):
- Alvariño, A. 1972.** Zooplankton del Caribe, Golfo de México y regiones adyacentes del Pacífico. IV Congreso Nacional de Oceanografía Mexico. pp 223-247.
- Alvariño, A., 1975.** Indicadores planctónicos: Distribución batimétrica de algunas medusas. Resumen del II Simposio Latino-Americano sobre Oceanografía Biológica, Cumaná, Venezuela, pp 139-160.
- Alvariño, A. 1976.** El zooplankton de la región de la América Central en el Pacífico. III Simposio Latino-Americano sobre Oceanografía Biológica. El Salvador.pp1-47.
- Alvariño, A., 1977.** El plancton del Pacífico Ecuatoriano. IV Simposio-Latino-Americano sobre Oceanografía Biológica, Guayaquil, Ecuador.
- Bigelow, R. P. 1909.** Biol. Bull. Woods Hole A new Narcomedusa from the North Atlantic. 80-82.16:
- Bigelow, H. B. 1940.** Zoologica, N. Y. Medusae of the Templeton Crocker and Eastern Pacific ZACA Expeditions, 281-321.(19):25
- Bouillon, J. & Barnett, J. T. 1999.** The Marine Fauna of New Zealand Hydromedusae (Cnidaria Hydrozoa), 1-135 pp.
- Bogorov V., 1967.** Biology of the Pacific Ocean Part I - Plankton, VII (1): 1-266.
- Boltovskoy, D., 1981.** Atlas del Zooplankton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplankton Marino. Museo Argentino.
- De Boyd, S 1977.** Guide to Marine Coastal plankton and invertebrate larvae. Department of biology west valley community college, California. 140pp.0.
- Kramp, P.L. 1968.** The Hydromedusae of the Pacific and Indian Oceans., The Carlsberg Foundation's Oceanographical Expedition round the World 1928-1930 and previous (Dana Expeditions).
- Mc Ewen, G. F., M.W. Johnson y T. R. Folsom, 1954.** A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton simple splitter, based upon test observations: Arch. Meteor. Geoph. Bioklimat. Ser. A, 7: 502-527.
- Pagés Francesc., Gili Josep-María & Bouillon Jean., 1992.** Medusae (Hydrozoa, Scyphozoa, Cubozoa) of the Benguela Current (southeastern Atlantic). 220-254
- Pielou, E. C., 1975.** Ecological Diversity. John Wiley, New York. pp 1-56.
- Pearson, E.S. 1948.** Creador de la Estadística Aplicada / E.S.pp 134-158.
- Segura Puertas L., 1984.** Morfología, Sistemática y Zoogeografía de las Medusas (Cnidarias: Hydrozoa y Scyphozoa) del Pacífico Tropical Oriental. INST.CIENC. DEL MAR Y

LIMNOL. UNIV. NAL. AUTON. MEXICO
PUBL. ESP. 8: pp 1-329.

Simpson, E. E. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163 688 p.

Smaldo & Lee. 1979. A Sinopsis of Methods for the Narcotisation of Marine Invertebrates. Royal Scottish Museum. Edinburgh. pp1-55.

Shannon, C. E. y W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana 117 pp.

Wyrski, K., 1977: Sea Level During the 1972 El Niño. *J. Phys Oceanogr.*, pp,779-787.

Tregouboff, G. & M. Rose., 1957. Manual de Planctonologie Méditerranéenne, tomo II Centre National de la Recherche Scientifique Paris. Tomo (II) Planche 128-135.

Unesco., 1968. Manual Zooplankton Sampling. Pp 25-46.

Young Craig M. 2002. Atlas of Marine Invertebrate larva USA. 626 pp.

SIFONOFOROS (CNIDARIA, HYDROZOA) DE AGUAS SUPERFICIALES ALREDEDOR DE LA ISLA SANTA CLARA, DURANTE SEPTIEMBRE Y NOVIEMBRE DEL 2007

Por. Carlos Andrade¹

RESUMEN

Se analizaron los sifonóforos colectados en las muestras superficiales de zooplancton alrededor de la Isla Santa Clara durante septiembre y noviembre de 2007, identificándose 15 especies de sifonóforos del suborden Calycophorae y una especie del suborden Cystonectae, todos ellos registrados por primera vez para aguas tropicales al rededor de la Isla Santa Clara. Las especies más abundantes en la fase de flujo fueron Muggiacea atlantica (15.3%), Chelophyes appendiculata (13.3%) y en refluo fueron Chelophyes appendiculata con 22.6%, Lensia hotspur con 15.5%, Diphyes dispar (11%) y Lensia multicristata con 10.9%. Las especies restantes fueron escasas y su abundancia relativa fue inferior al 8%.

Palabras claves: sifonóforos, zooplancton, abundancia, Isla Santa Clara, biomasa.

ABSTRACT

We analyzed the collected siphonophores in surface samples of zooplankton around the island of Santa Clara in september and november 2007, identifying 15 species of the suborder Calycophorae and one species of suborder Cystonectae, all recorded for the first time in tropical waters around of the island of Santa Clara. The most abundant species in the flow phase were Muggiacea atlantica (15.3%), Chelophyes appendiculata (13.3%) and reflux were Chelophyes appendiculata with 22.6% with 15.5% Lensia hotspur, Diphyes dispar (11%) and Lensia multicristata with 10.9%. The remaining species were scarce and their relative abundance was less than 8%.

Key words: siphonophores, zooplankton, abundance, Santa Clara Island, biomass.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada. Casilla 5940. Av. 25 de Julio vía Puerto Marítimo, Base Naval Sur
Guayaquil, Ecuador.
Email: candrade@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del plancton de la Isla Santa Clara es extraordinariamente reciente y se limita a algunas colectas de organismos planctónicos realizadas en monitoreo en los últimos diez años.

Los sifonóforos constituyen uno de los grupos más importantes dentro de las poblaciones planctónicas al formar parte de la cadena de alimentación dentro del segundo nivel trófico, algunas de las especies más grandes se alimentan de peces (Trogouboff, 1957).

Los estudios del zooplancton e ictioplancton alrededor de la isla son escasos y esporádicos. Cajas *et al.*, (1997 a-b-c y 1998), realizaron estudios del fitoplancton y zooplancton en el entorno de la Isla.

Ortega y Calderón (1997), realizaron estudios y reportaron huevos y larvas de peces en la zona adyacente de la Isla Santa Clara, durante junio hasta agosto 1997.

Jiménez (1997), Cevallos (2006), determinó la abundancia de los principales grupos zooplanctónicos en la Isla Santa Clara. Sin embargo, es preciso determinar las especies planctónicas presentes en sus aguas para conocer la biodiversidad acuática de la zona. Por esta razón se ha considerado el estudio de los sifonóforos, por ser uno de los componentes importantes del plancton gelatinoso, oceánico de aguas cálidas y tropicales.

Los sifonóforos fueron descritos por primera vez a fines del siglo XVII. Sus representantes poseen el mayor grado de polimorfismo y especialización funcional y una compleja organización colonial (Dunn 2005b). Podemos definirlos biológicamente como colonias formadas por zooides asexuados genéticamente idénticos, pero estructuralmente

distintos y funcionalmente especializados. Se distinguen de los otros hydrozoa por presentar los dos estadios, polipoides y medusoides, en la misma colonia sin alternancia de generaciones (Pugh 1996).

Viven desde pocos meses hasta más de 10 años (Pugh 1996). Son bioindicadores de las condiciones hidrológicas asociadas a las principales regiones climáticas y masas de agua (Alvariño 1981, Véliz 1981, Thibault-Botha *et al.* 2004) y establecen asociaciones simbióticas muy importantes con gran variedad de organismos hasta relaciones de mutualismo y parasitismo (Pugh 1996).

En general los sifonóforos se distribuyen en todos los océanos, mares y bahía, a lo largo de la columna de agua hasta los 4500m de profundidad, aunque cada especie puede habitar intervalos de profundidad diferentes, estando restringidas algunas a aguas cálidas superficiales (Pugh 1996). La mayoría de las especies habita el cinturón trópico-ecuatorial; una bución, y sólo un número limitado es exclusivo de altas latitudes (Alvariño 1981). Existen algunas especies con afinidades por aguas neríticas costera, pero siempre son encontradas en aguas donde la salinidad no es muy diferentes a la del agua de mar. Entre tanto, la mayoría es típicamente oceánica (Pugh 1996).

Los sifonóforos pueden estar directamente relacionados con las zonas de frente (estacionales e intermitente) (Graham *et al.* 2001). Y debido a sus características es probable que sean parte del grupo de especies que se benefician con esos eventos.

A pesar de la existencia de información relevante sobre sifonóforos (Gasca 2002), la mayor parte de ésta se relaciona con la taxonomía, mientras que muy pocos estudios fueron relacionados sobre la ecología,

desarrollo y organización de las colonias (Haddock 2004).

La diversidad de especies en el océano cambia con la latitud, la longitud y la profundidad, pudiendo seguir determinados patrones que son conocidos para pocos grupos de invertebrados y para ciertas regiones de los océanos, generalmente fuera de los trópicos (Witman & Roy 2009).

La presente investigación tiene como objetivo determinar la composición específica de los sifonóforos colectados en aguas superficiales entorno a la Isla Santa Clara y que permitan aportar con nuevos conocimiento de la diversidad planctónica en esta reserva biológica.

ÁREA DE ESTUDIO

La isla Santa Clara, también denominada como Isla del Muerto, ($3^{\circ}10'13''$ S. y $80^{\circ}26'11''$ W), está ubicada en la parte central del Golfo de Guayaquil, aproximadamente a unos 45 Km. al oeste de Puerto Bolívar y a 25 Km. al suroeste

de la Isla Puná, es el principal estuario del Pacífico Sudeste, componente hidrográfico de alta productividad biológica (Stevenson, 1981), influenciada por la corriente de Humboldt en diferentes intensidad de acuerdo a la época del año, dicha zona es considerada reserva biológica y punto estratégico que sustenta las pesquerías industriales y artesanales, en un área cuyo promedio de profundidad oscila entre 6 a 20 metros correspondiente a la Ecoregión Marina Guayaquil y región tumbesina, la isla Santa Clara y sus alrededores constituye unos de los refugios más importantes de la costa ecuatoriana por albergar grandes concentraciones de aves marinas, principalmente fragatas, pelícanos y piqueros patas azules, además el refugio fue designado como humedal Ramsar en el año 2002 por desempeñar un papel primordial como indicador de calidad ecológica y biológica de la Isla ECOLAP y MAE. 2007. (Figura1).

El estudio se realizó en 11 estaciones de monitoreo, realizados en los meses de septiembre y noviembre del 2007 en la zona adyacente a la Isla Santa Clara.

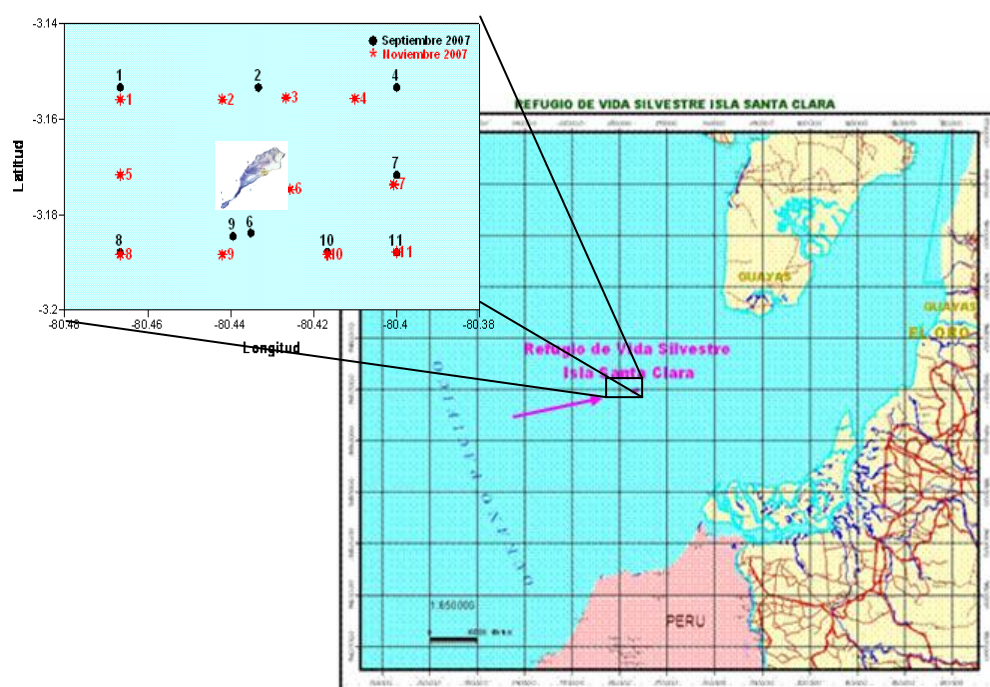


Figura.- 1 Ubicación Geográfica de las estaciones de monitoreo en la Isla Santa Clara, durante los meses de septiembre y noviembre del 2007.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados del presente estudio se basaron en el análisis de las densidades poblacionales de los sifonóforos colectados de las muestras tomadas entre septiembre y noviembre del 2007.

Los arrastres superficiales se los realizaron durante 5 minutos a una velocidad de 2 nudos a bordo de una embarcación de fibra con motor fuera de borda de 75 HP.

Todas las muestras biológicas fueron obtenidas con red Cónica Simple (WP-2) con apertura de malla de 335 μ y diámetro de la boca de red de 0,30m. El volumen de agua filtrada se lo obtuvo siguiendo las fórmulas establecidas por Boltovskoy 1981, los datos obtenidos fueron extrapolados a (100m³)⁻¹.

Las muestras colectadas fueron tratadas con cloruro de magnesio como narcotizantes de los organismos gelatinosos y luego fijados con formalina al 4% y neutralizado con bórax (Boltovskoy, 1981).

Para la identificación taxonómica de los sifonóforos se siguió las claves de Boltovskoy, 1981, Tregouboff, G. & M. Rose (1957); Pugh. (1999), Totton (1954, 1965), Alvarino (1981).

RESULTADOS.

Las condiciones térmicas y salinas en el área de estudio fueron muy homogénea, observándose para el mes de septiembre una temperatura media de 22.02°C y 33.17 ups, mientras para el mes de noviembre se reportó una temperatura de 23.63°C y salinidad de 33.7ups.

En las muestras analizadas se identificaron 15 especies de sifonóforos, todas pertenecientes al suborden Calycophorae y una especie del suborden Cystonectae.

Abundancia relativa de las especies de Sifonóforos durante las fases de flujo y reflujo, durante septiembre y noviembre de 2007.

En forma general en toda el área de estudio se determinó cuatro especies dominantes en fase de reflujo, *Chelophyes appendiculata* (22.6%), *Lensia hotspur* (16%), *Diphyes dispar* (11.1%) y *Lensia multicristata* con 10.9%. Mientras en fase de flujo se determinaron dos especies dominantes, *Muggiacea atlántica* (15.3%), *Chelophyes appendiculata* (13.3%), Sin embargo para el mes de noviembre en fase de flujo se determinó tres especies dominantes, *Diphyes dispar* (33.5%), *Sphaeronectes gracilis* (16.4%) y *Lensia subtilis* con 10.57% de su abundancia. En fase de reflujo se reportó a *Lensia hotspur* con el 38.7% de abundancia relativa (Figura 2, Tabla 1).

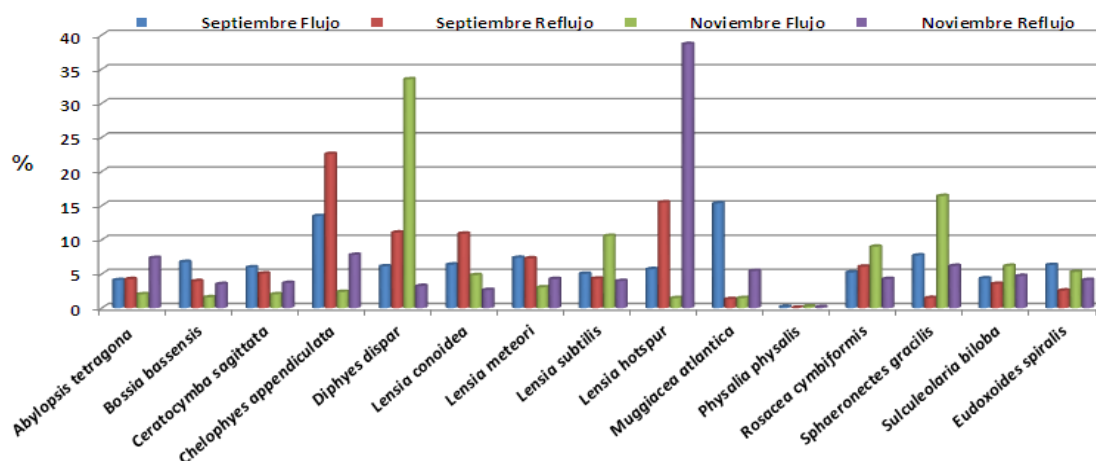


Figura 2.- Abundancia relativa de los sifonóforos en ambas fases de marea durante los meses de septiembre y noviembre alrededor de la Isla Santa Clara en el 2007.

Tabla 1. Abundancia relativa de las especies de sifonóforos durante el mes de Septiembre 2007 en las fases de flujo y reflujo.

Septiembre	Flujo %	Reflujo %
<i>Abylopsis tetragona</i>	4,1	4,2
<i>Bossia bassensis</i>	6,8	4,0
<i>Ceratocymba sagittata</i>	6,0	5,1
<i>Chelophyes appendiculata</i>	13,5	22,6
<i>Diphyes dispar</i>	6,1	11,1
<i>Lensia conoidea</i>	6,4	10,9
<i>Lensia meteori</i>	7,4	7,3
<i>Lensia subtilis</i>	5,0	4,3
<i>Lensia hotspur</i>	5,7	15,5
<i>Muggiacea atlantica</i>	15,3	1,3
<i>Physalia physalis</i>	0,2	0,1
<i>Rosacea cymbiformis</i>	5,2	6,1
<i>Sphaeronectes gracilis</i>	7,7	1,5
<i>Sulculeolaria biloba</i>	4,4	3,6
<i>Eudoxoides spiralis</i>	6,3	2,6

Durante el mes de noviembre en fase de flujo se reportó tres especies de sifonóforos (*Diphyes dispar*) con 33.5% de abundancia, reportando fluctuaciones notorias entre las estaciones 10 y 1 con valores de 3 y 107 ind·(100m³)⁻¹ y temperaturas superficial del mar de 23.6°C y salinidad de 33.6 ups en ambas estaciones, sin embargo en las estaciones 4, 5, 6, 8 y 9 no hubo especies representativas. La segunda especie en importancia numérica se reporta a *Sphaeronectes gracilis* con 16.4%, reportadas en las estaciones 1, 2, 3, 8, 10 y 11 con valores que fluctuaron entre 1 y 91 ind · (100m³)⁻¹ y una media de temperatura y salinidad de 23.6°C y 33.7ups entre todas las estaciones, mientras *Lensia subtilis* reportó el 10.5% de abundancia relativa distribuida entre las estaciones 1, 2, 8 y 10 y valores de 1 a 43 ind · (100m³)⁻¹ entre las estaciones 10 y 2 respectivamente.

Mientras en la fase de reflujo se reportó a *Lensia hotspur* con 38.7% de abundancia, esta especie se observó en todas las estaciones con una media poblacional de 24 ind·(100m³)⁻¹ (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia relativa de las especies de sifonóforos durante el mes de Noviembre 2007 en las fases de flujo y reflujo.

Noviembre	Flujo %	Reflujo %
<i>Abylopsis tetragona</i>	2	7,4
<i>Bossia bassensis</i>	1,6	3,5
<i>Ceratocymba sagittata</i>	2	3,7
<i>Chelophyes appendiculata</i>	2,4	7,8
<i>Diphyes dispar</i>	33,5	3,2
<i>Lensia conoidea</i>	4,8	2,6
<i>Lensia meteori</i>	3	4,3
<i>Lensia subtilis</i>	10,6	4
<i>Lensia hotspur</i>	1,5	38,7
<i>Muggiacea atlantica</i>	1,5	5,4
<i>Physalia physalis</i>	0,2	0,1
<i>Rosacea cymbiformis</i>	9	4,3
<i>Sphaeronectes gracilis</i>	16,4	6,2
<i>Sulculeolaria biloba</i>	6,2	4,7
<i>Eudoxoides spiralis</i>	5,3	4,1

Variación de las densidades poblacionales de las especies de Sifonóforos en ambas fase de marea.

Durante el mes de septiembre en fase de flujo los valores de abundancia fluctuaron entre 14 y 9727 ind · (100m³)⁻¹ en las estaciones 8 y 3 respectivamente. Las mayores densidades poblacionales se evidenciaron en las estaciones más alejadas de la Isla (E3 con 9727 ind · (100m³)⁻¹, E4 con 5127 ind·(100m³)⁻¹ y E1 con 7836 ind · (100m³)⁻¹), mientras las menores densidades se ubicaron en las estaciones 8 y 11 situadas en los extremos del sector sur de las Isla a distancia considerable de la playa (14 y 509 Ind/100m³) respectivamente.

Mientras en fase de reflujo el comportamiento de este taxón fue más homogéneo con una media poblacional de 3625 ind·(100m³)⁻¹ en toda el área de estudio, reportando su máxima densidad poblacional en la estación 8 con 5700 ind·100m³)⁻¹ y la mínima densidad en la estación 3 con 1064 ind·(100m³)⁻¹.

Durante el mes de noviembre en fase de flujo el comportamiento de este grupo fue irregular reportando su máxima densidad poblacional en la estación 1 con $420 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras las densidades medias se evidencian en la estación 2 con $264 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y los mínimos en las estaciones 8, 10 y 3 con 49, 27 y 8 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente, cabe mencionar que en esta fase hubo ausencia de grupo en las estaciones 4, 5, 6, 7 y 9 con cero especies representantes.

En fase de reflujo se reporta tres máximos poblacionales ubicados en las estaciones 8, 7 y 5 con una media poblacional de 582 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras las densidades medias se evidencian en las estaciones 3, 6 y 11 con valores medios poblacionales de 297 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y la mínima población se ubica en la estación 10 con 68 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

Las especies más abundantes que causaron fluctuaciones poblacionales moderadas durante el mes de septiembre en fase de flujo fueron *Muggiacea atlantica* con 15.3% cuyas densidades variaron entre 3 y 346 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ en las estaciones 8 y 3 respectivamente. Mientras *Chelophyes appendiculata* (13.3%) reporta su mínima densidad en la estación 11 con 14 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y 324 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ en la estación 2, presentando ausencia de este grupo en la estación 8.

Durante la fase de reflujo de las cuatro especies reportadas; *Chelophyes appendiculata* fue la más abundante en el área de estudio presentando variaciones poblacionales entre las estaciones 3 y 11 con 34 y 381 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente, seguido de *Lensia hotspur*, presentando su mínima densidad en la estación 4 con 79 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y su máxima densidad en la estación 11 con 180 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

La tercera especie en importancia numérica es *Diphyes dispar*, reportándose en todas las

estaciones valores que fluctuaron entre 13 y 183 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ entre las estaciones 3 y 6 respectivamente. La cuarta especie representativa fue *Lensia multicristata*, esta especie presentó un comportamiento más homogéneo en toda el área de estudio con valores que fluctuaron entre 5 y 171 $\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ entre las estaciones 3 y 11 respectivamente.

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Los estudios sobre el plancton gelatinoso en el área de la Isla Santa Clara son escasos, por consiguiente se realiza una comparación macro de la composición y abundancia de estudios desarrollados a lo largo del Pacífico.

Algunas especies como *Chelophyes contorta*, *Abylopsis eschscholtzi* y *A. tetragona* y otras especies son habitantes comunes en el cinturón trópico-ecuatorial de otras áreas del Pacífico ecuatorial (Alvariño, 1971).

Para el mes de septiembre en fase de flujo se reportaron a *Chelophyes appendiculata* (13.5%) y *Muggiacea atlantica* (15.3%), mientras en fase de reflujo se reportaron a *Chelophyes appendiculata* con 22.6%, *Lensia hotspur* (15.5%), *Diphyes dispar* (11.1%).

Debido a la influencia de aguas en transición (noviembre), en fase de flujo la fauna de sifonóforos se caracterizó por la presencia de *Diphyes dispar*, (33.5%), *Sphaeronectes gracilis* (16.4%), *Lensia subtilis* (10.6%), especies oceánicas típicas de aguas cálidas (Alvariño, 1971). Mientras en fase de reflujo la especie dominante fue *Lensia hotspur* con 38.7%.

Cervigón, 1961 consideró a *Muggiacea atlántica* como especie netamente nerítica y de aguas poco profundas. Veliz (1976) reportó un amplio rango de temperatura de 13.8 – 25.4°C.

La cantidad de plancton reportado en la Isla Santa Clara es variable, destacándose mayores biomazas zooplanctónicas en las estaciones donde se observó densa paradera submarina y bajas densidades poblacionales en las estaciones que presentaron el fondo marino limpio de macroalgas. Mientras la presencia de sifonóforos, evidenció su mayor abundancia para septiembre con un 2% de la población total, mientras para noviembre alcanzó valores inferiores al 1%.

AGRADECIMIENTO

El autor, desea dejar constancia de su agradecimiento al Sr Director de INOCAR y al señor Jefe del Departamento de Ciencias del Mar por brindar su apoyo incondicional para la publicación del presente artículo.

Se agradece la colaboración de la Dra. Rebeca Gasca, perteneciente al Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, División de Biodiversidad, Departamento de Ecología y Sistemática Acuáticas por su invaluable contribución con comentarios y revisión del presente documento para que llegue a buen término.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvariño, A. 1971. Siphonophores of the Pacific with a review of World distribution. Bull Scripps Ints. Ocean., 16: 1-364.

Alvariño, A. 1981. Siphonophora. In: BOLTOVSKOY D. (ed.) Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajos con el zooplancton marino. Mar del Plata, Publicación Especial del Instituto Nacional del Investigación y Desarrollo Pesquero, Argentina, pp.383-441.

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y método de trabajo

con el zooplancton marino. Mar del Plata. Argentina. 5(3): 32 – 40.

Cevallos, S. 2006.- Distribución y abundancia de zooplancton e Ictioplancton alrededor de la Isla Santa Clara (Ecuador), Diciembre 2006.

Cervigon, F. 1961. Descripción y consideraciones de los Sifonóforos de las costas occidentales de Africa, recogidos en la campaña de “Costa Canaria” Invest. Pesq 18: 9-31.

Cajas, L. de, M. Prado y D. Coello. 1997a. Distribución del fito y zooplancton alrededor de la Isla Santa Clara. Golfo de Guayaquil. Fase I. Informe Interno INP - Convenio MMA/INP. Ecuador.

Cajas, L. de, Coello, D. y M. Prado 1997b. Distribución del fito y zooplancton al sur de la Isla Santa Clara. Golfo de Guayaquil. Fase II. Informe Interno INP - Convenio MMA/INP. Ecuador.

Cajas, L. de, M. Prado, D. Coello y O. Moya. 1997c. Distribución del fito y zooplancton alrededor de la Isla Santa Clara. Golfo de Guayaquil. durante agosto de 1997. Fase III. Informe Interno INP - Convenio MMA/INP. Ecuador.

Cajas, L. de, D. Coello y M. Prado. 1998. Distribución del fito y zooplancton alrededor de la Isla Santa Clara. Golfo de Guayaquil. Durante 1998. Informe Técnico INP - Ecuador. Informe presentado a EDC Ecuador Ltd.

Dunn, C.W. 2005 b. The colony-level evolution and development of the Siphonophora (Cnidaria, Hydrozoa), Ph.D. Thesis. Yale University, 264 p.

ECOLAP. MAÉ. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales y Protegidas del Ecuador,

ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador.

Ortega, D. y G. Calderón 1997. Presencia de huevos y larvas en la zona adyacente a la Isla Santa Clara, Junio 1997. Inf Téc. Convenio INP/MMA.

Pugh, P.R. 1996. Siphonophora. In: Gasca, R. & Suárez, E. 1996. Introducción al estudio del zooplancton marino. El Colegio de Frontera Sur (ECOSUR)/CONACYT. México. 711p.

Pugh, P.R. 1999. Siphonophorae. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) South Atlantic Zooplankton. Backhuys

Gasca, R. & E. Suárez. 1996. Introducción al zooplancton marino. ECOSUR-CONACYT, México 1-771p.

Gasca, R. 2002. Lista faunística y bibliografía comentadas de los sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología, 73 (2): 123-143.

Graham, W.M., Pagés, F. & Hamner, W. 2001. A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. Hydrobiologia, Netherlands, 451: 199-212.

Haddock, S.H.D. 2004. A golden age of gelata: past and future research on planktonic ctenophores and cnidarians. Hydrobiology, 530/531: 549-556.

Jiménez, R. 1997. Plan de Monitoreo Ambiental del Campo Amistad en el Golfo de Guayaquil. Aspectos Ecológicos del Ecosistema Marino en el Área de Prospección Sísmica del Campo Amistad, en el Golfo de Guayaquil, Informe Preliminar Noviembre 24, 1997.

Tregouboff, G. & M. Rose. 1957. "Siphonophores" Manual de Plantonologie Mediterraneene. Tome I, II Chap. XXV. Paris. Centro Nacional de la Recherche Scientifique, Paris. P 335-377.

Véliz, M. G. 1981. Sifonóforos como posibles indicadores biológicos. In: Memorias del seminario sobre indicadores biológicos del Plancton. Oficina regional de ciencia y tecnología para América latina y el Caribe. Montevideo. Instituto del Mar del Perú. Callao, Peru. 13p.

Stevenson M., 1981. Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil, un estuario tropical. Boletín científico y técnico (INP), 4(1):5-28.

Sampling (1968), Manual Zooplankton. Pp 25-46.

Thibault-Botha, D., Lotjeharms, J. & Gibbons, M. 2004. Siphonophore assemblages along the east of South Africa; mesoscale distribution and temporal variations. France. Journal of Plankton Research, 26 (9): 1115-1128.

Totton, A.K. 1954. Siphonophora of the Indian Ocean together with systematic and biological notes on related species from other oceans. Discovery Reports. 27: XII +161p +83 figs.

Totton, A.K. 1965. A Synopsis of the Siphonophora. Trustees of the British Museum (Natural

Witman, J.D. & Roy, K. 2009. Marine Macroecology. The University of Chicago Press, Chicago. 424p.

VARIACIÓN ESTACIONAL DE LAS ESPECIES DEL MICROBENTOS DE LA BAHIA MANTA EN LA COSTA ECUATORIANA, DURANTE 2011

Elena Gualancañay ⁽¹⁾

RESUMEN

Durante la estación lluviosa (marzo 2011), las especies identificadas de la microfauna bentónica en el área de la bahía de Manta son: *Bulimina pulchella*, *Buliminella elegantissima*, *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*, *Nonion pizarrense*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Rotalia beccarii*, *Lagena striata* y la única especie de la microflora béntica fue *Coccinodiscus perforatus* y corresponden a la provincia zoogeográfica Panameña propuesta por Boltovskoy (1965) y confirmada por Boltovskoy y Gualancañay (1975) y Gualancañay (1986).

Durante la fase seca (septiembre 2011), la microflora béntica estuvo representada por dos especies de diatomeas bénticas: *Coccinodiscus perforatus* y *Polymixus coronalis*. En cambio la microfauna bentónica se la halló distribuida en el área de estudio con 10 especies a excepción de las estaciones 12, 13, 14 y 15 se mantuvo ausente. Las especies identificadas fueron: *Bulimina pulchella*, *Buliminella elegantissima*, *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*; *Lagena striata*, *Nonion pizarrense*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Rotalia beccarii*, *Rotalia cubensis*, *Textularia secasensis* y *Virgulina pontoni*.

Palabras claves: microfauna bentónica, microflora béntica, provincia zoogeográfica Panameña.

ABSTRACT

During the rainy season (March 2011), the identified species of benthic microfauna in the Bay Area at Manta are: *Bulimina pulchella*, *Buliminella elegantissima*, *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*, *Nonion pizarrense*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Rotalia beccarii*, *Lagena striata* and the only species of benthic microflora was *Coccinodiscus perforatus* and correspond to the Panamanian zoogeographic province proposed by Boltovskoy (1965) and confirmed by Boltovskoy and Gualancañay (1975) and Gualancañay (1986).

During the dry phase (september 2011), the benthic microflora was represented by two species of benthic diatoms: *Coccinodiscus perforatus* and *Polymixus coronalis*. In contrast, the benthic microfauna were found distributed in the study area with 10 species with the exception of stations 12, 13, 14 and 15 remained missing. The species identified were: *Bulimina pulchella*, *Buliminella elegantissima*, *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*; *Lagena striata*, *Nonion pizarrense*, *Quinqueloculina lamarckian*, *Rotalia beccarii*, *Rotalia cubensis*, *Textularia secasensis* and *Virgulina Pontoni*.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada – INOCAR. Base Naval Sur, Avda. 25 de Julio. Vía Pto. Marítimo. P.O.Box.5940.Guayaquil-Ecuador.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas: Latitud 0°54'00" y 0°57'00"S; Longitud 80°39'45"W y 80°46'00"W, al oeste de la línea de costa en profundidades

comprendidas entre 3,50 y 21,70 metros. Las estaciones fueron ubicadas en 5 perfiles perpendiculares a la línea de costa. (Tabla 1, Figura 1).

Tabla 1. Posición de las estaciones de muestreo en la Bahía de Manta, marzo y septiembre de 2011

BAHIA MANTA-PROV. MANABI- MARZO Y SEPTIEMBRE DE 2011					
Estación	Localidad	Latitud	Longitud	Perfil	Prof. (m)
1	Punta Mal Paso	0°55'44.9"S	80°45'34.9"W	1	19.5
2	Punta Mal Paso	0°55'59.9"S	80°45'34.9"W	1	10.5
3	Punta Mal Paso	0°56'20.9"S	80°45'34.9"W	1	4.9
4	Playa del Murciélago	0°55'27.9"S	80°44'07.9"W	2	20.3
5	Playa del Murciélago	0°55'50.9"S	80°44'07.9"W	2	5
6	Playa del Murciélago	0°56'17.9"S	80°44'07.9"W	2	5.8
7	Playa de Tarqui	0°55'29.9"S	80°43'07.9"W	3	21.7
8	Playa de Tarqui	0°55'53.9"S	80°43'07.9"W	3	11.5
9	Playa de Tarqui	0°56'23.9"S	80°43'07.9"W	3	3.5
10	Estero Salitral	0°55'35.9"S	80°41'40.9"W	4	21
11	Estero Salitral	0°56'01.9"S	80°41'40.9"W	4	10
12	Estero Salitral	0°56'31.9"S	80°41'40.9"W	4	5
13	Frente al Aeropuerto Eloy Alfaro	0°54'43.9"S	80°40'21.9"W	5	20.3
14	Frente al Aeropuerto Eloy Alfaro	0°55'17.9"S	80°40'21.9"W	5	12
15	Frente al Aeropuerto Eloy Alfaro	0°55'59.9"S	80°40'21.9"W	5	6

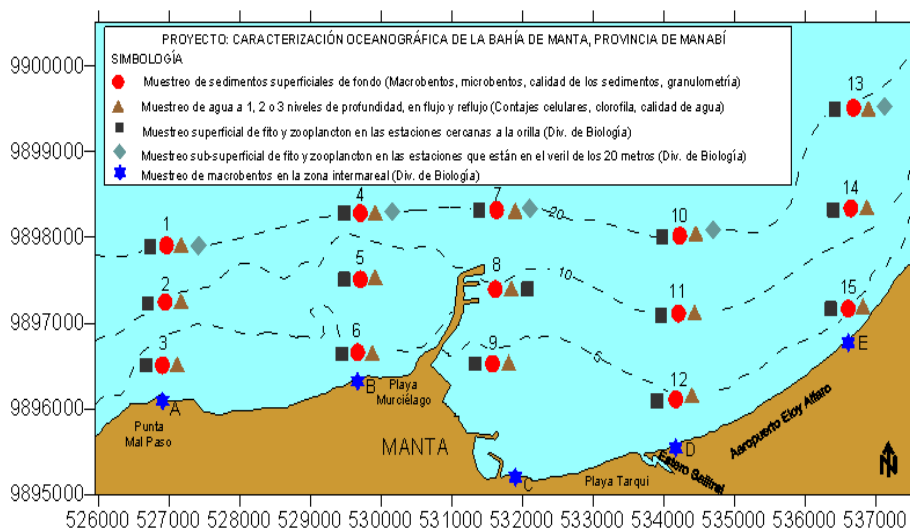


Figura 1. Ubicación de las Estaciones de muestreo en Bahía Manta, durante marzo y septiembre de 2011

METODOLOGÍA

De campo:

Se programó un muestreo en la época húmeda del año 2011, con tres perfiles en la zona submareal, se realizaron lances de draga tipo Van Veen con una mordida de 1/20 m² y se tomó 250 cc de sedimento del contenido total de la draga en cada una de las estaciones programadas y las muestras obtenidas fueron preservadas con formaldehído.

De laboratorio:

Las muestras fueron sometidas a tinción con rosa de bengala para teñir la materia orgánica y poder distinguir los organismos vivos de los muertos, de acuerdo al método de Walton (1952), luego las muestras fueron lavadas a través de un tamiz metálico de 63 micrones de abertura de malla y finalmente para la identificación de las especies en el laboratorio se ha seguido la sinonimia crítica por el método de (Boltovskoy, 1965).

Los valores de abundancia relativa están dados de acuerdo al número de ejemplares de las especies encontradas y se aplicó la metodología propuesta por (Boltovskoy, 1965). (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de Abundancia Relativa

Abundancia Relativa	N.- Organismos
INCONTABLES	5000
MUY ABUNDANTES	2000-1000
ABUNDANTES	1000-800
ESCASOS	800-600
RAROS	600-300-200
POBRES	100
MUY POBRES	50

RESULTADOS Y DISCUSIONES

ÉPOCA HÚMEDA (marzo 2011)

En general en toda el área de estudio durante la época lluviosa (marzo-2011). La microfauna bentónica fue muy pobre en algunas estaciones de muestreo y en otras estaciones la ausencia de organismos fue notoria.

En cambio la microflora béntica resultó muy abundante y la únicamente especie que predominó fue *Cocinodiscus perforatus* en las estaciones 9 y 10. (Tabla 3, Figura 2).

Tabla 3. Distribución de las Especies del microbentos de la bahía de Manta, de acuerdo a su Abundancia Relativa, marzo 2011

Especies/Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Microfauna bentónica:															
<i>Bulimina pulchella</i>				P						P					
<i>Buliminella elegantissima</i>													P		
<i>Cibicides bertheloti</i> , <i>f. boueana</i>				R											
<i>Nonion pizarrense</i>										R			R	P	R
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>		R		P											
<i>Rotalia beccarii</i>		R								R			R		R
<i>Lagena striata</i>										P					
Microflora béntica:															
<i>Cocinodiscus perforatus</i>									A	MA					

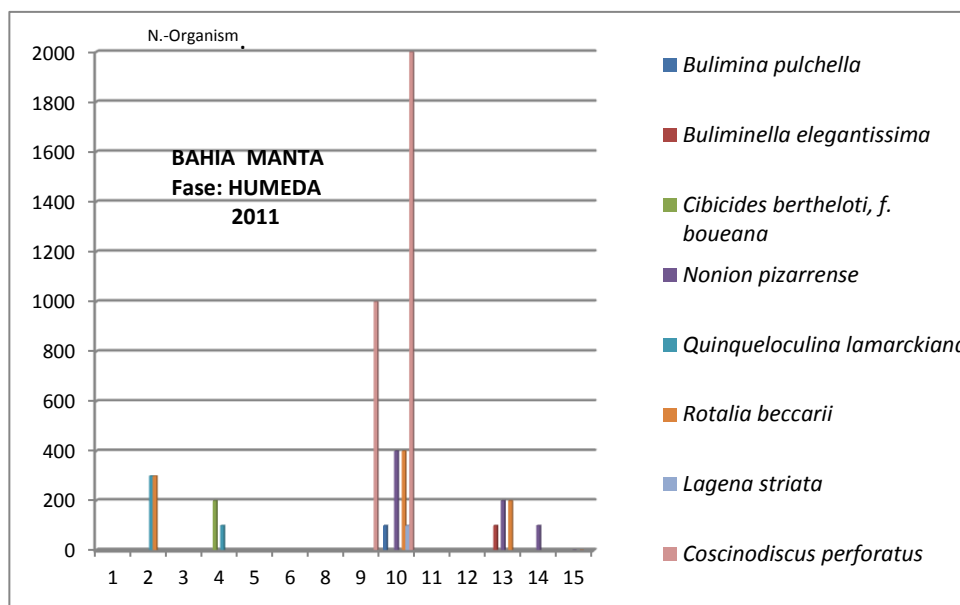


Figura 2. Distribución de las Especies del Microbentos de la bahía de Manta, marzo 2011

Microfauna bentónica:

Las especies halladas en el área de la bahía de Manta fueron: *Bulimina pulchella*, *Buliminella elegantissima*, *Cibicides bertheloti, f. boueana*, *Nonion pizarrense*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Rotalia beccarii*, *Lagena striata*.

Microflora béntica:

La única especie hallada en el área de estudio fue *Coscinodiscus perforatus* y de acuerdo a su distribución geográfica, corresponde a la provincia zoo-geográfica Panameña propuesta por Boltovskoy (1965) y confirmada por Boltovskoy y Gualancañay (1975) y Gualancañay (1986).

ÉPOCA SECA (agosto-septiembre, 2011)

Microflora béntica:

Se hallaron dos especies de diatomeas bénticas: *Cocinodiscus perforatus* y *Polymixus coronalis* en las estaciones 8, 9 y 10, con valvas muy abundantes e incontables (Tabla 4, Figura 3).

Microfauna bentónica:

En general en toda el área de estudio durante la época seca (agosto-septiembre, 2011), se la halló distribuida en el área de estudio y representada por 10 especies a excepción de las estaciones 12, 13, 14 y 15 en que se mantuvo ausente. La abundancia relativa fue muy variable, con una población de ejemplares raros hasta muy abundantes. Las especies identificadas fueron: *Bulimina pulchella*, *Buliminella elegantissima*, *Cibicides bertheloti, f. boueana*; *Lagena striata*, *Nonion pizarrense*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Rotalia beccarii*, *Rotalia cubensis*, *Texularia secasensis* y *Virgulina* y *Virgulina pontoni* (Tabla 4 y Figura 4).

Tabla 4. Distribución de las Especies del Microbentos de la bahía de Manta, de acuerdo a su Abundancia Relativa, agosto-septiembre 2011

Especies/Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Microfauna bentónica:															
<i>Bulimina pulchella</i>															
<i>Buliminella elegantissima</i>															
<i>Cibicides bertheloti</i> , f. <i>boueana</i>	MA	R	R	E											
<i>Lagena striata</i>															
<i>Nonion pizarrense</i>							R				R				
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	MA			R	R										
<i>Rotalia beccarii</i>						R									
<i>Rotalia cubensis</i>															
<i>Textularia secasensis</i>	E														
<i>Virgulina pontoni</i>							R								
Microflora béntica:															
<i>Coccinodiscus perforatus</i>								MA	IN	IN					
<i>Polymixus coronalis</i>								MA	IN	IN					

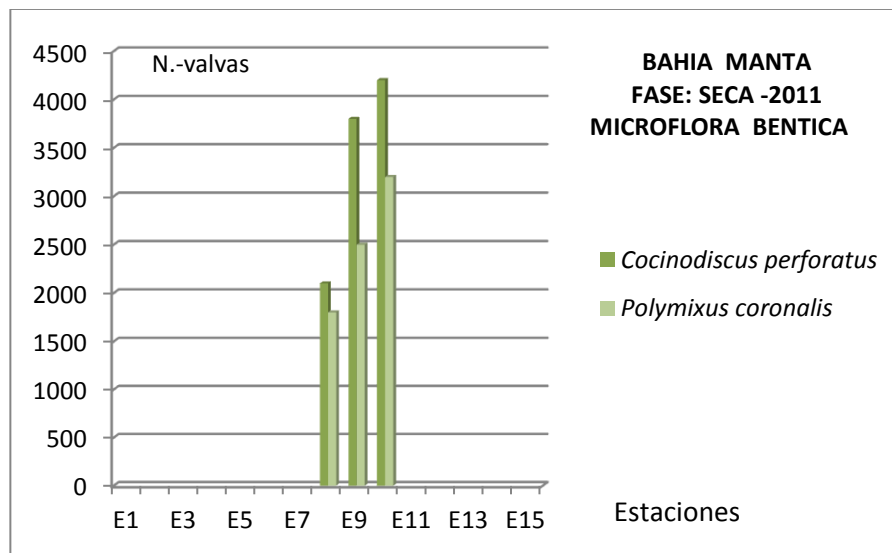


Figura 3. Distribución de la microflora béntica en la bahía de Manta, agost-sep-2011

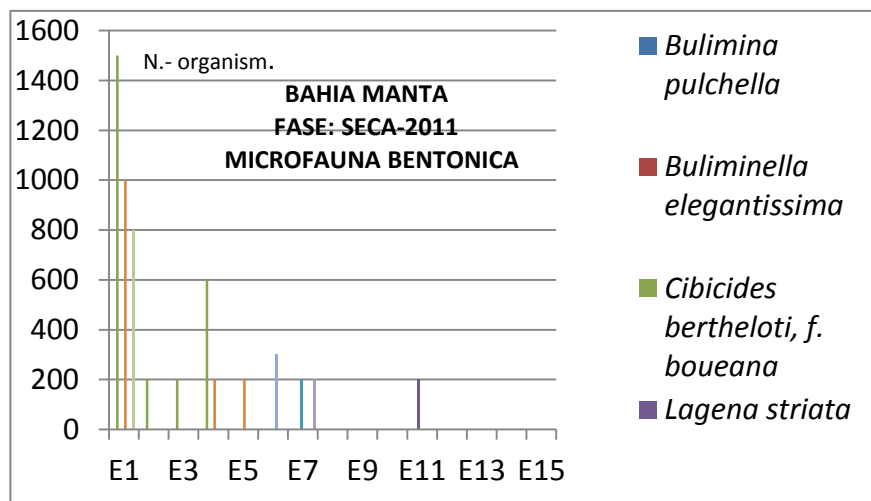


Figura 4. Distribución de la microfauna bentónica en la bahía de Manta, agost-sep-2011

Las especies de foraminíferos bentónicos identificadas en agosto-septiembre del 2011 el área de la bahía de Manta fueron:

Bulimina pulchella, *Buliminella elegantissima*, *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*; *Lagena striata*, *Nonion pizarrense*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Rotalia beccarii*, *Rotalia cubensis*, *Texularia secasensis* y *Virgulina pontoni* y corresponden a la provincia zoogeográfica Panameña, propuesta por Boltovskoy (1965) y confirmada por Boltovskoy y Gualancañay (1975) y Gualancañay (1986).

CONCLUSIONES:

Conclusiones generales de las fases seca y húmeda:

- La microflora béntica: En la bahía de Manta durante las fases seca y húmeda de 2011, fueron identificadas dos especies de diatomeas bénticas: *Coscinodiscus perforatus* y *Polymixus coronalis*, coincidentemente tuvieron una distribución muy abundante llegando a encontrarse valvas incontables; fueron halladas en las mismas estaciones durante las dos fases (8, 9 y 10). En las demás estaciones del área de estudio se mantuvieron ausentes.
- La microfauna bentónica: En la bahía de Manta durante las fases seca y húmeda de 2011, fueron identificadas las siguientes especies de foraminíferos bentónicos: *Bulimina pulchella*, *Buliminella elegantissima*, *Cibicides bertheloti*, f. *boueana*, *Lagena striata*, *Nonion pizarrense*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Rotalia beccarii*. Con la excepción que en la fase seca también se hallaron las especies: *Rotalia cubensis*, *Texularia secasensis* y *Virgulina pontoni*.

- Las especies identificadas en el área de estudio para las fases seca y húmeda del año 2011, son típicas de la provincia zoogeográfica Panameña.

Fase húmeda:

- Las especies de la microfauna bentónica, identificadas en la bahía de Manta durante la fase húmeda de 2011, pertenecen a la provincia zoogeográfica Panameña.
- Las especies predominantes en el área de acuerdo a su abundancia relativa fueron: *Quinqueloculina lamarckiana* y *Nonion pizarrense*.
- Durante la fase lluviosa de 2011 en la bahía de Manta las especies de la microfauna bentónica tuvieron una distribución relativa muy pobre y en algunos casos ausente. Lo contrario con la microflora béntica que se mantuvo ausente en toda el área de estudio, a excepción de las estaciones 9 y 10 que fue hallada una población entre abundante y muy abundante.

Fase seca:

- La microflora béntica durante la fase seca de 2011, se mantuvo presente en unas estaciones muy abundantemente y en otros casos se presentaron con valvas incontables en toda el área de estudio.
- Durante la fase seca de 2011 en la bahía de Manta las especies de la microfauna bentónica en el área de estudio en algunas estaciones tuvieron una distribución relativa muy pobre y en otros casos ausentes y en otras estaciones se hallaron las valvas muy abundantes.
- Se identificaron en total 10 especies de foraminíferos bentónicos en toda el área de

estudio. Las especies predominantes de acuerdo a su abundancia relativa durante la fase seca fueron: *Cibicides berthloti*, *f. bouena* y *Quinqueloculina lamarckiana*.

- Las especies halladas en la fase seca de la bahía Manta durante 2011, pertenecen a la provincia zoográfica Panameña

AGRADECIMIENTO:

La autora agradece al Señor Director del Instituto Oceanográfico de la Armada y al Señor Jefe del Departamento de Ciencias del Mar, por el apoyo brindado para el desarrollo de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA:

Boltovskoy, E. 1963. Foraminíferos y sus relaciones con el medio.- Argentina, Serv., Hidr., Naval., vol.1, n.-2, p.21-109.

Boltovskoy, E. 1964. Provincias Zoogeografías de América del Sur y su sector Antártico, según los foraminíferos bentónicos.- Inst., Biol., Mar-. Mar del Plata, Bol.7, p.93-98.

Boltovskoy, E. 1965. Los foraminíferos recientes (biología, métodos de estudio,

aplicación oceanográfica).- 510 pp., 114 texfigs., EUDEBA, Buenos Aires.

Boltovskoy, E. 1976. Distribution of Recent Foraminifera of the South American Region. Academic Press. London. Vol.2, pp.171-183.

Gualancañay, E. 1983. Foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil.- Act. Ocean. Pacific., INOCAR. vol.n.-2. p.589-657.

Gualancañay, E. 1986. Distribución de los foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil.- Act., Ocean., Pacific., INOCAR. 3(1):893-120.

Gualancañay, E. 2007. Distribución zoogeografía de los géneros *Cibicides* sp., y *Quinqueloculina* sp., (foraminíferos) de la zona de turbulencia de Monteverde, Ecuador durante noviembre 2007.- Act. Ocean. Pacific., INOCAR. 14(1):163-168.

Gualancañay, E y M.E.Tapia, C.Naranjo, M. Cruz, F. Villamar. 2010-2011. Caracterización biológica de la bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana, 2008.- Act., Ocean., Pacific., INOCAR.16(1):39-57.

Walton, W. R. 1952. Techniques for recognition of living foraminifera.- Cushman Found. For. Res., 3(2).

LAS ESTACIONES COSTERAS Y LA VIGILANCIA DE “EL NIÑO” EN EL ECUADOR

Por: Paulina Carrillo¹
Eduardo Zambrano²

RESUMEN

Se revisa la estructura térmica de dos estaciones costeras del Ecuador ubicadas frente a los puertos de Salinas y Manta y se las compara con la boya oceánica de la NOAA, localizada en 0° y 140°W (Región Niño 3.4). Cada una de las tres estaciones tiene una isoterma característica que marca el inicio y fin de los eventos cálidos y fríos.

Se advierte además que los eventos ENOS cuyo ONI es igual o superior que 1.8, considerados como fuertes o extraordinarios presentan una configuración termal muy similar en las tres estaciones aquí analizadas.

Palabras Claves: Estaciones Costeras, Estructura térmica, ENOS, ONI.

ABSTRACT

We review the thermal structure of two Ecuadorians coastal stations located Salinas and Manta and compares with the Ocean Buoy from NOAA, located at 0 ° and 140 ° W (Region Niño 3.4). Each of the three stations has a characteristic value of isotherm that marks the start and end of the warm and cold, and events.

It is noted that ENSO events which ONI is equal to or greater than 1.8 are considered as stronger or extraordinary, have a very similar thermal configuration in the three stations analyzed here.

Key Words: Costal Stations, Thermal structure, ENOS, ONI.

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, Departamento de Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. Email: pcarrillo@inocar.mil.ec

² Investigador Independiente. Guayaquil, Ecuador. Email: eduzambrano@gmail.com

1. ANTECEDENTES

Las costas del Ecuador cada cierto tiempo son visitadas por un evento de carácter oceánico-atmosférico conocido como El Niño, el cual principalmente se caracteriza por el incremento de la temperatura del mar desde la superficie hasta unos 200 o 300 m de profundidad, dependiendo de la intensidad del evento; este incremento de la temperatura del mar viene acompañado de otros cambios en el mar como por ejemplo el hundimiento de la termoclina y consecuentemente la profundización de las aguas frías subsuperficiales acarreando una redistribución de los micronutrientes causando afectación a la fauna y flora marina del lugar; otra característica es el incremento del nivel del mar frente a las costas del Ecuador como respuesta al arribo de ondas ecuatoriales, Zambrano (1986); además el incremento de la temperatura del mar ocasiona un aumento en la evaporación marina en el sector del Pacífico Ecuatorial, lo que podría traducirse en torrenciales lluvias sobre el territorio ecuatoriano, sin embargo esto no siempre ocurre, ya que está sujeto a la actividad del anticiclón del Pacífico sur y consecuentemente al acarreo producido por los vientos. Zambrano (1986 y 1996) discute el concepto de un El Niño y describe sus principales manifestaciones frente a las costas del Ecuador.

De acuerdo con Zambrano (2007), en las últimas décadas se ha dado gran importancia a la observación de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS), pues se considera al ENOS como una de las causas principales para la ocurrencia de grandes lluvias, sequías severas y otros cambios climáticos en gran parte del planeta.

Existe gran cantidad de trabajos relacionados con la predicción de El Niño, existiendo aún problemas y errores que dificultan su predicción; Fedorov et al. (2003) manifiesta que este inconveniente se debe a la compleja interrela-

ción entre la Oscilación del Sur y el ruido atmosférico, lo que hace al evento muy variable y consecuentemente de difícil predicción.

La Niña, evento contrario al Niño, según Trasmonte G, & Y. Silva (2008) fue definida utilizando criterios similares a los del ONI (Índice Oceánico de El Niño), en el área Niño 1+2 cuando posee un valor umbral de $-0,8^{\circ}\text{C}$, considerando además una duración mínima del evento de por lo menos cinco media corridas trimestrales consecutivos,

El Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR) desde 1989 viene ejecutando un programa de monitoreo mensual de parámetros oceanográficos físicos, químicos y biológicos en una estación costera ubicada a 10 millas náuticas (mn) costa afuera, frente al puerto de La Libertad en la Península de Santa Elena; dos años después, el INOCAR decidió establecer una nueva estación costera de características similares a la anterior, ubicada un poco más hacia el norte frente al puerto de Manta. El propósito de este programa de monitoreo permanente de parámetros oceanográficos en dos estaciones a 10 mn costa fuera, fue con el propósito de establecer un Sistema de Alerta Temprana, que permita vislumbrar el escenario de las condiciones climáticas más probable a desarrollarse en el litoral ecuatoriano y que sirva, como un elemento de análisis, para los tomadores de decisiones gubernamentales y la población civil en general.

2. LOS DATOS

El Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador opera dos estaciones costeras ubicadas a 10 mn costa afuera; la primera ubicada frente al puerto de La Libertad ($02^{\circ}03'S$), establecida desde el año 1989 y la segunda estación localizada frente al puerto de Manta ($0^{\circ}53'$) iniciando las observaciones desde 1991.

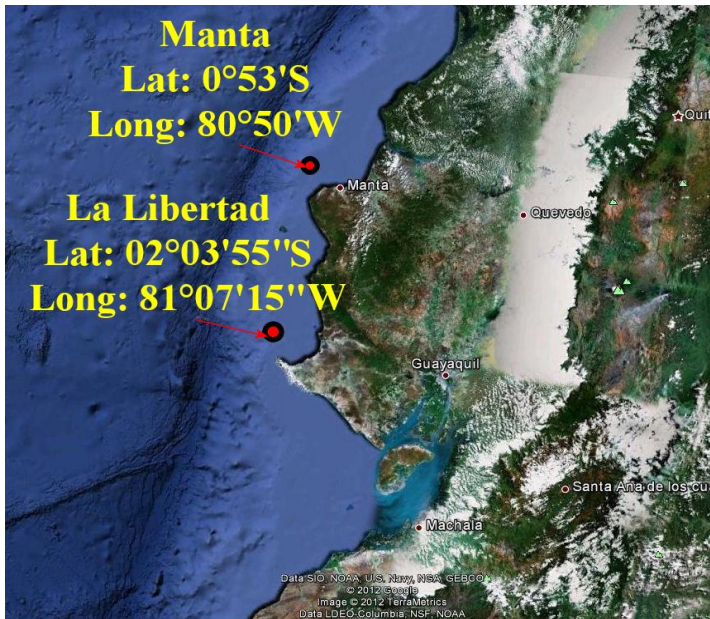


Figura 1.- Ubicación de las Estaciones Costeras del Ecuador

Mensualmente, en ambas estaciones se efectúan muestreo de los principales parámetros físicos, químicos y biológicos, desde la superficie hasta el nivel de 100 m de profundidad. Los parámetros muestreados son: temperatura, salinidad, oxígeno, nitrito, nitrato, fosfato, silicato y fito y zooplancton. Para el efecto utilizan un embarcación pequeña equipada con un CTD SeaBird, termómetros de balde, Botellas Van Dorn y redes de diferentes micraje de malla para el arrastre biológico.

En el presente trabajo se utilizaron 22 años de datos mensuales de temperatura, correspondiente al periodo de 1989 al 2011 y desde la superficie hasta los 100 m de profundidad. La fuente de los datos provienen de las dos estaciones a 10 mn costa afuera del INOCAR y de la boya oceánica, localizada en 0° de latitud y 140°W del programa Tropical Ocean Global Atmosphere (TOGA) de la NOAA; para el objetivo del presente trabajo se considerará a esta boya como representativa de la Región Niño 3.4. Ver figura 2.

Los datos fueron revisados en busca de error o inconsistencia, posteriormente se integró toda la columna de agua (de 0 a 100 m) con el pro-

pósito de tratarlo como un solo cuerpo de agua analizar las fluctuaciones en tiempo de las isothermas. Para eliminar los ruidos presentes en las series de datos integrados de la columna de agua, se les paso una media corrida de 6 meses, considerando que el cambio estacional (6 meses) era el elemento normal presente en las series.

3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En trabajos anteriores (Zambrano 1998) se ha mostrado la buena correlación existente entre la distribución de las isothermas frente a la costa del Ecuador con la ocurrencia de los eventos El Niño; que en base de esta correlación se analiza y se prevén las futuras condiciones del océano para los meses subsiguientes.

Por otra parte los modelos de simulación numérica de los eventos El Niño que se corren en centros de investigación extranjera son alimentados por los datos provenientes de la región del Pacífico Central conocida como Región Niño 3.4, (5°N-5°S, 120°W-170°W), lo que corresponde a una mitad de la Región Niño 3 más otra mitad de la Región Niño 4. Ver figura 2.

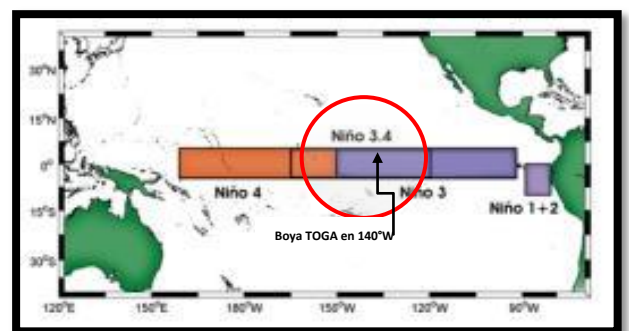


Figura 2.- Ubicación de las Regiones NIÑO

La Administración Nacional de Océano y Atmósfera (NOAA por sus siglas en inglés) ha desarrollado un Índice Oceánico de El Niño (ONI), el cual se basa en las anomalías medias de Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región Niño 3.4, siendo la medida princi-

pal para el seguimiento, evaluación y predicción del ENSO.

El ONI es definido como la media corrida de tres meses de las anomalías medias de TSM en la región Niño 3.4.

La NOAA en su definición operacional de El Niño y La Niña emplea el ONI, el cual deberá superar el umbral de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por un lapso de 5 meses consecutivos para ser considerado como Niño o Niña.

Esta definición se ajusta bastante bien a las salidas de los modelos de simulación de El Niño; sin embargo, en muchas de las ocasiones la condición de Niño o Niña que se presentan en la Región Niño 3.4 no necesariamente se refleja, con la misma intensidad, en la franja costera del Ecuador, complicando su detección, lo que genera ciertas controversias entre los investigadores de la región del Pacífico Suroriental, al no concordar sus observaciones de las estaciones costeras con lo exhibido o reportado para la región Niño 3.4.

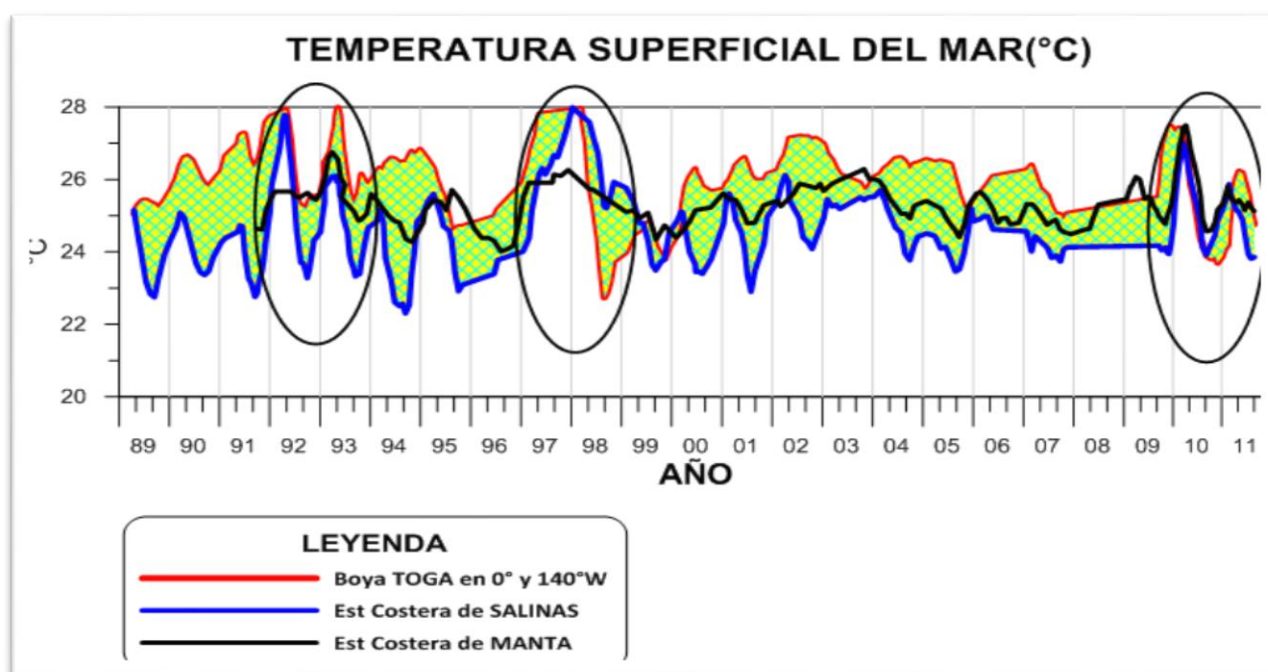


Figura 3.- TSM de Boya oceánica 140°W, Est. Salinas y Est. Manta

Así, si revisamos la distribución temporal de la TSM en la boya ubicada en 140°W y las estaciones costeras de Salinas y Manta, se podrá observar que aquellos Niño de intensidad fuerte o extraordinaria son los que fácilmente coinci-

den con los eventos registrados frente a la costa del Ecuador; en la figura 3 se observa que los eventos de 1991-93, 1997-98 y 2009-10 (encontrado en círculo) son los que coinciden en las tres estaciones.

Tabla 1.- Episodios El Niño y La Niña en base del ONI. Tomado de: ENSO Cycle: Recent Evolution, Current Status and Predictions Update prepared by Climate Prediction Center / NCEP. 27 February 2012.



Historical El Niño and La Niña Episodes **Based on the ONI computed using ERSST.v3b**

Highest		Lowest	
El Niño	ONI Value	La Niña	ONI Value
JAS 1951 - NDJ 1951/52	0.8	ASO 1949 - FMA 1951	-1.7
MAM 1957 - MJJ 1958	1.7	MAM 1954 - DJF 1956/57	-2.1
JJA 1963 - DJF 1963/64	1.0	ASO 1962 - DJF 1962/63	-0.8
MJJ 1965 - MAM 1966	1.6	MAM 1964 - DJF 1964/65	-1.1
OND 1968 - MJJ 1969	1.0	NDJ 1967/68 - MAM 1968	-0.9
ASO 1969 - DJF 1969/70	0.8	JJA 1970 - DJF 1971/72	-1.3
AMJ 1972 - FMA 1973	2.1	AMJ 1973 - MAM 1976	-2.0
ASO 1976 - JFM 1977	0.8	SON 1984 - ASO 1985	-1.0
ASO 1977 - DJF 1977/78	0.8	AMJ 1988 - AMJ 1989	-1.9
AMJ 1982 - MJJ 1983	2.3	ASO 1995 - FMA 1996	-0.7
JAS 1986 - JFM 1988	1.6	JJA 1998 - MJJ 2000	-1.6
AMJ 1991 - JJA 1992	1.8	SON 2000 - JFM 2001	-0.7
AMJ 1994 - FMA 1995	1.3	ASO 2007 - AMJ 2008	-1.4
AMJ 1997 - AMJ 1998	2.5	JJA 2010 - MAM 2011	-1.4
AMJ 2002 - FMA 2003	1.5		
MJJ 2004 - JFM 2005	0.9		
JAS 2006 - DJF 2006/07	1.1		
MJJ 2009 - MAM 2010	1.8		

En la tabla 1 la NOAA presenta la fecha de inicio y fin de los eventos El Niño y Las Niñas y el correspondiente valor del ONI. Son los El Niños cuyo valor de ONI está sobre 1.8, los

que tienen un mayor impacto en el comportamiento de la TSM frente a la costa del Ecuador tal como se aprecia en la figura 3.

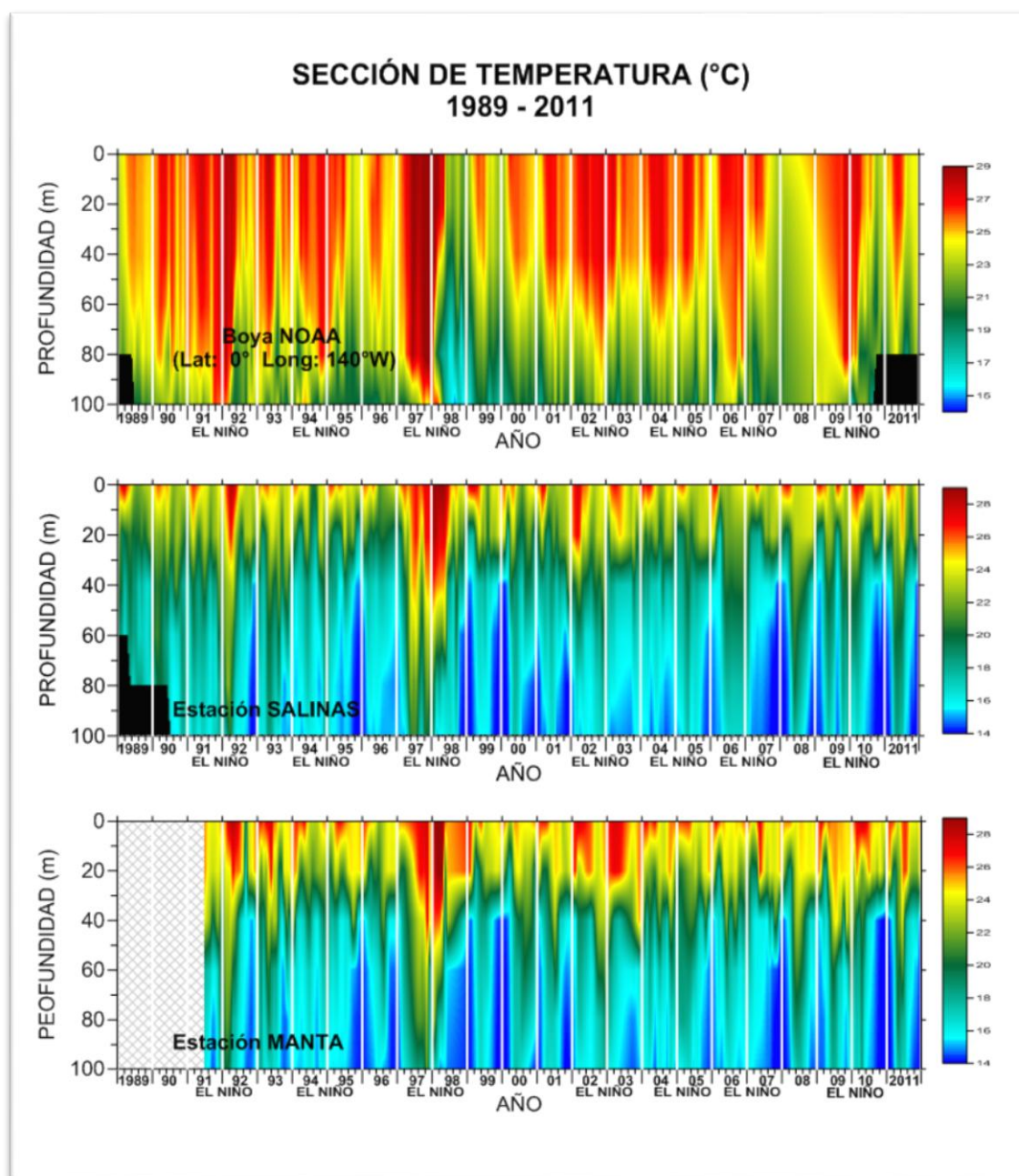


Figura 4.- Distribución temporal de la temperatura en la Boya oceánica de la NOAA, Estación de Salinas y Estación de Manta.

4. DISCUSIÓN

Las estaciones costeras del Ecuador ubicadas a 10 mn costa a fuera, frente a Salinas y Manta han mostrado que su estructura térmica responde muy bien a los cambios ocasionados por la presencia de los eventos ENOS, profundizando o enrasando las isotermas dependiendo si es El Niño o La Niña, señalando además la intensidad y duración del evento.

En la figura 4 se presenta una distribución temporal de la temperatura del mar desde la superficie hasta una profundidad de 100 m y desde el año 1989 hasta 2011, correspondiente a las estaciones de Boya oceánica de la NOAA, estación de Salinas y la estación de Manta. Analizando la temperatura media en las tres estaciones se tiene que los valores en la Boya Oceánica se presentan 1.3°C sobre el valor medio de Salinas y 0.7°C sobre la media de Manta; así mismo Manta esta 0.7°C sobre Salinas; todo lo cual es explicable por la influencia que

ejercen las aguas frías del sur en Salinas, mientras que en Manta tenemos un mayor aporte de aguas tropicales provenientes de la cuenca de Panamá.

Analizando la figura 4, se nota que durante las fechas de ocurrencia de los eventos Niños/Niña conforme a las fechas de ocurrencias presentada en la Tabla 1; la boya oceánica presenta una profundización de la isoterma de 26°C por debajo de los 100 m; mientras que en la estación de Salinas corresponde a la isoterma de 22°C y en Manta es la isoterma de 24°C las que presentan un comportamiento similar al observado en la boya oceánica de la NOAA; aunque la amplitud y duración de la oscilación es un poco menor dependiendo de la intensidad del evento.

En el caso de las Niñas, es la isoterma de 17°C, en la boya de la NOAA (140°W) la que señala el comportamiento del evento frío, mientras que en la estaciones costeras de Salinas y Manta la evolución de la estructura térmica durante las Niñas está dado por la isoterma de 14°C que logra ascender hasta los 50 m de profundidad.

5. CONCLUSIONES

- Se aprecia claramente que durante los eventos ENOS la región Niño 3.4 (representado por la boya oceánica a 0° y 140°W) presenta un mayor incremento de calor en comparación con las estaciones costeras del Ecuador.
- Ambas estaciones costeras del Ecuador, Salinas y Manta, presentan una estructura térmica muy similar.
- Que los eventos ENOS cuyo ONI sea igual o superior que 1.8, considerados como fuertes o extraordinarios, presentaran una configuración termal muy similar en las tres estaciones analizadas en el presente trabajo.
- Que los eventos ENOS cuyo ONI sea inferior que 1.8, (eventos considerados como

débiles o moderados) tendrán poca proyección en la redistribución de térmica junto a la costa ecuatoriana, ejerciendo una mayor influencia en la región Central del Pacífico; estos eventos podrían denominarse como Niños Oceánicos

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Director del Instituto Oceanográfico de la Armada por su decidido apoyo a la investigación oceanográfica y a la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Fedorov A. V., S. L. Harper, S. G. Philander, R. Winter, and A. Wittenberg, 2003:** How Predictable is El Niño?. American Meteorological Society. pp 911-919.
- Trasmonte G, Silva Y. 2008,** Evento La Niña: Propuesta de definición y clasificación según las anomalías de temperatura de la superficie del mar en el área Niño 1+2, IMARPE 35(3):199-207.
- Zambrano, E., 1986:** El Fenómeno de El Niño y la Oscilación Sur (ENSO). Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR. Vol. 3(1).
- Zambrano, E., 1996:** El Niño. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR. Vol. 8(1).
- Zambrano, E., 1998:** Un Análisis de la Estructura Termal de la Estación Costera "La Libertad" y su Relación con los Eventos ENSO. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR. Vol. 9(1).
- Zambrano, E., 2007:** El Niño 2006-2007 Desarrollo y Manifestaciones en Aguas Ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR. Vol. 14(1).

NOTAS ACERCA DE LA FERTILIZACIÓN POR HIERRO

Willington Rentería ⁽¹⁾

Jamilton Ortega ⁽¹⁾

RESUMEN

La fertilización de los océanos con hierro ha sido presentada como solución a corto plazo para poder reducir el CO₂ de la atmósfera. Esta afirmación presentada hace 20 años ha liderado y ha despertado un controversial debate sobre las posibles consecuencias en el clima.

La bioquímica de hierro es un sistema complejo y su estudio en el océano es relativamente nuevo en comparación con los otros nutrientes, sin embargo, este sistema ha sido descrito en varios estudios que ayudan en la comprensión de la afirmación intrincada sobre los beneficios de la fertilización con hierro. El objetivo de este estudio es describir los aspectos relacionados con los fundamentos de la fertilización con hierro, discutiendo acerca de la afirmación de la limitación de hierro y la función del hierro como un nutriente.

ABSTRACT

The Fertilizing Ocean with iron has been presented as short-term solution to reduce CO₂ from the atmosphere. This statement made 20 years ago has led and has aroused controversial debate on the possible impact on climate. The biochemistry of iron is a complex system and study the ocean is relatively new compared to other nutrients, however, this system has been described in several studies that help in understanding this statement intricate about the benefits of iron fertilization. The aim of this study is to describe aspects of the fundamentals of iron fertilization, discussing the assertion of iron limitation and the role of iron as a nutrient.

(1) Estación de Investigaciones Marinas y de Ayudas a la Navegación de Galápagos-EIMAGA

INTRODUCCIÓN

La fertilización del océano con hierro, fue propuesta como un método para eliminar el CO₂ de la atmósfera por Martin JH et al, en 1990. Esta ha sido presentada como una solución a corto plazo para la reducción de CO₂ en la atmósfera y en consecuencia la reducción de los efectos del cambio climático. Esta afirmación se presentó hace 20 años, liderando un polémico debate desde sus inicios, con la base teórica de los efectos del hierro en el crecimiento del fitoplancton, pasando por la propuesta que el no-crecimiento de las poblaciones de fitoplancton en algunas zonas en el océano ricas en nutrientes, se debe a la limitación de hierro; finalmente, sobre su eficacia y las posibles consecuencias sobre el clima.

El ciclo de la bioquímica de hierro en el océano es un sistema complejo, y su estudio acerca de sus influencias sobre la vida del mar, es relativamente nuevo en comparación con el de los macronutrientes (N, P, Si), esta condición ha limitado la aceptación de esta propuesta. Actualmente se han realizado varios estudios para describir el ciclo de hierro, así como su comportamiento como nutriente, estos estudios han contribuido a la comprensión y aceptación de esta complicada afirmación. El objetivo de este estudio es describir los aspectos relacionados con los fundamentos de la fertilización con hierro, así como realizar una descripción bioquímica de los procesos inmersos.

Antes de la proposición de limitación de hierro, la restricción en el crecimiento del fitoplancton se creía solo dependiente de la mezcla vertical del nitrato y fosfato [Debaar, 1994]. Sin embargo, se encontró, que hay regiones donde la disponibilidad de los principales nutrientes no determina una mayor productividad del océano. Es en estas regiones donde inicio la

hipótesis de la fertilización con hierro, donde se cree que la falta de productividad se debe a la escasa disponibilidad de hierro, esta afirmación ha sido ampliamente demostrada. Por otra parte, algunas evidencias geológicas indican que en la última glaciación la cantidad de polvo (rica en hierro) en la región Antártica fue mayor que en la actualidad, en el mismo sentido que las concentraciones de CO₂ es menor, entonces la hipótesis se ha dirigido a que esta concentración de CO₂ fue menor debido a la mayor productividad en el océano, que se supone fue el resultado de las altas tasas de polvo de hierro en el océano [Raynaud et al., 1993].

Ley del mínimo

Se sabe que la productividad del plancton se ve afectada por la disponibilidad de los siguientes factores: los nutrientes, la luz y la temperatura del agua de mar. A continuación, se presenta una breve discusión de cada uno de ellos y su influencia en la productividad. Los nutrientes como nitrato, fósforo, silicio son necesarios para el crecimiento de los organismos, estos se suministran al océano principalmente a través de la escorrentía de los ríos, a causa de esto, los valores más altos de productividad se encuentran en los márgenes continentales. Los procesos físicos como los afloramientos de aguas profundas y corrientes, suministran estos nutrientes a la zona eufótica (donde se lleva a cabo la mayoría de la productividad), estos procesos físicos también extienden la productividad hacia áreas alejadas de la costa, por lo que la ruta de las masas de agua se relacionan con las zonas de productividad y con las zonas de fuentes de nutrientes.

La disponibilidad de la luz también es un factor importante, esta disponibilidad es influenciada por la intensidad de la luz y el espectro de la luz en el mar. La transmisión de la luz en el agua de mar depende de la longitud de onda

(luz visible), la altura del sol, la nubosidad la reflexión, absorción y dispersión de la luz solar. Además, es importante también el efecto que tiene la luz solar sobre la temperatura, ya que algunas especies de fitoplancton están adaptadas para vivir a cierta temperatura, y cuando esta cambia también cambia la población de fitoplancton. Además, la temperatura está asociada a la formación de la capa de mezcla y la formación de la termoclina, esta última se convierte en una barrera que limita la mezcla de las aguas, por lo tanto limita el suministro de nutrientes de las aguas más profundas hacia la superficie. Este mecanismo, influye en la limitación de la productividad en la capa superficial del océano.

Todos estos factores afectan la productividad del fitoplancton, algunas especies están adaptadas a vivir a ciertas condiciones particulares de luz y nutrientes [Moore et al., 2001], aunque existen también especies que se adaptan a diferentes condiciones. En conclusión, el crecimiento de la población de fitoplancton es ilimitado si la disponibilidad de los factores que influyen en su crecimiento también es ilimitado. Del mismo modo, el crecimiento del fitoplancton se limitará cuando la disponibilidad de estos factores es limitada. Este enunciado se puede explicar a través de la Ley del mínimo.

La afirmación básica de la Ley del mínimo, fue formulada en 1855 por J. von Liebig, el "padre de la química orgánica" [C. A. Twigg Twigg y MV, 1973], y establece que el mínimo de uno de los nutrientes esenciales limita el crecimiento de las plantas, incluso si los otros nutrientes esenciales son abundantes. En un principio esta ley sólo se aplicó para la agricultura, pero en los últimos años se ha demostrado que también se aplica para el crecimiento de las algas oceánicas [Debaar, 1994]. La aplicabilidad de esta ley se ha observado en diferentes zonas del océano. Por

ejemplo, el afloramiento de algas de la primavera en el Atlántico Norte es un efecto de la disponibilidad de Silicio, cuando esta se proporciona a las capas superficiales del océano, el afloramiento se produce. Además, como resultado del afloramiento de algas se agota la cantidad de N y P, y esto afecta al crecimiento de otras especies de plancton [Debaar, 1994].

Otro factor relacionado con el crecimiento del fitoplancton es el dióxido de carbono, el papel del CO₂ en la producción de plancton es indudable, aunque se considera al CO₂ como un factor limitante, esta enunciación requiere más indagación. Esta propiedad del CO₂ (de limitar la productividad) es considerada por el hecho de que algunas especies de algas requieren CO₂ disuelto, y el proceso de disociación de HCO₃⁻ a CO₂ podría verse afectado por otros factores, y demorar la disponibilidad del CO₂, por esta razón se lo podría considerar como un factor limitante en el crecimiento del plancton [Debaar, 1994].

Cuando la disponibilidad de luz disminuye, las células requieren más cantidades de hierro a fin de mantener su crecimiento [Raven, 1990], si el hierro no se suministra en la cantidad necesaria, el crecimiento del fitoplancton será limitado. El hierro y la luz son dos factores limitantes quienes están interrelacionados con el crecimiento de algas.

Teniendo en cuenta el esquema propuesto por Gorban et al, 2010 para la representación de la Ley de mínimo y la representación esquemática de la Baar De, 1994, la Figura 1 pretende resumir la consideración de los factores limitantes para el crecimiento de fitoplancton, considerando la ley de mínimo. En este punto es importante mencionar, que el hierro es considerado como un micronutriente así como otros metales como el Mn, Zn, Cu, Co y Cd, sin embargo, es el único de éstos que ha

demostrado esta capacidad de limitar el crecimiento de las poblaciones de fitoplancton

[Emerson y Hedges, 2008a].

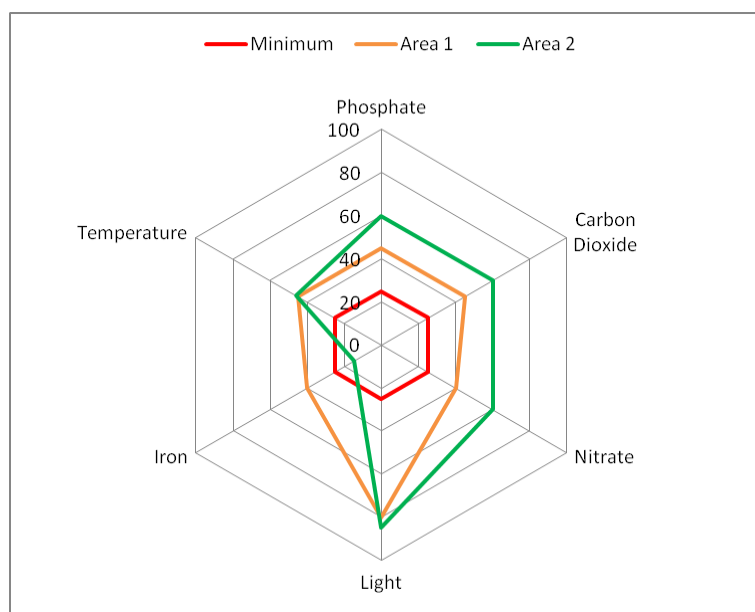


Figura 1 Esquema conceptual de la Ley de mínimo y el crecimiento del fitoplancton de una sola especie. La línea roja representan los valores mínimos de cada factor limitante. Para el caso del Área 1 la disponibilidad de factores está más allá de los valores mínimos, pero para el caso del Área 2, el valor de hierro está por debajo del mínimo requerido, por esta razón el crecimiento de esta especie será limitado.

La ley del mínimo de una sola especie de plancton, no es una afirmación estática, es necesario tener en cuenta la variación de los factores naturales, y considerar que están interactuando en un sistema dinámico; dicho de otra manera, la abundancia de un factor podría apuntar hacia el agotamiento de los otros factores, y el agotamiento de estos, podría llevar el área, a un estado mínimo de factores de crecimiento, para otras especies [Gorban et al., 2010].

Zonas de alto contenido de nutrientes y baja clorofila y el comportamiento de hierro como nutriente.

El supuesto de que el agua del océano es estéril [Martin, 1991] puede ser cierto, si se considera que la fertilización, es fuertemente dependiente de los factores físicos que son responsables del transporte de nutrientes a la capa superior del océano (zona eufótica) donde se produce principalmente la productividad. Los nutrientes que provienen de las deposiciones

atmosféricas, incluyendo el polvo volcánico y las escorrentías de los ríos, son considerados como las deposiciones más importantes que ocurren cerca de la costa, como se puede apreciar, las principales fuentes de nutrientes están relacionadas con la tierra. A través de procesos físicos como las corrientes oceánicas y los sistemas de viento, los nutrientes se esparcen en la zona eufótica en el océano. La descripción de estos procesos físicos, han ayudado a identificar las zonas de productividad en el océano, de hecho las zonas con altas concentraciones de nutrientes, normalmente son zonas con una alta productividad.

Sin embargo, existe una proporción importante del océano con cantidades abundantes de nutrientes, pero baja productividad, estas zonas son: el este del Pacífico ecuatorial, el océano del sur libre de hielo y el abierto subártico del Pacífico Norte [Morel et al, 1991]. Estas zonas se denominan de alta en nutrientes y baja clorofila (HNLC-High Nutrients Low

Chlorophyll). Esta situación especial es llamada a menudo la paradoja HNLC.

Hay algunas sugerencias que explican la falta de productividad en estas zonas, una de estas se basa en la alimentación y el diminuto tamaño de fitoplancton, el mismo que se cree ha evolucionado, reduciendo su tamaño a fin de coincidir con la disponibilidad de hierro [Miller et al, 1991.]. Otra explicación está relacionada con la penetración de la luz [Mitchell et al. 1991], esta establece que bajo ciertas circunstancias, la disponibilidad de luz se vuelve más baja y la productividad se reduce. Y finalmente la limitación de hierro [Martin, 1991], en este caso se considera que el hierro es necesario para las funciones vitales de la fotosíntesis. Las dos primeras dan una explicación que se puede considerar particular para ciertas zonas, mientras que la última otorga una explicación más general y aplicable a todas las zonas.

La relación Fe/C para el Pacífico Ecuatorial y del Océano Austral está en el orden de ~ 2 $\mu\text{mol/mol}$, que es tres veces menor que otras

zonas repletas de Fe como el Atlántico Norte [Moore et al., 2001]. La poca concentración de hierro en las áreas HNLC fue la base de la explicación de Martin, esto puede ser ejemplificado con el caso de Alaska. La muy baja productividad en el Golfo de Alaska (Subártico Pacífico) puede relacionarse con las pequeñas cantidades de hierro disponible, esta baja productividad sólo se produce hasta el agotamiento de las pequeñas cantidades de hierro. La productividad depende de la cantidad de hierro disponible, en esta y otras zonas, el hierro se suministra por el polvo atmosférico, que es llevado por el viento desde sectores terrestres. En este sentido, el esquema de la baja productividad coincide con el deficiente suministro de polvo atmosférico en estas zonas, especialmente en la Antártida y el Pacífico Ecuatorial. Esta afirmación se ve reforzada por la evidencia paleo-geológica, que muestra que en la Antártida la alta concentración de hierro se relaciona con una menor concentración de CO_2 en la atmósfera, lo cual cimienta la controversial hipótesis de fertilización con hierro.

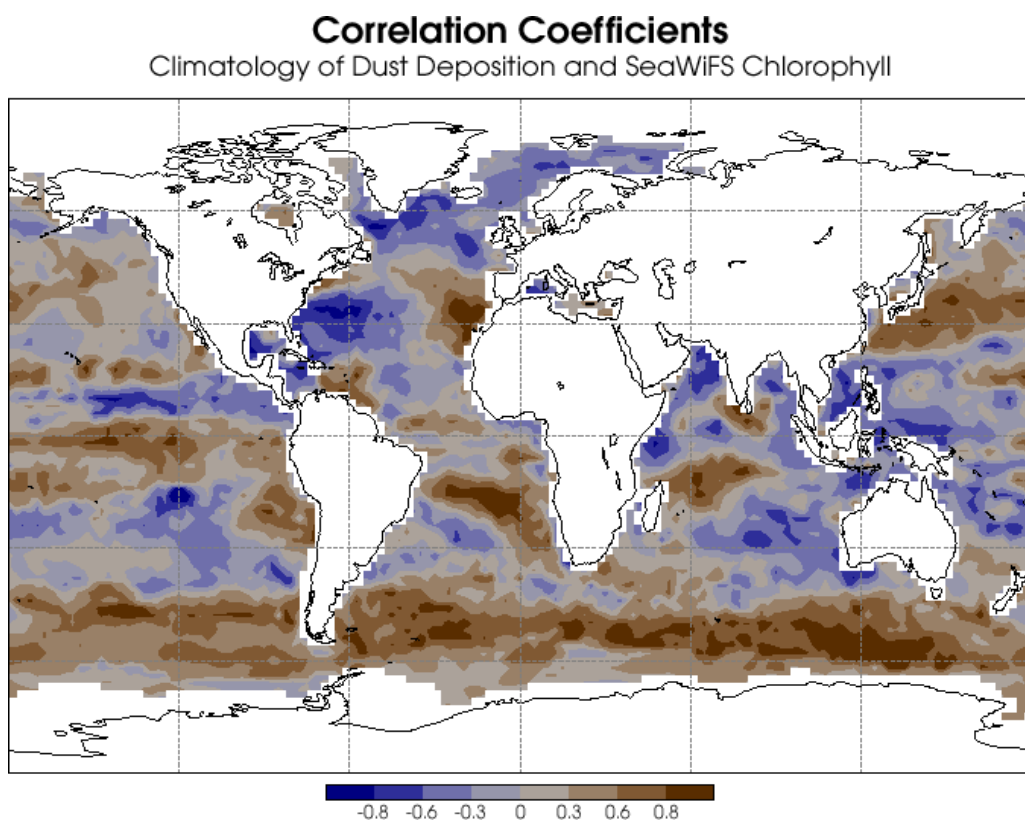


Figura 2 Climatología de la deposición de polvo y clorofila en el Mar WIFS. Las áreas con altos niveles de clorofila y altos niveles de deposición de polvo muestran una alta correlación y es indicada con color marrón oscuro. Climatología, deposición de polvo calculado para el período 1996-1998, las mediciones de clorofila son a partir de las observaciones 1998 de los SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor), instrumento del satélite Orb View-2 [Map Source: David Erickson, Oak Ridge National Laboratory's Computer Science and Mathematics Division]

La relación entre el hierro y la productividad del fitoplancton, puede ligarse al ritmo de deposición de polvo atmosférico y aporte de fuentes terrestres de hierro. Esto puede observarse a través de los coeficientes de correlación entre la deposición de polvo y los niveles de clorofila en el océano, esto se muestra en la Figura 2. En este punto es importante destacar que aproximadamente ~ 10% de polvo de hierro que se deposita en el océano, llega a disolverse en condiciones disponibles para el fitoplancton (Moore et al., 2001).

En la Figura 2 se puede observar que los altos valores de correlación se producen cerca de las zonas áridas, que son regiones fuentes de hierro; éstas son las del norte de África, la Península Arábiga, el este de Asia, Australia, la Patagonia y sur de África [Moore et al., 2001]. En el sentido inverso, se produce una alta correlación en las zonas HNLC, con zonas que se caracterizan por tener un ritmo de deposición de polvo menor y consecuentemente una menor concentración de clorofila, por lo tanto, se infiere que la baja productividad del océano se debe al bajo suministro de hierro [Boyd y Ellwood, 2010a]. Los valores más bajos de correlación pueden estar asociados al proceso el cual transporta nutrientes a las zonas con valores bajos de deposición de polvo y altos valores de clorofila, son producidos por la adición de nutrientes desde las aguas más profundas, más que la disponibilidad de hierro por la deposición de polvo.

Esta correlación espacial entre 2 procesos diferentes (la producción de clorofila y la deposición de polvo) podría ser considerada como una fuerte evidencia, para argumentar la dependencia de la productividad oceánica con la disponibilidad del hierro, así como, reforzar el planteamiento de la importancia del hierro como nutriente, para el crecimiento del

fitoplancton. El papel del hierro como nutriente fue considerado en 1930, por HW Harvey [Debaar, 1994], este demostró que el hierro tiene un efecto estimulante sobre la tasa de crecimiento de especies de diatomeas.

Como se ha descrito en este documento, el hierro es suministrado por el polvo atmosférico, cuando estas partículas entran en la superficie del océano, el hierro ingresa en forma de Fe_2O_3 , después de la deposición, el hierro se encuentra inmerso en un proceso de disolución, luego de lo cual parte del hierro entra en la piscina coloidal (no biodisponible) donde interactúa y es foto reducido a Fe (II) . Finalmente, el hierro ingresa a la piscina soluble en formas disponibles para la absorción por parte del fitoplancton.

El papel esencial del hierro tiene lugar en el proceso de fotosíntesis, debido a las propiedades del hierro de oxidación/reducción, que son importantes en el proceso de transporte de electrones [Morel et al., 1991], este último se produce en el proceso de conversión de energía. El Fe antes de ser absorbido debe ser reducido, este proceso es llevado a cabo por las enzimas hierro-reductoras [Boyd y Ellwood, 2010b], que son parte de las células responsables de la fotosíntesis.

El hierro está presente en el océano en dos formas, Fe (II) y Fe (III) . El Fe (II) es soluble y fácilmente oxidado a Fe (III) ; esta forma del hierro es la más importante para el crecimiento de algas, esta es reducida antes de ser absorbidas por las enzimas presentes en las células de las algas. La otra forma es Fe (III) , el cual que es insoluble en agua y se encuentran en formas sólidas (e.g. Fe(OH)), cuando este recibe la radiación solar, reacciona a la forma de hierro más disponible para fitoplancton, esta reacción fotoquímica es seguida por una precipitación oxidativa de Fe (II) en una forma orgánica compleja.

CONCLUSIONES

A pesar de que la ley del mínimo, da una explicación sólida para la limitación de la productividad en las áreas HNLC debido a la limitación de hierro, la sola consideración de la ley del mínimo, podría ser errático en la comprensión de la productividad del océano. Existen otros factores que deben ser considerados en el proceso e incluidos en el régimen de la ley del mínimo. Por lo tanto el uso de esquemas como el propuesto en la Figura 1 debe tenerse en cuenta para cada especie con el fin de garantizar que el aumento de una población de sólo una especie marina no afectará a la sostenibilidad de las otras.

De la misma manera, los efectos de adaptación y la evolución de las especies son hechos que deben ser considerados en los estados concluyentes acerca de la ley del mínimo. Por ejemplo, algunas especies de algas se han encontrado en bajas condiciones de concentración de hierro; estas especies han reducido su tamaño a fin de reducir sus necesidades de hierro [Miller et al, 1991.], [Morel et al, 1991.], este es un caso específico del proceso de adaptación al que se han visto obligadas las especies.

La falta de productividad en las áreas HNLC y su relación con la limitación de hierro, ha sido ampliamente demostrado; entonces si se considera la importancia del hierro en el crecimiento del fitoplancton, es necesario considerar, que el cambio en los patrones de suministro de hierro puede alterar la distribución de la productividad en el océano [Boyd y Ellwood, 2010b], e incluso llevarse a niveles difíciles de controlar. Esta alteración puede incluir, la reducción de otros nutrientes que son importantes para la vida en el mar.

REFERENCIAS.

- *ironlimit_lrg.gif* (GIF Image, 674x539 pixels). [online] Available from: http://earthobservatory.nasa.gov/images/image-records/1000/1014/ironlimit_lrg.gif (Accessed 28 November 2010)
- Boyd, P. W., and M. J. Ellwood, 2010. The biogeochemical cycle of iron in the ocean, *Nature Geosci*, 3(10), 675-682, doi:10.1038/ngeo964.
- Boyd, P. W., and M. J. Ellwood, 2010. The biogeochemical cycle of iron in the ocean, *Nature Geosci*, 3(10), 675-682, doi:10.1038/ngeo964.
- Debaar, H. (1994), von Liebig's law of the minimum and plankton ecology (1899–1991), *Progress In Oceanography*, 33(4), 347-386, doi:10.1016/0079-6611(94) 90022 -1.
- Emerson, S. R., and J. Hedges (2008a), *Chemical oceanography and the marine carbon cycle*, Cambridge University Press.
- Emerson, S. R., and J. Hedges (2008b), *Chemical oceanography and the marine carbon cycle*, Cambridge University Press.
- Gorban, A. N., L. I. Pokidysheva, E. V. Smirnova, and T. A. Tyukina (2010), Law of the Minimum Paradoxes, *Bull. Math. Biol.*, doi:10.1007/s11538-010-9597-1. [online] Available from: <http://www.springerlink.com/content/8178p00767612xk7/> (Accessed 25 November 2010)
- Martin, J. (1991), Iron, Liebig's Law, and the greenhouse, *OCEANOGRAPHY*, 4, 52-55. [online] Available from: <http://www.tos.org/oceanography/issues/iss>

- ue_archive/issue_pdfs/4_2/4.2_martin.pdf
- Miller, C. B., B. Frost, B. Booth, P. Wheeler, M. Landry, and N. Welschmeyer (1991), Ecological processes in the Subarctic Pacific: Iron Limitation cannot be the whole story, *OCEANOGRAPHY*, 4(2), 71-78.
- Mitchell, B. G., E. A. Brody, O. Holm-Hansen, C. McClain, and J. Bishop (1991), Light Limitation of Phytoplankton Biomass and Macronutrient Utilization in the Southern Ocean, *Limnology and Oceanography*, 36(8), 1662-1677.
 - Moore, J. K., S. C. Doney, D. M. Glover, and I. Y. Fung (2001), Iron cycling and nutrient-limitation patterns in surface waters of the World Ocean, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 49(1-3), 463-507, doi:10.1016/S0967-0645(01)00109-6.
 - Morel, F. M. M., A. B. Kustka, and Y. Shaked (2008), The role of unchelated Fe in the iron nutrition of phytoplankton, *Limnol. Oceanogr.*, 53(1), 400-404, doi:10.4319/lo.2008.53.1.0400.
 - Morel, F. M. M., J. Rueter, and N. Price (1991), Iron nutrition of phytoplankton and its possible importance in the ecology of the ocean regions with high nutrient and low biomass, *OCEANOGRAPHY*, 4(2), 56-61.
 - Raven, J. A. (1990), Predictions of Mn and Fe use Efficiencies of Phototrophic Growth as a Function of Light Availability for Growth and of C Assimilation Pathway, *New Phytologist*, 116(1), 1-18.
 - Raynaud, D., J. Jouzel, J. M. Barnola, J. Chappellaz, R. J. Delmas, and C. Lorius (1993), The ice record of greenhouse gases, [online] Available from: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1993Sci...259..926R> (Accessed 4 December 2010)
 - Twigg, C. A., and M. V. Twigg (1973), Centenary of the death of Justus von Liebig, *Journal of Chemical Education*, 50 (4), 273, doi:10.1021/ed050p273.

“REFINERÍA DEL PACÍFICO ELOY ALFARO”, PRIMER COMPLEJO REFINADOR Y PETROQUÍMICO DEL ECUADOR

Por: Miriam Lucero ¹

1. INTRODUCCIÓN

El 26 de junio de 2007, el Directorio PETROECUADOR resolvió aprobar la ejecución del proyecto para la construcción de la nueva refinería de petróleo y obras complementarias en la provincia de Manabí, mediante una alianza estratégica con la empresa de Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), para lo cual, el 15 de mayo de 2008, se realizó la Junta Universal de Accionistas, en cuya acta se aprueba la constitución de la Compañía “REFINERÍA DEL PACÍFICO RDP COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA”, siendo sus accionistas PETROECUADOR con el 51% y PDVSA Ecuador con el 49%.

De esta manera surge la megaobra considerada como el primer Complejo Refinador Petroquímico ecuatoriano, que se construirá en el sitio conocido como El Aromo en la Provincia de Manabí, con una capacidad de procesamiento de 300 mil barriles diarios de petróleo, lo que permitirá satisfacer la demanda interna de derivados y generar excedentes para la exportación, la Refinería se caracterizará por ser una planta de conversión profunda, lo que implica que se minimizaran los desperdicios y se aprovechara 100% el petróleo nacional (www.rdp.ec).

Teniendo como principal compromiso el respeto hacia el medio ambiente, uno de los primeros objetivos fue la realización de Estudios de Línea Base Ambiental que provean de información suficiente para la visualización, micro localización, ingeniería conceptual y el Estudio de Impacto Ambiental para las facilidades del Proyecto.

Por tal efecto, la Refinería del Pacífico contrató los servicios de la compañía surcoreana SK E&C Consultores Ecuador S.A., para la ejecución de los Estudios de Línea de Base Ambiental y los servicios de la empresa cuencana Asociación de Consultores Técnicos ACOTECNIC Cía. Ltda., para la ejecución del Estudio de Impacto Ambiental.

A fin de efectuar la supervisión, control y cumplimiento de estos estudios y que los mismos se realicen de acuerdo a los términos de referencia y que cumplan con las normativas legales y ambientales se contó con un ente Fiscalizador, la cual estuvo a cargo del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

El INOCAR como Fiscalizador, participo en cada una de las actividades desarrolladas tanto en los Estudios de Línea de Base como de los Estudios de Impacto Ambiental, actividades que consistían desde el levantamiento de información de campo, análisis, procesamiento de datos, revisión de

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada, Departamento de Ciencias del Mar, e-mail: inocar@inocar.mil.ec

Informes Técnicos, verificando que cada uno de los estudios cumplan con los requerimientos establecidos de acuerdo a lo Términos de Referencia, a fin de otorgar la aprobación respectiva de los mismos.

Los estudios realizados para construir este importante Complejo Refinador y Petroquímico, se han llevado a cabo respetando el ambiente y garantizando la seguridad ciudadana, estableciendo medidas como la reforestación del entorno, para crear una zona de amortiguamiento, que garantizará la protección del área de influencia, que además se incluye a las comunidades que habitan alrededor (www.rdp.ec).

2. OBJETIVO DE LA REFINERÍA

El objetivo principal del Proyecto "Refinería del Pacífico", es contar una Complejo Refinador con una capacidad de procesamiento de 300 mil barriles diarios de petróleo, y obtener la producción de los siguientes derivados:

- Gasolina: 87.700 barriles por día
- Diesel: 171.400 barriles por día
- Gas Licuado de petróleo: 7.400 barriles por día
- Combustible para aviones (Jet fuel): 6.000 barriles por día

- Benceno: 2.500 barriles por día
- Xileno: 4.600 barriles por día
- Polipropileno: 100 toneladas métricas por año

De esta manera satisfacer la demanda de combustible del mercado ecuatoriano y exportar los excedentes disponibles a mercados de la subregión y otros mercados estratégicos, ahorrando al país cerca de 3.000 millones de dólares por año (www.rdp.ec), evitando la importación de combustibles y derivados.

El crecimiento de las importaciones se puede observar en las proyecciones de demanda que se visualiza en la Figura 1, de mantenerse esta proyección, y continuar el aumento del precio internacional del crudo, este llevaría además el de sus derivados, y con ello el costo de las importaciones se incrementará de manera significativa, con descomunales egresos para el estado ecuatoriano. Incrementándose por lo tanto el gasto de importaciones de manera permanente y sostenida, especialmente debido a la demanda de derivados, originado por el incremento continuo del parque automotor en los últimos años y que se proyecta con una tendencia siempre en aumento (RDP, 2011).

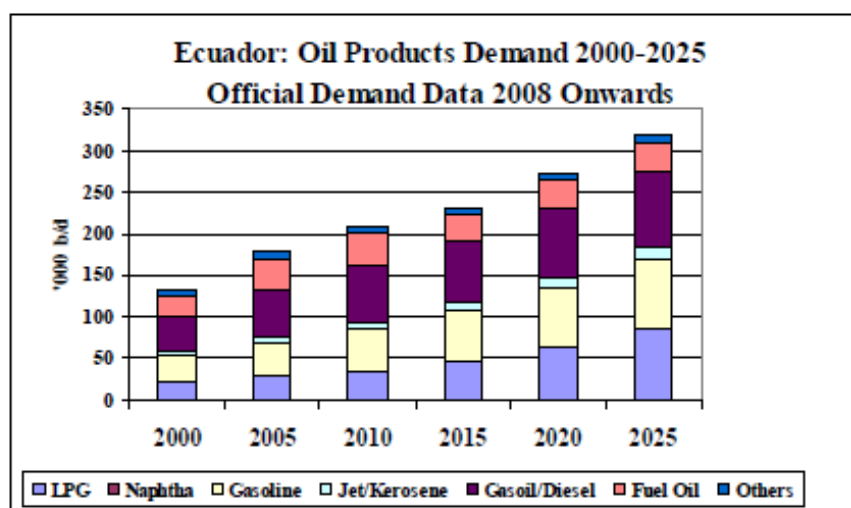
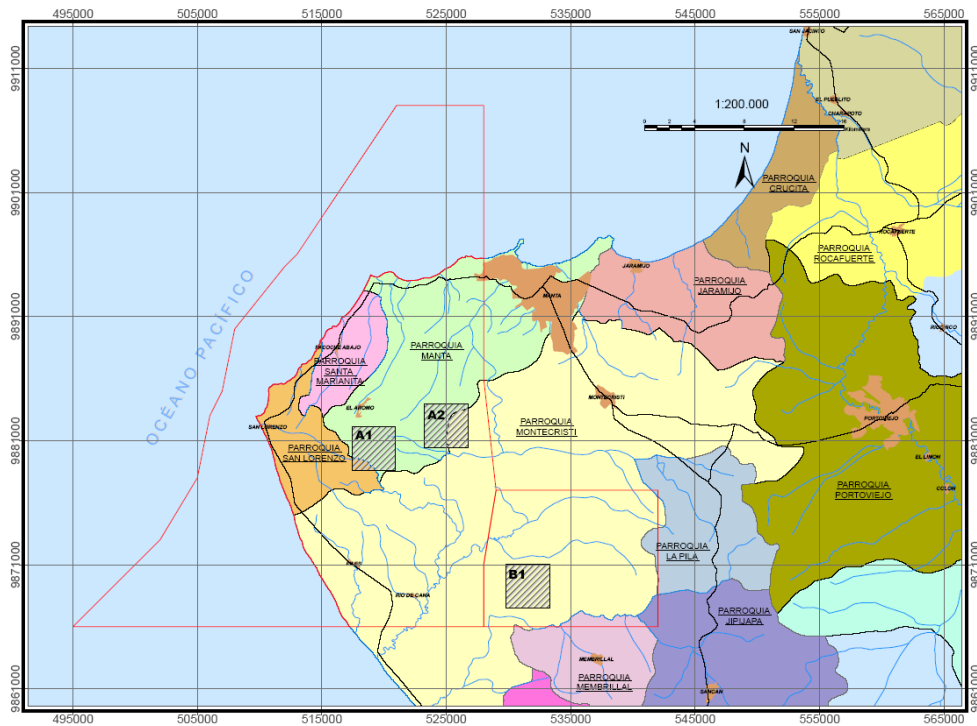


Figura No. 1.-
Proyección de la
demanda de
derivados del
petróleo en el
Ecuador

Fuente: RDP, 2011.

3. ÁREA DEL COMPLEJO PETRO-QUÍMICO

El área fue definida luego del estudio de alternativas A1, A2 y B1, realizado por la Cía. SK E&C (Figura No.2).



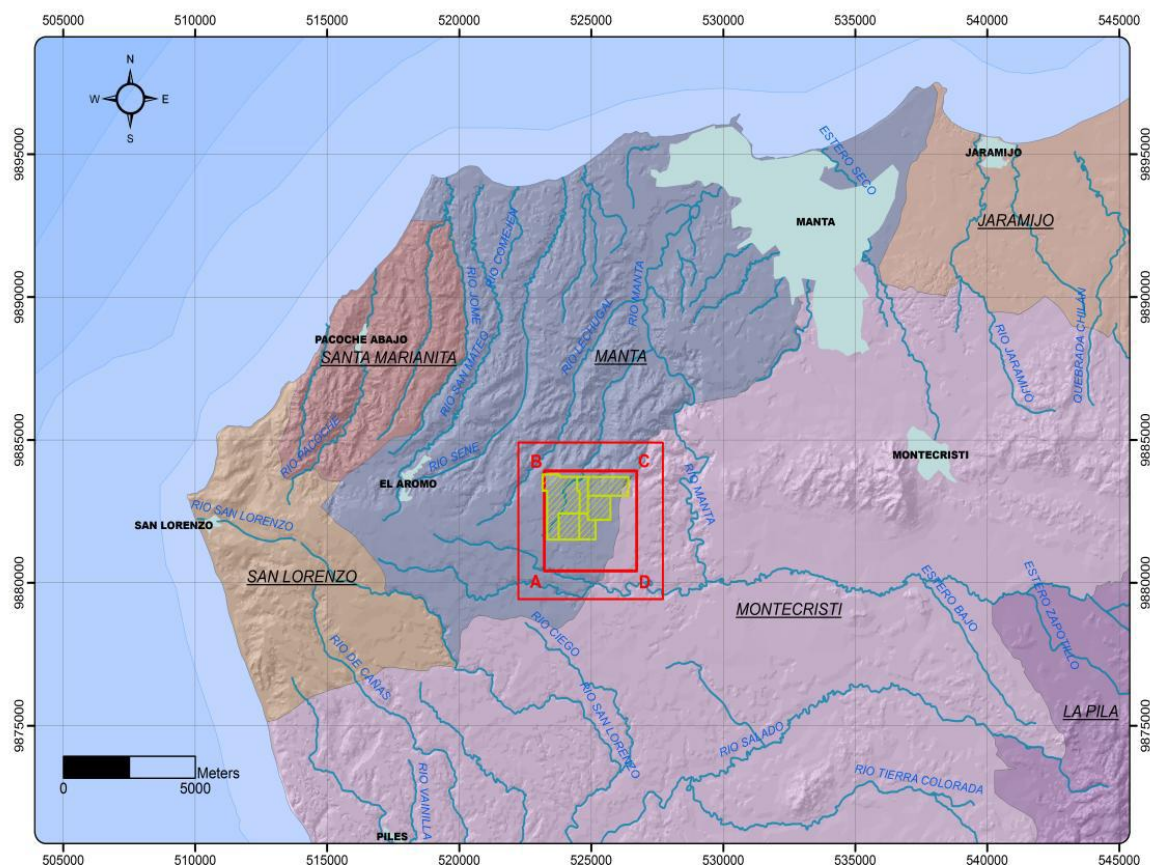
Fuente: RDP, 2010

Figura No. 2.- Alternativas estudiadas para la implantación del Complejo Refinador y Petroquímico del Pacífico.

Para la determinación de la mejor alternativa para la implantación del Complejo Refinador, la Cía. SK E&C, en su estudio de Línea de Base Ambiental realizado en el 2009, efectuó un análisis de los sitios desde el punto de vista de las siguientes componentes: geofísico, biótico, socioeconómico y cultural, en función de la evaluación realizada permitió establecer un orden de sensibilidad de las tres zonas; de esta manera se estableció una calificación en un rango de 1 a 3, considerando 1 como sensibilidad baja, 2 como sensibilidad media y 3 sensibilidad alta. De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de selección de alternativas, se tiene que la

Zona A2 es la de menos sensibilidad socio-ambiental, y sitio con menos diversidad biótica, (RDP, 2010), razón por la que fue seleccionada esta zona para la construcción del Complejo Refinador y Petro-químico la Refinería.

En la Figura 3, se puede observar el área seleccionado A2 (recuadro ABCD), tiene una superficie aproximada de 10 Km²; está localizado a 6.7 Km. del sitio conocido como El Aromo, ubicado al sur de la ciudad de Manta, dentro de las jurisdicciones de los cantones de Manta y Montecristi de la Provincia de Manabí, (RDP, 2011).



Fuente: RDP, 2011

Figura No. 3.- Área seleccionada para la construcción del Complejo Refinador y Petroquímico del Pacífico.

4. FASES DEL PROYECTO

El Proyecto Refinería del Pacífico, fue concebido por fases de ejecución: la Fase de Factibilidad y la Fase de construcción (Figura 4).



Fuente: www.rdp.ec

Figura 4.- Fases del Proyecto Refinería del Pacífico.

Fase de Factibilidad:

Fase que tuvo como principal objetivo el desarrollo de los Estudios de Línea de Base

Ambiental (fotografías 1 y 2), a fin de proveer información para la viabilidad, así como para la conceptualización técnica-económica del Proyecto.



Fotografía 1.- Estudios de Línea de Base Ambiental.



Fotografía 2.- Visita al sitio de paso de ductos para la Refinería

Tanto los estudios de Línea de base, como los estudios de Visualización y Conceptualización de la obra se han ejecutado en un 100%.

A fin de garantizar que la obra sea sostenible y amigable con el ambiente y evitar posibles impactos ambientales durante las fases de construcción y operación de la Refinería, dentro de esta Fase del proyecto

se consideraron además los “Estudios de Impacto Ambiental”, estudios realizados tanto para el proyecto de Industrialización (fotografía 3) como para las obras complementarias como Vías de acceso, Facilidades marinas (fotografía 3), Campamento; estudios que a la presente tienen un porcentaje de ejecución del 100 99%.



Fotografía 3.-

Estudios de Impacto Ambiental.



Fotografía 4.-

Previo a la Fase de construcción fue necesario ejecutar los Estudios de Ingeniería Básica, estudios que determinan todos los

requerimientos de la obra así como sus especificaciones básicas, estos estudios se encuentran en un 95 % de ejecución.

Fase de Construcción:

Forman parte de esta Fase del proyecto los Estudios de Ingeniería de Detalle, los mismos que consisten en determinar las especificaciones Técnicas de los equipos, dimensionamiento de los conductos y tuberías y de las instalaciones eléctricas, Estudios que actualmente se encuentran en ejecución.

De igual manera se encuentran en ejecución los trabajos de movimiento de tierra del área de implantación de la Refinería, así como la construcción de Vía Operacional.

5. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

Con la aprobación por parte del Ministerio del Ambiente, de los Estudios de Impacto Ambiental del área de implantación de la Refinería del Pacífico, Vía Operacional, Campamento provisional, se dio inicio a la

fase de construcción del Complejo Refinador y Petroquímico más grande del Pacífico sur, la misma que tiene previsto iniciar su fase de operación en el 2016 (www.rdp.ec).

6. REFERENCIAS

RDP, 2010. INFORME DE TERCERA FASE PARA LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE AMBIENTAL Y VALIDACIÓN DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS, Efectuado por la Cía. SK E&C, Consultores Ecuador S.A.

RDP, 2011. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REFINERÍA DEL PACÍFICO "ELOY ALFARO", PROYECTO INDUSTRIALIZACIÓN, Efectuado por la Consultora ACOTECNIC Cía. Ltda.

www.rdp.ec: Material publicitario.

INFORME DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO DE LOS EFECTOS DEL TSUNAMI DE JAPÓN MARZO 2011, EN LAS ISLAS GALÁPAGOS

Willington Rentería^{1,2}
Patrick Lynett¹
Robert Weiss¹
Giorgio De La Torre²

RESUMEN

Este informe contiene los resultados de dos campañas científicas realizadas para determinar los efectos físicos del impacto del Tsunami de Honshu, Japón, sobre las Islas Galápagos. Esta investigación de campo se llevó a cabo en dos etapas, la primera del 7 al 10 de Abril y la segunda del 3 al 15 de Mayo del 2011, y consistió en el reconocimiento y toma de datos en los puntos más afectados, que fueron determinados de acuerdo al modelamiento numérico, realizado para este efecto.

ABSTRACT

This report contains the results of two scientific surveys conducted to determine the physical effects of the impact of the Tsunami of Honshu, Japan, on the Galapagos Islands. This field research was conducted in two stages, the first from 7 to 10 April and the second from 3 to May 15, 2011, and consisted in the recognition and data capture in the most affected areas, whose were determined according to numerical modeling, conducted for this purpose.

1 Texas A&M University

2 Instituto Oceanográfico de la Armada

INTRODUCCIÓN

El día 11 de marzo del 2011 a las 05:46:23 UTC (10 de marzo 11:46:23 PM Hora Local, Galápagos) se generó un terremoto de magnitud 9.0 Mw., en la región de la costa oriental de Honshu, Japón; su epicentro fue localizado en las coordenadas 38.32 N 142.36 E a una distancia de 129 Km. de Sendai, Honshu (Japón) y a una profundidad de 32 Km., [USGS, 2011]. Este sismo de grandes proporciones generó un tsunami transoceánico que alcanzó las costas de varios países al otro lado del Pacífico, sin embargo la mayor parte de los daños fueron registrados en las ciudades costeras de Japón.

Este sismo ha sido catalogado como el cuarto más fuerte en la historia mundial y el más fuerte registrado en Japón desde que los sismos comenzaron a registrarse en 1900 [NGDC, 2011].

Desde 1990, la comunidad científica dedicada a la investigación de los tsunamis se ha enfocado en la toma de datos de los efectos que los tsunamis producen en las localidades costeras. Esta toma de datos se concentra en la obtención de las medidas de la altura de la ola al momento de su impacto sobre la línea de costa, para esto se considera las líneas de marcas de agua, escombros y sedimentos marinos que se van encontrando en mencionados lugares. Asimismo, con estas observaciones y considerando algunos factores relevantes, se va documentando como se supone habría sido el flujo de agua y el transporte de sedimentos al momento del impacto, esta información es inferida a partir de las características de los depósitos de sedimentos encontrados y el reconocimiento de la morfología costera.

El propósito de este documento es presentar los resultados de la investigación de campo realizada para documentar los efectos del

tsunami producido por el terremoto de Honshu sobre las endémicas costas de las Islas Galápagos. Esta investigación se llevó a cabo por un Equipo Internacional para el Levantamiento de Datos Tsunami, conformado por científicos y técnicos de la Universidad de Texas A&M, EEUU, del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador y del Parque Nacional Galápagos. La terminología utilizada para las distintas definiciones se ha realizado, considerando los términos convencionales emitidos por el Centro Internacional de Información sobre Tsunamis (ITIC por sus siglas en inglés) de la UNESCO.

ANTECEDENTES

Los datos de corriente de la estación del 02 de marzo de 2011 durante el segundo crucero oceanográfico realizado a bordo ADCP en las coordenadas y, en donde se pudo obtener información de la dirección y velocidad de las corrientes hasta una profundidad de 21 metros con un estado de marea de flujo durante un periodo de 4 horas y 25 minutos, tiempo en el cual se registró una velocidad máxima promedio de 0,15 m/s y una velocidad mínima promedio de 0,11 m/s con un predominio en la dirección de la corriente hacia el Sur.

Luego de sucedido el terremoto, el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (por sus siglas en inglés, PTWC) emitió los distintos comunicados de alerta a los puntos focales de los países integrantes del Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico, entre ellos el Instituto Oceanográfico de la Armada con su Centro Nacional de Alerta de Tsunamis. Inmediatamente fueron recomendadas las acciones a la Secretaría Nacional de Gestión de Riegos, quien por su parte recomendó al Presidente de la República la evacuación de las localidades costeras.

Dada la disposición presidencial, las autoridades en las Islas Galápagos dispusieron las siguientes acciones: Evacuación de la población de las ciudades costeras hacia las zonas altas de las islas, la paralización de las actividades marítimas y la evacuación de todas las embarcaciones mar afuera a profundidades de hasta 200m. Estas acciones se llevaron a cabo en el lapso de diez horas, tiempo que se estima, desde que fue emitida la disposición por parte del Presidente hasta el arribo de las olas del tsunami, de tal manera que al momento del impacto, habían sido reducidos al mínimo los factores de riesgo que hubiese incrementado los daños sobre las costas y su población.

Gracias a estas acciones, las olas del tsunami impactaron sobre desoladas costas que quedaron marcadas por la energía del tsunami, sin causar ninguna víctima en la población. Sin embargo, la interacción de las olas más allá del margen intermareal, provocó efectos aun no estudiados sobre el frágil ecosistema de las islas. Entre estos efectos se pueden citar el daño sobre los nidos de tortugas, localizados sobre dunas de arena a lo largo de las playas afectadas. El incremento del nivel del agua afectó también a la vegetación asentada sobre la línea de costa, por consiguiente a todas las especies dependientes de estas. Asimismo se encontró depósitos de sedimentos marinos en lagunas de agua salada cercanas a la línea de costa, sedimentos que sin duda que modifican su configuración.

En razón de que el objetivo de este documento es documentar solamente los efectos físicos del impacto del tsunami, los detalles mencionados anteriormente buscan llamar la atención de la Comunidad científica a fin de estudiar el rol

que ha tenido el impacto de los tsunamis sobre la evolución de las islas, especialmente en su componente biológica.

REGISTRO DEL TSUNAMI EN LAS ISLAS

El impacto del Tsunami en las Islas Galápagos se registró mediante los mareógrafos existentes en la Isla Baltra y la Isla Santa Cruz. Otro registro consiste el desplazamiento de las Boyas de ayudas a la navegación ubicadas en el Canal de Itabaca, entre la Isla Baltra y la Isla Santa Cruz. Asimismo y de oportunidad la velocidad del flujo de agua pudo registrarse gracias a un perfilador acústico de corrientes colocado en la rada de Puerto Ayora. Todos estos registros constituyen una gran herramienta para el análisis de los efectos del impacto del tsunami sobre las islas. A continuación se realizará una breve discusión de estos hallazgos.

Debido a la escasa disposición de mareógrafos sobre las Islas, se desconoce cuál fue el primer punto de contacto de las Islas con las perturbaciones causadas por el tsunami, sin embargo el primer registro del impacto del tsunami lo realizó el mareógrafo de la Isla Baltra, aproximadamente a las 1730 pm. hora local, de acuerdo al análisis realizado por la sección Mareas del Instituto Oceanográfico de la Armada. Del perfil registrado se destaca que la primera onda que arribó hasta el mareógrafo lo hizo con su cresta positiva, es decir no hubo un retroceso de las aguas como es común en ciertos arribos de tsunamis, y se pudo además apreciar un aumento sostenido del nivel del mar en esta locación.

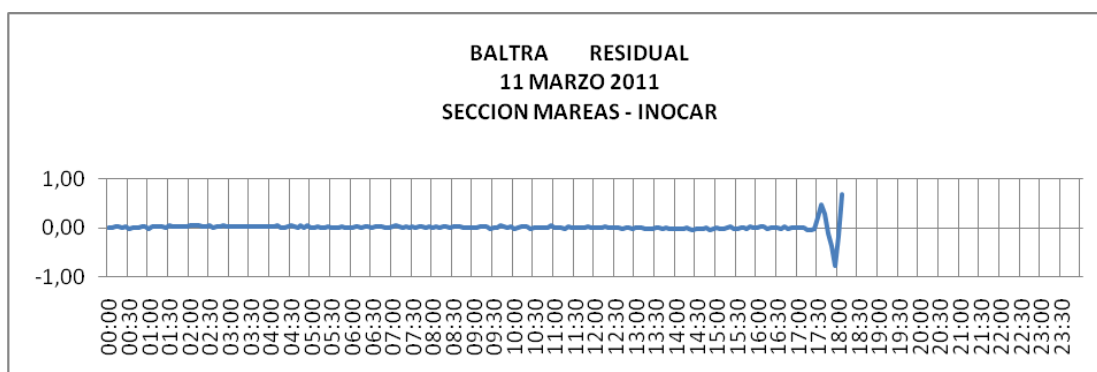


Figura 1 Arribo del Tsunami registrado en el mareógrafo de Baltra

El personal del Centro de Alerta de Tsunamis del INOCAR realizó el seguimiento en tiempo casi real de la evolución del tsunami y su arribo a las Islas Galápagos, usando la información de

la red de Monitoreo del Nivel de Mar del IODE¹ (IOC Oceanographic Data Exchange, por sus siglas en inglés). Sus capturas se pueden observar en la Figura 2.

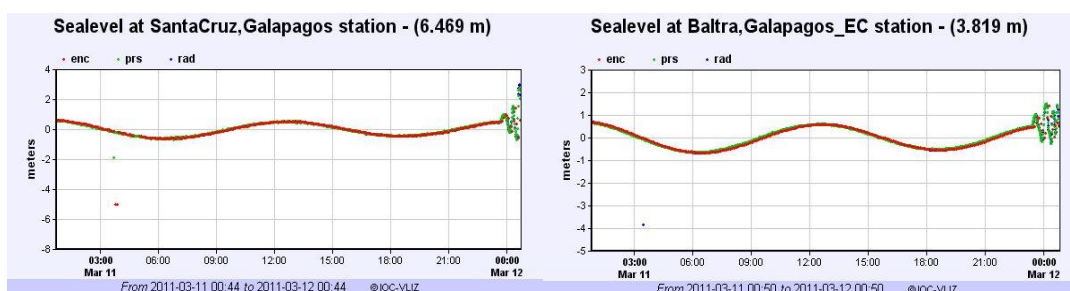


Figura 2 Capturas del monitoreo en casi tiempo real, del arribo de las olas a los mareógrafos, Sta. Cruz(Izc) y Baltra(Der)

El desplazamiento de las boyas de ayudas a la navegación debido al tsunami, es el primer registro de esta naturaleza en aguas ecuatorianas, y su documentación por parte del personal del CIMAG constituye un valiosísimo aporte para el análisis de la energía descargada por el tsunami sobre las islas. Las boyas desplazadas tienen su ubicación en el Canal de Itabaca, debiéndose reposicionar un total de 8 boyas de ayudas a la navegación.

Del informe técnico presentado por el personal del CIMAG, se destaca que la boya # 1 que fue desplazada 560 m., se encontraba sin su peso muerto por lo que la distancia desplazada puede verse influenciada por las corrientes

normales en el área, sin embargo el hecho de la ruptura del eslabón metálico del sistema de anclaje, que une el peso muerto de aproximadamente 1 Ton de peso con la boya, puede ser atribuido a la energía desatada por el tsunami al arribo a mencionado Canal, esta conclusión es inferida considerando el desplazamiento de las otras siete boyas.

BOYAS	DISTANCIA DESPLAZADA
# 1	560 m
# 2	435 m
# 3	75 m
# 4	15 m
# 6	110 m
# 8	810 m
# 9	253 m
# 11	44 m

Tabla 1 Distancia de desplazamientos de las boyas de ayudas a la navegación.

¹ Esta herramienta operacional ha sido desarrollada Flanders Marine Institute(VLIZ) y ODINAFRICA, en el marco del Proyecto IODE, mayor información: <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org>

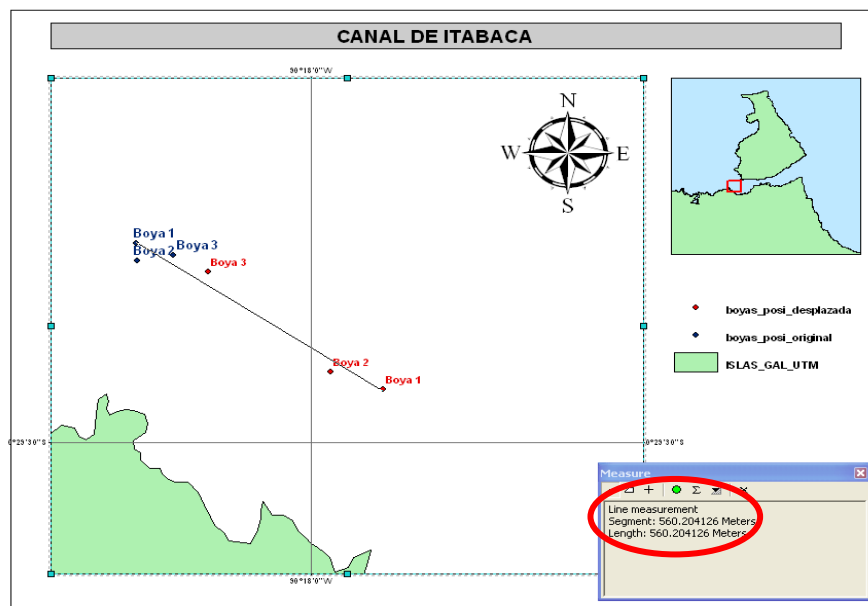


Figura 3 A la izquierda se puede apreciar la maniobra de reposicionamiento y a la derecha un mapa que muestra el Desplazamiento de las Boyas desde su posición original.

Es importante destacar que una boya de ayuda a la navegación, consiste en una estructura metálica de aproximadamente 1.5 Ton de peso y que su sistema de anclaje compuesto por una cadena metálica y una estructura de hormigón, conocida como peso muerto, pueden llegar a pesar hasta 4 Ton.

Otro hito importante es el registro del arribo del tsunami mediante el perfilador acústico de

corriente, que es un dispositivo que mide la velocidad del flujo del agua. Los datos de este equipo, conocido normalmente como ADCP, instalado en la rada de Bahía Academia en Puerto Ayora Galápagos, corresponden a la recolección permanente del flujo medidos desde del fondo a la superficie en una profundidad de 7 metros en bajamar y 7,50 a 8 metros en pleamar. Las coordenadas de ubicación son $0^{\circ}44'57''S$; $90^{\circ}18'24,6''W$.

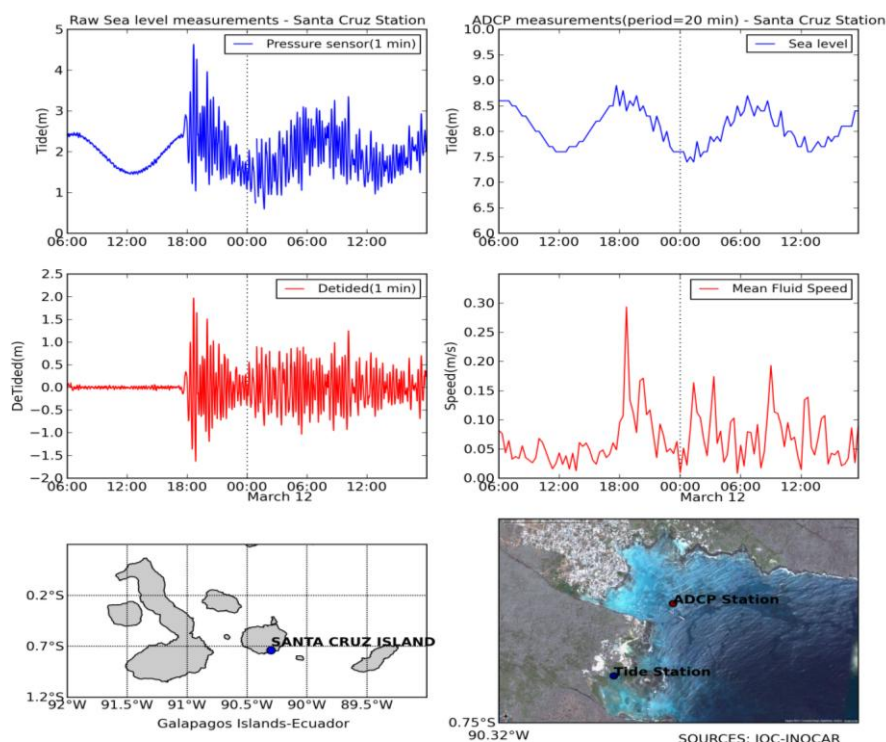


Figura 4
Perturbaciones del nivel del mar y
velocidad del fluido captados en la
Puerto Ayora (Isla Santa Cruz)

Aun cuando el equipo ADCP está configurado para tomar datos cada 20 minutos, su información refleja claramente la actividad hidrodinámica luego del arribo del tsunami. En la Figura 4, se observa las señales captadas tanto por el ADCP como por el mareógrafo de Santa Cruz, que luego de aislar las señales de alta frecuencia, permiten visualizar la señal de la actividad tsunamigénica, dándonos un aumento del nivel del mar de 2 metros al nivel de la marea al momento del impacto, y un incremento en la velocidad del fluido de 0.3 m/s (~ 2 Nudos).

METODOLOGÍA

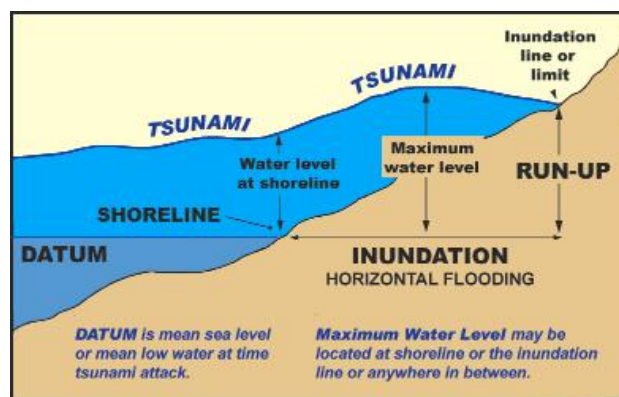
BASE CONCEPTUAL

Inicialmente cuando se produce un sismo en el subsuelo marino, la base del fondo del mar empuja la columna de agua que se encuentra justo sobre ella, la energía se transfiere a la columna de agua que produce también una elevación en la superficie del mar, toda esta energía potencial adquirida se transforma en energía cinética al propagarse horizontalmente produciendo la onda del tsunami.

Esta onda se propaga de dos diferentes maneras, la primera que se aleja al océano y la segunda que se acerca a la costa. Aquella que se aleja al océano es capaz- dependiendo de la magnitud - de viajar miles de kilómetros y cruzar mares enteros y arribar a costas distantes, de allí que se le conoce como Tsunami lejano, su velocidad está en función de la profundidad del océano y la gravedad, siendo que no importa la magnitud del tsunami, su velocidad de propagación será la misma. La onda del tsunami que se acerca a la costa, recibe el nombre de Tsunami local.

Cuando la onda del tsunami llega a la costa la amplitud se incrementa y se reduce su longitud de onda debido a la reducción de la profundidad. Las aguas del tsunami penetraran la costa dependiendo de la morfología costera y de la energía con la que este haya sido generado; a la altura alcanzada por las aguas medidas desde un nivel de referencia (normalmente el nivel medio del mar) se le conoce como run-up, ver Figura 5.

Figura 5 Esquema de las características de un tsunami, al momento de impacto sobre las costas, ITIC2009



El run-up se convierte en un dato muy importante para el estudio y análisis de tsunamis, este permite determinar cuál fue la intensidad y fuerza del tsunami al momento de arribar a las costas. Otro dato lo constituye la inundación horizontal, este efecto puede alcanzar cientos de metros tierra adentro, pues muchas veces el ingreso del agua es ayudada por las pendientes planas de la topografía del área y la configuración costera, ésta se mide a partir de la línea de costa, aunque de manera convencional, también se lo refiere al nivel medio del mar, para hacerlo coincidir con la medición del run-up.

INSTRUMENTOS

El equipo utilizado para medir la distancia tanto horizontal como vertical es un telémetro láser, la precisión de este instrumento depende

de varios factores, entre los cuales se puede citar calidad de los blancos que serán medidos, y que depende de la distancia a la que estos se encuentran; asimismo se debe mencionar que la utilización o no de un trípode para fijar las mediciones afectara la precisión alcanzada. De

manera general, tanto para mediciones verticales como horizontales, debe considerarse un margen de error de $\pm 30\text{cm.}$, en cada una de las mediciones (Manual del Usuario-TRUPULSE).

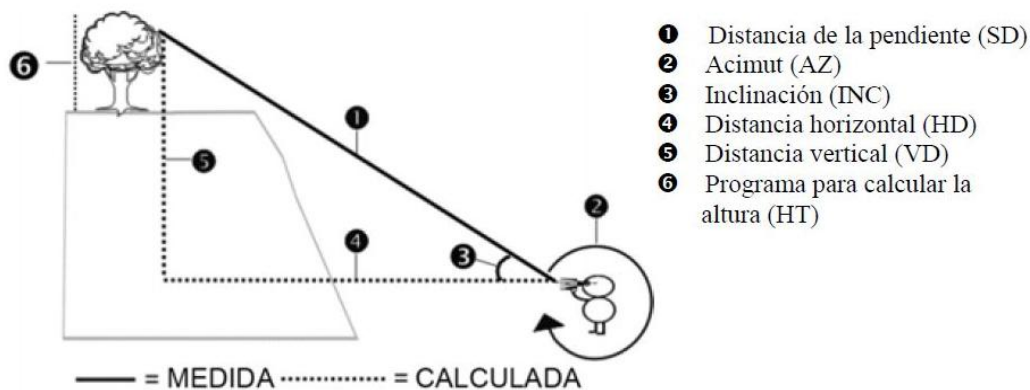


Figura 6: Esquema de medición del Telémetro láser. Fuente: TRUPULSE Manual de usuario

Además se utilizó una regla, para medir la altura de las marcas de agua sobre el nivel del mar, así como para medir la altura de objetos que hayan quedado suspendidos debido al flujo del tsunami. También se utilizó un GPS convencional y una cámara fotográfica con GPS incorporado para una correcta georeferenciación de las imágenes captadas de cada lugar visitado.

MÉTODOS DE CAMPO

Para la planificación de los lugares que serían visitados en el campo se utilizó las predicciones obtenidas del Modelo COMCOT. Este modelo resuelve las ecuaciones de aguas someras mediante el esquema de solución numérica conocida como “salto de rana”, y tiene la característica de consolidar hasta 4 dominios numéricos refinados mediante grillas hacia un área geográfica específica. Para el presente caso, solamente se utilizaron dos grillas, la mayor que cubre gran parte del Océano Pacífico con una resolución de 2 minutos y la de mayor resolución de 30 arco-

segundos sobre las Islas Galápagos. Las condiciones iniciales fueron tomadas de la solución de la falla finita provista por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés). La Figura 7 muestra las máximas elevaciones del nivel normadas a una referencia de un metro, predichas para las Islas Galápagos, por el Modelo COMCOT. Debido a la gruesa resolución sobre las islas, no se puede apreciar la magnitud del run-up sobre la línea de costa. Para una predicción de run-up se requiere una batimetría y topografía de alta resolución que permita una modelación detallada de los perfiles de playa y morfología costera; así las predicciones numéricas cerca de la línea de costa serían mejores para interpretar las máximas amplitudes alcanzadas por el tsunami. Aunque la Figura 7 no permite determinar el run-up por lo anteriormente expuesto, esta permite sin embargo detallar que zonas podrían experimentar una mayor altura de ola, los puntos de visita fueron planificados sobre estas áreas.

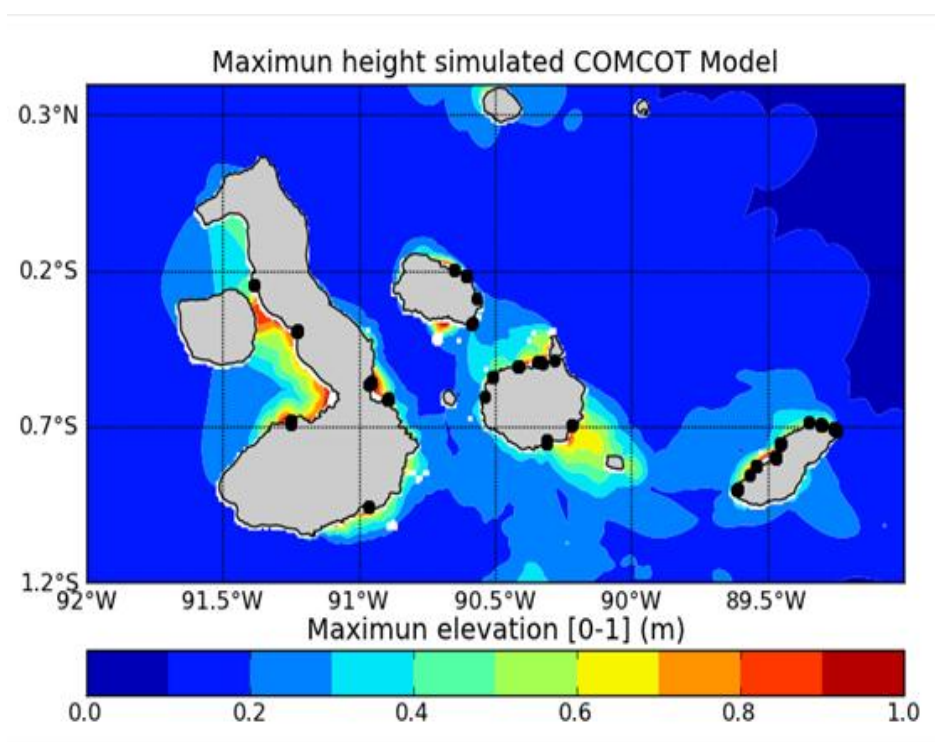


Figure 7 Resultado del modelo numérico COMCOT, los puntos negros representa los lugares de visita

Una vez que han sido determinados los posibles lugares que experimentaron una gran altura de ola, el siguiente procedimiento consiste en la visita de campo. Para la determinación de los efectos del tsunami se requiere cierto grado de experiencia, especialmente cuando ha pasado mucho tiempo luego del impacto. El personal que conformaba el equipo contaba con experiencia de levantamientos en otros lugares, como aquellos que fueron devastados por el evento de Sumatra del 2004.

Existen varias maneras para determinar si un lugar fue o no afectado por el tsunami, la determinación al final dependerá de la validez de las evidencias que permitan llegar a tal conclusión, de ahí que el propósito del equipo es encontrar alguna evidencia que permita sostener científicamente que el lugar fue o no afectado por el Tsunami. Dentro de las evidencias que se pueden constatar en el campo, se pueden citar las marcas de línea de agua, tanto en la playa como en estructuras costeras tales como las paredes de alguna

vivienda, muelles u otra estructura. También se realiza la observación de existencia de escombros, plásticos, y ramas secas colgadas sobre árboles, las mismas que constituyen evidencia física del flujo de un tsunami, el que se supone provoco esta reubicación de estos objetos a esas alturas. Finalmente, el depósito de sedimentos marinos así como de escombros y basura de mar, encontrados más allá de la línea de costa permiten inferir que su fuerza movilizadora fue efectivamente la de un tsunami.

De la misma manera como en cartografía se utiliza la marca de agua dejada por la más alta marea para definir la línea de costa, en el levantamiento de datos tsunami, se utiliza esta marca para definir tanto el run-up como la distancia horizontal de inundación. La Figura 8, muestra una clara diferenciación de estas líneas en una de las playas visitadas, en este caso estas se refieren a tres posibles eventos, que podrían ser la más alta marea, la marca dejada por los últimos aguajes y los niveles alcanzados por el tsunami.

Las notas de campo recogen todas las observaciones sobre el lugar, así como cualquier otra información que permita un mejor análisis de los datos recogidos. En especial de incluye la información respecto al terreno donde se realizaron las mediciones, para poder realizar una diferenciación de cada uno de ellos, por ejemplo es necesario diferenciar entre una medición sobre una duna, que aquella que se realizase sobre marcas de fluido que sobrepasaron el lado no expuesto al mar de la duna. Esta información es muy importante para un análisis más profundo y específico del lugar.



Figura 8 Diferenciación de las líneas de marcas de agua de marea, aguaje y tsunami.

Otro tipo de marca consiste en las líneas de agua sobre las paredes de viviendas que se encuentran en las ciudades costeras. En la Figura 9 se puede apreciar esta marca sobre la pared de una vivienda en Puerto Ayora.



Figura 9 Línea de marca de agua sobre la pared de una vivienda en Puerto Ayora.

La existencia de pequeños troncos, ramas secas y objetos flotantes, colgados sobre árboles, dan indicio de la existencia de un flujo de agua que permitió que estos elementos queden en posición permanente en estos lugares. Esta evidencia va acompañada de otras muestras de flujo como la decoloración de la vegetación y la evidencia de daños sobre las estructuras costeras. No siempre es sencillo poder determinar este tipo de evidencia, sin embargo al pericia de los observadores permite asociar diferentes rasgos y concluir si estos se deben o no al flujo de aguas producido por el tsunami.



Figura 10 Medición de la altura de ola a partir de ramas secas colgadas sobre los árboles.

El depósito de sedimentos marino, troncos y basura de mar, más allá de la línea de costa es una evidencia del impacto de un tsunami. La fotografía de la Figura 11 muestra una gran cantidad de rocas esparcidas sobre la costa, así como también una gran cantidad de troncos secos, todos ellos lejos de la línea de costa.



Figura 11 Depósito de rocas producido por el Tsunami, el tamaño de los escombros permite inferir la energía del impacto

RESULTADOS DE LEVANTAMIENTO DE DATOS

Los resultados de este levantamiento recogen los datos obtenidos durante las dos visitas de campo que el equipo realizó a las Islas Galápagos, la primera del 07 al 09 de Abril del 2011 y la segunda del 04 al 15 de Mayo del

2011. Tal como se puede observar en la Figura 12 y de acuerdo a los datos levantados, durante el tiempo entre la primera y segunda visita de campo, ocurrieron dos aguajes, que pudieron contaminar las evidencias de los efectos del tsunami sobre las islas, este hecho ha sido una consideración no menor al momento de evaluar las evidencias encontradas.

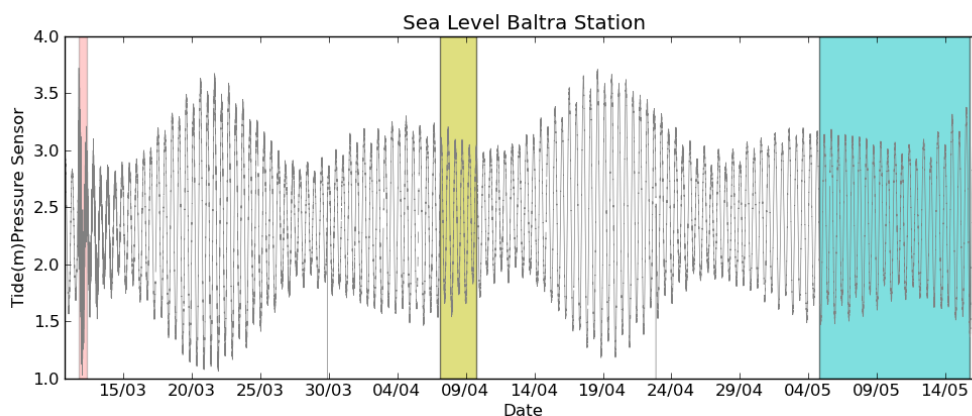


Figura 12 Sinopsis del Nivel de Marea en Baltra, la franja rosa representa la fecha de ocurrencia del tsunami, la amarilla y celeste las fechas de las dos visitas de campo realizadas a las islas. Nótese, los dos aguajes que sucedieron al tsunami.

Asimismo, es importante recalcar que los datos de las alturas del tsunami fueron corregidos al nivel de la marea al momento del impacto. En algunos de los lugares visitados fue muy difícil establecer una diferencia entre las marcas de los efectos de tsunami de aquellas dejadas por estos aguajes. Sin embargo, en algunas locaciones, donde las marcas de agua dejadas por el tsunami fueron ampliamente superiores de las de los aguajes, fue posible inferir cual fue la máxima elevación del nivel del mar producida por estos, en efecto en unas cuantas playas fue posible identificar que de ambos aguajes, el primero fue el que mayor inundación del mar causó sobre la costa. A lo largo de las playas parcialmente protegidas, los niveles alcanzados por los aguajes fueron de aproximadamente de 1.0 m. sobre el nivel de la máxima marea; y en lugares no protegidos estos valores alcanzaron hasta 2.0 m. Estos valores pueden ser usados para inferir la magnitud relativa del tsunami comparado con el máximo nivel de marea y las elevaciones de

las marcas de agua encontrada en el levantamiento.

Todas las mediciones presentadas en este documento son corregidas al estado de la marea al momento del impacto del tsunami. De los registros mareográficos de las estaciones de las islas Baltra y Santa Cruz, se obtuvo que la máxima ola, fuera la segunda y la tercera respectivamente para cada isla, su arribo se registró a las 18:00:00 en Baltra y las 17:38:00 en Puerto Ayora, para ambos casos hora local. Tanto los armónicos de marea predichos como los niveles de marea observados en ambas estaciones, son equivalentes en 1 cm. debido a esto y a que ambas estaciones no están ampliamente separadas en el espacio, las alturas registradas se interpretan como sobre el remanente de agua existente al momento del arribo de las grandes olas, así como más allá del nivel de la máxima marea para el momento del impacto del tsunami.

Es importante destacar, que para el levantamiento de datos en los lugares lejanos, se consideró la información mareográfica de estas estaciones (Baltra y Santa Cruz) que existe en el programa XTide, a fin de obtener las predicciones armónicas y con esta realizar la corrección a la marea al momento del impacto; este procedimiento fue ampliamente utilizado en el levantamiento de datos de la Isla San Cristóbal, así como también en la Isla Isabela y Santiago. Por tal motivo esto debe considerarse como un error introducido en la corrección por marea, dada la distribución espacial entre las islas. Del cómputo realizado para establecer la diferencia entre el rango de marea en Isla Baltra y San Cristóbal, se observó que la máxima diferencia entre el dato observado en Baltra y predicho en San Cristóbal es de aproximadamente 7 cm, un valor similar fue encontrado a través de todas las islas, y este valor fue utilizado para la corrección final de los datos levantados en cada punto.

La Figura 13 muestra una representación de los datos de run-up y elevación de flujo encontrados durante el levantamiento de datos. El valor más alto de altura de ola, fue encontrado al oeste de la Isla Isabela, con un valor de 6.12 de elevación de flujo, tomado a 15 metros de la línea de costa, a una distancia aproximada de 7 Km del punto conocido como Punta Moreno; para efectos de diferenciar este lugar del resto de puntos visitados, este sitio fue denominado “Playa Tsunami”.

Es importante destacar la diferencia entre el termino runup y elevación flujo, el primero establece un punto claramente definido en el que se puede apreciar además de la altura que alcanzó el agua de mar, la distancia horizontal de inundación; mientras que cuando se emplea el término flujo de elevación, se establece que las evidencias muestran marcas de aguas o rasgos de flujo a través de la línea de costa, sin

poder establecer claramente hasta donde avanzó el flujo de agua. Esta información se debe considerar para la lectura de las tablas del Anexo A, en donde se encuentra de manera detallada la información relacionada con cada sitio visitado. En este anexo también se puede encontrar el tipo de medición que se realizó, estas observaciones son de vital importancia para poder diferenciar entre cada uno de los datos, ya que recogen las apreciaciones de cada evidencia y que permiten inferir cual fue el comportamiento del flujo al momento del impacto.

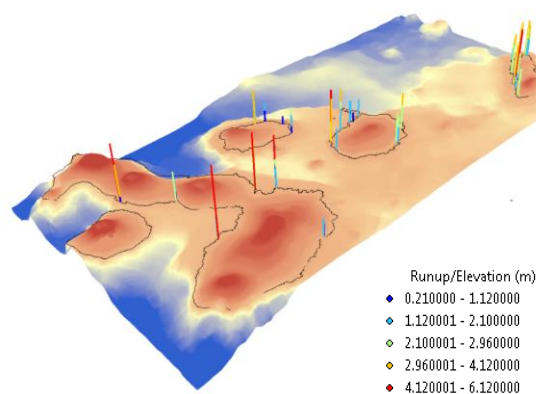


Figura 13 Datos de runup obtenidos durante el levantamiento de datos

ISLA SAN CRISTÓBAL

La isla San Cristóbal se extiende en dirección NE y tiene una superficie aproximada de 558.09 km², posee varias elevaciones, entre las que se destacan San Joaquín con 904 m. y Cerro Mundo con 304 m.,[INOCAR,2005]. Aquí en el extremo SO de la isla, se encuentra la capital de la Provincia de Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno, en donde encuentra concentrada casi en su totalidad la población humana de la isla. Característica especial de esta isla es la gran cantidad de vegetación en la parte alta, y la existencia de una laguna de agua dulce localizada a 600 metros de altura aproximadamente.

Dada la ubicación de la isla, podría esperarse no significantes efectos debido a que se

encuentra parcialmente protegida por las demás ubicadas relativamente en dirección de la amenaza, sin embargo este no fue el caso, en esta isla se registraron los mayores efectos en términos de afectación al ecosistema, así como la mayor distancia de inundación horizontal. De igual manera podría esperarse, que los lugares más impactados se encuentren ubicados la parte sur de la isla, por ser la mayormente expuesta. Estos particulares efectos se deben básicamente a la gran influencia de las características batimétricas que rodean la isla, las mismas que influyeron especialmente en la parte norte de la isla, donde el borde costero está rodeado por kilómetros de aguas poco profundas, y cuya configuración produce que la refracción direcciona hacia la playa toda la energía que se transmite a través del norte y oeste de la isla. Mientras que la parte sur se caracteriza por algunas playas que inmediatamente se conectan con las aguas profundas y que poseen un gran ángulo de aproximación de las olas, estas dos características combinadas permiten que la refracción sea insuficiente para causar daño en el borde costero. Estas expectativas dadas por la peculiar configuración costera de la isla, son consistentes con los resultados del modelamiento numérico, así como los testimonios de la población que presenciaron los efectos del tsunami.

La Figura 14 muestra la distribución de los puntos visitados en esta isla, así como también los valores obtenidos como runup e inundación horizontal, en cada uno de ellos. Como se puede apreciar, estos están distribuidos a lo largo del flanco NE de la isla, ubicación que obedece a los resultados del modelo numérico. En la parte norte existe una gran densidad de puntos, y es debido a la accesibilidad que tienen estas playas, en donde se aprovechó para levantar la mayor cantidad de información; siguiendo hacia el sur por el este, los desembarcos se realizaron principalmente sobre los lugares en los que era posible hacerlo y donde se esperaba encontrar gran cantidad de datos, evitando caletas de manglares y acantilados rocosos.

Los datos que se representan en el mapa da abajo, son las mediciones de runup y elevación de flujo en el lado derecho, y en la parte izquierda la barra de colores indica la distancia horizontal medida desde la línea de costa, la que en caso de ser medida sobre un runup, establece la máxima inundación horizontal, como es el caso de esta Figura 14. Asimismo se encuentran ploteados los diferentes puntos con tamaños y colores proporcionales a la distancia horizontal registrada en cada punto.

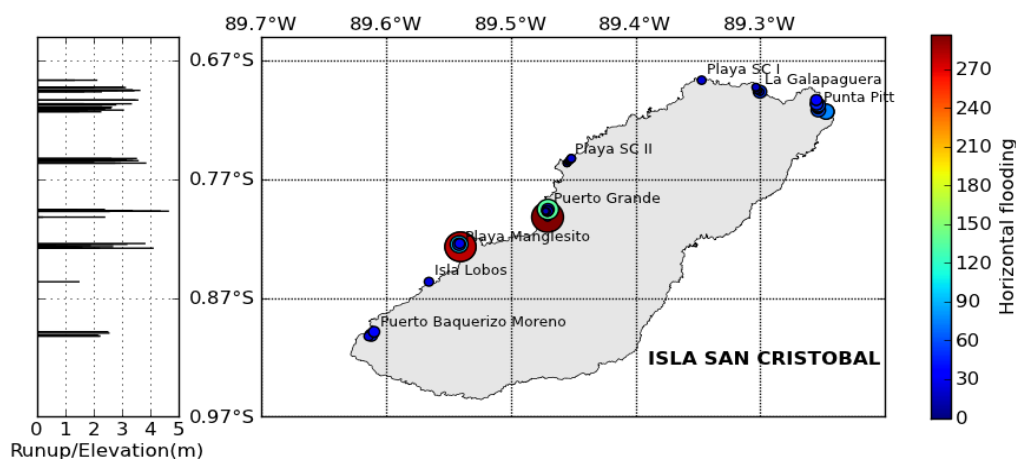


Figura 14 Representación de la elevación de flujo (izq.) y distancia horizontal de inundación dada por la coloración de cada punto (derecha) en la isla San Cristóbal.

A continuación se realizará una descripción sobre los hallazgos en cada punto, tratando de resaltar las observaciones que se consideren más importantes.

Puerto Grande

Está conformada por una caleta semi-cerrada, abrigada al norte por una extensión, la separa del mar. Ubicada en la costa centro-oeste de la isla, aquí se registró la mayor inundación horizontal de todas las islas, con un valor aproximado de 296.2 m. la altura en la que se tomó esta marcación fue de unos 2.8 m., este dato corresponde a un runup que fue medido tierra adentro en una proyección de la bisectriz de la caleta; es además el lugar que refleja el mayor impacto del tsunami sobre las islas. Las fotografías tomadas, tanto los días en los que se realizó el levantamiento, como aquellas que fueron tomadas por el personal del Parque Nacional Galápagos, reflejan la violencia con la que las olas ingresaron tierra adentro, causando todo tipo de daños a su paso. La Figura 15 muestra un canal formado por el ingreso de las aguas, esta fotografía fue tomada un día después del impacto del tsunami.



Figura 15. Entrada de Puerto Grande, Fuente: Parque Nacional Galápagos.

Dentro de las observaciones realizadas en este punto, se destaca la gran cantidad de energía liberada por el impacto del tsunami, que se

evidencia sobre el daño de la vegetación producida por el flujo de las aguas. La máxima elevación producida por el tsunami en esta área fue de 4.7 m., medidos sobre una playa rocosa en la punta que abriga a la caleta, esta medición se realizó a unos 13 m de la línea de costa. Los canales formados, por el ingreso de aguas conectaron la parte norte con la caleta, y se caracterizan por el depósito de rocas, arena y sedimentos marinos, distribuidos por una muy irregular topografía, evidencian una gran actividad hidrodinámica, tal como se puede apreciar en la fotografía de la Figura 16, la misma que fue captada el día posterior al impacto del tsunami. Es importante destacar que para el día en el que se realizó el levantamiento de datos, la cantidad de arena visible fue muy inferior a la que se aprecia en las fotografías, esto posiblemente por la influencia de lluvias y viento, que ocurrieron los días posteriores al tsunami.



Figura 16 Fotografía tomada al interior de Pto Grande, nótese la gran cantidad de arena depositada sobre rocas, y que ciertamente fue arrastrada por el tsunami. Fuente: Parque Nacional Galápagos.

Manglecito (Punta Bassa)

Compuesta por dos grandes playas, de topografía plana y seguida por una extensa vegetación, en su interior se puede apreciar una alguna da agua salada. El fondo marino de la rada es una mezcla entre rocas y arena, en la parte más cercana a la línea de costa. Aquí la distancia de inundación horizontal máxima fue

de 281.7 m., medidos desde la línea de costa a la parte trasera de una duna de arena, a una altura de 1.4m. esta medición constituye un runup. Mientras que la mayor altura de flujo fue de 4.1 m., medidos a una distancia de 25 metros de la línea de costa. La fotografía de la Figura 17(tomada el día posterior al tsunami), muestra la parte sur de Manglecito, aquí se puede apreciar el escarpe formada por el ingreso de las aguas tierra adentro.



Figura 17 Fotografía de la playa sur en Manglecito, nótese el escarpe formado por el ingreso de las aguas. Parque Nacional Galápagos

La mayoría de las mediciones aquí se realizaron sobre las crestas de las dunas de arena, considerando las evidencias de flujo de agua sobre la playa y sobre la vegetación. Es importante considerar que el personal del Parque Nacional Galápagos y otras instituciones, procedieron a realizar una limpieza de esta área, inmediatamente los días posteriores al tsunami, especialmente por tratarse de un lugar turístico, por tal motivo no se pudo apreciar por ejemplo el tamaño de los las rocas arrastradas, ni evidencia de trocos u objetos esparcidos por la playa. Sin embargo, dada la cantidad de energía con al que el tsunami arribó a este lugar, aun prevalecían los daños a la vegetación, así como el depósito de arena al interior de la laguna. La fotografía de la Figura 18 muestra estas evidencias captadas los días del levantamiento.



Figura 18 Fotografía de la playa sur en Manglecito, nótese la vegetación inclinada en la dirección del flujo.

Otros lugares visitados tales como Isla Lobos, Punta Pitt y la Galapaguera, registraron valores menores a los encontrados en Puerto Grande y Playa Manglecito, estos valores se pueden encontrar en el Anexo A de este documento, donde se encuentran las coordenadas geográficas de cada punto, con los correspondientes valores encontrados, para todas las islas.

Isla Lobos

Es una pequeñísima isla ubicada al SO, separada por un estrecho canal de la isla San Cristóbal, aquí se pudo apreciar que el agua sobrepasó la pequeña isla, dejando como evidencia las muestras de flujo sobre la vegetación, con esto se pudo determinar que la elevación de flujo fue alrededor de 1.5 m.

Playa SCI (San Cristóbal I)

Tanto esta playa como las otras que se van a revisar, tienen esta abreviación tomada del nombre de la isla, en su denominación, debido a que no se posee un registro toponímico que permita determinar cómo debe ser llamado. Este sitio está ubicado en el extremo norte de la isla hacia el oeste, es una playa pequeña de arena, con escasa vegetación. Aquí se pudo determinar un máximo runup de 1.3 metros con una distancia horizontal de inundación de 22.3

m., medidos detrás de la cresta de la duna de la playa.

Playa SC II (San Cristóbal II)

Ubicada en la parte norte del Cerro el Brujo, es una extensa playa arenosa de casi 1 km de longitud, caracterizada por una duna alta de arena. En este sitio se midió un máximo de elevación flujo de 3.9 m. a una distancia de 15.3 m. de la línea de costa. Mientras que la máxima inundación horizontal fue de 20.1 m. medidos sobre las evidencias de flujo a unos 2.6 m., tal como se puede apreciar en la fotografía de la Figura 19.



Figura 19
Medición de la distancia de inundación sobre la playa SC II

La Galapaguera

Este sitio se encuentra en la costa centro norte de la isla. La franja de playa es relativamente angosta, pero con una duna bastante alta como para separar el ambiente de playa de la vegetación. Los depósitos de arena gruesa y algunas rocas pequeñas, permitieron determinar el alcance y altura de las olas. La máxima inundación horizontal en este sitio fue de 52.3 m. medidos justamente en la parte trasera de la duna, la altura del punto donde se realizó la medición fue de 1.7 m. La máxima altura registrada fue de 3.7 m., que se midieron a unos 16.1 m. de la línea de costa en una marca de flujo.



Figura 20 Depósito de sedimentos marinos en una medición de runup en la Galapaguera

Punta Pitt

Ubicada en el extremo NE de la isla, es una extensión de casi media milla hacia el mar y se caracteriza por la existencia de un cerro de aproximadamente 278 m. de altura. Durante el recorrido se pudo observar gran cantidad de troncos secos y depósitos marinos, arrojados más allá de la línea de pleamar, así como rasgos de vegetación afectada por el incremento del nivel mar.

Puerto Baquerizo Moreno

Esta ciudad puerto asentada en la Bahía Naufragio, capital de la Provincia de Galápagos, es un fondeadero natural con una gran cantidad de embarcaciones menores y algunas de tamaño mediano, especialmente de características logísticas. Los efectos del impacto del tsunami sobre la población y la ciudad de Puerto Baquerizo Moreno, no fueron mayores, excepto por la inundación provocada por el arribo de las olas, la misma que no causó un mayor daño. Los testimonios recogidos sobre la población testifican que el arribo de los olas dejó marcas de agua similares a las de un aguaje normal. Las mediciones realizadas en Puerto Baquerizo Moreno muestran una máxima inundación horizontal a una distancia de 46.9 m. y una máxima elevación de flujo de 2.6 m., ambos en diferentes puntos. La Figura

21 muestra una de estas mediciones realizadas considerando el testimonio de la población respecto de cuál fue el nivel del agua alcanzado tras el impacto del tsunami.



Figura 21 Medición de la inundación horizontal, tomada de acuerdo a testimonios de la población sobre las marcas de agua encontradas luego del impacto del tsunami.

ISLA SANTA CRUZ

La isla Santa Cruz está ubicada prácticamente en el centro del Archipiélago. Posee una gran cantidad de recursos turísticos, siendo esta la principal actividad en la isla. Tiene una superficie de 985.6 km² y su altura máxima es 860 m. [DEM, 2011], su aspecto geométrico es predominantemente circular. La parte alta de la isla se caracteriza por abundante vegetación, que la hace diferente de la parte baja más cercana al mar. En la parte sur de la isla se encuentra Puerto Ayora que es la ciudad que concentra la mayor parte de la población, y a su

vez es la ciudad que presenta mayor actividad humana en toda la provincia de Galápagos.

Al norte de la isla se encuentra isla Baltra, la que se encuentra separada solamente por un estrecho canal llamado Itabaca. Los efectos del tsunami fueron ampliamente notorios en esta isla, no solo por las evidencias físicas resultados del impacto de las olas, sino debido a que a diferencia de las otras islas, aquí se pudo registrar instrumentalmente el arribo de las olas tanto al sur como al norte de la isla. El mareógrafo de Baltra, que se encuentra al norte y el mareógrafo de Santa Cruz al sur, registraron con diferentes sensores, el arribo de las olas con un periodo de 1 minuto, logrando captar todas las perturbaciones y su permanencia en el tiempo. Asimismo, aunque con un periodo mayor, el ADCP de Santa Cruz permitió captar cada 20 minutos la velocidad (magnitud y dirección) y temperatura del agua de los momentos del impacto del tsunami. También se puede mencionar, la deriva de las boyas de ayuda a la navegación que existen en el Canal de Itabaca, las que de acuerdo al reporte del INOCAR tuvieron que ser reubicadas en sus posiciones originales luego del tsunami. Todos estos registros permitirán un análisis detallado del comportamiento de las olas al impacto con las islas.

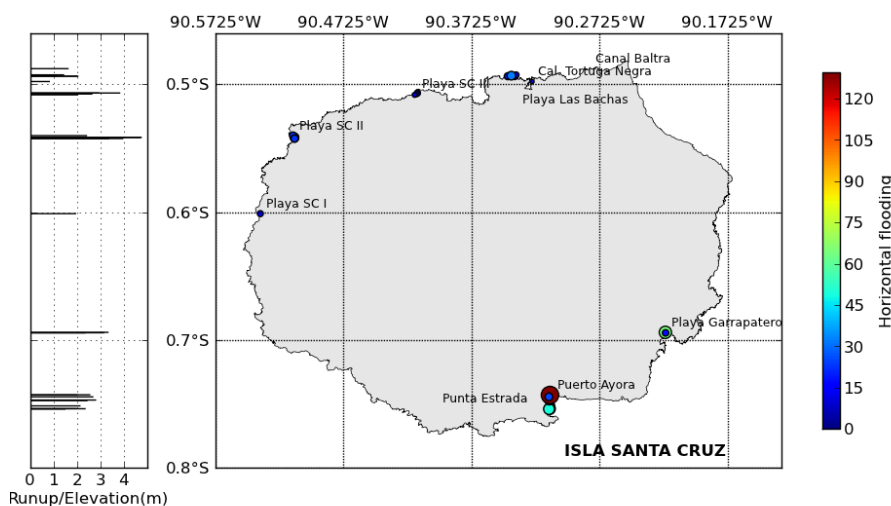


Figura 22 Representación de la elevación de flujo (izquierda) y distancia horizontal de inundación dada por la coloración de cada punto (der.) en la isla Santa Cruz

La Figura 22 muestra un mapa con la representación de los datos levantados en la isla. El valor más alto de elevación se encontró en el denominado sitio SC II (Santa Cruz II), con un valor aproximado de 4.8 m. Mientras que el valor máximo de inundación se registró en la ciudad de Puerto Ayora con un valor de 129.5 m.

A continuación se realizará una descripción sobre los hallazgos en cada sitio, tratando de resaltar las observaciones que se consideren más importantes.

Playa SAC I (Santa Cruz I)

Es una playa en forma de arco, ubicada en la costa oeste de la isla. Dada la terminación del bajo de playa en una pared vertical erosionada y cubierta de vegetación, fue muy difícil establecer una diferencia entre las evidencias de tsunami y de los agujeros, por lo que se concluyó que las marcas encontradas pertenecen a las dejadas por los agujeros. Las marcas encontradas fueron de 2 m. de altitud y la máxima distancia medida desde la línea de costa fue 15.3 m.

Playa SAC II (Santa Cruz II)

Ubicada en la costa noroeste de la isla, se caracteriza por la mezcla de fondo rocoso y arenoso en la anteplaya y por la existencia de dos lagunas en el cordón litoral, ubicadas tras las dunas de arenas que también la caracterizan. El valor más alto de runup observado fue de 4.8 m. medidos sobre la cresta de una duna con una distancia horizontal de inundación de 29.5 m. Los hallazgos permitieron observar que el fluido pudo sobrepasar la duna, pero en una muy pequeña cantidad, sobre esta localidad. No se encontró una evidencia fuerte, que permita concluir que el tsunami pudo depositar

sedimentos marinos sobre las lagunas, además que, como se pudo observar la magnitud del viento es bastante fuerte y suficiente como para arrastrar pequeños sedimentos y esparcirlos por todo el sitio.

Playa SACIII (Santa Cruz III)

Esta playa ubicada también al noroeste de la isla, se caracteriza por tener una forma de arco y la existencia de una laguna en cordón litoral. Los hallazgos encontrados fueron gran cantidad de rocas pequeñas, esparcidas más allá de la línea de la pleamar y con tamaño y peso suficiente como para ser movilizadas por el tsunami. Se pudo apreciar que las dunas de baja altura fueron fácilmente sobrepasadas por el tsunami. La medición de flujo de elevación más alta fue de 3.8 m. a una distancia de 14.4 m. de la línea de costa. El resto de puntos levantados, fueron ubicados sobre la cresta de dunas a lo largo de la playa con flujo que no pudo sobrepasar la duna y que su altura osciló entre 2 y 3.8 metros.

Playa Las Bachas

En la playa Las Bachas, se observó un run-up de 1.1 con una distancia horizontal de inundación de 32 m., sin embargo, también se pudo apreciar que en algunos lugares el agua probablemente sobre sobrepasó las dunas existentes, teniendo estas una altura aproximada de 2 m. La altura máxima de estas mediciones fue de 2.1 m medidos sobre la cresta de una duna a una distancia de horizontal de 21m.

Caleta Tortuga Negra

Sobre el lugar conocido como Tortuga Negra, no se pudo apreciar claramente un valor elevado de runup, en vista que esta pequeña

bahía es ocupada ampliamente por manglares. Sin embargo, escasas señales de estacas y vegetación seca, permitieron inferir una elevación de flujo hasta unos 0.8 m.

Canal de Itabaca (Baltra)

Las mediciones realizadas sobre las marcas de agua que se encontraban en las estructuras que existen en el Canal de Itabaca, permitieron establecer un máximo de flujo de elevación de 1.6 m.

Playa El Garrapatero

En este sitio, la medición realizada en la caseta del Parque Nacional Galápagos, muestra un flujo de 0.90 m de altura. Aquí se pudo apreciar que la playa fue fuertemente erosionada por el impacto del tsunami, dejando como resultado la formación de canal de aproximadamente 29 metros de ancho con una la altura media de 1.3 m., que fue medida sede el suelo base en el escarpe, como se puede apreciar en la fotografía de la Figura 23. Asimismo se pudo observar que la laguna existente en el cordón litoral se vio conectada con el mar, esta afirmación se concluye luego de observar sedimentos marinos a lo largo del canal y depositados en la laguna. La distancia desde la línea de costa hasta la laguna es de 115.3 m



Figura 23 Playa El Garrapatero, escarpe que da paso al canal formado por la erosión causada por el impacto del tsunami

Sobre la parte de la playa que no fue afectada por la formación de este canal, las máximas mediciones de flujo de elevación fueron de 3.3 m. con una inundación horizontal de 64.7m. las mediciones del flujo de elevación se realizaron considerando las marcas de agua en la caseta del PNG.

Mediciones realizadas sobre el borde costero, alejados de esta modificación a la morfología, permitieron extraer una runup máximo de 2.4 m. y una distancia de 18 m.



Figura 24 Playa El Garrapatero, canal formado por la erosión durante el impacto del tsunami

Punta Estrada

Las mediciones realizadas para este sitio se realizaron en la ruta de acceso a la estación de marea. Aquí se encontraron sobre algunas puertas, marcas de agua que indicaban la altura que había alcanzado el agua. La determinación clara de los límites de inundación horizontal fue difícil, debido la cantidad de vegetación existente, aunque la existencia de escombros denotaban la cantidad de energía con la que el tsunami impactó el área, esto se puede observar en la fotografía de la Figura 25, donde además se aprecia la destrucción de un puente de madera que era utilizado para transitar por el área.



Figura 25 Daños producidos por el impacto de las olas, en la ruta a Punta Estrada.

La medida de runup más alta sobre esta área fue de 2.4 m. con una inundación horizontal de 55.1 m. Algunas marcas de agua sobre las puertas de las viviendas existentes en el área, permitieron establecer un flujo de agua.



Figura 26 Daños producidos por el impacto de las olas, en la ruta a Punta Estrada.

Puerto Ayora

Sobre las mediciones en la ciudad, fue muy difícil establecer un runup, ya que las marcas de agua (algunas difícilmente visibles) se perdían sobre las viviendas o simplemente los propietarios las habían borrado. Considerando las marcas de agua existentes, se pudo establecer un máximo de flujo de elevación de 2.8 m., y en otra medición se obtuvo un máximo de inundación horizontal de 129.5 m.

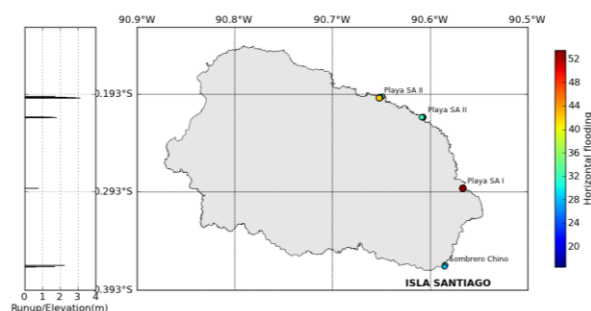
La Figura 27 muestra una de las mediciones realizadas, tomando como referencia una línea

de marca de agua encontrada sobre una de las construcciones existentes en Puerto Ayora.



Figura 27 Medición del run-up realizada sobre una línea de marca de agua en la ciudad de Puerto Ayora-

ISLA SANTIAGO



Santiago está formada por dos volcanes y cubre un área aproximada de 600 km². La isla tiene un buen número de playas de arena algunas de ellas abiertas al turismo ubicadas tanto al este como al oeste de la isla. La costa norte y sur es en gran parte rocosa, pero hay un grupo de playas de arena con acceso restringido pero seguro para embarcaciones pequeñas.

De acuerdo con las predicciones del modelo COMCOT, las máximas altura de olas deben encontrarse a lo largo de la costa central del norte y en una franja relativamente estrecha de la costa sur central. En estas zonas, las aguas costeras poco profundas se extienden relativamente más hacia mar adentro. Se debe mencionar además, que no fue posible visitar la sección sur de Santiago, por lo que no se pudo evidenciar los efectos físicos y por consiguiente no se pudo establecer si los patrones de altura

modelados son razonables en esta área. A continuación la revisión de cada sitio visitado.

Sombrero Chino

Esta es una pequeña isla llamada así a causa de un fuerte pico central de forma similar a la forma cónica de estos sombreros (Coolie). Según el modelo, la altura del tsunami esperada en esta área sería relativamente baja. Los puntos visitados en esta área se encuentran dentro de un canal que separa Sombrero Chino de la Isla Santiago, de esta manera se puede presumir que esta fue relativamente protegida del impacto del tsunami. Las playas son muy cortas, con menos de 15 metros horizontales de playa de arena, tras la cual se encuentran estructuras rocosas de flujo de lava en bruto, la vegetación consiste en pastos bajos y arbustos. En este lugar no se encontraron señales claras de la inundación del tsunami, lo cual es concordante con el modelo, que predijo bajas alturas de ola para esta área.

A pesar de que se encontraron tres marcas claras de sedimentos marinos depositados más allá de la pleamar, las tres dieron elevaciones inferiores al umbral de marea de aguaje determinado anterior-mente. Bajo esta apreciación, se puede concluir con seguridad que la elevación máxima del tsunami fue menos de 2.0 m., la más alta de estas marcas fue de 2.3 m. medidos a 28.5 m. de la línea de costa.

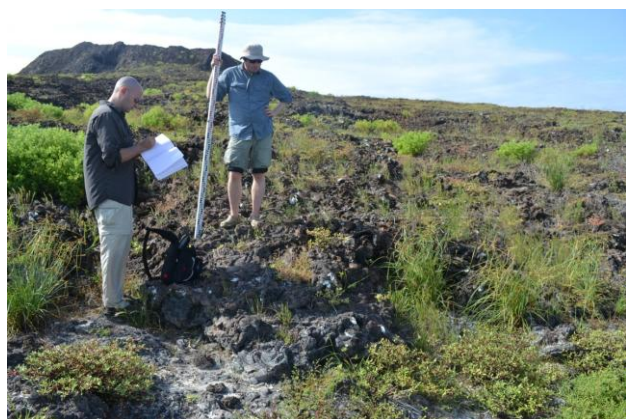


Figura 28 Depósitos de sedimentos marinos encontrados en la playa de Sombrero Chino

Playa SA I (Santiago I)

En esta playa ubicada en la costa noreste de la isla se encontraron varias marcas de inundación, pero todas estaban por debajo de la cresta de las dunas y por debajo de los nidos de tortugas, esta es una clara señal de que el tsunami no sobrepasó el nivel de la marea. Aunque, también se concluye que en este lugar la elevación máxima del tsunami fue menor de 2.0 m., los hallazgos encontrados son consistentes con las predicciones del modelo.

Playa SA II (Santiago II)

Este punto de levantamiento fue dividido en dos sitios diferentes, y fueron los dos últimos lugares visitados, ambos ubicados al norte de la isla. El primero, una pequeña playa protegida por una barrera rocosa en forma de caleta, con una pequeña entrada de 25 metros de ancho, y una anchura aproximada de 130 m., la entrada estaba alineada con el centro de la caleta y la playa en forma de arco se distribuye simétricamente sobre esta línea central.

Aquí se encontró una marca de inundación provocada por el aguaje de 1.0 m. de alto. La playa tenía una duna baja con una elevación de 1,4 m en el centro y 1,1 m en las extensiones laterales. Se observa que el tsunami sobrepasó la duna en todas partes a lo largo de esta playa, además también se encontraron depósitos de arena fina extendidos a 20 metros más allá de la cresta de la duna, ver Figura 31.



Figura 29 Playa SA II, Sedimentos marinos, arena fina y escombros sobre el cordón litoral de la playa

En esta área se obtuvo una máximo de elevación flujo de 1.8 m. y una máxima distancia de inundación horizontal de 37.8 m. Los datos fueron tomados considerando las marcas de flujo encontradas en la vegetación ubicada en la parte trasera de la duna, aquí se encontraron profundidades de flujo máximo de 50 cm., medidos sobre el suelo. En este lugar no hubo una evidencia clara de la variación lateral de tsunami, es decir, a pesar de existir dos playas contiguas a la caleta, no se evidenció una interconexión entre las inundaciones, esto, probablemente debido a la reducida escala espacial de la playa en la caleta, en relación con la longitud de onda del tsunami.

El otro lugar 5.5 kilómetros al oeste y un poco más al norte, una playa de arena delimitada por afloramientos rocosos. Esta playa aparentemente es un sitio de anidación muy popular para las tortugas marinas, la cresta de la duna aparece ampliamente modificada por la actividad de anidamiento, pero esta alteración parece reciente. Debido a que este sitio es un lugar de reserva, no se puede concluir que exista una modificación importante sobre la duna, sin embargo las mediciones de flujo de elevación, permiten constatar, que el sistema de dunas fue sobrepasado por el tsunami, en toda su longitud. El valor más alto de runup fue de 3.2 m. medido sobre una distancia de 42.21 m. El valor máximo de inundación horizontal fue de 49.9 m.



Figura 30 Playa SA II, arena y evidencias de flujo en el cordón litoral de la playa

ISLA ISABELA

Isabela es la más grande de las islas Galápagos, tiene un solo asentamiento poblacional que es la ciudad de Puerto Villamil. Las características costeras de esta isla, son básicamente unas cuantas playas de arena que se extienden entre playas rocosas y densos manglares, en general para toda la costa la anteplaya se caracteriza por afloramientos rocosos. El acceso a la mayor parte de los lugares es bastante restringido, y en la mayoría de los casos únicamente es posible con embarcaciones menores.

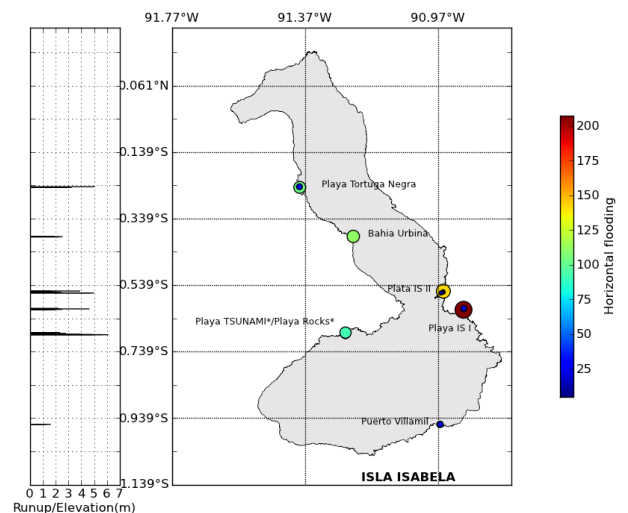


Figura 31 Representación de la elevación de flujo (izquierda) y distancia horizontal de inundación dada por la coloración de cada punto (derecha) en la isla Isabela

Los resultados del modelo numérico predicen una gran altura de ola en la costa central en los lados este y oeste de la isla, en puntos conocidos como Bahía Cartago y Bahía Elizabeth, respectivamente. En esta isla se registró el valor más alto de runup de todo el levantamiento, justamente en la costa oeste, a unos cuantos kilómetros de un sitio conocido como Punta Moreno. Una observación importante, es que debido a que en esta isla existen escasos sitios de visita (turísticos), la mayoría de las evidencias se encontraban intactas, sólo al vaivén de la naturaleza, esto facilitó tremendamente las mediciones. A

continuación se revisarán las notas de campo tomadas por casa sitio visitado.

Playa IS I (Isabela I)

El primer lugar visitado en la Isla Isabela corresponde a la Bahía de Cártago. Sobre este lugar, el primer punto de desembarco fue en un sitio antes de entrar a la bahía, específicamente el extremo sur de esta, aquí la altura del flujo fue de 4.6 m. Debido al suelo rocoso la determinación clara de la inundación horizontal, fue un poco difícil, sin embargo se pudo apreciar que el agua logró avanzar a través de canales formados por la formación rocosa, alcanzando por estos canales una distancia horizontal 207.50 m. Las trazas más comunes corresponden a troncos de árboles arrastrados hasta estas distancias por las aguas del tsunami. Las mediciones se realizaron considerando estas evidencias, aunque es probable que el agua haya sobrepasado estos límites.



Figura 32 Playa IS I Cordón Litoral rocoso, las evidencias como troncos secos y sedimento marino, depositado sobre estas rocas

Playa IS II (Isabela II)

Esta playa corresponde al extremo norte de la bahía de Cártago, en el trayecto era posible observar una fuerte diferenciación en el color de la vegetación sobre la línea de costa. Las marcas de inundación dejadas sobre los árboles (ramas y escombros colgando en la parte alta de los árboles), permitió constatar la altura de

ola alcanzada, esto fue posible gracias a los manglares existentes en el cordón litoral, el valor más alto de elevación de flujo fue de 3.9 m. La inundación horizontal no se pudo apreciar claramente debido a las formaciones rocosas detrás de los manglares, sin embargo la localización de sedimentos marino más allá de la línea de costa permitieron establecer un máximo de inundación horizontal de 148 m.



Figura 33 Playa IS II, Nótese la vegetación seca en la formación de manglares. Aunque no se aprecia bien en la fotografía, detrás de los manglares existe una formación rocosa (ígne) plana

Playa IS III (Isabela III)

Este sitio es bastante cercano a la playa IS III y está ubicada un poco más al interior de la bahía. Las evidencias más claras del impacto del tsunami se encontraron sobre la vegetación existente en el cordón litoral, caracterizado por la formación de manglares. En este sitio se determinó una máximo de flujo de elevación de 5.0 m., que fueron medidos a una distancia de 11.7 m. desde la línea de costa.



Figura 34 Playa IS III medida del flujo de elevación, sobre evidencias en los altos de los árboles

Playa Tortuga Negra

La playa Tortuga Negra, está ubicada sobre la costa que forma parte del canal que separa la Isla Isabela de la Isla Fernandina, aquí la altura aproximada del tsunami fue 5 metros, con una distancia de inundación de aproximadamente 103.5 m. El punto medido de 5 metros corresponde a la duna más alta en la playa, aquí se entiende que el agua pudo sobrepasar esta altura, pero resto fuerza para alcanzar la máxima inundación horizontal, la zona en la que se midió la máxima inundación horizontal, estaba protegida por una duna de aproximadamente 3 m. de alto, y sobre esta área se pudo evidenciar que el tsunami alcanzo parte de la vegetación existente.

Sobre la parte superior de la duna, podía observarse depósitos de sedimentos marinos, que evidencia el flujo que alcanzó a sobrepasar la altura de la duna.



Figura 35 Playa Tortuga Negra, la altura de la duna es de aproximadamente 3 m., esta fue sobrepasada por el tsunami

Bahía Urbina

El siguiente punto fue la Bahía Urbina, aquí las máximas mediciones se obtuvieron en el centro de la bahía, con una altura aproximada de 2.5 m. y una distancia horizontal de inundación de alrededor de 111.4 m. Hacia el sur de la bahía las mediciones no pudieron ser realizadas debido a la inaccesibilidad para caminar sobre

la línea de costa. Hacia al norte de la bahía las mediciones de la bahía fueron menores. Sin embargo en esta zona se pudo apreciar movimiento de sedimentos y de roca esparcidas aleatoriamente, presumiblemente por la fuerza del tsunami.

Playa Tsunami

Siguiendo hacia el sur, a unas 5 millas al norte de la Punta Moreno, un área determinada por el modelo COMCOT como de grandes alturas de olas, en el que se observó una altura de ola de 6.1 m., en este mismo punto no se pudo apreciar la distancia horizontal, ya que estaba compuesto por una barrera de manglares y tras de esta una barrera formada por escombros de flujo de lava, muy cerca de la línea de costa.



Figura 36 Lugar dónde se obtuvo la máxima altura de ola, a 5 millas al norte de Punta Moreno

De las observaciones se pudieron constatar gran cantidad de troncos secos y sedimento marino sobre las rocas.

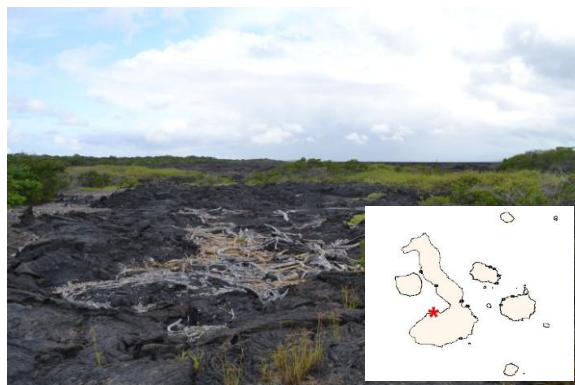


Figura 37 Troncos y objetos flotantes arrastrados más allá de la línea de costa

Sobre la misma línea un poco más al norte, el impacto de tsunami había dejado esparcidos sobre el área de playa, un gran número de rocas pequeñas distribuidas aleatoriamente.

En este sitio se pudo realizar una observación importante, normalmente sobre el impacto de un tsunami, las rocas grandes son primeramente impactadas y desplazadas tierra adentro por la fuerza de las olas, le siguen luego la arena y/o el sedimento más pequeño, estos usualmente son depositados sobre las rocas, demostrando que, sobre la disminución de la energía del impacto, el sedimento pequeño sigue siendo desplazado por olas más pequeñas; en este lugar sin embargo se pudo apreciar, sobre el perfil de la playa, que las rocas habían sido acumuladas sobre un pequeño acantilado que las aglomeró y el sedimento más pequeño se fue acumulando, más atrás de esta aglomeración en dirección hacia la playa.



Figura 38 Distribución de rocas arrastradas por el tsunami y el refluo de este al golpear con estructuras rocosas.

Esta inusual distribución de los sedimentos, puede ser explicado de la siguiente manera: Una vez que el tsunami impacta, las olas con mayor fuerza depositan las rocas grandes justo donde empieza el acantilado, las olas del tsunami vienen trayendo consigo la mezcla de sedimento marino, que como se mencionó, se deposita sobre las rocas, sin embargo, el flujo de tsunami continua golpeando el acantilado pero ya con poca energía, el flujo no puede

volver a mover dichas rocas, de tal manera que sólo pude desplazar al sedimento pequeño que estaba sobre ellas, y logra desplazarlos uno metros lejos en dirección del refluo, es decir hacia el mar.

Sobre el final de esta área se pudo medir la distancia de inundación horizontal sobre unos 92.5 m. en esta área compuesta de escombros rocosos de flujo de lava, se pudo apreciar las líneas de marca de agua que dejo el nivel de inundación, además que se constató esqueletos de animales muertos, presumiblemente, que quedaron atrapados sobre esta área rocosa. Aquí, el flujo de agua medido tuvo una elevación de 4.1 m., se puede apreciar que el flujo de agua pudo avanzar por las estructuras rocosas, formando ciertos canales y lagunas pequeñas.



Figura 39 Evidencia del flujo del tsunami sobre marcas de agua y escombros depositados más allá de la línea de pleamar

Puerto Villamil

En el área de Puerto Villamil no se registraron mayores aumentos del nivel del mar. Sin embargo gracias al testimonio del personal de la Capitanía de Puerto, presente al momento del impacto del tsunami, se pudo realizar la medición de la máxima altura sobre esta área, la misma que una vez corregido al estado de la marea al momento del impacto, dio como resultado un incremento de aproximadamente 30 cm. (Figura 42), que es concordante con los

datos del modelo COMCOT. Testimonios de la población indican que las aguas no inundaron mayormente la playa, y que mayores inundaciones se presentaron una semana después con el aguaje producido en esas fechas.



Figura 40 Mediciones en el Puerto Villamil

CONCLUSIONES

Los efectos del tsunami a su arribo a las costas de las islas, La oportuna evacuación de la población a lugares altos, así como la evacuación de las embarcaciones y la paralización de las actividades marítimas y turísticas, permitió reducir esto se observa ya que a pesar de que las olas alcanzaron las ciudades puertos, y lograron inundar las zonas urbanas, estas no mostraron grandes daños a pesar de haber alcanzado alturas considerables. Puede concluirse, que uno de los factores atenuantes para esta reducción en los daños de las estructuras costeras, es debido a que al momento del impacto del tsunami no había mayormente embarcaciones fondeados ni atracados en los puertos.

Las máximas medidas tanto de inundación horizontal como de run-up, se observaron en lugares deshabitados, por lo que la medición de estas evidencias fue posible con un mínimo de contaminación, de las mismas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue auspiciada por la National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos, número de proyecto 502451-00001, y el aporte técnico de la Universidad de Texas A&M y el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Asimismo se agradece la colaboración del Parque Nacional Galápagos, especialmente del personal de guardaparques que acompañaron al equipo durante las dos visitas de campo.

REFERENCIAS

- NGDC (2011), MARCH 11, 2011 JAPAN EARTHQUAKE AND TSUNAMI, [online] Available from: http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsunami/pdf/2011_0311.pdf
- Technology, L. I. (n.d.), Manual de usuario TRIPULSE,
- USGS, N. (2011), USGS Earthquake Hazards Program: Informe Preliminar de Sismo: COSTA ORIENTAL DE HONSHU, JAPON, Informe Preliminar de Sismo. [online] Available from: http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2011/eq_110311_c0001xgp/neic_c0001xgp_esp.html (Accessed 7 May 2011)

ANEXO A

SCz=Isla Santa Cruz
 SCb=Isla San Cristóbal
 Stg= Isla Santiago
 Isb= Isla Isabela
 Rv=Runp, Flujo vertical (m)
 Rh=Inundación horizontal (m)

Sitio	Isla	Coordenadas	Rv	Rh
El Garrapatero	SCz	S0 41.632 W90 13.262	3.34	64.7
El Garrapatero	SCz	S0 41.656 W90 13.253	2.35	18
El Garrapatero	SCz	S0 41.652 W90 13.236	3.15	0
Punta Estrada	SCz	S0 45.081 W90 18.629	2.14	25.4
Punta Estrada	SCz	S0 45.209 W90 18.684	1.98	0
Punta Estrada	SCz	S0 45.215 W90 18.685	2.36	55.1
Punta Estrada	SCz	S0 45.228 W90 18.716	1.5	50
Cal.Tor. Negra	SCz	S0 29.869 W90 19.517	0.83	8
Las Bachas	SCz	S0 29.618 W90 20.328	2.02	20
Las Bachas	SCz	S0 29.557 W90 20.263	1.44	15
Las Bachas	SCz	S0 29.621 W90 20.652	2.05	21
Las Bachas	SCz	S0 29.594 W90 20.483	1.12	32
Baltra Channel	SCz	S0 29.266 W90 16.824	1.63	0
Puerto Ayora	SCz	S0 44.807 W90 18.696	2.81	40
Puerto Ayora	SCz	S0 44.834 W90 18.756	2.44	0
Puerto Ayora	SCz	S0 44.561 W90 18.589	2.56	23.4
Puerto Ayora	SCz	S0 44.571 W90 18.672	2.01	129.5
Puerto Ayora	SCz	S0 44.657 W90 18.723	2.69	25
Puerto Grande	SCb	S0 48.121 W89 28.227	2.41	296.2
Puerto Grande	SCb	S0 48.121 W89 28.227	0.21	20.9
Puerto Grande	SCb	S0 47.797 W89 28.219	2.98	18.4
Puerto Grande	SCb	S0 47.734 W89 28.211	2.4	135
Puerto Grande	SCb	S0 47.734 W89 28.211	1.4	45
Puerto Grande	SCb	S0 47.788 W89 28.216	3.38	18.4
Puerto Grande	SCb	S0 47.815 W89 28.234	4.37	35
Puerto Grande	SCb	S0 47.815 W89 28.234	1.67	35
Puerto Grande	SCb	S0 47.837 W89 28.280	2.57	18
Puerto Grande	SCb	S0 47.820 W89 28.315	4.66	13
P. Manglesito	SCb	S0 49.564 W89 32.462	0.66	87
P. Manglesito	SCb	S0 49.564 W89 32.462	1.9	24
P. Manglesito	SCb	S0 49.637 W89 32.482	1.5	87
P. Manglesito	SCb	S0 49.637 W89 32.482	1.6	26
P. Manglesito	SCb	S0 49.689 W89 32.484	4.12	25
P. Manglesito	SCb	S0 49.689 W89 32.484	2.22	25
P. Manglesito	SCb	S0 49.618 W89 32.416	1.39	281.7
P. Manglesito	SCb	S0 49.618 W89 32.416	2.69	65
P. Manglesito	SCb	S0 49.618 W89 32.416	0.79	281
P. Manglesito	SCb	S0 49.493 W89 32.481	3.19	49
P. Manglesito	SCb	S0 49.493 W89 32.481	1.09	94
P. Manglesito	SCb	S0 49.493 W89 32.481	2.69	49
P. Manglesito	SCb	S0 49.455 W89 32.456	3.83	30
Isla Lobos	SCb	S0 51.386 W89 33.932	1.5	25
Pto Moreno	SCb	S0 54.084 W89 36.702	2.16	46.9
Pto Moreno	SCb	S0 54.138 W89 36.829	2.23	25
Pto Moreno	SCb	S0 54.116 W89 36.836	2.23	0
Pto Moreno	SCb	S0 53.979 W89 36.558	2.56	23.5
Pto Moreno	SCb	S0 53.911 W89 36.568	2.52	36
Punta Pitt	SCb	S0 42.802 W89 14.806	2.27	66.5
Punta Pitt	SCb	S0 42.791 W89 14.839	1.49	75.6
Punta Pitt	SCb	S0 42.715 W89 15.199	3.07	25
Punta Pitt	SCb	S0 42.710 W89 15.209	1.79	61
Punta Pitt	SCb	S0 42.666 W89 15.223	2.41	28
Punta Pitt	SCb	S0 42.628 W89 15.232	2.62	33
Punta Pitt	SCb	S0 42.566 W89 15.233	2.65	36.8
Punta Pitt	SCb	S0 42.462 W89 15.214	2.3	61
Punta Pitt	SCb	S0 42.451 W89 15.253	2.8	26
Punta Pitt	SCb	S0 42.398 W89 15.287	3.35	39
Punta Pitt	SCb	S0 42.398 W89 15.287	1.65	48.3
Punta Pitt	SCb	S0 42.208 W89 15.303	3.58	34.8
Punta Pitt	SCb	S0 42.208 W89 15.303	3.48	36.8

Galapaguera	SCb	S0 41.787 W89 18.013	1.67	52.3
Galapaguera	SCb	S0 41.793 W89 18.011	2.29	18.1
Galapaguera	SCb	S0 41.741 W89 18.091	3.44	13.1
Galapaguera	SCb	S0 41.720 W89 18.135	3.65	16.1
Galapaguera	SCb	S0 41.720 W89 18.135	2.85	16.1
Galapaguera	SCb	S0 41.692 W89 18.156	3.38	16
Galapaguera	SCb	S0 41.589 W89 18.190	2.02	15
Galapaguera	SCb	S0 41.576 W89 18.195	3.14	16.3
Galapaguera	SCb	S0 41.557 W89 18.207	3.06	18.3
Playa SC I	SCb	S0 41.205 W89 20.818	2.13	13.3
Playa SC I	SCb	S0 41.205 W89 20.818	1.33	22.3
Playa SC II	SCb	S0 45.393 W89 27.294	3.86	15.3
Playa SC II	SCb	S0 45.393 W89 27.294	2.76	15.3
Playa SC II	SCb	S0 45.393 W89 27.294	2.96	15
Playa SC II	SCb	S0 45.317 W89 27.243	2.02	13
Playa SC II	SCb	S0 45.270 W89 27.186	3.39	16.2
Playa SC II	SCb	S0 45.270 W89 27.186	3.59	16.2
Playa SC II	SCb	S0 45.234 W89 27.155	3.17	15.2
Playa SC II	SCb	S0 45.159 W89 27.085	3.53	20.1
Playa SC II	SCb	S0 45.159 W89 27.085	2.63	20.1
Playa SAC I	SCz	S0 36.065 W90 32.252	1.95	15.3
Playa SAC II	SCz	S0 32.499 W90 30.647	4.73	29.6
Playa SAC II	SCz	S0 32.486 W90 30.649	4.76	29.5
Playa SAC II	SCz	S0 32.406 W90 30.716	2.42	22.6
Playa SAC II	SCz	S0 32.544 W90 30.646	3.97	22.3
Playa SAC II	SCz	S0 32.544 W90 30.646	3.37	22.3
Playa SAC III	SCz	S0 30.408 W90 24.887	3.84	14.4
Playa SAC III	SCz	S0 30.408 W90 24.887	2.94	14.4
Playa SAC III	SCz	S0 30.454 W90 24.929	2.65	12.6
Playa SAC III	SCz	S0 30.494 W90 25.015	2.04	10.4
Somb. Chino	Stg	S0 22.089 W90 35.048	2.27	28.5
Somb. Chino	Stg	S0 22.185 W90 35.118	0.51	16.5
Somb. Chino	Stg	S0 22.191 W90 35.126	0.64	17.4
Somb. Chino	Stg	S0 22.167 W90 35.095	1.72	28
Playa SA I	Stg	S0 17.368 W90 33.977	0.8	53.5
Playa SA II	Stg	S0 13.004 W90 36.420	1.1	27
Playa SA II	Stg	S0 13.004 W90 36.420	1.6	37.8
Playa SA II	Stg	S0 13.031 W90 36.451	1.82	34.6
Playa SA II	Stg	S0 13.031 W90 36.451	1.42	26.3
Playa SA II	Stg	S0 13.031 W90 36.451	1.02	22.9
Playa SA II	Stg	S0 13.011 W90 36.502	1.05	31.8
Playa SA II	Stg	S0 11.785 W90 39.024	2.39	34.2
Playa SA II	Stg	S0 11.742 W90 38.923	1.74	30.1
Playa SA II	Stg	S0 11.809 W90 39.086	2.9	49.9
Playa SA II	Stg	S0 11.833 W90 39.115	2.85	42.1
Playa SA II	Stg	S0 11.833 W90 39.115	3.15	42.1
Playa IS I	Isb	S0 36.728 W90 53.636	2.51	27.6
Playa IS I	Isb	S0 36.794 W90 53.696	1.45	32.8
Playa IS I	Isb	S0 36.794 W90 53.696	1.95	207.5
Playa IS I	Isb	S0 36.681 W90 53.655	1.8	12.7
Playa IS I	Isb	S0 36.638 W90 53.642	4.63	24
Playa IS I	Isb	S0 36.545 W90 53.653	2.26	23.9
Playa IS II	Isb	S0 33.415 W90 57.311	3.91	17.5
Playa IS II	Isb	S0 33.439 W90 57.328	1.64	52.9
Playa IS II	Isb	S0 33.439 W90 57.328	1.74	142.1
Playa IS II	Isb	S0 33.592 W90 57.380	2.1	14.6
Playa IS II	Isb	S0 33.661 W90 57.390	2.44	4.7
Playa IS III	Isb	S0 33.768 W90 57.755	4.99	7.9
Playa IS III	Isb	S0 33.769 W90 57.757	4.69	11.7
P Tor. Negra	Isb	S0 14.706 W91 23.198	3.25	22.8
P Tor. Negra	Isb	S0 14.706 W91 23.198	3.05	42.8

P Tor. Negra	Isb	S0 14.706 W91 23.198	0.45	103.5
P Tor. Negra	Isb	S0 14.594 W91 23.251	5.04	25.9
Urbina Bay	Isb	S0 23.607 W91 13.673	2.54	8.6
Urbina Bay	Isb	S0 23.607 W91 13.673	0.94	8.6
Urbina Bay	Isb	S0 23.661 W91 13.740	2.22	18.8
Urbina Bay	Isb	S0 23.558 W91 13.554	1.88	13.3
Urbina Bay	Isb	S0 23.558 W91 13.554	0.78	111.4
Playa Tsunami	Isb	S0 41.291 W91 15.013	4.8	23.6
Playa Tsunami	Isb	S0 41.291 W91 15.013	5.7	23.6
Playa Tsunami	Isb	S0 41.308 W91 15.051	6.12	15
Playa Tsunami	Isb	S0 41.285 W91 15.014	5.03	16.5
Playa Rocks	Isb	S0 41.259 W91 14.990	3.16	33.2
Playa Rocks	Isb	S0 41.259 W91 14.990	3.06	49
Playa Rocks	Isb	S0 41.211 W91 14.968	4.09	26

Playa Rocks	Isb	S0 41.161 W91 14.950	1.81	37.1
Playa Rocks	Isb	S0 41.161 W91 14.950	1.01	61.1
Playa Rocks	Isb	S0 41.071 W91 14.932	2.8	21.7
Playa Rocks	Isb	S0 41.071 W91 14.932	1	38.6
Playa Rocks	Isb	S0 40.924 W91 14.950	1.95	11.8
Playa Rocks	Isb	S0 40.914 W91 14.951	2.36	11.8
Playa Rocks	Isb	S0 40.914 W91 14.951	1.46	24
Playa Rocks	Isb	S0 40.914 W91 14.951	0.96	92.5
Puerto Villamil	Isb	S0 57.479 W90 57.944	1.12	28.7
Puerto Villamil	Isb	S0 57.468 W90 58.015	1.62	15.1
Puerto Villamil	Isb	S0 57.478 W90 57.913	1.3	26.5

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y SEDIMENTOLÓGICA DE LA BAHÍA DE JARAMIJÓ, EN LA PROVINCIA DE MANABÍ

Por: Bolívar Soledispa ⁽¹⁾

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados del reconocimiento geológico de la zona de playa, zona de dunas, de los acantilados, así como fotografías de las características geomorfológicas más sobresalientes de la Bahía de Jaramijó, observadas en el año 2008.

Los acantilados son de mediana a baja altura, conformados por rocas sedimentarias, principalmente de la Formación Tablazo. Hay algunos sectores donde la erosión es más fuerte, producto del socavamiento que hace el oleaje en la base de los acantilados.

También se presentan los resultados de las investigaciones realizadas sobre sedimentos superficiales de fondo, desde el punto de vista de la textura y de los parámetros estadísticos.

Un total de 45 muestras de sedimentos del fondo marino de la zona costera de Jaramijó, fueron analizadas, de cuyos resultados se determinó una predominancia de limo, aunque también hay arena, principalmente en la zona cercana a la orilla. También hay mezclas de estas dos fracciones, pero en menor proporción, y se ubican en el centro, y en sector oeste del área de estudio.

ABSTRACT

This article presents the results a geologic recognition of the beach zone, dunes zone, cliffs; as well as the must great photographs of geomorphologic characteristics of the Jaramijó Bay.

There are cliffs of median and low height, formed by sedimentary rocks, mainly of the Tablazo rocks formation. There are some sectors where the erosion is very hard, produced by undermine that makes a hard surge at the cliffs bases.

Also this article includes the results of the research made on superficial basic sediments, from a point of view of the texture and statistical parameters.

A total of 45 samples of sediments, of the marine bottom of the coastal zone of Jaramijó, were analyzed, of whose results slime predominance, although there is also sand mainly near the border zone. Also there are mixtures of these two fractions, but in smaller proportion, and they are located in the middle, and in the west sector of the research area.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de Julio, Base Naval Sur. Casilla 5940, Guayaquil-Ecuador. Fax: (593-4)248 5166 E-mail: geofisica@inocar.mil.ec

ANTECEDENTES

La línea de costa se constituye en la interface geográfica y geológica más importante entre la tierra y el mar. Desde la mitad del siglo anterior se observa en varias regiones del mundo una tendencia a la migración de las poblaciones hacia la zona litoral, lo que la convierte en una de las áreas de mayor interés en todos los aspectos.

Con relación a la zona costera ecuatoriana, un reconocimiento geológico de la línea de costa, así como el estudio de los sedimentos del fondo marino, es importante por cuanto en época de invierno, especialmente ante un evento El Niño, esta es afectada por torrenciales lluvias, las mismas que provocan que los ríos erosionen y transporten hacia el mar, grandes cantidades de sedimentos del continente. Es necesario, por lo tanto, conocer estos cambios en la línea costera y en la cubierta sedimentaria, información que sirve para ayudas a la navega-

ción, a través de las cartas hidrográficas que edita el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), además de la aplicación en otras actividades.

Basado en lo anteriormente expuesto, la División de Geología Marina del INOCAR, llevó a cabo el estudio titulado “Caracterización Geomorfológica y Sedimentológica de la Bahía de Jaramijó, Provincia de Manabí.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la Bahía de Jaramijó, ubicada en la Provincia de Manabí, al oeste del país (Figura 1). Frente a esta bahía se asienta la principal población que lleva el mismo nombre, puerto pesquero cuyo acceso principal desde la ciudad de Manta, así como desde otras poblaciones como el balneario Crucita, etc., es una carretera asfaltada, que corre paralela a la línea de costa.

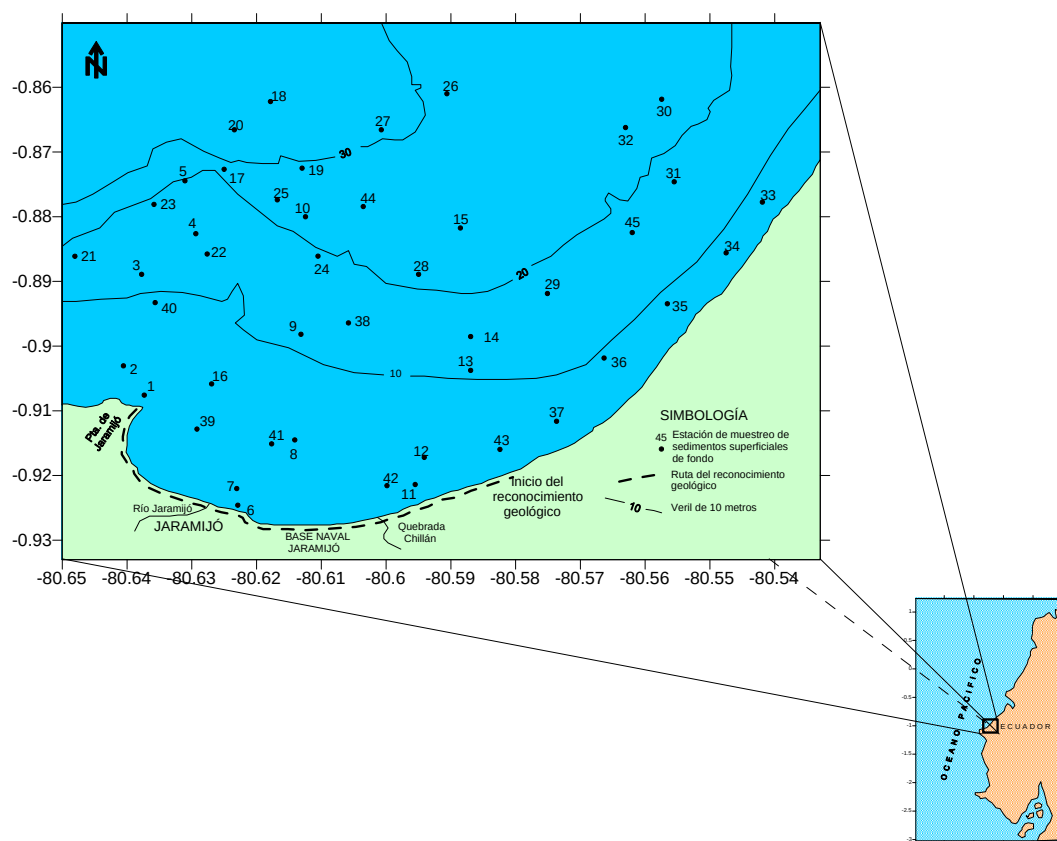


Figura 1.- Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos superficiales de fondo; y de la ruta del reconocimiento geológico, en la Bahía de Jaramijó.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

De campo

En la línea de costa del área de estudio se llevó a cabo un reconocimiento geológico de la zona de playa; del material que lo conforma; de las zonas erosionadas y acrecionadas; de las áreas de dunas; así como de los acantilados. Se recolectaron muestras de arena, y se fotografiaron los rasgos geomorfológicos más sobresalientes, con las cuales se complementó el informe. El reconocimiento geológico se inició en el lado este, en el sector de la playa cuyas coordenadas son: 0°56'17"S y 80°36'17"W; desde aquí, hacia el oeste, es decir, hacia Jaramijó (coordenadas: 0°56'42"S y 80°38'10"W), hasta la punta rocosa del mismo nombre (coordenadas: 0°55'46"S y 80°39'16"W). Este trabajo se llevó a cabo los días 12 y 13 de abril/2008.

En la zona costera se efectuó un muestreo de sedimentos superficiales de fondo, en el que se planificó recolectar 15 muestras, distribuidas en 5 perfiles perpendiculares a la línea de costa, pero solamente se tomaron 14, ya que en la Estación 1, después de varios lances de draga, no se pudo recolectar muestra, por lo que se deduce que dicho sector es rocoso, debido a que es la prolongación de Punta Jaramijó.

Para este muestreo, realizado entre los días 9 al 12 de abril/2008, a bordo de una lancha contratada para tal efecto, se utilizó una draga de caída libre, tipo Van Veen; para el posicionamiento de estas estaciones se utilizó el sistema GPS.

Además de las muestras de sedimentos antes indicadas, también fueron consideradas 30 muestras de sedimentos que fueron recolectadas en el mismo sector, por el personal del Dpto. de Hidrografía en abril/2007, para complementar la información de la Carta IOA-10400-

JARAMIJÓ, las mismas que en este trabajo van indicadas desde el número 16 hasta el 45 (Figura 1).

De laboratorio

La granulometría de las muestras de sedimentos se determinó utilizando métodos estándar de análisis con tamices y pipetas. Se lavaron las muestras utilizando un tamiz No. 230, que tiene 0.0625 milímetros de abertura de malla, para separar las dos fracciones que conforman el sedimento: la fracción gruesa y la fina. La primera fue sometida al tamizaje seco, utilizando un juego de tamices U.S. Standard Testing Sieve, y un agitador mecánico Ro-Tap, durante 15 minutos (Folk, 1969); mientras que la segunda, fue tratada mediante el análisis de pipeta (Folk, 1969).

De Gabinete

Se revisó la información obtenida en el reconocimiento geológico, incluyendo información bibliográfica; se redactó el informe, el mismo que fue complementado con fotografías de las características geomorfológicas más importantes.

Las coordenadas de las estaciones de muestreo y su profundidad, así como el porcentaje de las fracciones arena y limo, y su textura, se presentan en las Tablas I y II, respectivamente.

RESULTADOS

a) Geomorfología de la línea de costa de la Bahía de Jaramijó

En el sector donde se inició el reconocimiento geológico (Coordenadas: 0°56'17"S y 80°36'17"W), se observa un acantilado de aproximadamente 4 metros de altura; está cubierto de vegetación, por lo que no se aprecian los estratos rocosos; esta

altura la mantiene hasta unos 150 metros. La playa está conformada de arena de grano fino, con una suave pendiente, observándose en su parte superior manchas de arena ferrotitanífera, llamada también arena “negra”.

Las olas llegan hasta el pie del acantilado, erosionando su base, y arrastrando el material más fino hacia el mar.

Algo que resalta y que se extiende en un tramo de esta playa, son las llamadas cúspides, es decir, pequeños montículos de rocas redondeadas, de diferentes tamaños, siendo las mayores de 10 x 20 centímetros, incluyendo fragmentos de concha, las cuales le dan un color blanquecino (Foto 1). Estos montículos tienen aproximadamente 12 metros de largo por 6 metros de ancho, llegando hasta la parte superior de la playa; se extienden hasta unos 100 metros, y sólo están concentradas en ese sector, porque no se observan otros montículos ni a la derecha ni a la izquierda de la playa.



Foto 1.- Playa de arena fina, con montículos llamados también cúspides, conformados de material grueso.

Avanzando unos 300 metros, el acantilado se presenta con una altura aproximada de 7 metros, es muy inestable, meteorizado, constituido por rocas de la Formación Tablazo (Segovia, 1989). Desde su parte

superior está conformado por una arenisca-limosa, de color grisáceo, de granulometría fina; luego, una arcillolita limosa, gris-oscuro, bien consolidada; a continuación se extiende una capa de ceniza volcánica, blanquecina, muy deleznable, la misma que resalta a la distancia por su color (Foto 2), tiene un espesor aproximado de 40 centímetros, pero va aumentando a medida que se avanza en dirección a Jaramijó; le sigue un conglomerado pardo- amarillento; luego aparece nuevamente la arenisca-arcillosa; y por último, una capa de arcillolita, color amarillento, sin consolidar, la misma que está cubierta parcialmente por el material que se ha desprendido de la parte superior, entre los cuales hay pequeños bloques del conglomerado, el mismo que presenta fósiles como conchas rotas, foraminíferos, etc.



Foto 2.- Acantilado bien meteorizado, en el que resalta la capa de ceniza volcánica.

A unos 150 metros (Coordenadas: 0°56'20"S y 80°36'25"W), el acantilado alcanza una altura de unos 7 metros, con los mismos estratos de la descripción anterior, apreciándose en su parte superior, que el viento sopla con tal intensidad que levanta en el aire la tierra más fina, mientras otra parte se desliza por la ladera, casi vertical, lo que facilita su caída, evidenciando esto que la fuerza eólica juega un papel importante en el proceso erosivo de ese sector.

Avanzando unos 100 metros (Coordenadas: 0°56'23"S y 80°36'31"W), se aprecia que un gran sector de la playa está conformada por una plataforma de erosión (Foto 3). Esta plataforma, que se extiende unos 120 metros a lo largo de la playa, en ciertos sectores está cubierta de arena de grano fino; cerca de la berma se observan manchas de arena ferrotitanífera.



Foto 3.- Plataforma de erosión que queda como evidencia del retroceso de los acantilados.

En el sector de playa de Coordenadas: 0°56'26"S y 80°36'35"W, el acantilado presenta una altura de 3-4 metros, y en la que la capa de ceniza volcánica anteriormente señalada, se presenta con mayor espesor, ya que alcanza unos 60 centímetros. El acantilado está disectado por varios esteros secos; también se aprecian restos de canales de drenaje de agua de lluvia, así como los de una pequeña edificación, esta última, ubicada en la mitad de la playa, ambos destruidos por el oleaje.

A unos 70 metros del punto anterior (Coordenadas: 0°56'23"S y 80°36'46"W), se encuentra la Quebrada Chillán, (Foto 4), con una playa bien amplia; con una mayor pendiente en su parte superior; aquí desemboca el estero del mismo nombre.

Un cordón litoral, producto de la sedimentación costera, bloquea la desembocadura del estero que lleva el mismo nombre de la

quebrada. Hacia atrás hay una laguna que se extiende varias decenas de metros tierra adentro, cuya agua proviene del mar, e ingresa con la pleamar, y posiblemente también por infiltración, a través de la arena de grano grueso que se ha acumulado en la parte superior de la playa, y de allí, varias decenas de metros hacia atrás, formando una duna.



Foto 4.- Un cordón litoral tapona la desembocadura del Estero Chillán, en la quebrada del mismo nombre.

Al lado izquierdo de la Quebrada Chillán está ubicado el acantilado sobre el cual se asienta la Ciudadela Arcadia de la Base Naval de Jaramijó (BASJAR), el mismo que está cubierto de vegetación (Foto 5), por lo que no se aprecian los estratos rocosos. Es de señalar que en este sector se han producido muchos deslizamientos de tierra, en bloques de decenas de metros, los que actualmente también están cubiertos de vegetación.



Foto 5.- Acantilado cubierto de vegetación

La playa en este sector es baja, con poca inclinación, compuesta de arena de grano fino, es amplia, en las que se observan las típicas ondulitas o ripple mark, característica del vaivén de las olas. Además, en la playa se aprecian pequeñas entrantes y salientes. Hay sectores donde el acantilado es vertical, y paulatinamente va aumentando su altura.

A unos 100 metros, en la playa, hay bloques de rocas areniscas de hasta 2.50 metros x 1.50 metros. En este sector, el acantilado tiene una altura aproximada de 10 metros.

También se aprecia que un sistema de drenaje de agua de lluvia de la Ciudadela Arcadia ha sido destruido, debido al socavamiento de la base del acantilado; el bloque caído está cubierto de vegetación, y hacia la parte superior de la playa, las grandes rocas han quedado como evidencia.

A partir del anterior deslizamiento de rocas empieza una amplia playa con una leve inclinación, pero siempre el acantilado se presenta cubierto de vegetación.

En forma general, la playa está conformada por arena de grano fino, notándose que hacia la parte superior de ésta, hay manchas de arena ferrotitanífera.

Un poco más adelante, en el sector de Coordenadas $0^{\circ}56'47''S$ y $80^{\circ}37'37''W$, el acantilado continúa con una altura aproximada de 4 metros, con una capa de arcilla-limosa en la parte superior; debajo está el estrato de ceniza volcánica con aproximadamente 20 centímetros de espesor, el mismo que aumenta paulatinamente hasta alcanzar unos 40 centímetros; le sigue una arenisca-arcillosa; y bajo ésta se ubica el conglomerado calcáreo.

En el límite de BASJAR con Jaramijó (Coordenadas: $0^{\circ}56'51''S$ y $80^{\circ}37'51''W$),

hay una pequeña quebrada, actualmente cerrada por un cordón litoral, conformado por arena gruesa, por lo que no hay entrada de agua de mar con la marea. Este cordón se rompe cuando las lluvias son torrenciales, por ejemplo ante un evento El Niño. Después de esta quebrada continúa el acantilado, con una altura de 3 metros, conformado por arenisca de grano fino, con algo de arcilla.

También en este sector hay una edificación privada, grande, construida en la parte alta del acantilado, cuya base está siendo socavada (Foto 5), por lo que a mediano plazo la afectación va a ser mayor. Para tratar de minimizarlo, han construido un muro de contención con rocas grandes, pero las olas han continuado su proceso erosivo, ya que la corriente litoral proveniente del oeste, al llegar al extremo del muro, gira a la derecha, entrando con fuerza hacia el acantilado, socavando su base, con la consiguiente amenaza de destrucción de dicha vivienda.



Foto 5.- Muro de contención construido para minimizar el efecto del oleaje en una vivienda, pero sin resultado positivo.

Algo que resalta en este pequeño acantilado son las cuevas que se están formando como producto del oleaje (Foto 6), las mismas que alcanzan una profundidad horizontal de 1.80 metros por 2 metros de diámetro, siendo éstas, una clara evidencia de que las olas son muy dinámicas en este sector.



Foto 6.- Cuevas en el acantilado formadas por el fuerte oleaje

A unos 500 metros, en el sector de Coordenadas $0^{\circ}56'42''S$ y $80^{\circ}38'10''W$, sobresale un acantilado en forma de punta, de unos 20 metros de altura, con grandes rocas a sus pies; resaltando también una plataforma de erosión conformada por arenisca, la misma que se extiende decenas de metros mar adentro; y que en su extremo cercano a la orilla, ha comenzado a ser cubierta por arena de grano medio.

Hay una vivienda construida en la cima de un acantilado, que amenaza con caer, por cuanto sus pilotes delanteros, debido a la socavación, han quedado en el aire (Foto 7).



Foto 7.- Vivienda en lo alto del acantilado, en cualquier momento podría caer.

Desde el punto anterior, empieza un muro de contención o enrocado (Foto 8), de aproximadamente 100 metros de largo, conformado por rocas areniscas de gran tamaño, cuya función es la de proteger la angosta calle del malecón de Jaramijó, del embate de las olas; aquí se han instalado restaurantes para atender a los turistas; no hay playa en este sector, ya que el agua de mar lo cubre, tanto en pleamar como en bajamar.



Foto 8.- Muro de contención de grandes rocas en el malecón de Jaramijó.

Al término del enrocado, en el sector de coordenadas: $0^{\circ}56'40''S$ y $80^{\circ}38'23''W$, se inicia una playa de bolsillo, conformada por arena gruesa con pequeños fragmentos de concha; en este sector no hay acantilados. Hay una vivienda que a su alrededor tiene un enrocado, pero aun así el oleaje va marcando su efecto erosivo, por lo que en algún momento esta estructura será destruida. En este sector resalta también una tubería de concreto, de un metro de diámetro, para el drenaje de agua de lluvia, pero que actualmente está seca, cubierta casi la mitad de su diámetro por la arena que entra con la marea.

Aproximadamente a 80 metros desde la tubería de concreto se reinicia el acantilado,

el mismo que se extiende hacia el oeste pero paulatinamente va cambiando hacia el noroeste, debido a que la línea de costa hasta Punta Jaramijó toma una forma de media luna. El acantilado tiene unos 18 metros de altura; a sus pies se aprecia gran cantidad de material suelto, así como de rocas que se han desprendido de la parte alta, evidenciando con esto el retroceso a que son sometidos los acantilados, ante el avance del mar, cuando el agua socava su base.

La playa de este sector es angosta, de arena de grano fino, pedregosa, con rocas que afloran, las mismas que forman parte de la plataforma de erosión, pero gran parte de ellas han sido cubiertas por arena fina. También hay viviendas construidas en la cima, afectadas por la erosión, como la de la Foto 9, que muestra una vivienda en la que la mitad del bloque sobre el cual se asentaba, se deslizó, lo que dejó al descubierto la base de dicha vivienda.



Foto 9.- Vivienda también afectada por la erosión.

A unos 200 metros del punto anterior (Coordenadas: 0°56'35"S y 80°38'41"W), el acantilado es casi vertical, con continuos deslizamientos de tierra, prueba de ello es el material suelto que está a sus pies; también se aprecian cuevas. Aquí también el viento ejerce su influencia y provoca desprendimientos de tierra y sobre todo, de

roca, de allí que es recomendable caminar a una prudencial distancia de estos.

Varios sectores del acantilado están cortados por pequeños esteros, actualmente secos, pero que en época de fuertes lluvias, transportan grandes cantidades de agua, y en su descenso hacia el mar, lo socavan.

Desde el punto anterior hasta Punta Jaramijó (Coordenadas: 0°55'46"S y 80°39'16"W), se acentúa la erosión de las olas en el material sedimentario de los acantilados. Aquí también hay sectores con viviendas destruidas en la cima, incluyendo la infraestructura de un laboratorio de larvas de camarón y cámaras de pozos sépticos, cuya destrucción se debe al deslizamiento del bloque donde estaban asentadas. Hay sectores del acantilado donde la capa de ceniza volcánica, de color blanquecino, anteriormente señalada, presenta un espesor entre 5 y 20 centímetros.

A medida que se acerca a Punta Jaramijó, la playa se vuelve más pedregosa; la plataforma de erosión, conformada por arcillolita, es también más visible por ser más amplio el sector que ocupa, ya que se extiende hasta las inmediaciones de la antes mencionada punta rocosa. El acantilado está bien fisurado y con presencia de cuevas.



Foto 10.- Macizo rocoso de Punta Jaramijó.

En Punta Jaramijó (Foto 10), el acantilado tiene unos 8 metros de altura; el terreno es muy irregular, está rodeado de rocas areniscas de diferentes tamaños; también hay sectores cubiertos de arena; la plataforma de erosión de arcillolita se prolonga varias decenas de metros tierra adentro.

a) Sedimentos de fondo de la zona costera de la Bahía de Jaramijó

Con los resultados del análisis granulométrico se elaboró el mapa de distribución aproximada de los sedimentos superficiales de fondo del área de estudio (Figura 2), en la que se aprecian cuatro tipos de sedimentos, los mismos que en orden de predominancia son: limo, arena, arena-limosa y limo-arenoso, los mismos que a continuación se exponen:

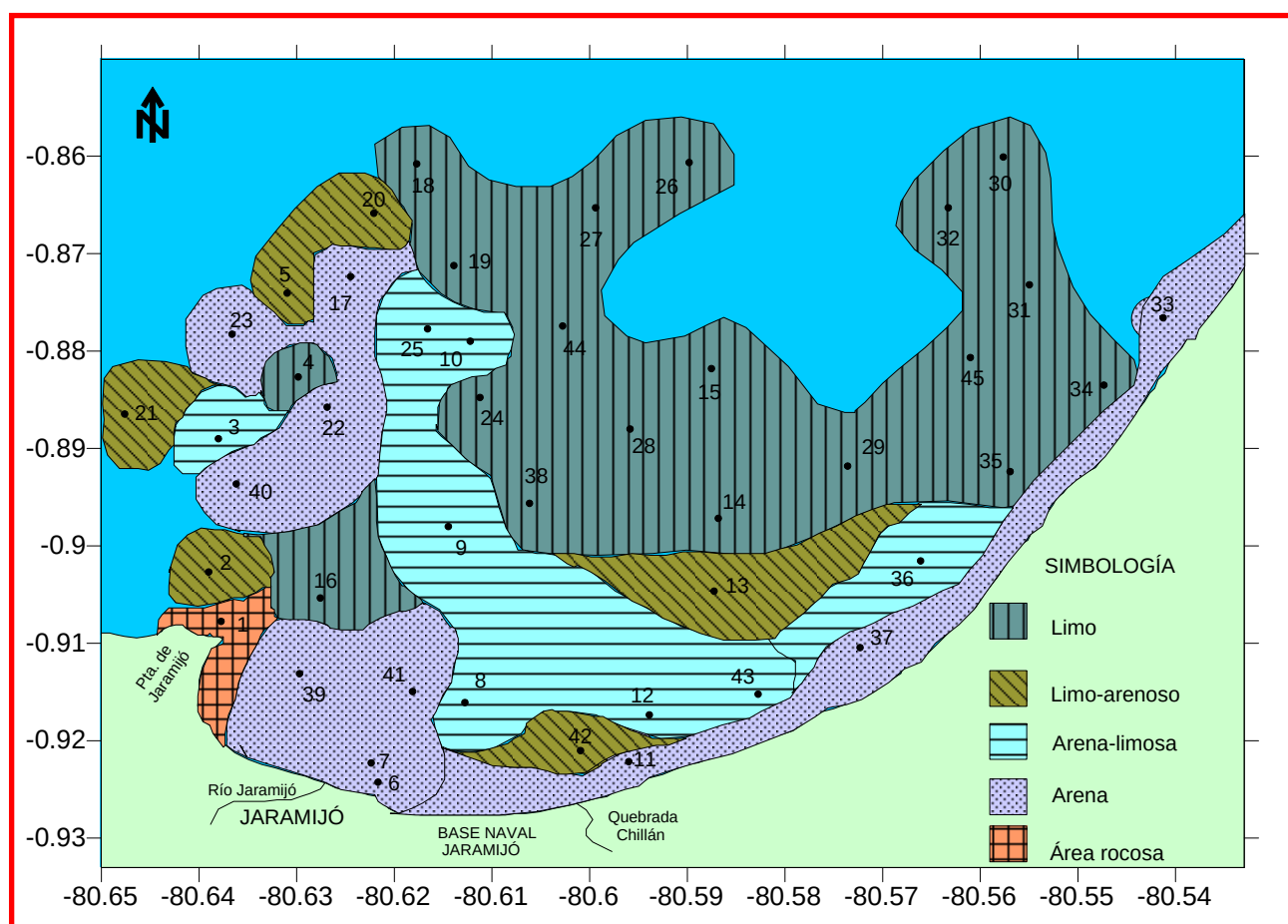


Figura 2.- Mapa de distribución aproximada de los sedimentos superficiales de fondo según su textura.

➤ Limo

El material limoso es el sedimento predominante, ya que cubre un gran sector del área de estudio, con porcentajes que van desde 99.54 hasta 77.71% de este material (Tabla II), está mezclado con arena pero en menor proporción. Se localiza principalmente en el lado noreste del área de estudio, en una amplia franja con una orientación

este-oeste, aunque también se extiende hacia el norte (Figura 2). También se aprecia este material en el lado oeste, en parches más pequeños.

➤ Arena

Le sigue en predominancia una arena de grano muy fino, bien clasificada, con un porcentaje comprendido entre 80.49 y

98.07% de dicho material; y se ubica preferentemente cerca de la orilla, en una franja paralela a la costa (Figura 2); está mezclada con limo en una cantidad que no supera el 9% de ese material. También se observa acumulación de arena hacia el lado oeste, frente a la Punta de Jaramijó, notándose que las estaciones 17 y 40, que son arenosas, tienen mayor cantidad de material limoso (entre 16 y 19%), porque están más alejadas de la orilla, y porque posiblemente la dinámica de las corrientes son más moderadas, lo que facilita su deposición.

➤ Arena-limosa

Este tercer tipo de sedimentos está conformado por una mezcla de arena muy

fina con limo grueso, en donde prevalece el primero (Figura 2); es mal clasificado pues está constituido por granos de diferentes tamaños; se ubica un poco más afuera de la orilla, en una franja paralela a la línea de costa, aunque también se extiende hacia el norte, especialmente frente a la Base Naval de Jaramijó.

➤ Limo-arenoso

Este último tipo de sedimentos es también una mezcla de limo con arena (Figura 2), en donde prevalece el primero y, al igual que el anterior, es mal clasificado; no tiene una localización preferencial pues está presente, en pequeños parches, en varios sectores del área de estudio.

BAHÍA DE JARAMIJÓ			
ESTACION	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)
1	0°55,60' S	80°39,16' W	6
2	0°55,19' S	80°39,19' W	8
3	0°54,59' S	80°39,05' W	12
4	0°54,23' S	80°38,58' W	16
5	0°53,24' S	80°38,36' W	21
6	0°56,59' S	80°38,40' W	4
7	0°56,45' S	80°38,41' W	6
8	0°55,95' S	80°37,94' W	8
9	0°54,98' S	80°37,63' W	12
10	0°53,98' S	80°37,46' W	21
11	0°56,14' S	80°36,53' W	5
12	0°55,87' S	80°36,50' W	7.50
13	0°55,37' S	80°36,18' W	12
14	0°54,93' S	80°36,15' W	15
15	0°53,96' S	80°36,10' W	21
16	0°55'22,04" S	80°38,36.52" W	46.27
17	0°53'30,40" S	80°38,27.22" W	24.73
18	0°52'27,43" S	80°37,38.89" W	38.57
19	0°53'26,79" S	80°37,29.79" W	27.62
20	0°52'55,66" S	80°38,08.07" W	36.14
21	0°54'31,51" S	80°39,39.16" W	18.18
22	0°54'33,72" S	80°38,35.42" W	16.00
23	0°53'56,46" S	80°39,07.82" W	17.15
24	0°54'32,72" S	80°37,28.91" W	19.43
25	0°53'56,06" S	80°38,01.35" W	23.04
26	0°52'18,74" S	80°36,19.87" W	29.65
27	0°52'51,23" S	80°36,54.01" W	31.39
28	0°54'33,75" S	80°36,26.91" W	19.41
29	0°54'32,03" S	80°35,20.89" W	17.69
30	0°52'27,61" S	80°34,24.43" W	20.90
31	0°53'24,46" S	80°34,14.48" W	17.51
32	0°52'53,33" S	80°34,51.10" W	21.82
33	0°53'30,72" S	80°33,20.29" W	2.63
34	0°53'56,73" S	80°33,40.02" W	4.85

35	0°54'33.77"S	80°34,20.15" W	6.94
36	0°54'56.81"S	80°34,52.07" W	10.07
37	0°55'38.43"S	80°35,22.28" W	6.33
38	0°55'01.38"S	80°37,04.53" W	15.04
39	0°55'53.68"S	80°38,40.71" W	4.08
40	0°55,00.25"S	80°39,05.11"W	9.93
41	0°56,01.29"S	80°38,00.03"W	6.08
42	0°56,07.00"S	80°36,53.50"W	7.00
43	0°55,56.25"S	80°35,53.33"W	7.13
44	0°53,58.19"S	80°36,54.85"W	24.47
45	0°53,57.23"S	80°34,45.27"W	17.65

Tabla I.- Coordenadas de las estaciones de muestreo, con su respectiva profundidad.

BAHÍA DE JARAMIJÓ			
ESTACION	ARENA (%)	LIMO (%)	TEXTURA
1			Área rocosa
2	31.23	68.77	Limo-arenoso
3	57.02	42.98	Arena-limosa
4	8.23	91.77	Limo
5	7.12	92.88	Limo
6	91.48	8.52	Arena
7	84.56	15.44	Arena
8	53.30	46.70	Arena-limosa
9	66.45	33.55	Arena-limosa
10	65.43	34.57	Arena-limosa
11	94.80	5.20	Arena
12	64.02	35.98	Arena-limosa
13	41.15	58.85	Limo-arenoso
14	7.40	92.60	Limo
15	5.71	94.29	Limo
16	11.19	88.81	Limo
17	83.12	16.88	Arena
18	15.47	84.53	Limo
19	0.46	99.54	Limo
20	27.27	72.73	Limo-arenoso
21	32.60	67.40	Limo-arenoso
22	92.29	7.71	Arena
23	92.77	7.23	Arena
24	11.98	89.02	Limo
25	60.83	39.17	Arena-limosa
26	0.67	99.32	Limo
27	11.12	88.88	Limo
28	3.45	96.55	Limo
29	4.12	95.88	Limo
30	0.65	99.35	Limo
31	0.87	99.13	Limo
32	1.21	98.79	Limo
33	93.47	6.53	Arena
34	22.29	77.71	Limo
35	13.12	86.88	Limo
36	50.26	49.79	Arena-limosa
37	88.53	11.47	Arena
38	1.87	98.13	Limo
39	92.91	7.09	Arena
40	80.49	19.51	Arena
41	98.07	1.93	Arena
42	26.49	73.51	Limo-arenoso
43	65.49	34.51	Arena-limosa
44	2.39	97.61	Limo
45	2.52	97.48	Limo

Tabla II.- Porcentajes de las fracciones que conforman los sedimentos de cada una de las muestras

DISCUSIÓN

a) Geomorfología de la línea de costa de la Bahía de Jaramijó

Los acantilados de Jaramijó, que son de mediana a baja altura, y que corresponden a la Formación Tablazo, al igual que el resto de los acantilados de la costa ecuatoriana, están conformados por material sedimentario, son inestables, fracturados, con presencia de fallas, meteorizados, los mismos que por su origen son de fácil erosión, ya que están constituidos por rocas blandas: arcillolitas, lutitas y areniscas, con finas intercalaciones de yeso, incluyendo una capa de ceniza volcánica, lo que los hace aún más inestables. (INOCAR, 1992).

La arena ferrotitanífera o arena “negra”, que se presenta en la parte superior de la playa, al igual que la arena común, la grava y la conchilla, que son llamados también áridos, constituyen una fuente importante como materia prima en la industria de la construcción; es por esto que en varios sectores de la costa ecuatoriana, estos materiales son explotados artesanalmente, con o sin la respectiva autorización del ministerio correspondiente (INOCAR, 2005).

Las cúspides, pequeños montículos de rocas de diferentes tamaños, localizados en la playa, se forman cuando en una tormenta se presentan fuertes oleajes, los mismos que movilizan material grueso, acumulado dentro del mar, pero cerca de la orilla, en las llamadas barras.

Estas cúspides juegan un papel fundamental en las llamadas resacas, es decir, aquella corriente de agua, canalizada, que se mueve desde la orilla de la playa hacia mar adentro. Cuando por ejemplo las olas rompen, el agua se desliza sobre la superficie de la playa, así

como por encima de dos montículos; a su retorno, el agua que se deslizó sobre los dos montículos converge hacia el centro de la playa, se unen, y forman una corriente de resaca, y en su trayectoria hacia el mar, van profundizando el fondo arenoso; y si una persona se encuentra en su camino, es arrastrada hacia mar adentro, por lo que se debe nadar paralelo a la playa, hasta salir del área de la resaca. Estas resacas son muy frecuentes en la playa de Jaramijó.

La gran cantidad de material suelto, caído desde la parte alta de los acantilados, hace presumir que el oleaje es fuerte en ese sector, por lo que socava en forma continua su base; más aún, siendo el material que lo conforma, de origen sedimentario, está meteorizado, fallado, fracturado, todo lo cual lo hace más fácilmente erosionable; una vez que socava y el material se desliza hacia abajo, las olas lo transporta mar adentro, donde las corrientes marinas se encargan de su distribución, sea en suspensión o arrastrada por el fondo, y es así como se produce en forma continua los cambios en la textura de los sedimentos que cubren el lecho marino de este sector.

Una de las evidencias del retroceso de los acantilados del área de estudio, y por ende, de la línea costera, son las plataformas de erosión que, como ya se señaló, están conformadas por arenisca-arcillosa.

El Estero Chillán, que desemboca en la quebrada del mismo nombre, es intermitente, es decir, permanece seco casi todo año; sólo cuando las lluvias, en la época invernal, son torrenciales, especialmente si está presente un evento El Niño, erosiona y transporta grandes flujos de agua, arrastrando consigo muchos sedimentos en suspensión y de fondo, afectando muchas veces viviendas, carreteras, puentes, etc.

Cabe señalar que una duna es una acumulación de arena, que se forma por acción de fuertes viento en la parte superior de la playa, y que se extiende a lo largo de ésta. Se constituyen en la reserva de arena de las playas, para cuando haya una agitación marina, las olas acarren este material hacia mar adentro; pero una vez que vuelve la calma, las olas también se encargan de devolverlas a la playa. Para que se forme una duna, los vientos deben ser fuertes y tender a soplar en una sola dirección. Además, la vegetación que cubre una duna es vital en su formación y estabilización, ya que actúa como amortiguador del viento, sus raíces se entrelazan, manteniendo unidos los granos, y su poder acarreador permite que estos granos, que el viento transporta, se depositen en el suelo (INOCAR, 2007).

Las ondulitas o ripple mark que se aprecian en ciertos sectores de la playa, son estructuras sedimentarias que indican el grado de agitación de las olas del mar, sobre la arena. Se forman por las corrientes oscilantes, cuando el oleaje hace que los granos sean transportados pendiente arriba de la ondulita, pasan su cresta, se deslizan por la pendiente opuesta; casi inmediatamente el proceso se invierte y los granos son transportados en la dirección opuesta, es decir, hacia atrás, y re-depositados del otro lado; como este proceso se repite, paulatinamente se va formando la ondulita, por el ir y venir de las olas (INOCAR, 2009).

Muchas veces, desde una determinada distancia, los grandes bloques de roca presentes en la playa, dan la apariencia de una saliente rocosa, cuando en realidad es el producto del socavamiento de las olas en la base del acantilado, lo que origina su deslizamiento en bloque desde la parte alta.

La frecuente presencia de material del acantilado en la playa, es indicio de que hay una continua socavación en este sector; y contribuye a una mayor erosión, el hecho de que son rocas sedimentarias, por lo tanto, de fácil erosión.

Muchas de la viviendas construidas en la parte alta de los acantilados, por lo general son afectadas por la socavación de su base, por lo que se recomienda que sean construidas previo a un estudio técnico, en el que se determine, entre otros parámetros, el retroceso que tendría el acantilado al cabo de cierto tiempo, es decir, no construyéndola cerca de la orilla, sino a unos 30 metros del borde; en esa forma aprovechará su inversión económica por un determinado tiempo, antes de que la socavación la alcance.

Hay que señalar también que el peso de grandes viviendas, de concreto, construidas en la cima de los acantilados, muy inestables, contribuye a la socavación de su base; además, la vivienda de la Foto 7 por ejemplo, está totalmente destruida, ubicada actualmente en el borde, y como ya se indicó, con sus pilotes delanteros en el aire, lo que la hace una estructura de alto riesgo, ya que podría deslizarse ladera abajo, poniendo en peligro la integridad física de las personas que cruzan por ese sector. Esta notoria inestabilidad podría verse aumentada si se produjeran movimientos sísmicos, ya que provocarían un reacomodo de los estratos más débiles, lo que traería consigo deslizamientos de tierra, y posiblemente hasta de bloques. La vivienda de la Foto 9 tiene el mismo problema de la vivienda de la Foto 7. Lo recomendable es que las autoridades de la ciudad desbaraten o tumben las viviendas que están en esas condiciones, con lo cual eliminarían ese peligro.

Las cuevas que se aprecian en varios acantilados posiblemente se deban a que, por lo general la erosión es más intensa en su base, debido a que el choque por la fuerza del oleaje, así como el impacto de los fragmentos rocosos, son mayores; como consecuencia de esto, la roca queda debilitada, vulnerable a la formación de pequeñas grietas que, al aumentar de tamaño se convierten en cuevas, las mismas que se van agrandando, a medida que se va desplomando la parte superior de la roca; como el agua de mar, impulsada por el fuerte oleaje, entra a presión a la cueva, el aire de éste, se comprime y tiende a salir violentamente, pero como no puede hacerlo, explota hacia adentro, fracturando en forma lenta pero constante, la roca, lo que hace que la cueva se siga profundizando, todo lo cual trae como consecuencia el retroceso del acantilado (INOCAR, 2009).

La presencia de pozos sépticos entre las estructuras destruidas, hace presumir el importante rol que juegan en la erosión del acantilado, ya que el agua que se utiliza en dichos pozos, se infiltra en el subsuelo, y una vez saturadas las capas, se produce su deslizamiento.

b) Sedimentos de fondo de la zona costera de la Bahía de Jaramijó

El parámetro principal para elaboración de mapas de distribución aproximada de sedimentos superficiales de fondo, es la textura, por lo que en los estudios sedimentológicos, éste ha tenido una amplia utilización. Este parámetro depende de muchos factores, ya que sus componentes son de orígenes muy variados, y de tamaños muy diferentes, jugando un papel preponderante el efecto del transporte en el tamaño de los granos (Carranza, 1980).

La predominancia de sedimento limoso posiblemente se debe a que en ese sector, la

dinámica del agua es moderada, lo que facilita la deposición de este sedimento fino.

En cuanto a la arena, su predominante presencia con relación a otros tipos de sedimentos, posiblemente se debe a que como están cerca de la zona de rompiente, la agitación del agua hace que el limo, incluyendo arcilla, transportado en suspensión, al no haber las condiciones adecuadas para su deposición, sea acarreado hacia otras áreas.

Estas arenas son bien clasificadas porque están ubicadas casi en la zona de rompiente, es decir, en un área muy dinámica, donde en forma continua están sometidas al vaivén de la fuerza de las olas; esto mantiene una tendencia a presentar un único tamaño de grano, alcanzando así una mejor clasificación (Krumbein y Sloss, 1963).

En las mezclas de arena y limo en cambio, no ha habido distribución por tamaños de grano, debido probablemente a condiciones más dinámicas, en la que intervendría no sólo la influencia de las corrientes litorales, sino también la de las corrientes oceánicas (Krumbein y Sloss, 1963).

Según Folk (1969), los granos que conforman los sedimentos reducen su tamaño en la dirección en que son transportados; esto se puede interpretar como el resultado de una clasificación selectiva, por la cual los granos más pequeños y livianos, avanzan mayor distancia que los más grandes y pesados.

Si se aplica lo antes mencionado a los sedimentos del área de estudio, se tiene que desde casi Punta Jaramijó hacia el este, siguiendo la línea costera, así como las zonas más alejadas de la orilla, hay una gradación de la textura desde arena hasta limo, hallándose en su intermedio, los

parches de arena-limosa y limo-arenoso, es decir, las mezclas de los dos primeros (Figura 2).

Esta apreciación de la distribución de los tamaños de grano de los sedimentos, permite llegar a la conclusión que las condiciones dinámicas en la Bahía de Jaramijó, se presentan con mayor energía en el lado oeste, disminuyendo paulatinamente a medida que avanza hacia el lado este, incremento de la energía que probablemente se debe a la influencia de las corrientes litorales, así como también de las corrientes oceánicas.

La arena posiblemente proviene de la plataforma continental, transportadas por las corrientes marinas (frontales y litorales), así como por las de marea de flujo. Según el PMRC (1988), también pueden provenir de los estratos arenosos, que forman parte de los acantilados ubicados en la línea de costa, los mismos que están constituidos por rocas sedimentarias, meteorizadas, muy blandas, fracturadas y, por lo tanto erosionable material que al ser socavado, es arrastrado por las olas hacia la zona costera. Otra fuente son las dunas, es decir, áreas ubicadas detrás de la playa, donde se ha acumulado grandes cantidades de arena; al presentarse fuertes oleajes, ésta es transportada mar adentro, pero una vez que cesa la agitación del mar, gran parte de esta arena es devuelta hacia la playa (INOCAR, 2003).

El material limoso, incluyendo las arcillas, presentes en la zona costera del área de estudio, provienen del interior del continente, ya que fueron aportados por ríos como el Estero Chillán, y otros esteros más pequeños, los mismos que son intermitentes, es decir, permanecen secos en la época de verano, y sólo adquieren un mínimo caudal en un invierno normal; pero

ante la presencia de un evento El Niño, fenómeno natural en el que se presentan lluvias torrenciales, estos esteros, además de aumentar considerablemente su caudal, se vuelven correntosos, lo que hace que erosionen el suelo que atraviesan, y por ende, acarreen grandes cantidades de sedimentos de fondo, así como en suspensión (INOCAR, 1997).

Durante los eventos El Niño de 1982-1983 y 1997-1998, por ejemplo, estos esteros causaron grandes desastres a lo largo de su recorrido, especialmente en las carreteras, destruyendo o debilitando las bases de los puentes, arrastrando volúmenes considerables de sedimentos de fondo, así como en suspensión, los mismos que al llegar al mar, eran transportados por las corrientes marinas hacia la plataforma continental, en donde, bajo condiciones de moderada energía, se depositaban en el lecho marino (INOCAR, 1997). También hay deposición de sedimentos en suspensión en las estoas, es decir, los momentos en que la marea aparentemente se detiene (30 a 40 minutos), para cambiar de flujo a reflujo y viceversa (INOCAR, 2008). Este material depositado cubre los sedimentos ya existentes, o se mezcla con estos, cambiando en esta forma su morfología, así como las características sedimentológicas del lecho marino.

CONCLUSIONES

El área de estudio presenta acantilados de mediana a baja altura, conformados por rocas sedimentarias, principalmente de la Formación Tablazo.

Hay algunos sectores donde la erosión es más fuerte, producto del socavamiento que hace el oleaje en la base de los acantilados, arrastrando el material caído de la parte superior, hacia el mar.

La presencia de plataformas de erosión es la evidencia del continuo retroceso de los acantilados, por el avance del mar, a través de la erosión.

En la zona costera, el sedimento predominante es el limo, aunque también hay arena, principalmente en la zona cercana a la orilla. También hay mezclas de estas dos fracciones, pero en menor proporción, y se ubican en el centro, y en sector oeste del área de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Carranza A., 1980.- Ambientes Sedimentarios Recientes de la Llanura Costera Sur del Istmo de Tehuantepec; An. Centro Ciencias del Mar y Limnología; Univ. Nac. Auton. Méjico. Pag. 43.

Folk R., 1969.- Petrología de las Rocas Sedimentarias. Instituto de Geología de la UNAM, México D. F. Tomo 1, Pag. 80-105.

INOCAR, 1992.- Reconocimiento geológico de las áreas preseleccionadas para la construcción del nuevo Faro Manta. Pag. 2-6.

INOCAR, 1997.- Informe sobre el Primer Reconocimiento de las Zonas Costeras que han sido más afectadas por el Fenómeno “El Niño, en las Provincias del Guayas y Manabi. Pag. 7-10.

INOCAR, 2003.- Informe sobre el Reconocimiento Geológico-Oceanográfico de la Playa del Balneario Jambelí, después de haber sido afectada por un proceso de erosión. Pag. 9.

INOCAR, 2005.- Reconocimiento geológico de la línea costera comprendida entre Puntilla de Santa Elena y Ancón. Pag. 2.

INOCAR, 2007.- Geomorfología de la zona de playa comprendida entre Data de Villamil y Posorja; y Sedimentología del área de las Boyas 8A Y 9, en el Canal Exterior (Área de los Goles) de ingreso al Puerto Marítimo de Guayaquil. Pag. 11.

INOCAR, 2008.- Estudio de Impacto Ambiental por el Dragado del Estero Salado. Pag. 3.

INOCAR, 2009.- Informe sobre el Reconocimiento Geológico de la Isla Jambelí, en la Provincia del Oro, afectada por procesos de erosión. Pag. 18.

Krumbein W. Y Sloss L., 1963.- Estratigrafía y Sedimentación. Segunda Edición traducida al español. Pag. 116.

PMRC, 1988.- Grandes Rasgos Geomorfológicos de la Costa Ecuatoriana. Proyecto de Manejo de Recursos Costeros. Pag. 12-13.

Segovia J., 1989.- Estudio Composicional de los Sedimentos Marinos de la Ensenada de Jaramijó, Provincia de Manabí. Tesis de grado. Pag. 38-44.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento al CPNV – EM Rafael Cabello Peñafiel, Director del INOCAR; así como al CPCB - TNC Edwin Pinto Uscocovich, Jefe del Departamento de Ciencias del Mar, por el apoyo brindado para la publicación del presente trabajo.