

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 tuscula, 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 tuscula, 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 Teaone

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

El presente estudio se desarrolló en el estuario del río Esmeraldas conformado por mangles 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).

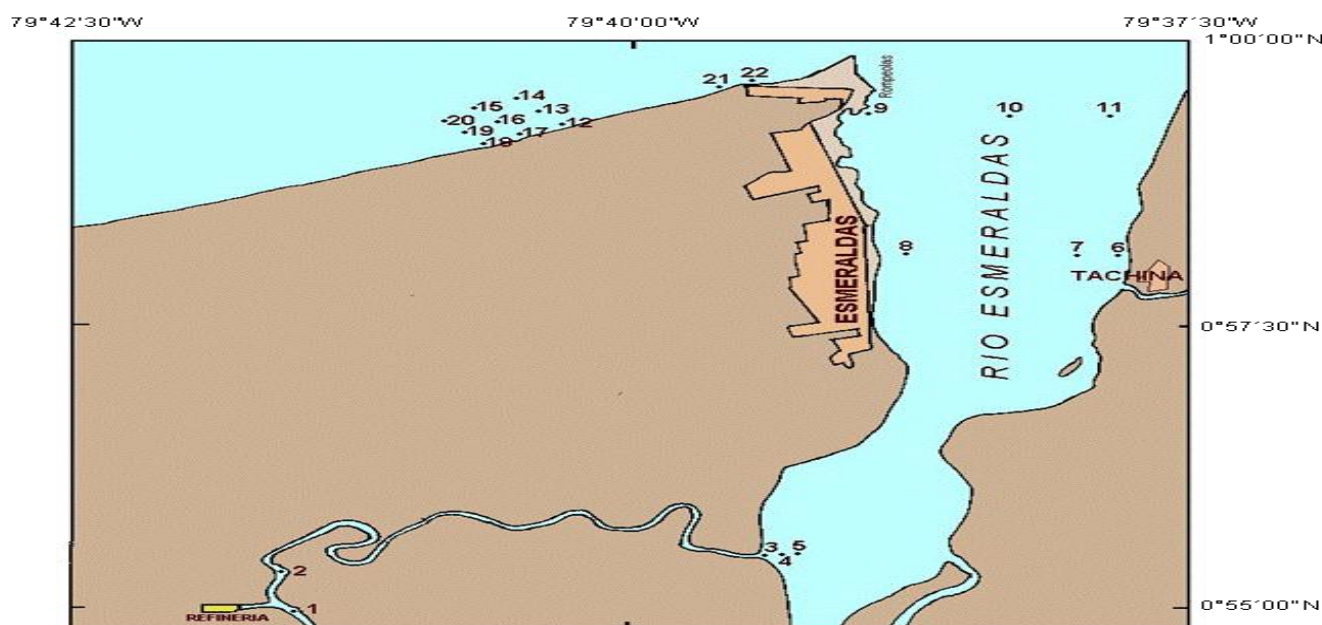


Figura 1. Ubicación del área de estudio y estaciones de los muestreos realizados en los años 2004 - 2005.

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 cálida – 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.

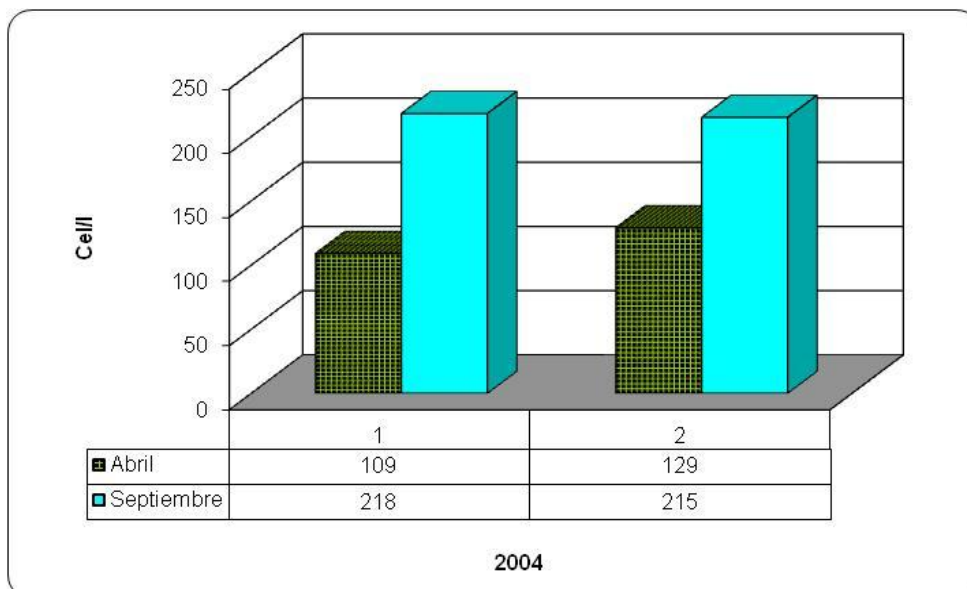


Figura 2.
Distribución superficial de la Biomasa celular en el río Teaone Esmeraldas, durante el año 2004.

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).

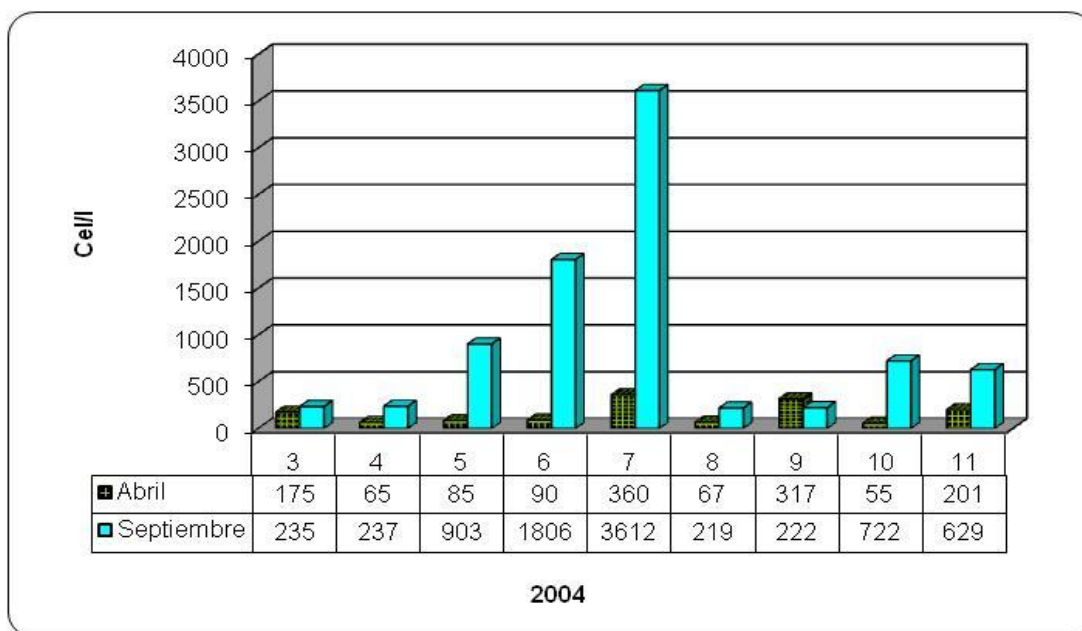


Figura 3. Distribución superficial de la Biomasa celular en el río Esmeraldas, durante el año 2004.

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).

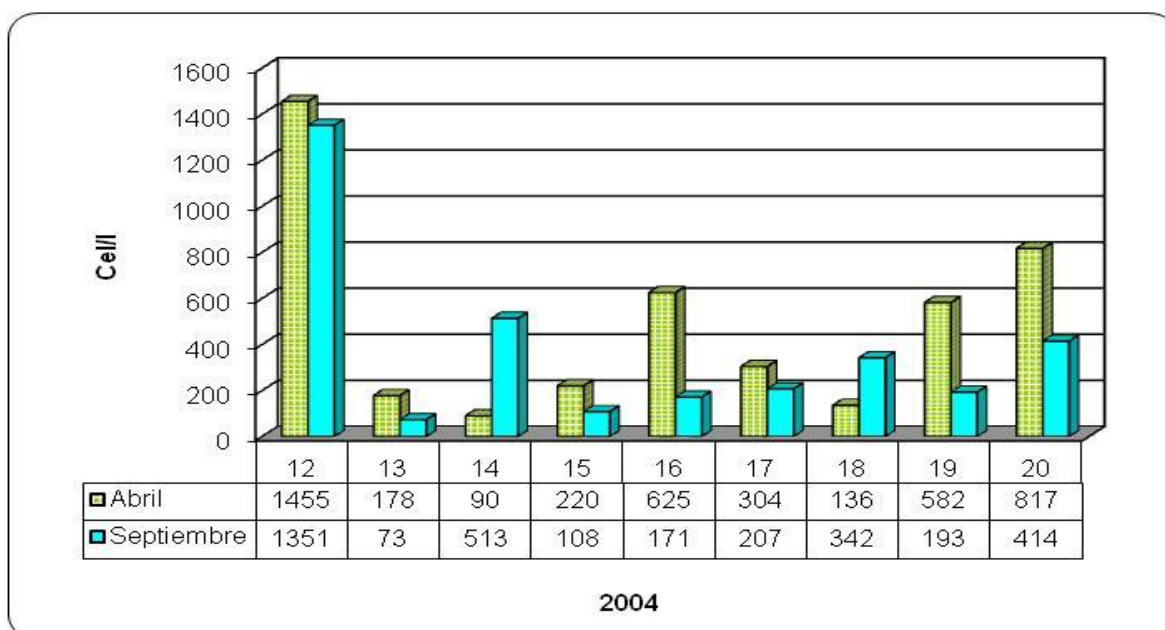


Figura 4. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Terminal Petrolero, durante el año 2004.

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).

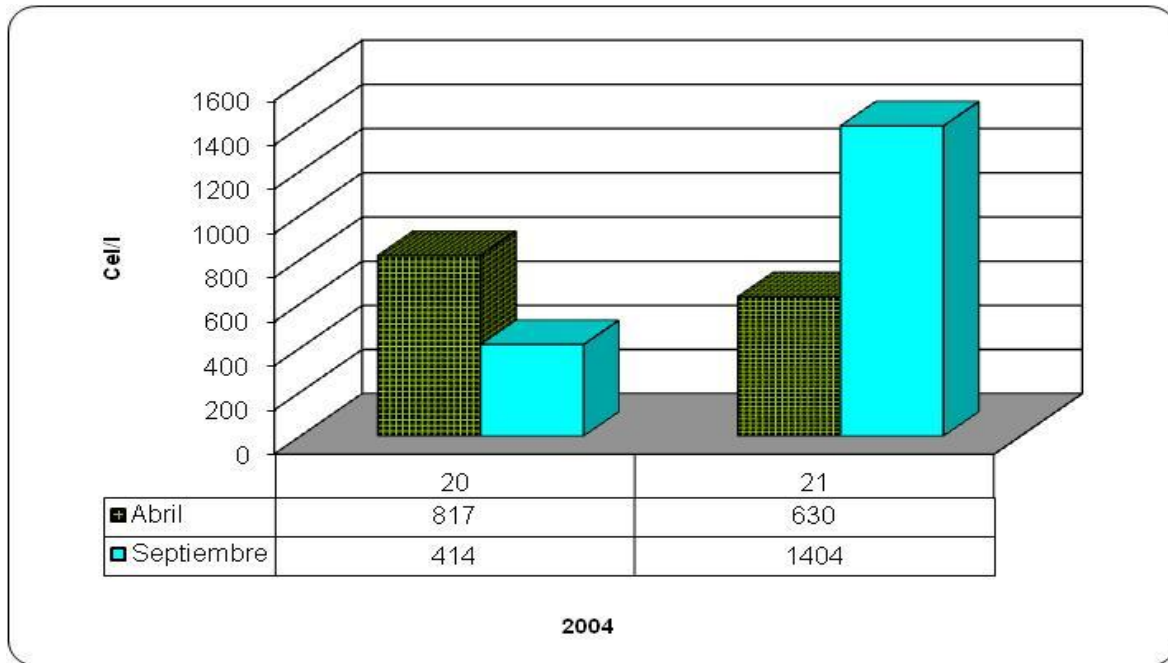


Figura 5. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Balneario Las Palmas, durante el año 2004.

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).

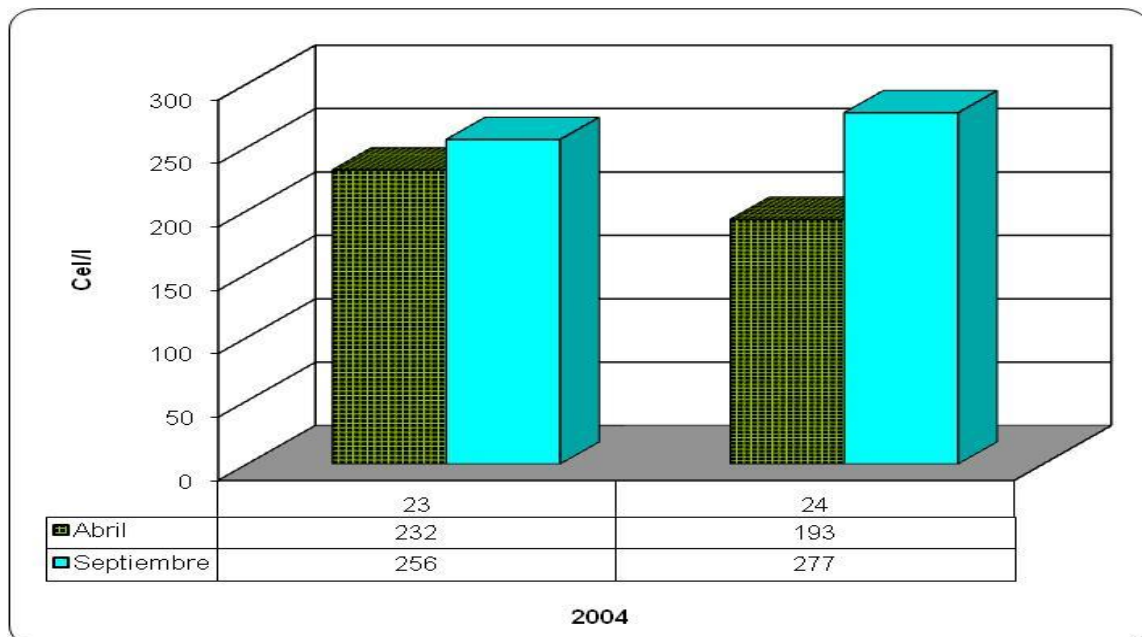


Figura 6. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Balneario Las Palmas, durante el año 2004.

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).

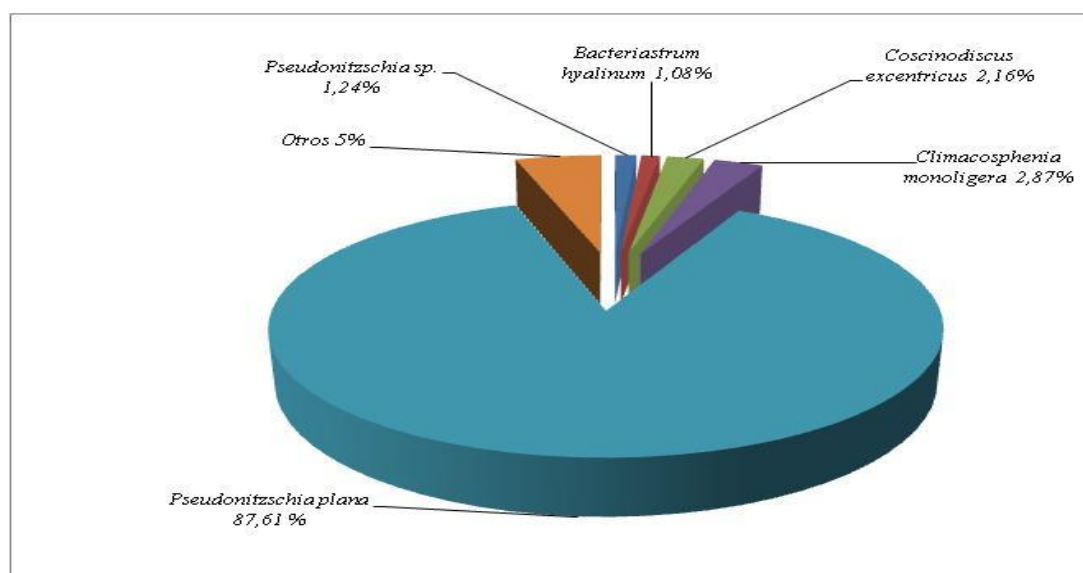


Figura 7. Porcentaje del fitoplancton en el río Teane, durante abril de 2004.

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).

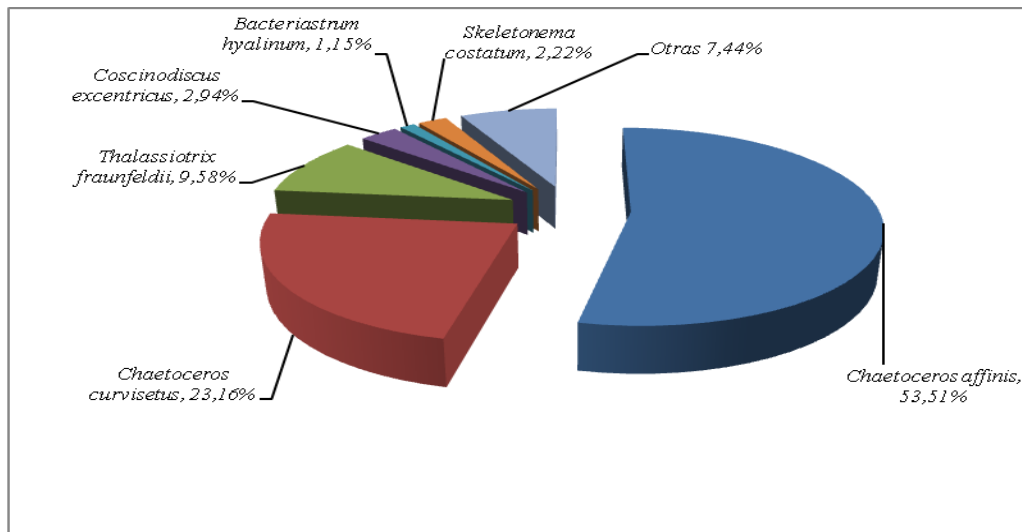


figura 8. Porcentaje del fitoplancton en el río Esmeraldas, durante abril de 2004.

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).

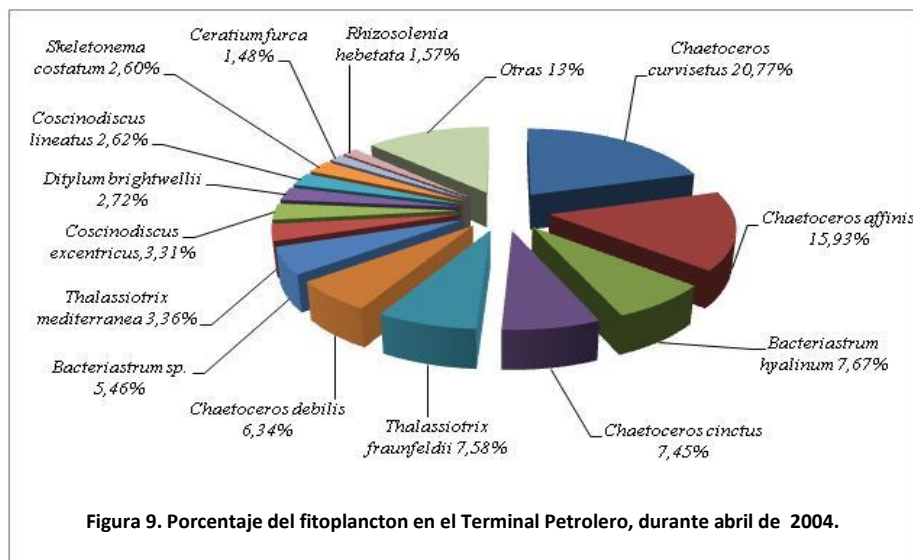


Figura 9. Porcentaje del fitoplancton en el Terminal Petrolero, durante abril de 2004.

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).

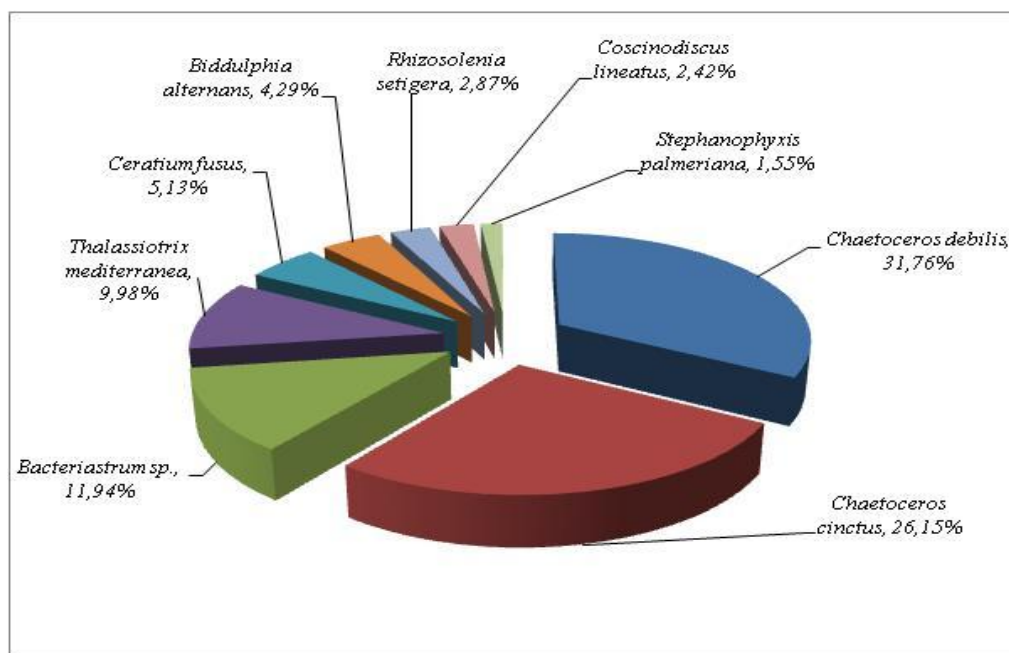


Figura 10. Porcentaje del fitoplancton en el Balneario Las Palmas, durante abril de 2004.

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).

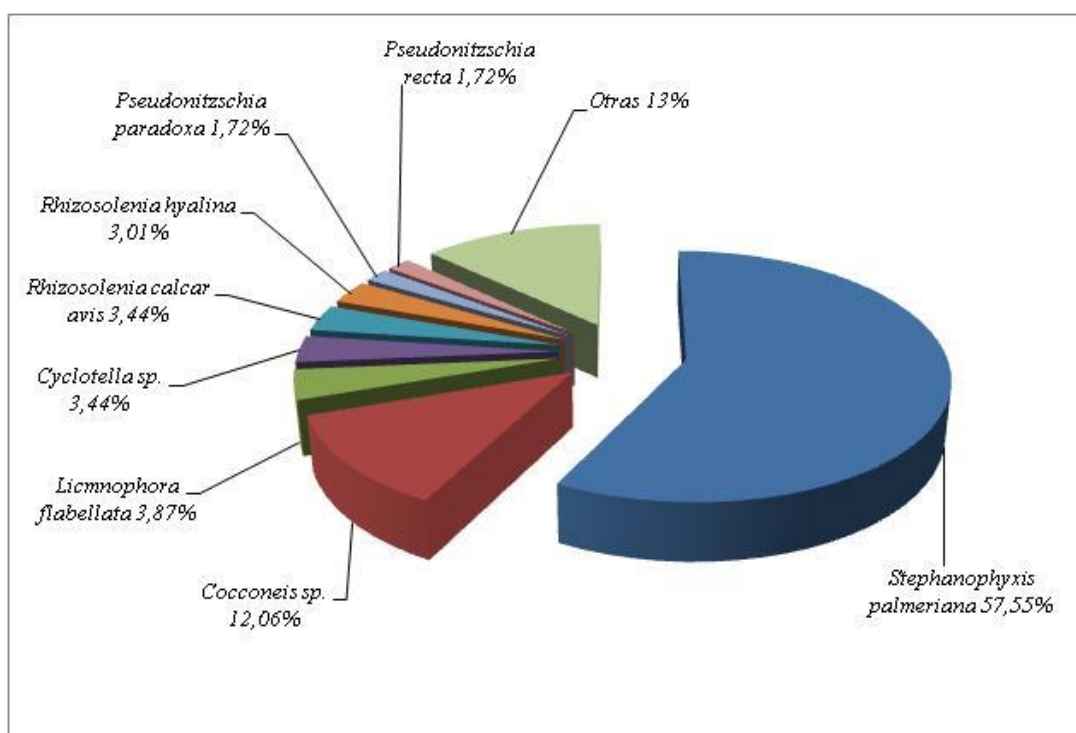


Figura 11. Porcentaje del fitoplancton en Atacames, durante abril de 2004

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).

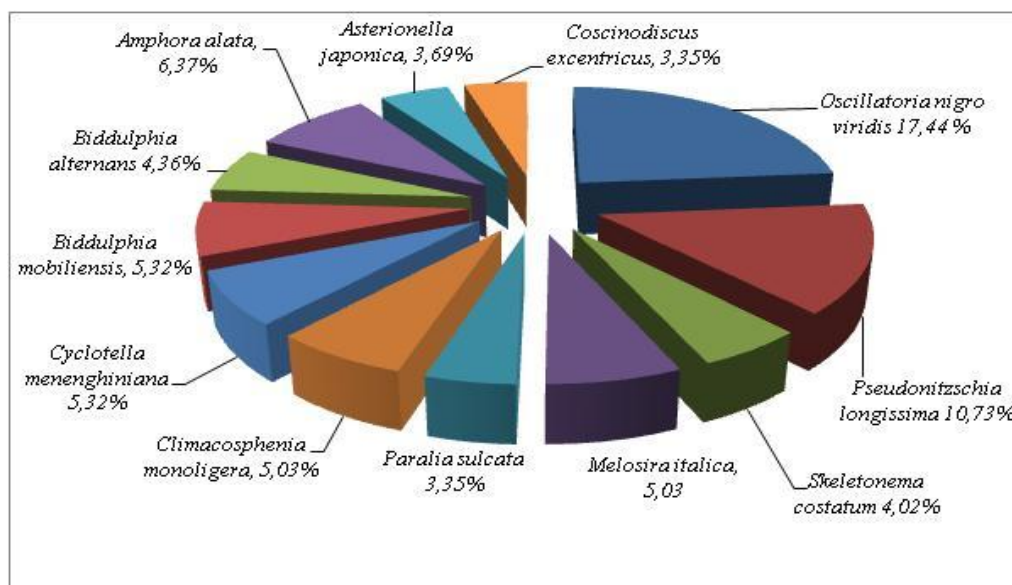


Figura 12. Porcentaje del fitoplancton en el río Teane, durante septiembre de 2004.

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).

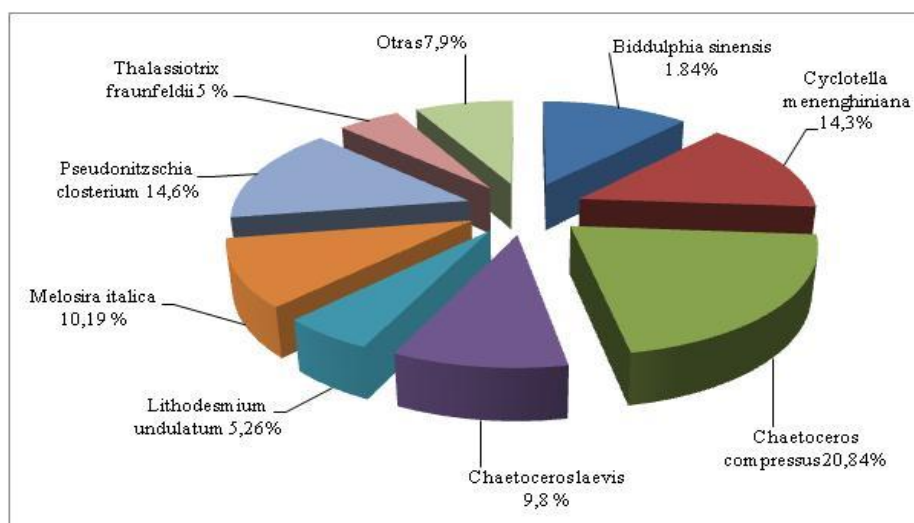


Figura 13. Porcentaje del fitoplancton en el río Esmeraldas, durante septiembre de 2004.

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).

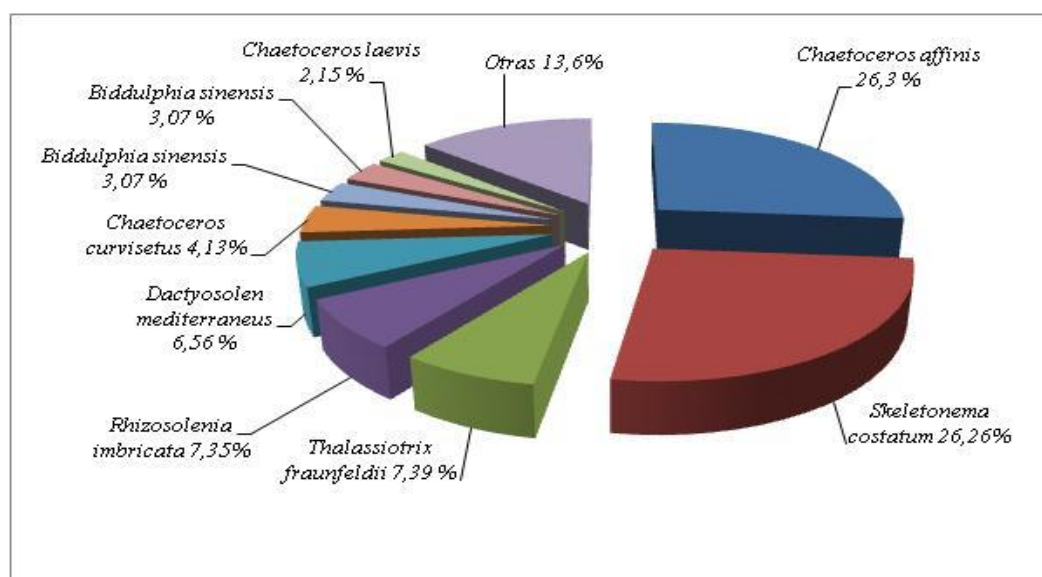


Figura 14. Porcentaje del fitoplancton en el Terminal Petrolero, durante septiembre de 2004.

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).

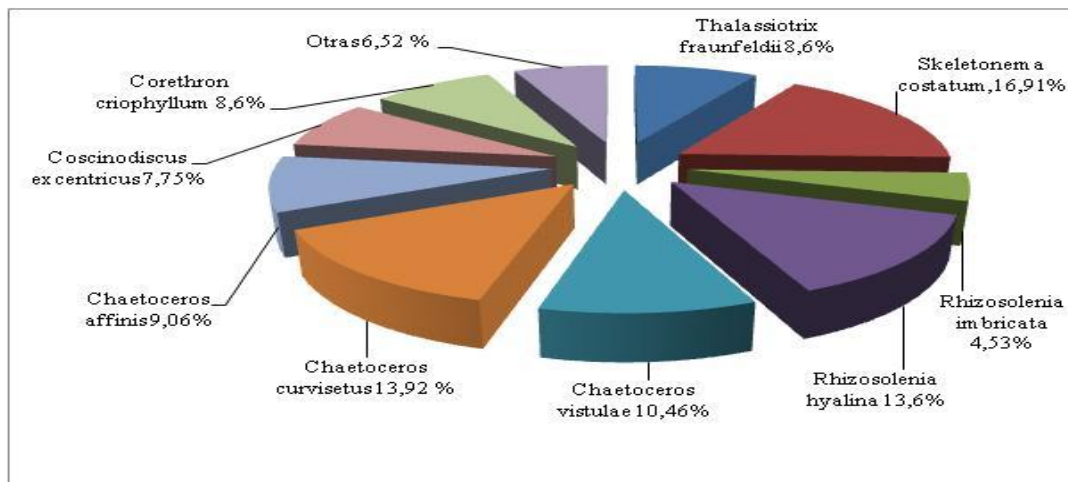


Figura 15. Porcentaje del fitoplancton en el Balneario Las Palmas, durante septbre de 2004.

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

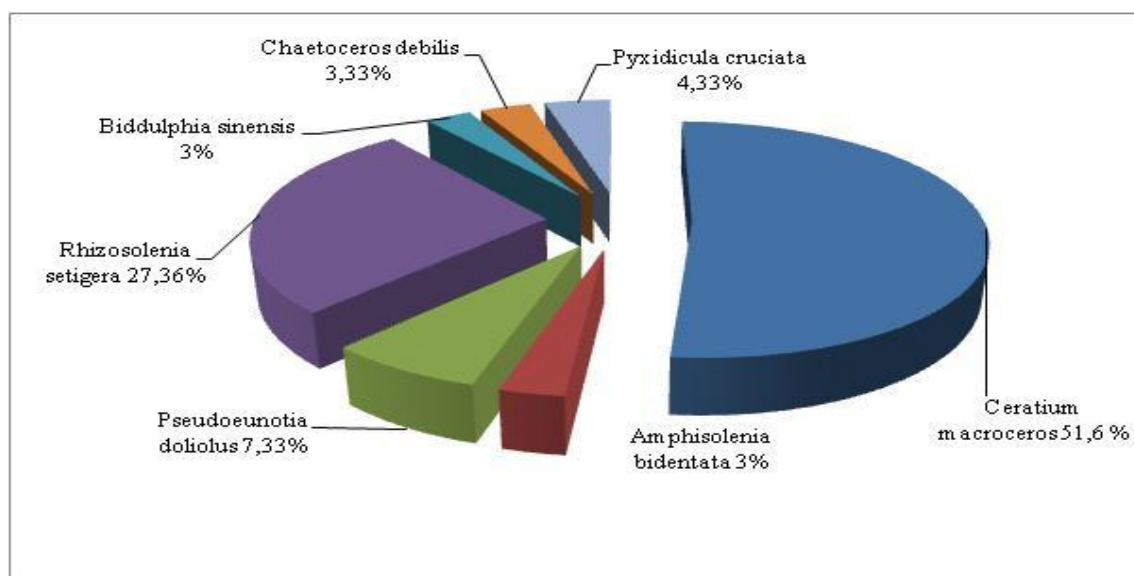


Figura 16. Porcentaje del fitoplancton en Atacames, durante septiembre de 2004.

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).

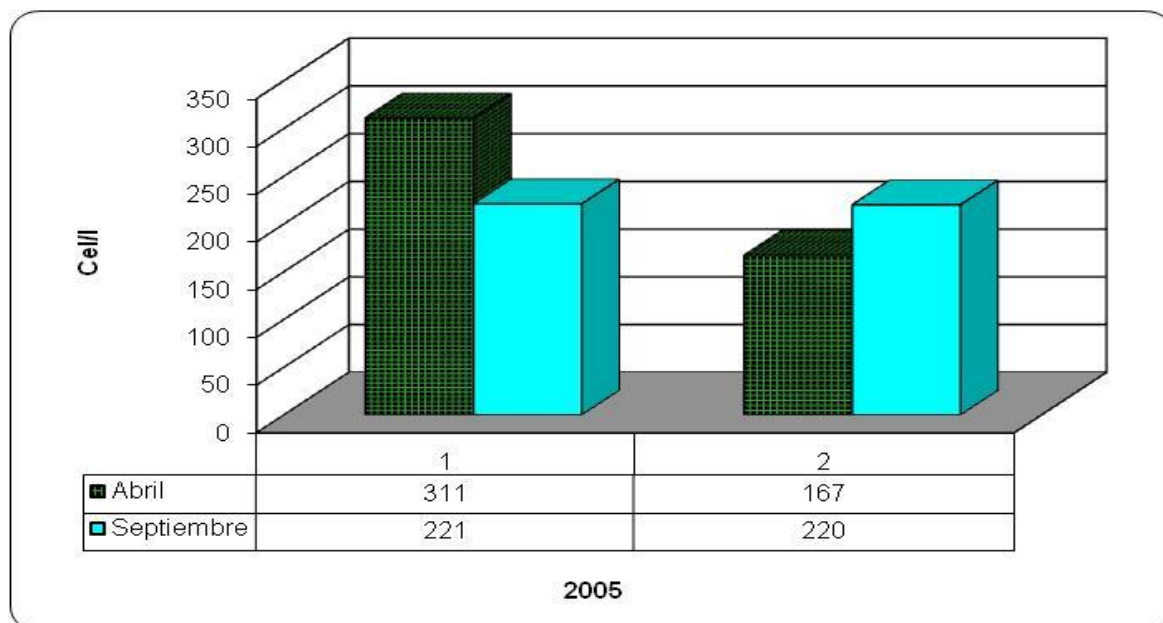


Figura 17. Distribución superficial de la Biomasa celular en el río Teaone Esmeraldas, durante el año 2005.

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).

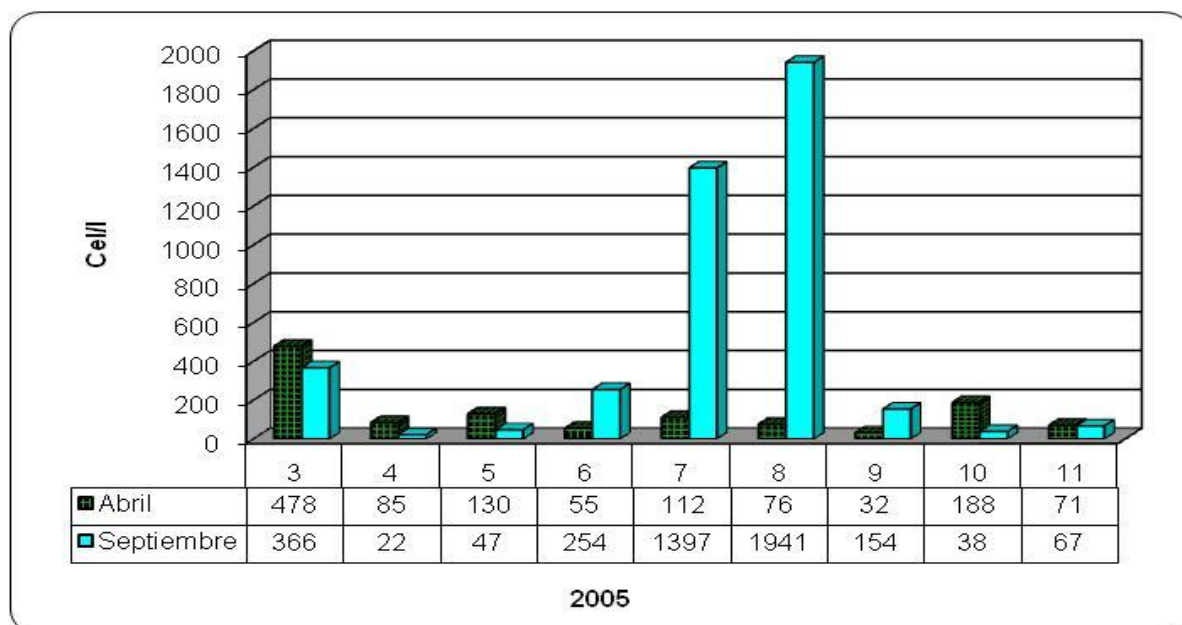


Figura 18. Distribución superficial de la Biomasa celular en el río Esmeraldas, durante el año 2005.

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).

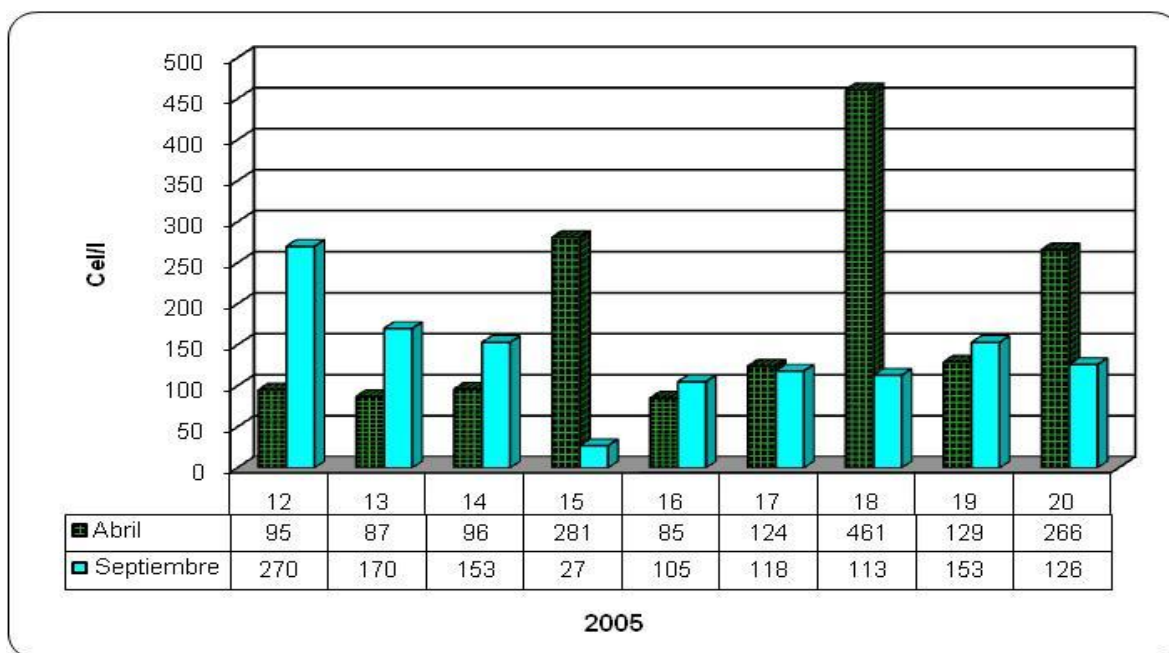


Figura 19. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Terminal Petrolero, durante el año 2005.

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).

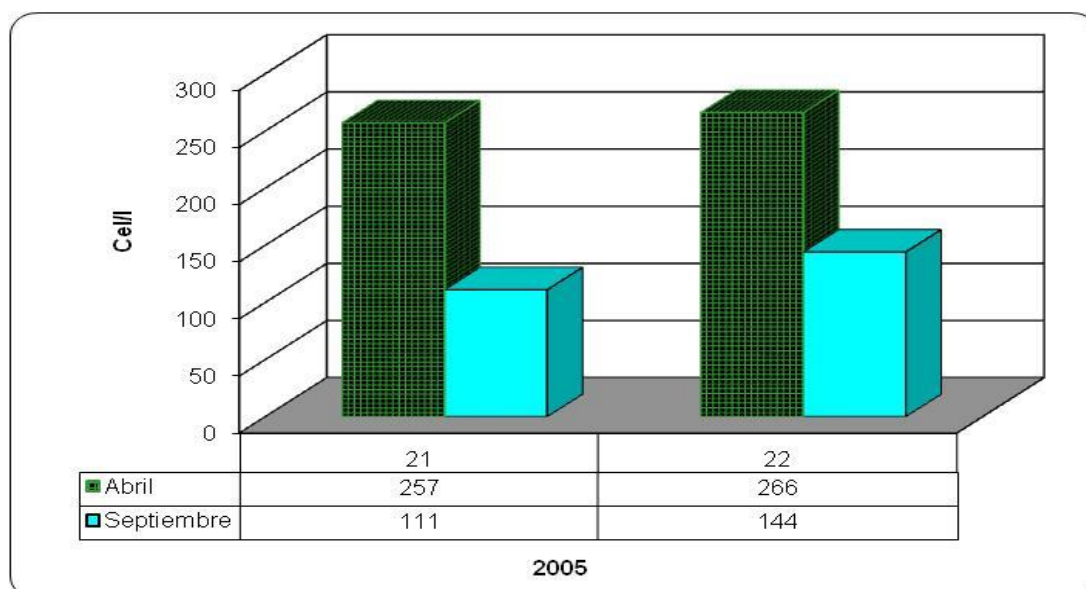


Figura 20. Distribución superficial de la Biomasa celular en el Balneario Las Palmas, durante el año 2005.

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).

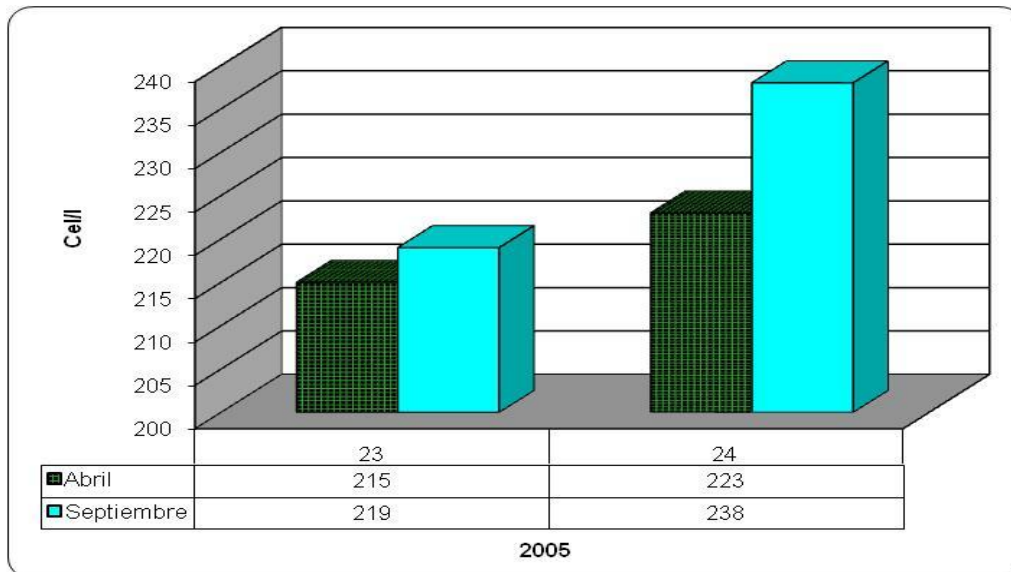


Figura 21. Distribución superficial de la Biomasa celular en Atacames, durante el año 2005.

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

Río Teaone: 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).

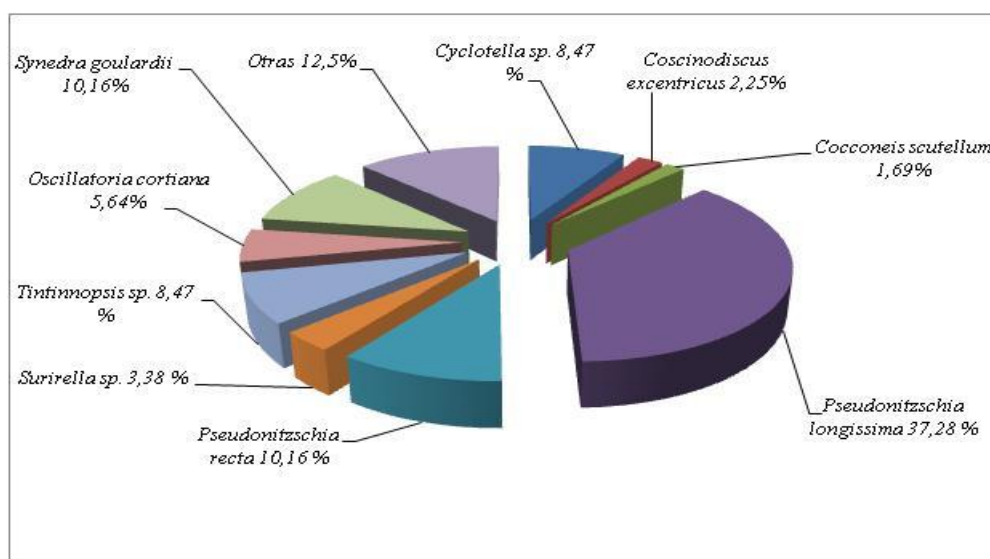


Figura 22. Porcentaje del fitoplancton en el río Teaone, durante abril de 2005.

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).

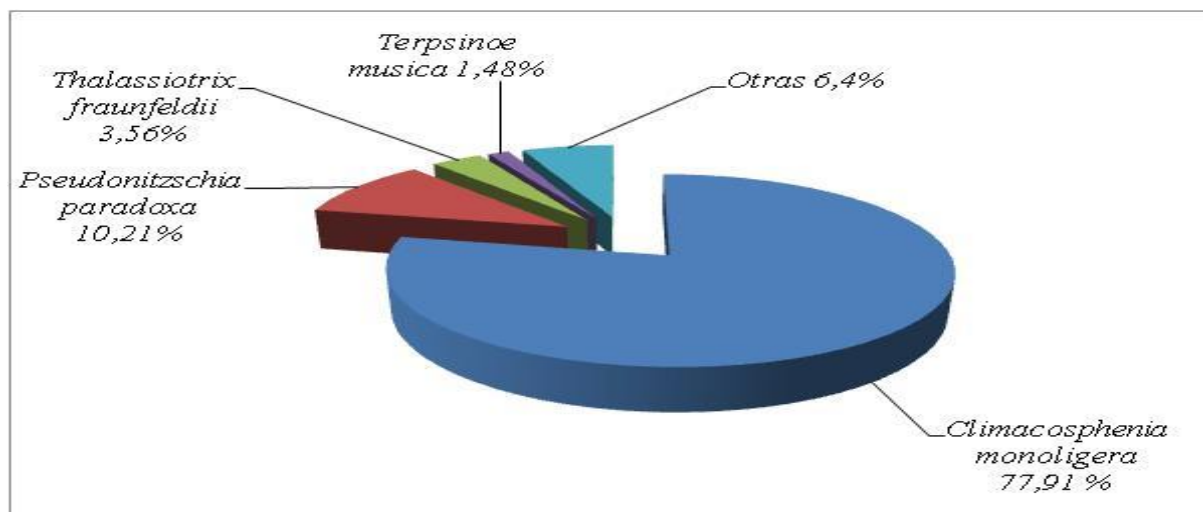


Figura 23. Porcentaje del fitoplancton en el río Esmeraldas, durante abril de 2005.

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).

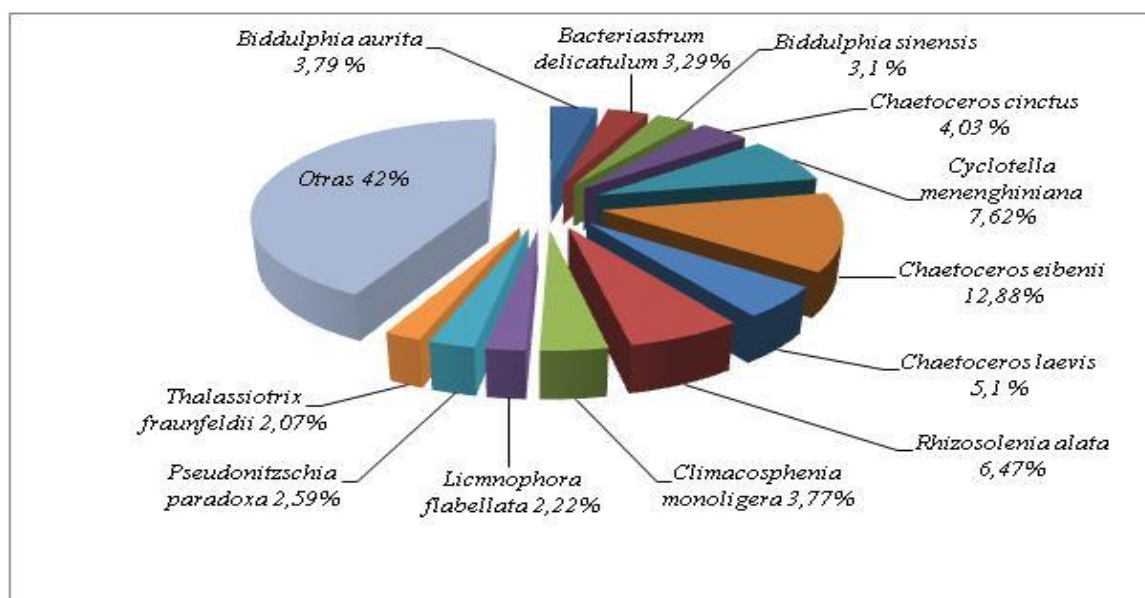


Figura 24. Porcentaje del fitoplancton en el Terminal Petrolero, durante abril de 2005.

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).

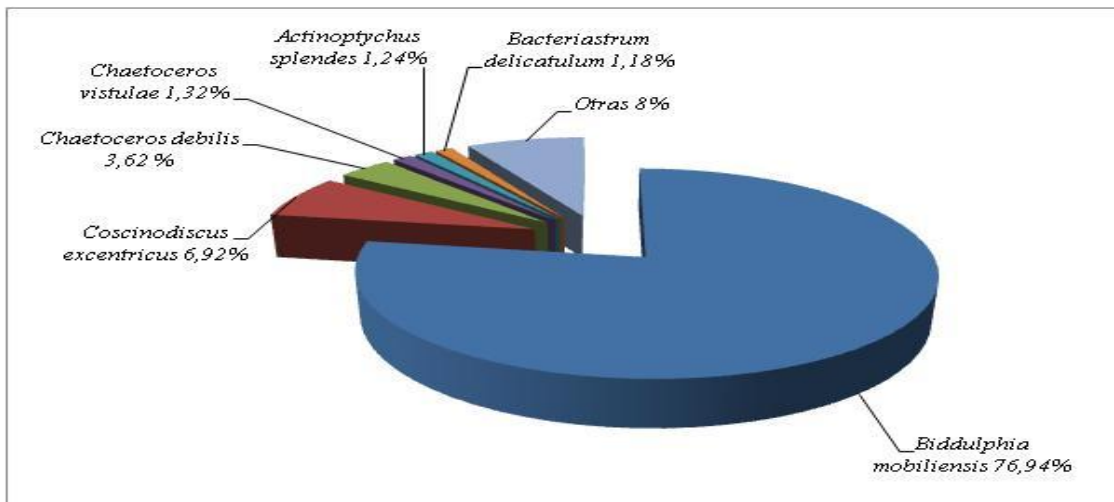


Figura 25. Porcentaje del fitoplancton en el Balneario Las Palmas, durante abril de 2005.

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).

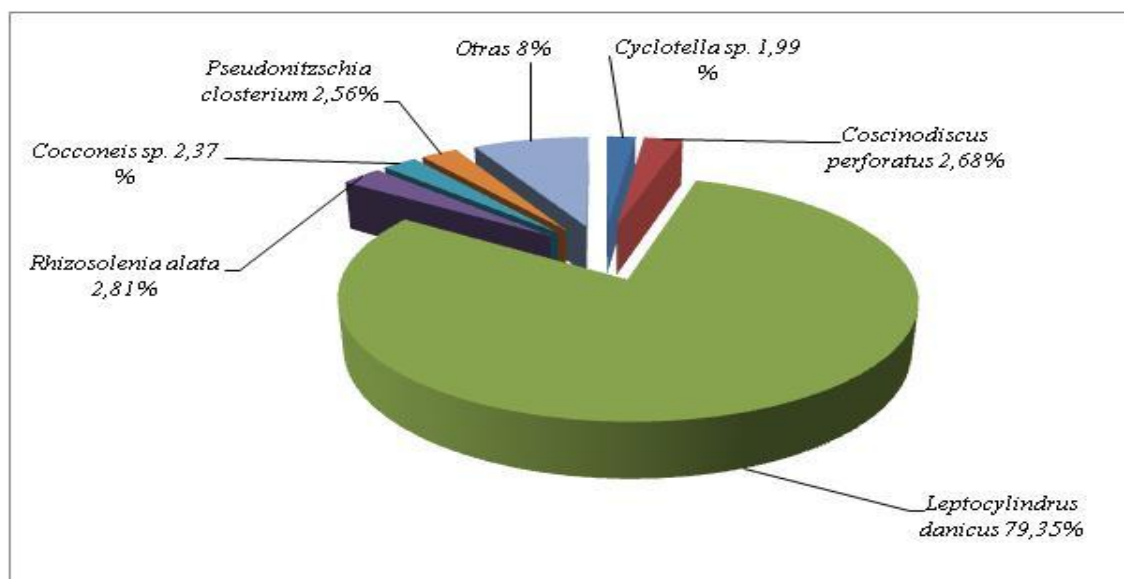


Figura 26. Porcentaje del fitoplancton en Atacames, durante abril de 2005.

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).

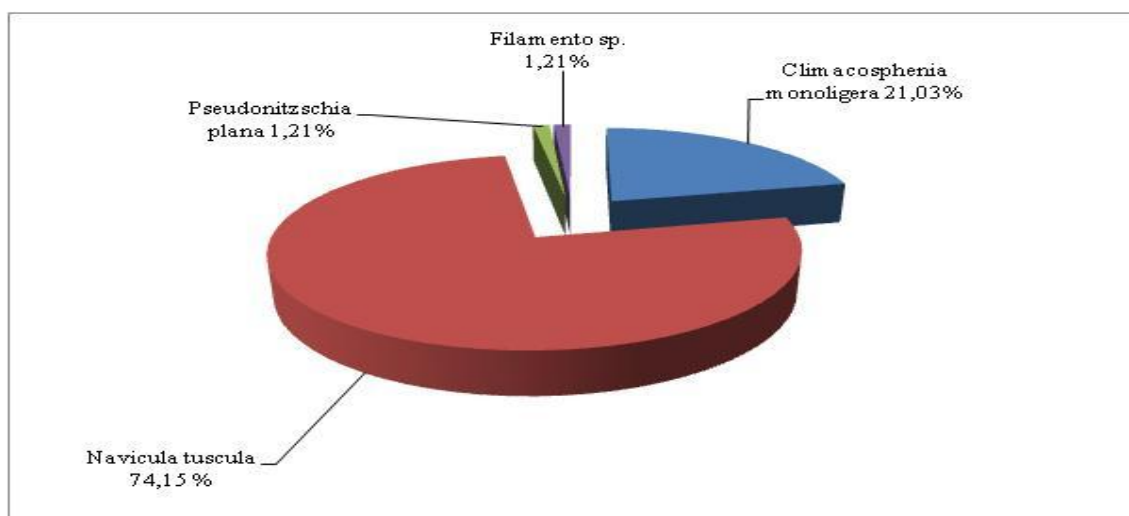


Figura 27. Porcentaje del fitoplancton en el río Teaone, durante septiembre de 2005.

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).

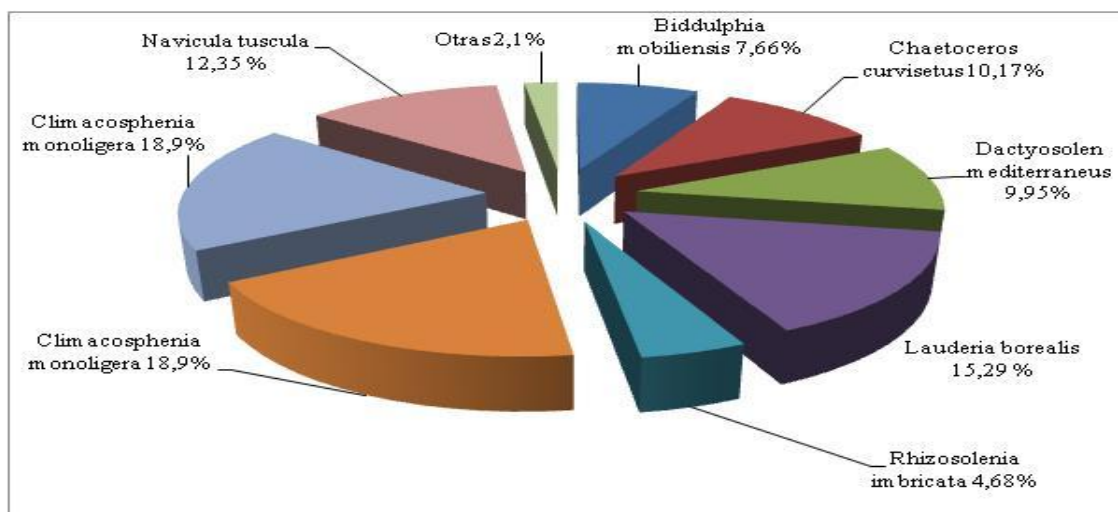


Figura 28. Porcentaje del fitoplancton en el río Esmeraldas, durante septiembre de 2005.

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).

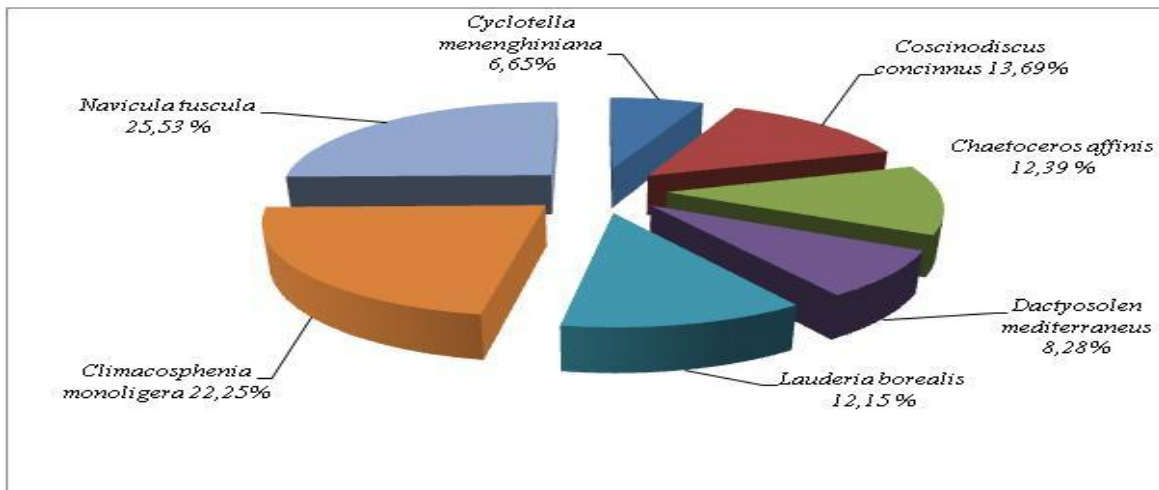


Figura 29. Porcentaje del fitoplancton en el Terminal Petrolero, durante septiembre de 2005.

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).

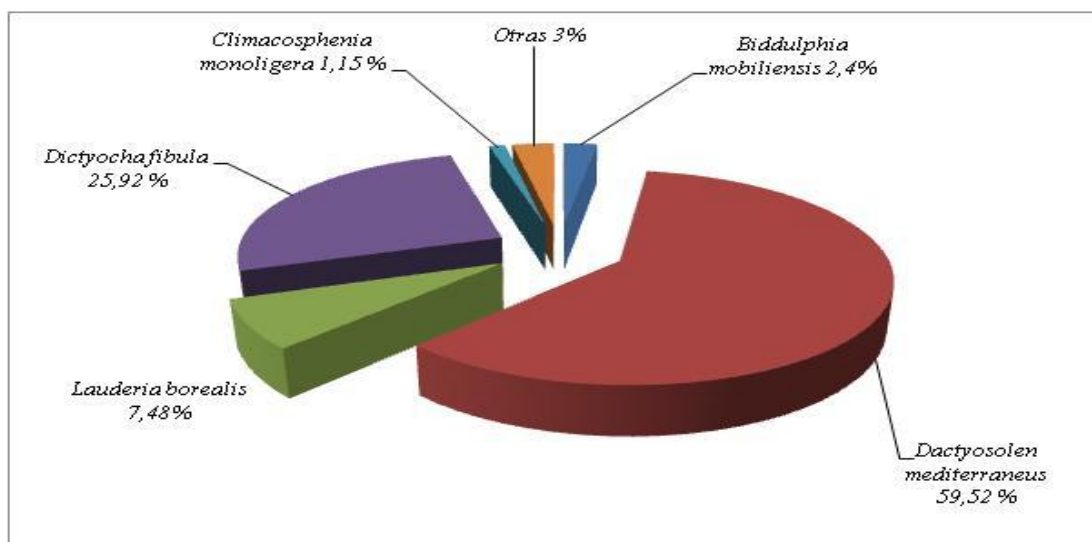


Figura 30. Porcentaje del fitoplancton en el Balneario Las Palmas, durante septbre de 2005.

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).

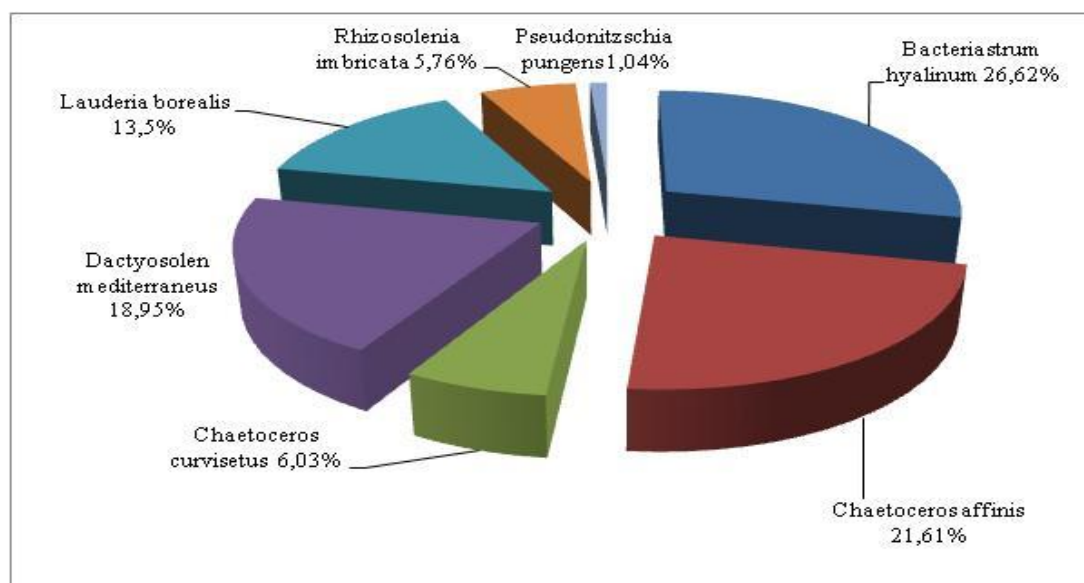


Figura 31. Porcentaje del fitoplancton en Atacames, durante septiembre de 2005.

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 reflujo, 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.