



UNIVERSIDAD ESTATAL
“PENÍNSULA DE SANTA ELENA”
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

**“ANÁLISIS DE LA DENSIDAD Y DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON EN LAS
ESTACIONES FIJAS DE LA LIBERTAD Y ESMERALDAS, DURANTE EL
PERIODO 2013 - 2015”**

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

AUTOR

ASENCIO PARRALES JELTSYN ARIEL

TUTOR

BLGA. DADSANIA RODRÍGUEZ MOREIRA, M.SC

LA LIBERTAD – ECUADOR

2021

TRIBUNAL DE GRADO



Firmado electrónicamente por:
MAYRA MAGALI
CUENCA ZAMBRANO

Blga. Cuenca Zambrano Mayra, MSc.

DECANA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Ing. Villón Moreno Jimmy, MSc.

DIRECTOR

CARRERA DE BIOLOGÍA

Blga. Rodríguez Moreira Dadsania, MSc.

DOCENTE TUTOR

Blga. Cornejo Rodríguez María, PhD.

DOCENTE DE ÁREA

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, UPSE.

Jeltsyn Asencio

Jeltsyn Ariel Asencio Parrales

C.I.: 0928194307

PRUEBA URKUND



Document Information

Analyzed document	ASENCIO JELTSYN - TESINA URKUM.docx (D141825947)
Submitted	2022-07-07 13:37:00
Submitted by	Dadsania Rodríguez
Submitter email	droduiguez@upse.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	droduiguez.upse@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / SILVA SARA 26 ENERO 2022.pdf Document SILVA SARA 26 ENERO 2022.pdf (D126335644) Submitted by: mcornejo@upse.edu.ec Receiver: mcornejo.upse@analysis.orkund.com	 2
SA	Tesis Aislamiento uk.docx Document Tesis Aislamiento uk.docx (D57269139)	 1
SA	PRIMER BORRADOR. NATHALY CHAVEZ.docx Document PRIMER BORRADOR. NATHALY CHAVEZ.docx (D29592859)	 1
SA	E VERA TESIS PROYECTO MAESTRIA.doc Document E VERA TESIS PROYECTO MAESTRIA.doc (D10633820)	 2
W	URL: https://1library.co/document/zg80nk7y-evaluacion-fitoplancton-mecanismo-preventivo-ocurrencia-esmeraldas-libertad-bolivar.html Fetched: 2022-07-07 13:37:04	 1

Entire Document

“ANÁLISIS DE LA DENSIDAD Y DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON EN LAS ESTACIONES FIJAS DE LA LIBERTAD Y ESMERALDAS, DURANTE EL PERIODO 2013 - 2015”
ANÁLISIS DE LA DENSIDAD Y DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON EN LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA, DURANTE EL PERIODO 2013 - 2015
Autor: Jeltsyn Ariel Asencio Parrales Tutora: Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, M.sc
RESUMEN

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por la oportunidad de brindar estudios e instalaciones para poder convertirme en Biólogo de la República del Ecuador, también a la Facultad de Ciencias de Mar, a todos los admirativos y docentes que a lo largo de los años han participado activamente en mi formación.

A mi tutora la Blga. Dapsnia Rodríguez quien me ha ayudado en la elaboración de esta tesina con su excelente guía, sus tutorías y observaciones. Por último, agradecer a la Blga. Gladys Torres autora de los trabajos que he analizado.

DEDICATORIA

Dedicó este trabajo a mis padres, Manuel Asencio Rocafuerte y Rosa Parrales Pincay, a mi hermano Jahzel Asencio Parrales, a mi tía Herlinda Urrunaga Pincay, quienes siempre han sido partícipes de mi formación como ser humano y me han brindado su apoyo incondicional desde el comienzo de mi educación, agradecido con sus esfuerzos y dedicación que me permitieron llegar a estas instancias de mi vida. Además, de estar agradecido con mis compañeros de curso, los mismo que siempre estuvieron apoyándome y tuvieron un impacto en el profesional que me he convertido, especialmente a Daniela Beltrán Caiche, por todo su apoyo y enseñanzas. Dedico, de gran corazón, este trabajo a mi abuelo Luis Asencio Del Pezo, a quien siempre he admirado por su tenacidad y dedicación, él ha sido mi inspiración y motivación para el cumplimiento de mis metas.

ABREVIATURAS

°C: Grados centígrados.

Cel: Células.

L: Litros.

Ups: Unidades prácticas de salinidad.

ÍNDICE

RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo general	3
3.2. Objetivos específicos	3
4. MARCO TEORICO	4
4.1. Fitoplancton.....	4
4.2. Composición del fitoplancton:.....	4
4.3. Distribución del fitoplancton	5
4.4. Importancia del fitoplancton.....	5
4.4.1. El fitoplancton y la productividad primaria.....	6
4.4.2. Fertilidad del fitoplancton	6
4.5. Factores abióticos del ecosistema marino	7
4.6. Factores físicos del ecosistema marino	7
4.7. Factores químicos del ecosistema marino	8
4.8. Fitoplancton como bioindicador biológico.....	9
5. METODOLOGÍA.....	10
5.1. Área de estudio	10
5.2. Metodología de campo.....	11

5.3. Metodología de análisis de datos	12
6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	13
6.1. Densidad mensual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.	13
6.1.1. Estación fija La Libertad.....	13
6.1.2. Estación fija Esmeraldas.....	16
6.2. Diversidad mensual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.	19
6.2.1. Estación fija La Libertad.....	19
6.2.2. Estación fija Esmeraldas.....	22
6.3. Comparación de la densidad y diversidad anual del fitoplancton de las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.	25
6.3.1. Densidad anual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.....	25
6.3.2. Diversidad anual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.....	26
7. CONCLUSIONES	27
8. BIBLIOGRAFÍA	28
9. ANEXOS	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estación fija a 10 millas de la costa – Esmeraldas.	10
Figura 2. Estación fija a 10 millas de la costa – La Libertad.	11

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2013 – La Libertad.	13
Gráfico 2. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2014 – La Libertad.	14
Gráfico 3. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2015 – La Libertad.	15
Gráfico 4. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2013 – Esmeraldas.	16
Gráfico 5. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2014 – Esmeraldas.	17
Gráfico 6. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2015 – Esmeraldas.	18
Gráfico 7. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2013 – La Libertad.	19
Gráfico 8. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2014 – La Libertad.	20
Gráfico 9. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2015 – La Libertad.	21
Gráfico 10. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2013 – Esmeraldas.	22
Gráfico 11. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2014 – Esmeraldas.	23
Gráfico 12. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2015 – Esmeraldas.	24
Gráfico 13. Densidad anual del fitoplancton (cel/l) durante los años 2013 al 2015, La Libertad y Esmeraldas.	25
Gráfico 14. Diversidad anual del fitoplancton (bits/cel) durante los años 2013 al 2015, La Libertad y Esmeraldas.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Densidad mensual del fitoplancton (cel/l) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2013.	34
Anexo 2. Densidad mensual del fitoplancton (cel/l) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2014.	35
Anexo 3. Densidad mensual del fitoplancton (cel/l) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2015.	36
Anexo 4. Diversidad mensual del fitoplancton (bits/cel) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2013.	37
Anexo 5. Diversidad mensual del fitoplancton (bits/cel) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2014.	38
Anexo 6. Diversidad mensual del fitoplancton (bits/cel) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2015.	39
Anexo 7. Densidad anual del fitoplancton (cel/l) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.	40
Anexo 8. Diversidad anual del fitoplancton (bits/cel) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.	40
Anexo 9. Variabilidad mensual de la temperatura (°C) en la estación fija La Libertad, durante los años 2013 a 2015.	41
Anexo 10. Variabilidad mensual de la temperatura (°C) en la estación fija Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.	41

Anexo 11. Variabilidad mensual de la salinidad (ups) en la estación fija La Libertad, durante los años 2013 a 2015.	42
Anexo 12. Variabilidad mensual de la salinidad (ups) en la estación fija Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.	42
Anexo 13. Principales especies (25.001 a 325.000 cel/l) en la estación fija LA LIBERTAD, durante los años 2013 a 2015.....	43
Anexo 14. Principales especies (25.001 a 325.000 cel/l) en la estación fija Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.	44
Anexo 15. Principales especies (325.001 a 625.000 cel/l) por época estacional en la estación fija Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.....	45
Anexo 16. Principales especies (325.001 a 625.000 cel/l) por época estacional en la estación fija La Libertad, durante los años 2013 a 2015.....	46

ANÁLISIS DE LA DENSIDAD Y DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON EN LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA, DURANTE EL PERIODO 2013 - 2015

Autor: Jeltsyn Ariel Asencio Parrales

Tutora: Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, M.sc

RESUMEN

El fitoplancton representa un importante productor primario de los ecosistemas marinos de todo el mundo, en el Ecuador, siendo un país costero, es de vital importancia conocer el estado de estas comunidades fitoplanctónicas a lo largo de la costa Ecuatoriana, debido a que estas asociaciones fitoplanctónicas son grandes indicadores de la salud y estado de nuestro océano y su ecosistema. Es así, que la finalidad de este trabajo de investigación bibliográfica es analizar el estado de las principales estaciones de muestreo fitoplanctónico en el Ecuador, específicamente hablando de las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, a través del análisis de la densidad y diversidad mensual de dichas comunidades durante los años 2013 a 2015, identificando la estación de mayor productividad primaria.

Teniendo como resultado que la mayor densidad poblacional se dio en la estación fija La Libertad en el año 2015 con 1.288.784 cel/l, a diferencia de la estación Esmeraldas que su valor máximo fue de 701.137 cel/l, sin embargo esta última estación obtuvo el valor máximo de diversidad con un 3.4 bits/cel en comparación de la estación fija La Libertad con un valor

máximo de 3.1 bits/cel, evidenciando que a pesar de que la estación La Libertad cuenta con una mayor productividad primaria no tiene gran diversidad siendo todo lo contrario en la estación Esmeraldas.

Palabras claves: Fitoplancton, Densidad, Diversidad, Ecosistema, Estación, Bits, Células.

ANALYSIS OF PHYTOPLANKTON DENSITY AND DIVERSITY IN THE SANTA ELENA PENINSULA, DURING THE PERIOD 2013 - 2015.

Author: Jeltsyn Ariel Asencio Parrales

Tutor: Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, M.sc

ABSTRACT

Phytoplankton represents an important primary producer of marine ecosystems worldwide, in Ecuador, being a coastal country, it is of vital importance to know the status of these phytoplanktonic communities along the Ecuadorian coast, because these phytoplanktonic associations are great indicators of the health and status of our ocean and its ecosystem. Thus, the purpose of this bibliographic research work is to analyze the state of the main phytoplankton sampling stations in Ecuador, specifically talking about the fixed stations La Libertad and Esmeraldas, through the analysis of the monthly density and diversity of these communities during the years 2013 to 2015, identifying the station with the highest primary productivity.

As a result, the highest population density was found in the fixed station La Libertad in 2015 with 1,288,784 cell/l, unlike the Esmeraldas station that had a maximum value of 701,137 cell/l, however this last station obtained the maximum value of diversity with 3.4 bits/cell

compared to the fixed station La Libertad with a maximum value of 3.1 bits/cell, showing that although the station La Libertad has a higher primary productivity it does not have great diversity, being the opposite in the Esmeraldas station.

Key words: Phytoplankton, Density, Diversity, Ecosystem, Station, Bits, Cells.

1. INTRODUCCIÓN

Según Chisholm (1992), se define como fitoplancton a la comunidad de seres autótrofos fotosintéticos responsables del 95 % del total de productividad primaria del planeta, tiene una relación precisa con las áreas geográficas latitudinales, los factores naturales como las alteraciones oceánicas, climáticas y actividades antropogénicas, afectan su hábitat de forma prolongada o momentánea, permitiendo la tolerancia de unas especies y deserción de otras al no soportar condiciones de impacto en su hábitat, todos estos factores implican directamente en su hábitat ecológico del ecosistema marino (Nibakken, 1993).

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción a las condiciones bióticas y abióticas dichos factores varían según las características de los acuatorios, a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas (Comas et al., 2009). Los cambios de las condiciones físico-químicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Vásquez et al., 2006).

Según expertos en los últimos años los florecimientos han aparecido frecuentemente y creen que se puede esperar el incremento de incidencias de estos eventos con relación al cambio climático dichos crecimientos masivos de fitoplancton pueden ser beneficioso o perjudiciales para el ecosistema (Graham et al., 2016).

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo: Analizar la densidad y diversidad del fitoplancton presente en las estaciones fijas de La Libertad y Esmeraldas, mediante revisión bibliografía durante el periodo 2013 hasta el 2015, determinando el estado de la productividad primaria de dichas estaciones.

2. JUSTIFICACIÓN

La importancia del fitoplancton marino ha sido enfatizada en diversas obras en todo el mundo, ya que es responsable de más de 45% de la producción primaria neta del planeta (Simon et al., 2009). El fitoplancton constituye un bioindicador muy promisorio debido a sus ciclos vitales cortos en el medio marino, además de que refleja fluctuaciones ambientales, pues responden rápidamente a los cambios que pueden ocurrir en las masas de agua por procesos naturales o antrópicos, lo que puede afectar su composición en el medio marino.

El presente trabajo investigativo tiene originalidad en el análisis secuencial de la densidad y diversidad del fitoplancton en las estaciones fijas de La Libertad y Esmeraldas, ya que extrae de varias plataformas información disponible con datos reales, como repositorios digitales de universidades del Ecuador, informes técnicos, revistas científicas y actas oceanográficas. La revisión bibliográfica se realizó con el propósito de analizar la variabilidad anual de la densidad y diversidad del fitoplancton, definiendo el estado de la productividad primaria de dichas estaciones, este trabajo servirá de contribución para las próximas investigaciones sobre el fitoplancton que permitirá definir mejor su estado y comportamiento.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Analizar la densidad y diversidad del fitoplancton entre las estaciones fijas de La Libertad y Esmeraldas, mediante revisión bibliográfica durante el periodo 2013 - 2015, determinando el estado de la productividad primaria de dichas estaciones.

3.2. Objetivos específicos

- Establecer la densidad mensual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, mediante el uso de la hoja de cálculo de Excel, durante los periodos establecidos.
- Determinar la diversidad mensual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, mediante la data del índice de diversidad de Shannon en los años analizados.
- Comparar la densidad y diversidad anual del fitoplancton en las estaciones fijas antes mencionadas, determinando el estado de cada estación.

4. MARCO TEORICO

4.1. Fitoplancton

Proviene del griego phytos que significa “planta” y planktos que significa “errante”. Hace referencia a aquellos microorganismos fotosintetizadores (microalgas y cianobacterias) que flotan o nadan en la columna de agua de lagos, ríos y océanos (Graham et al., 2016) u otros ecosistemas acuáticos.

4.2. Composición del fitoplancton:

En fitoplancton fotosintético se encuentra formado principalmente de diatomeas, dinoflagelados, flagelados minúsculos y cianobacterias constituyen el primer nivel trófico que sirve de alimento a animales mayores (Ruppert y Barnes, 1996). Por esta razón es considerado como el primer nivel de la cadena alimenticia en el mar, debido a que está interconectado por la energía solar y material circulante en el ecosistema, energía que es transferible al próximo nivel trófico zooplancton e ictioplancton (Man y Lazier, 1991).

El fitoplancton representa la entrada de la energía solar al medio marino y la base de su subsistencia; además, es el encargado de producir la materia orgánica que será aprovechada por los fitófagos, luego por los zoófagos y finalmente por los detritófagos y las bacterias que desintegran los restos, formando la sustancia inorgánica con la que el fitoplancton iniciará nuevamente el ciclo de la materia, ciclo repetitivo importante para el ambiente marino (Basilio, 2014).

4.3. Distribución del fitoplancton

La distribución fitobiogeográfica en el océano Pacífico consiste de 7 grupos: Xanthophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Flagellata; siendo dominantes las diatomeas y dinoflagelados (Bogorov, 1967).

Las masas de aguas superficiales varían considerablemente debido al régimen complejo de la circulación oceánica en el Pacífico Oriental Tropical, siendo este un factor importante para la distribución de las masas de agua del Ecuador (Okuda et al., 1983). La distribución del plancton marino costero, está regulada por las condiciones estacionales influenciadas directamente por la posición del Frente Ecuatorial (Jiménez y Bonilla, 1980; Torres, 1996).

La abundancia del fitoplancton está influenciada por factores físico químicos como la luz temperatura, turbidez y la abundancia de nutrientes, el fitoplancton marino, está supeditado por la disponibilidad nutricional y los afloramientos que existen en estas zonas cercanas a la costa y también al encuentro de masas de agua cálidas provenientes de la corriente de Panamá y además la propagación de las ondas Kelvin provenientes del Oeste las cuales van a ser determinantes en la producción de la biomasa del fitoplancton en las poblaciones naturales (Mafla, 2015).

4.4. Importancia del fitoplancton

El fitoplancton se ocupan de fijar el dióxido de carbono atmosférico de modo que el carbono llegue a formar parte de la cadena alimenticia, siendo fuente de energía, este representa la base fundamental del primer nivel trófico de la cadena alimenticia en ambiente marino y a su vez sirve como alimento al próximo nivel trófico zooplanctónico, se encuentra en la capa superior del mar que se encuentra más iluminada para poder efectuar la fotosíntesis y a su vez están sujetos a la operación de métodos físicos y bioquímicos del medio ambiente por eso es considerado como

un bioindicador principal y estratégico para el establecimiento de la calidad de las aguas en los mares y océanos, debido a que responden con facilidad a las variaciones físico-químicas del ecosistema (Mafla, 2015).

4.4.1. El fitoplancton y la productividad primaria

Los océanos y los lagos están constituidos por un extenso conjunto de organismos microscópicos que nadan libremente en el agua o están estrictamente suspendidos en ella que constituyen el plancton el cual está formado por plantas (fitoplancton) y por animales (zooplancton). Aunque los organismos planctónicos marinos son capaces de trasladarse por sí mismos, son demasiado pequeños como para hacerlo independientemente de las corrientes (Ruppert y Barnes, 1996).

Los cambios climáticos globales tienen vínculo con la variabilidad en la tasa de disturbancia ecológica en áreas cercanas a la costa y en ambientes oceánicos, dichos procesos han sido involucrados para exponer la decadencia del coral e incremento en el blooms de algas nocivas, especialmente en el incremento de radiación ultravioleta y los impactos antropogénicos como la contaminación marina, eutrofización, entre otros factores, enunciados por Marshall et al., (2000); sin embargo, el fitoplancton es el primordial sintetizador de los mecanismos acuáticos (Subba, 1976).

4.4.2. Fertilidad del fitoplancton

La fertilidad del fitoplancton marino costero, está sistematizada por la disponibilidad nutricional y la zona de convergencia intertropical, por los afloramientos costeros al sur del Perú y el Golfo de Guayaquil, el encuentro de masas de agua cálidas provenientes del norte de la Cuenca Panámica (Wooster, 1969; Smayda, 1978), y la propagación de ondas Kelvin desde el Oeste (Zambrano, 1998). Back et al., (1991), determinaron que estos factores afectan la regulación en la biomasa en las

poblaciones naturales del fitoplancton, la misma que está determinada por la presencia del hierro.

En los últimos años, el comportamiento del fitoplancton marino ha adquirido especial interés debido a la importancia que tiene en los estudios orientados a la predicción del fenómeno de El Niño y la evaluación de su efecto sobre la producción biológica (Avaria y Orellana, 1975). En La Libertad y Manta, el fitoplancton ha experimentado cambios anuales en la sucesión de especies dentro de la comunidad del fitoplancton frente al evento El Niño (Torres, 1996; Torres y Tapia, 1998).

4.5. Factores abióticos del ecosistema marino

Los principales factores abióticos que intervienen en la distribución del fitoplancton son temperatura, iluminación, nutrientes, afloramiento, posición del Frente Ecuatorial, posición de las corrientes marinas, dirección y velocidad del viento, topografía submarina y terrestre, estrés antropogénico; pastoreo por zooplancton herbívoro, y la presencia de irregularidades climáticas como el evento El Niño que alteran la distribución del hábitat del fitoplancton (Man y Lazier, 1991).

4.6. Factores físicos del ecosistema marino

Por requerir de la luz del sol para su actividad fotosintética, el fitoplancton está limitado al estrato superficial, ya que los rayos solares sólo penetran en la superficie, en donde, a medida que las microalgas aumentan en número, se absorbe una porción mayor de esta radiación, reduciendo así la penetración de la luz solar hasta aguas más profundas del océano. (Loza et al., 2007). Siendo la capa superficial, la más productiva por el requerimiento de luz solar y la temperatura superficial del agua. En las regiones más productivas dentro de los primeros 5 m. o aún menos.

De este modo, el proceso de la productividad orgánica en el mar se limita a un estrato muy delgado de la superficie, de gran relevancia para los ciclos vitales.

Según Basilio (2014), la temperatura, es otro factor fundamental para la composición del fitoplancton marino, en aguas ecuatoriales, las temperaturas del agua de mar son cálidas, pudiendo crecer más rápido que en aguas frías; Como el fitoplancton no puede regular su temperatura o emigrar, sus poblaciones pueden verse afectadas por un decrecimiento y a un empobrecimiento de la biodiversidad en el ecosistema marino.

Otro factor de importancia para el crecimiento y estabilidad de las especies fitoplanctónicas es la salinidad, propiedad importante de cuerpos de agua naturales. El calentamiento de las aguas superficiales por la radiación solar afecta la distribución de la temperatura, salinidad y densidad en el ambiente marino, por ende, a las concentraciones celulares que se desarrollan en ese entorno (Basilio, 2014).

4.7. Factores químicos del ecosistema marino

Las zonas cercanas a los continentes, en donde existe una mayor actividad de las aguas por la acción del oleaje, las mareas y las corrientes, presentan surgencias que les permiten contar con la cantidad suficiente de nutrientes compuestos principalmente por nitrógeno y fósforo, formándose las zonas más productivas; mientras que el océano abierto, en donde las aguas pueden ser más tranquilas, no es un medio especialmente favorable para la producción de materia orgánica.

Generalmente los cambios en las condiciones del mar están vinculados con la estacionalidad, de forma que la estructura trófica y los flujos de nutrientes no son constantes sino variables. Los más importantes de estos micronutrientes para análisis de agua, son el nitrógeno, fosforo, y silicio (Raymond, 1980).

4.8. Fitoplancton como bioindicador biológico

El fitoplancton, como todos los seres vivos, presenta comunidades que se distribuyen y desarrollan de acuerdo con las condiciones del medio donde se encuentran, al que se llama cuadro ambiental, formado por factores físicos, químicos y biológicos particulares que influyen sobre los seres vivos que habitan ese lugar (Margalef, R. 1965), las comunidades generalmente las conforman las diatomeas y los dinoflagelados en su mayoría.

Las respuestas de tipo biológico frente a variaciones ambientales como luz, temperatura, salinidad y requerimientos de nutrientes han sido utilizadas históricamente como indicadores para detectar tales modificaciones. Smayda (1958-1963). Son considerados indicadores biológicos por iniciarse principalmente en los organismos fitoplanctónicos adecuadamente seleccionados, estos podrían servir no solo para pronosticar algún fenómeno, como El Niño y alternativamente para caracterizar la intensidad y sus impactos (Arntz, 1993).

El fitoplancton pelágico es responsable del 95% del total de la productividad primaria, las perturbaciones oceánicas y climáticas afectan su hábitat, permitiendo la tolerancia de unas especies, ausencia de otras, disminuyendo su flujo energético en niveles tróficos superiores (Chisholm, 1992). El 90% de la biomasa vive en la capa fótica (Chisholm, 1992).

5. METODOLOGÍA

Este trabajo es una investigación del tipo Exploratoria – Descriptiva. Se considera exploratoria porque pretende estudiar un problema, y descriptiva es debido a que pretende describir distintos valores proporcionados a lo largo de años y busca detallar propiedades positivas y significativas para que se examine (Hernández, 2014).

La información analizada de obtuvo de diferentes fuentes bibliográficas, tales como repositorios digitales de universidades ecuatorianas, revistas científicas, informes técnicos de instituciones públicas, actas oceanografías, tesis de grado y maestrías.

5.1. Área de estudio

Los datos fueron recolectados en las estaciones fijas a 10 millas costa afuera de La Libertad y Esmeraldas, los mismos que son importantes puntos oceanográficos y estaciones para el monitoreo del fitoplancton en Ecuador.

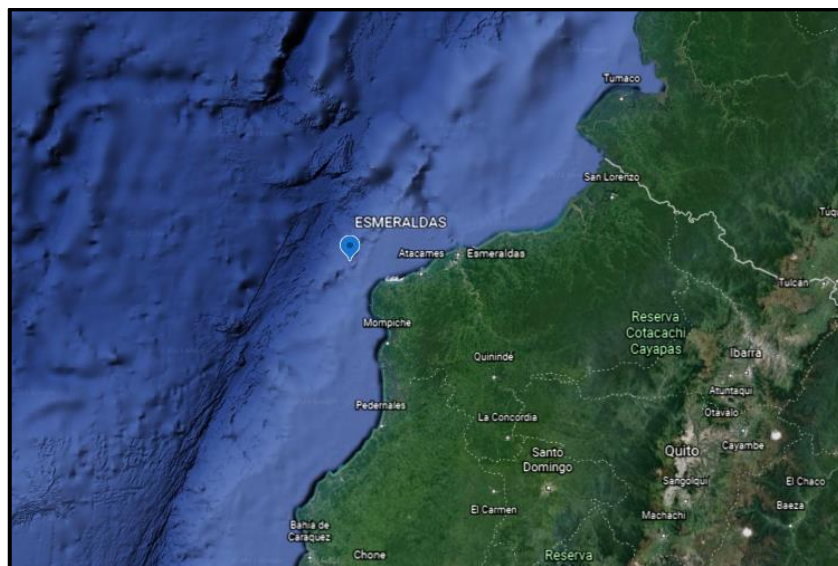


Figura 1. Estación fija a 10 millas de la costa – Esmeraldas.
Fuente: Google Earth, 2021.

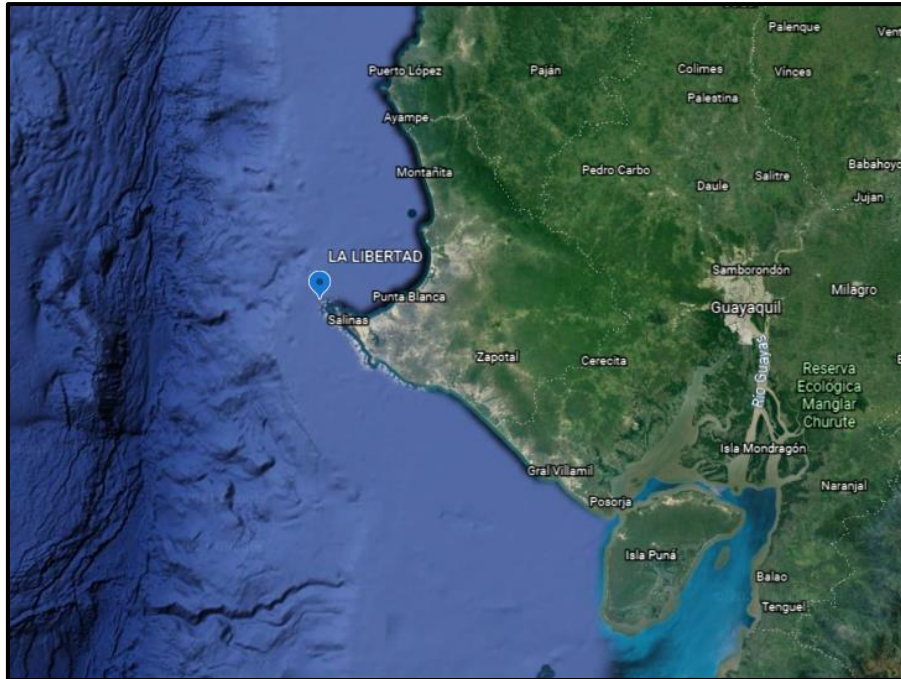


Figura 2. Estación fija a 10 millas de la costa – La Libertad.
Fuente: Google Earth, 2021.

5.2. Metodología de campo

Las muestras del fitoplancton cuantitativo, correspondió a un periodo del monitoreo mensual realizado en los sitios frente a la costa por tres años desde Enero 2013 a Diciembre 2015; muestras que correspondieron al plan de monitoreo efectuado en el proyecto del “Estudio de El Niño” del Instituto Oceanográfico de la Armada, en el marco del Proyecto Regional El Niño-ERFEN en los países de la Comisión Permanente del Pacífico Sudeste (CPPS). Se colectó el fitoplancton con botella Van Dorn a 10m de profundidad (Torres, 2017).

Esta región se caracteriza por una variabilidad oceanográfica compleja única, con un Frente Ecuatorial bien definido donde eventualmente ocurren los eventos El Niño/La Niña. Climatológicamente se identificaron dos épocas: húmeda (diciembre a abril) y seca (mayo a noviembre). El principal sistema de Corrientes marinas que tienen influencia en el área de estudio, del norte la Corriente cálida de Panamá y Corriente de El Niño; del sur la corriente fría de Humboldt y consecutivos aportes de afloramientos (Torres, 2017).

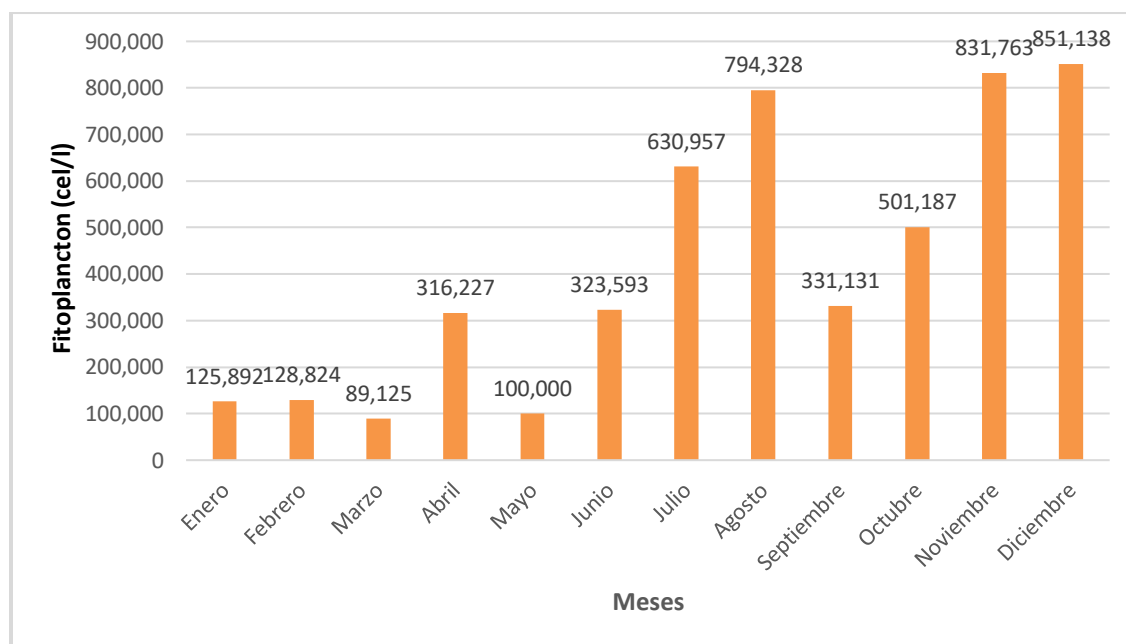
5.3. Metodología de análisis de datos

El análisis de los valores proporcionados se llevó a cabo mediante el uso de hoja de cálculo de Excel, donde a través de las construcciones de tablas para ajustar los valores, se aplicó gráficos de barra para poder analizar las la densidad y diversidad presentes de los principales grupos taxonómicos en cada periodo de tiempo analizados. Esta investigación presentó una metodología descriptiva, ya que pretende analizar cómo se manifiesta a lo largo de los años los diversos valores de densidad y diversidad del fitoplancton en las estaciones antes definidas.

6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

6.1. Densidad mensual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.

6.1.1. Estación fija La Libertad.



Gráfica 1. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2013 – La Libertad.

Fuente: Asencio, 2021.

En la gráfica 1 se puede apreciar la variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l) en el año 2013 en la estación La Libertad, con promedio total de 418.680 cel./l (Anexo 1), donde se puede observar cómo los meses de la época húmeda presentaron valores bajos y poco variables de densidad excluyendo Diciembre, que obtuvo el valor más alto de la época y el año, además, la temperatura se mantuvo en valores altos de 24 a 27 °C (Anexo 9). En los meses de la época seca se alcanzó valores altos de densidad en la mayoría de los meses siendo el mes de Mayo el valor más bajo de la época, mientras que la temperatura osciló entre 23 a 25 °C (Anexo 9). Los meses con mayor densidad de fitoplancton tienen en común que la temperatura promedio fue de 24°C. Por otro lado la salinidad a lo largo de los meses siempre estuvo en rango de 33 a 35 ups, sin mayor variabilidad (Anexo 11).

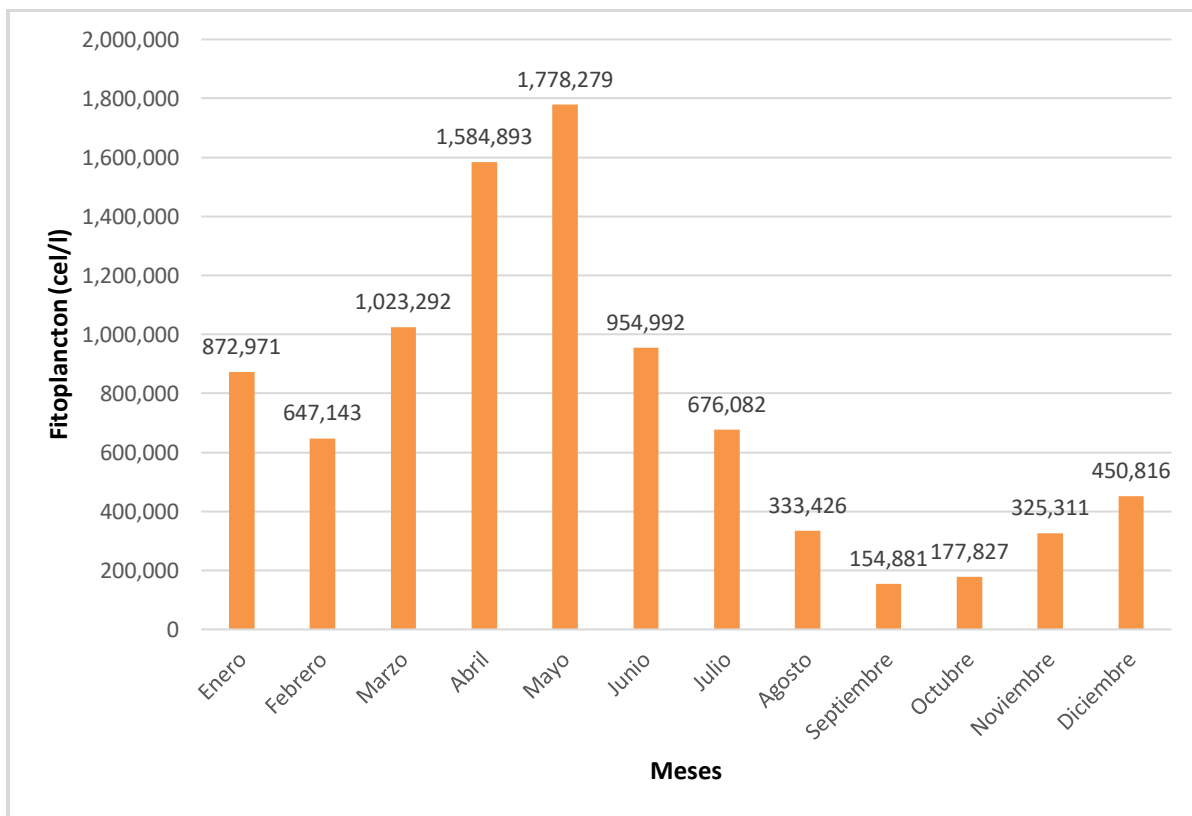


Gráfico 2. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2014 – La Libertad.
Fuente: Asencio, 2021.

En el 2014, se obtuvo una densidad promedio total de 748.326 cel/l (Anexo 2), un valor mucho mayor comparado con el año 2013, en los meses de la época húmeda nuevamente un se obtuvieron valores altos de densidad, siendo el mes de Abril el que alcanzo el valor más alto de la época (Gráfico 2) y presentando temperaturas de 24 °C (Anexo 9). En la época seca, el mes de Mayo presento el valor más alto de la época y del año, con una temperatura de 25 °C (Anexo 9), no obstante, los meses con menor densidad del año fueron Septiembre y Octubre, ambos en la época seca y con una temperatura de 23 y 24 °C respectivamente (Anexo 9). Además, la salinidad se mantuvo poco variable durante todo el año, estando en los rangos de 33.5 a 35 ups (Anexo 11).

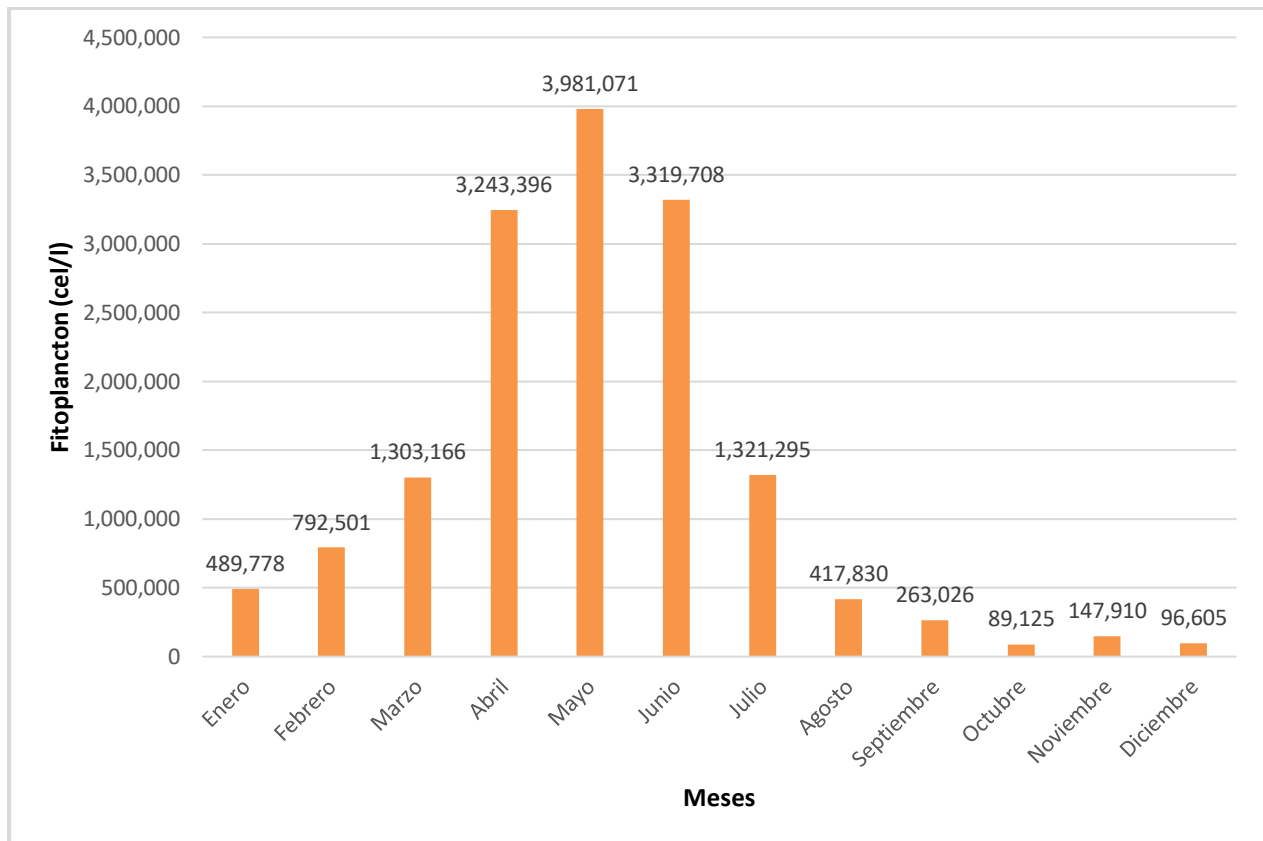


Gráfico 3. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2015 – La Libertad.
Fuente: Asencio, 2021.

En el gráfico 3, se presenta la variabilidad mensual del año 2015, donde se obtuvo un promedio total de 1.288.784 cel/l (Anexo 3), un valor promedio mayor a los años anteriores analizados, en la época húmeda se obtuvo densidades relativamente bajas, con excepción del mes Abril, estos meses alcanzaron temperaturas de 25 °C (Anexo 9). En la época seca alcanzó los valores más altos de densidad, siendo el mes de Mayo y Junio los que alcanzaron los valores más altos del año, estos meses presentamos una temperatura de 25 °C (Anexo 9) y una salinidad de 35 ups (Anexo 11). No obstante, los meses de baja densidad también se presentaron en la época seca, siendo el mes de Octubre el mes más bajo del año, este mes presento una temperatura de 24 °C (Anexo 9) y una salinidad de 33.5 ups (Anexo 11).

6.1.2. Estación fija Esmeraldas.

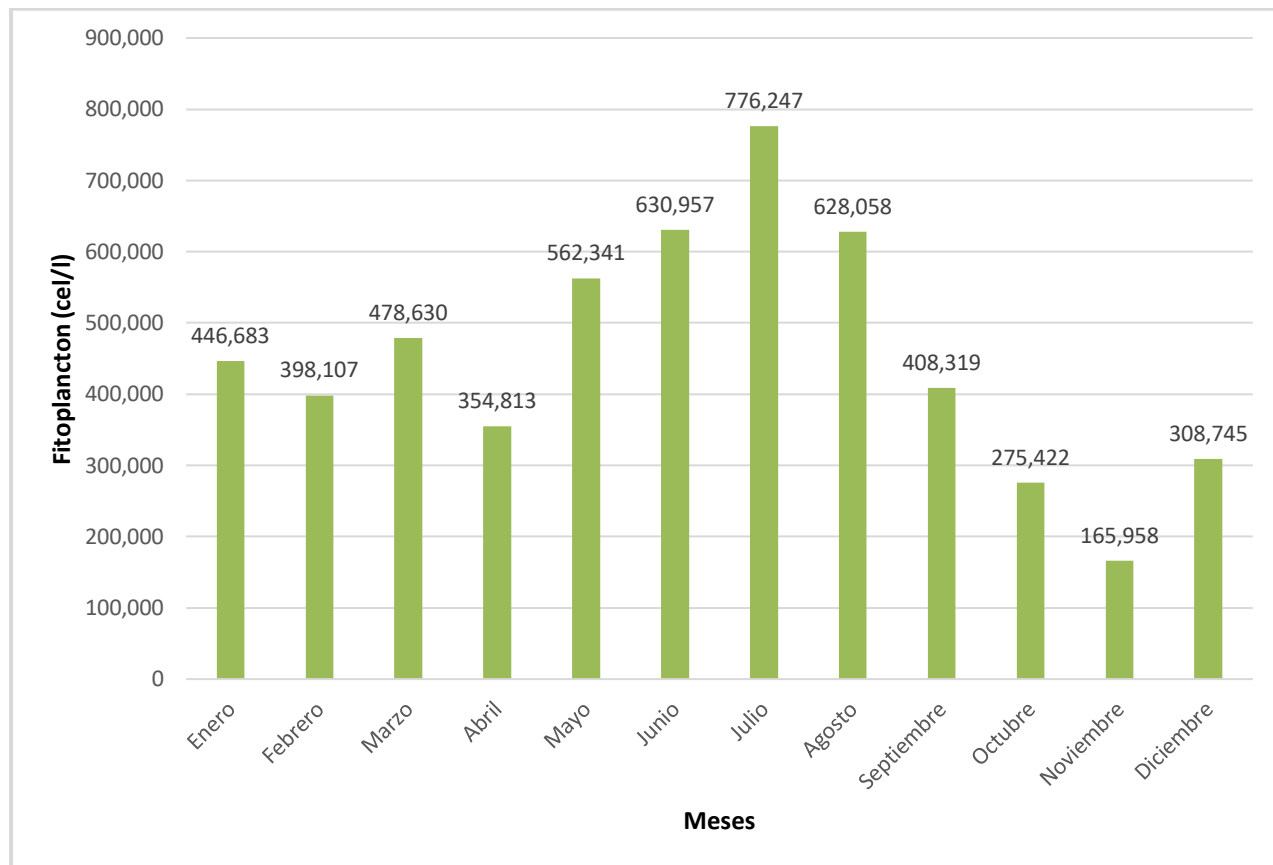


Gráfico 4. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2013 – Esmeraldas.
Fuente: Asencio, 2021.

En el año 2013, se obtuvo un promedio total de 452.856 cel/l (Anexo 1), mientras que la variabilidad mensual obtuvo un mayor valor en la época seca, siendo el mes de Junio el que presentó la mayor densidad del año, con una temperatura de 26 °C (Anexo 10) y una salinidad de 33 ups (Anexo 12). Los meses de menor densidad también se presentaron en la época seca, es así, como el mes de Noviembre obtuvo el valor más bajo del año, con una temperatura de 25 °C (Anexo 10) y una salinidad de 32 ups (Anexo 12). Por otro lado, en la época húmeda, se mantuvieron valores altos y poco variables durante toda la época (Gráfico 4).

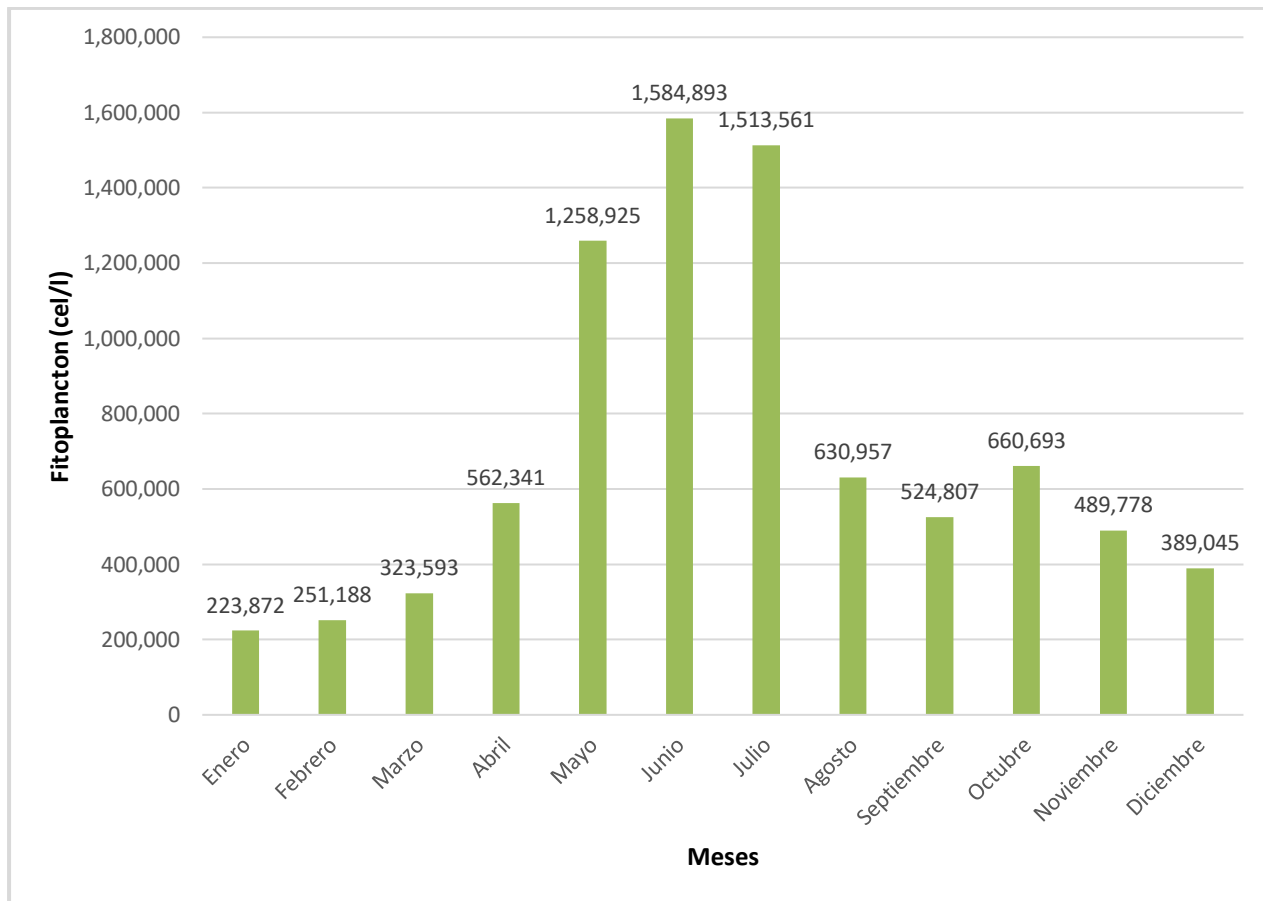


Gráfico 5. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2014 – Esmeraldas.
Fuente: Asencio, 2021.

En el gráfico 5, la variabilidad mensual del fitoplancton en el año 2014 presenta un promedio total de 701.137 cel/l (Anexo 2), en la época seca se obtuvo la mayor densidad de células del año, siendo el mes de Junio y Julio quienes obtuvieron valores superiores durante el año, y presentaron una temperatura de 27 °C (Anexo 10) y una salinidad de 32 y 33 ups (Anexo 12) respectivamente. Los meses de menor densidad se mostraron en la época húmeda, Enero y Febrero fueron los meses de menor densidad de todo el año, con temperaturas promedio de 26 °C (Anexo 10) y salinidad de 32 ups (Anexo 12), mientras que los meses de la época húmeda se mantuvieron bajos y poco variables, lo mismo sucedió con los meses de la época seca.

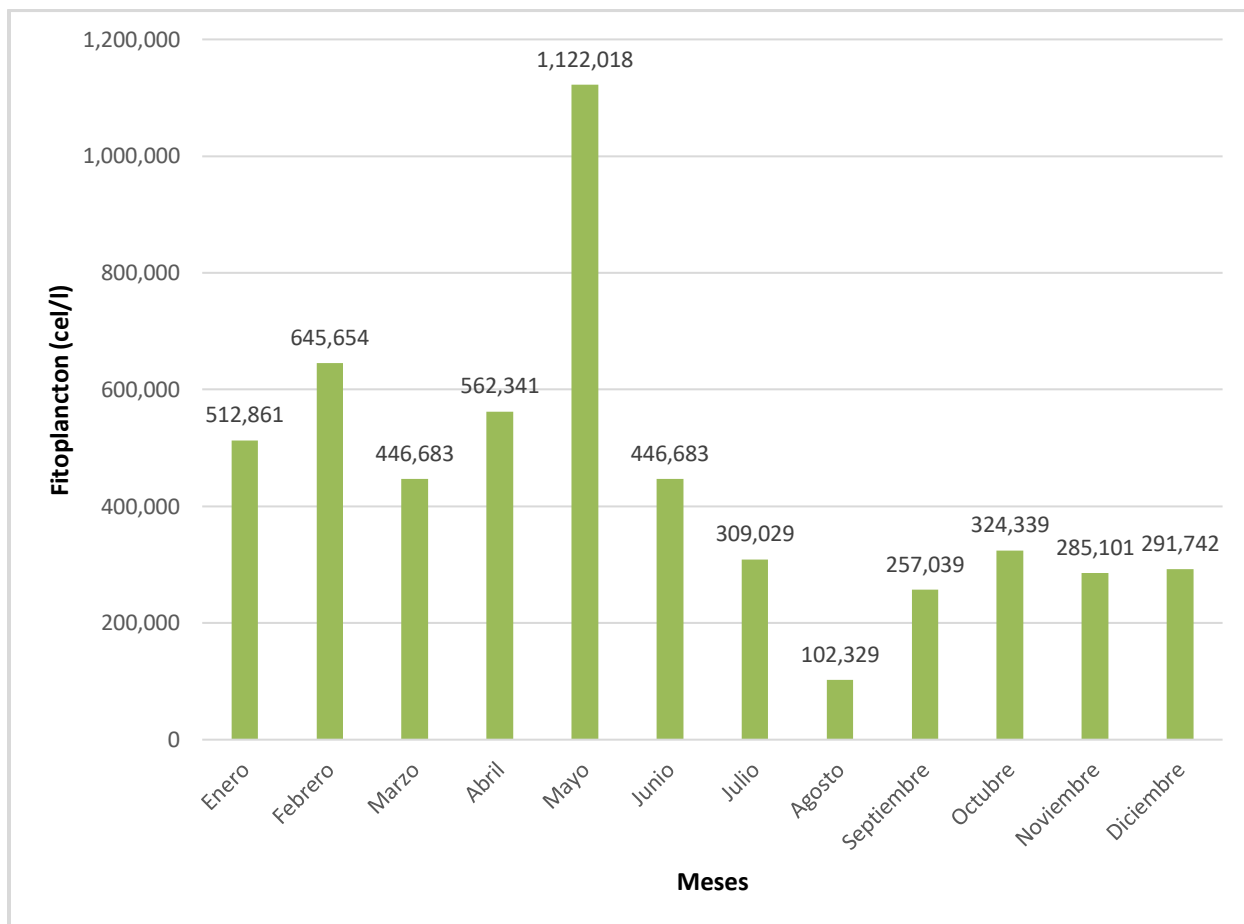


Gráfico 6. Variabilidad de la densidad mensual del fitoplancton (cel./l), 2015 – Esmeraldas.
Fuente: Asencio, 2021.

En el año 2015, se obtuvo una densidad promedio de 442.151 cel/l (Anexo 3), siendo este valor el más bajo de los años analizados. Como en anteriores años, la mayor productividad del fitoplancton se presentó en la época seca, siendo el mes de Mayo quien alcanzo la mayor densidad del año, con una temperatura de 28 °C (Anexo 10) y una salinidad de 34 ups (Anexo 12). Al mismo tiempo la época seca presento los meses de menor densidad, el mes de Agosto presento el valor más bajo del año, obteniendo una temperatura de 28 °C (Anexo 10) y una salinidad de 33 ups (Anexo 12). Por otro lado, la época húmeda se mantuvo con valores altos y poco variables en todos sus meses (Gráfico 6).

6.2. Diversidad mensual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.

6.2.1. Estación fija La Libertad.

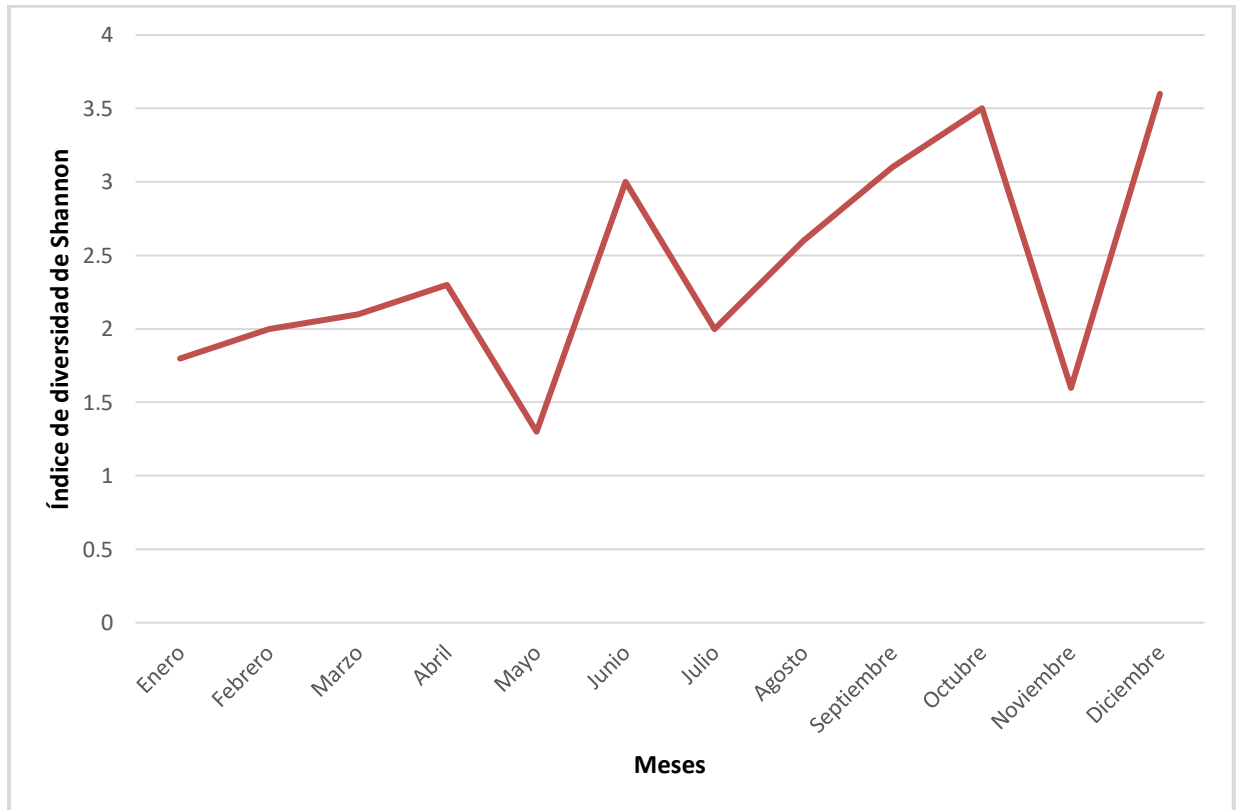


Gráfico 7. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2013 – La Libertad.
Fuente: Asencio, 2021.

En el gráfico 7, se presenta la variabilidad mensual del índice de diversidad, con un valor promedio de 2.4 bits/cel (Anexo 4). En la época húmeda se obtuvo el valor más alto de diversidad del año, siendo este el mes de Diciembre, los siguientes meses de la época se mantuvieron bajos pero en un constante crecimiento, en esta época se presentaron 6 especies de diatomeas céntricas y 1 especie de diatomea pennada (Anexo 18). En la época seca, la diversidad se presentó muy variable, tenido picos de alta diversidad como el mes de Octubre y picos de baja diversidad como es el mes de Mayo, en esta época se presentaron 3 especies de diatomeas céntricas, 2 especies de diatomeas pennadas y 1 especie de dinoflagelado (Anexo 18).

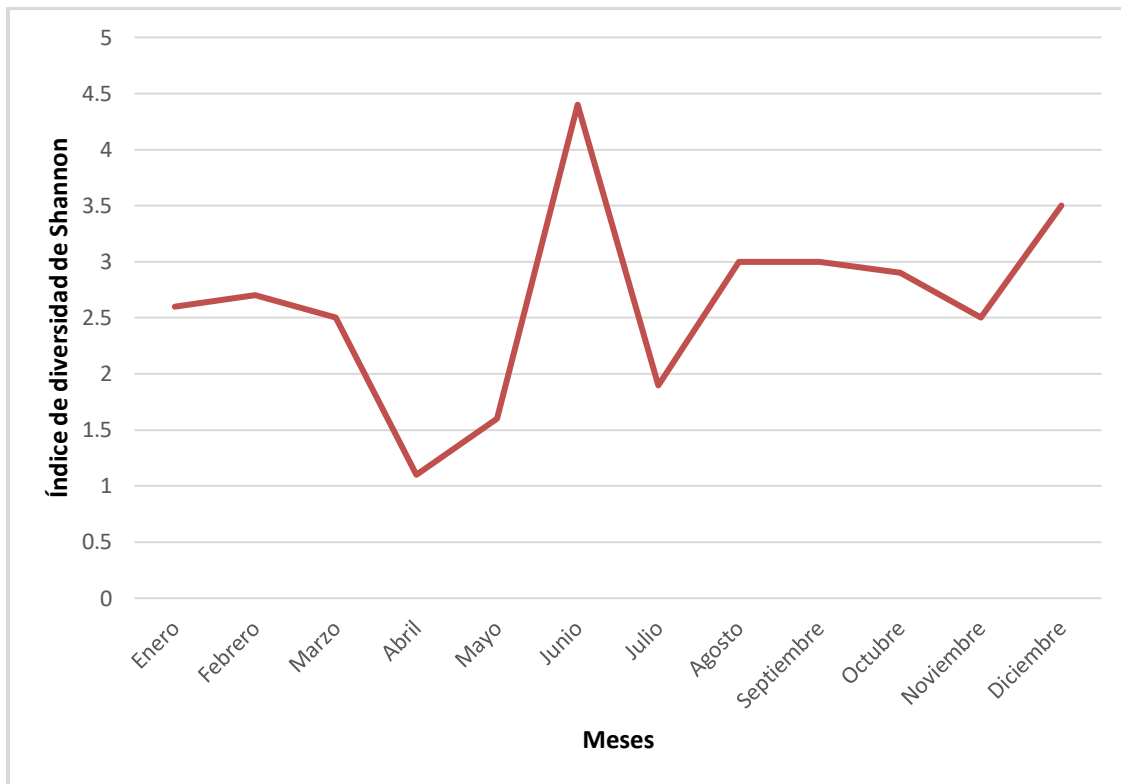


Gráfico 8. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2014 – La Libertad.
Fuente: Asencio, 2021.

En el año 2014, el promedio del índice de diversidad fue de 2.6 bits/cel (Anexo 5), un valor más alto que el presentado en el año 2013, en la época húmeda, la diversidad comenzó alta con el mes de Diciembre obteniendo el valor más alto de la época, pero al pasar de los meses se obtuvo la diversidad fue bajando respectivamente, llegando al valor más bajo del año en el mes de Abril, en esta época se obtuvieron 5 especies de diatomeas céntricas y 1 especie de diatomea pennada (Anexo 18). En la época seca, la diversidad se presentó muy variable, siendo el mes de Junio quien obtuvo el valor más alto del año y Mayo el valor más bajo de la época, el resto de meses obtuvieron una diversidad relativamente alta comprada con la época húmeda. Por otro lado, la época seca presentó 8 especies de diatomeas céntricas y 1 especies de diatomeas pennadas (Anexo 18), evidenciando claramente que la mayor diversidad se dio en los meses de la época seca (Gráfico 8).

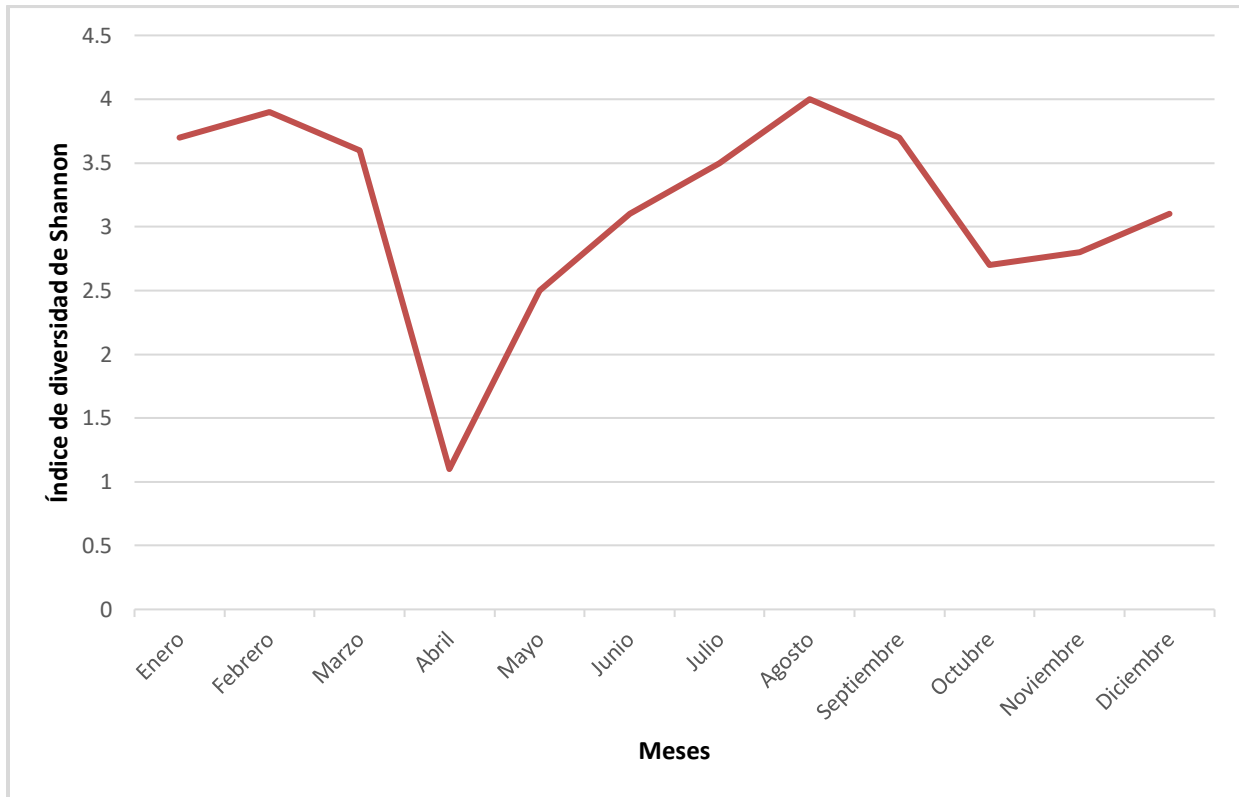


Gráfico 9. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2015 – La Libertad.
Fuente: Asencio, 2021.

En el gráfico 9, se presenta la variabilidad mensual de la diversidad, donde se obtuvo un valor promedio de 3.1 bits/cel (Anexo 6) siendo este el valor más alto de los años analizados, en la época seca, el mes de Agosto presento la mayor diversidad de la época y el mes de mayo el valor más bajo de diversidad de la época, con la presencia de 5 especies de diatomeas céntricas y 3 especies de diatomeas pennadas (Anexo 18). Por otro lado, la época húmeda presentó valores altos y poco variables, a excepción del mes de Abril, el mismo que obtuvo el valor más bajo de diversidad del año, aun así, la época húmedo tuvo 6 especies de diatomeas céntricas y 3 especies de diatomeas pennadas, presentando una especie de más comparado con la época seca.

6.2.2. Estación fija Esmeraldas.

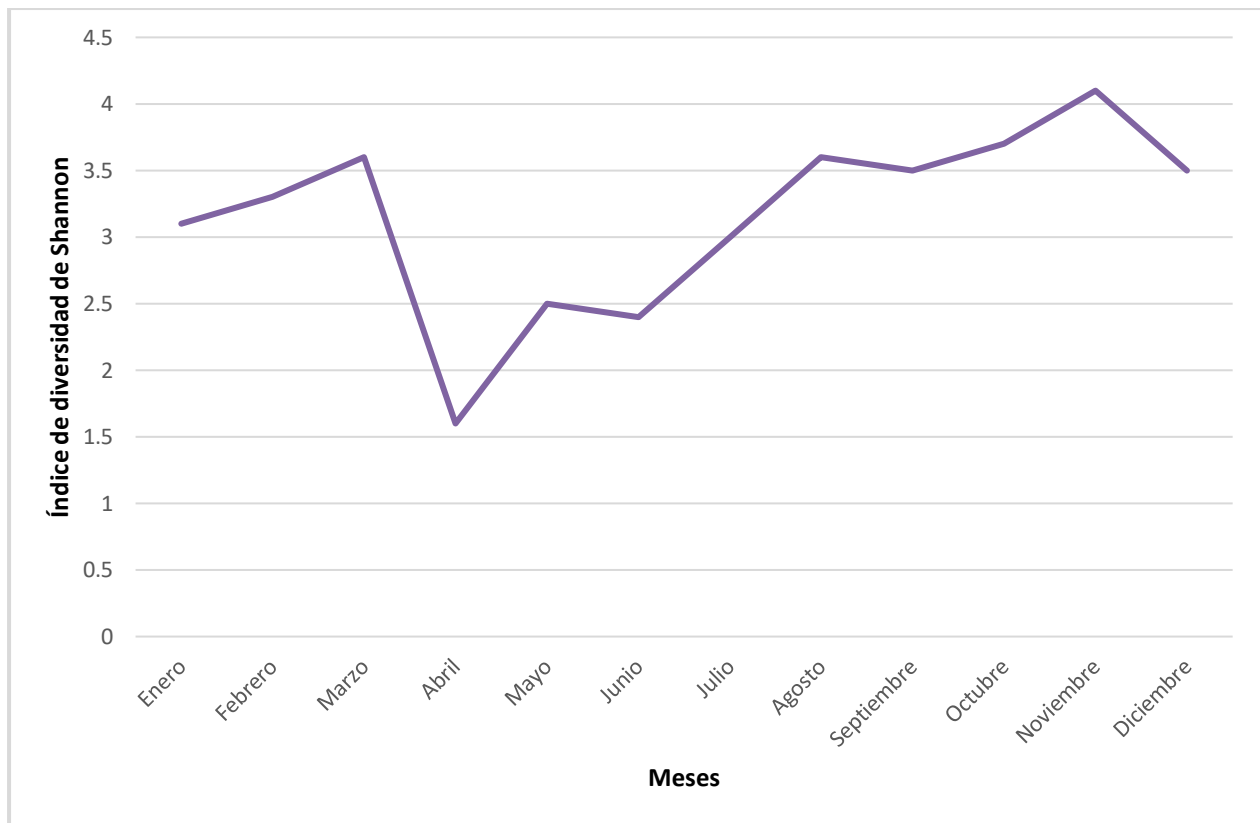


Gráfico 10. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2013 – Esmeraldas.
Fuente: Asencio, 2021.

En el año 2013, el índice de diversidad obtuvo un promedio de 3.1 bits/cel (Anexo 4), en la época húmeda la diversidad se mantuvo alta y poco variables, a excepción del mes de abril, el mismo que obtuvo el valor más bajo del año, sin embargo esta época presentó 5 especies de diatomeas céntricas, 4 especies de diatomeas pennadas y 1 especie de dinoflagelado (Anexo 17). No obstante, la época seca presentó con valores muy variables y con una tendencia a elevarse al pasar de los meses, es así, como se obtuvo el valor más alto del año, siendo este el mes de Noviembre, también se presentaron 9 especies de diatomeas céntricas y 1 especie de dinoflagelado (Anexo 17). A pesar de obtener la misma cantidad de especies en las dos épocas, la época seca se destaca con valores más altos y relativamente constantes en comparación a la época húmeda (Gráfico 10).

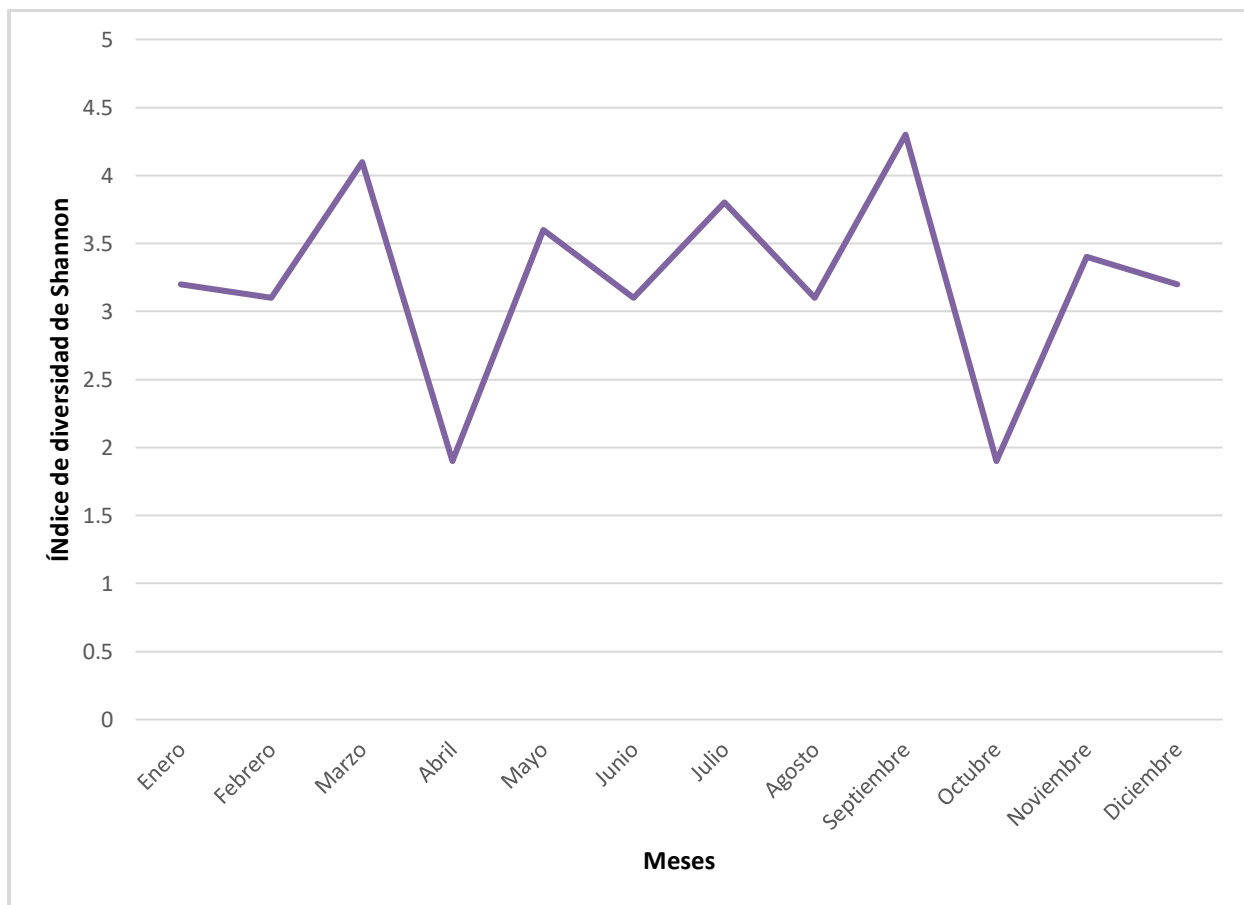


Gráfico 11. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2014 – Esmeraldas.
Fuente: Asencio, 2021.

En el gráfico 11, se presenta la variabilidad mensual de la diversidad donde se obtuvo un valor promedio de 3.2 bits/cel (Anexo 5) siendo este un valor mayor al presentado el año anterior, en la época húmeda la diversidad se presentó de forma muy variable, alcanzando su valor más bajo en el mes de Abril y su valor más alto en el mes de Marzo, sin embargo en esta época se obtuvo 3 especies de diatomeas céntricas, 3 especies de diatomeas pennadas y 1 especie de dinoflagelado (Anexo 17). Por otro lado, la época seca presentó valores altos y constantes, a excepción del mes de Octubre que obtuvo el valor más bajo de la época, y el mes de Septiembre siendo el valor más alto del año, la época seca presentó 6 especies de diatomeas céntricas y 2 especies de diatomeas pennadas (Anexo 17), exhibiendo claramente que la mayor diversidad se dio en la época seca.

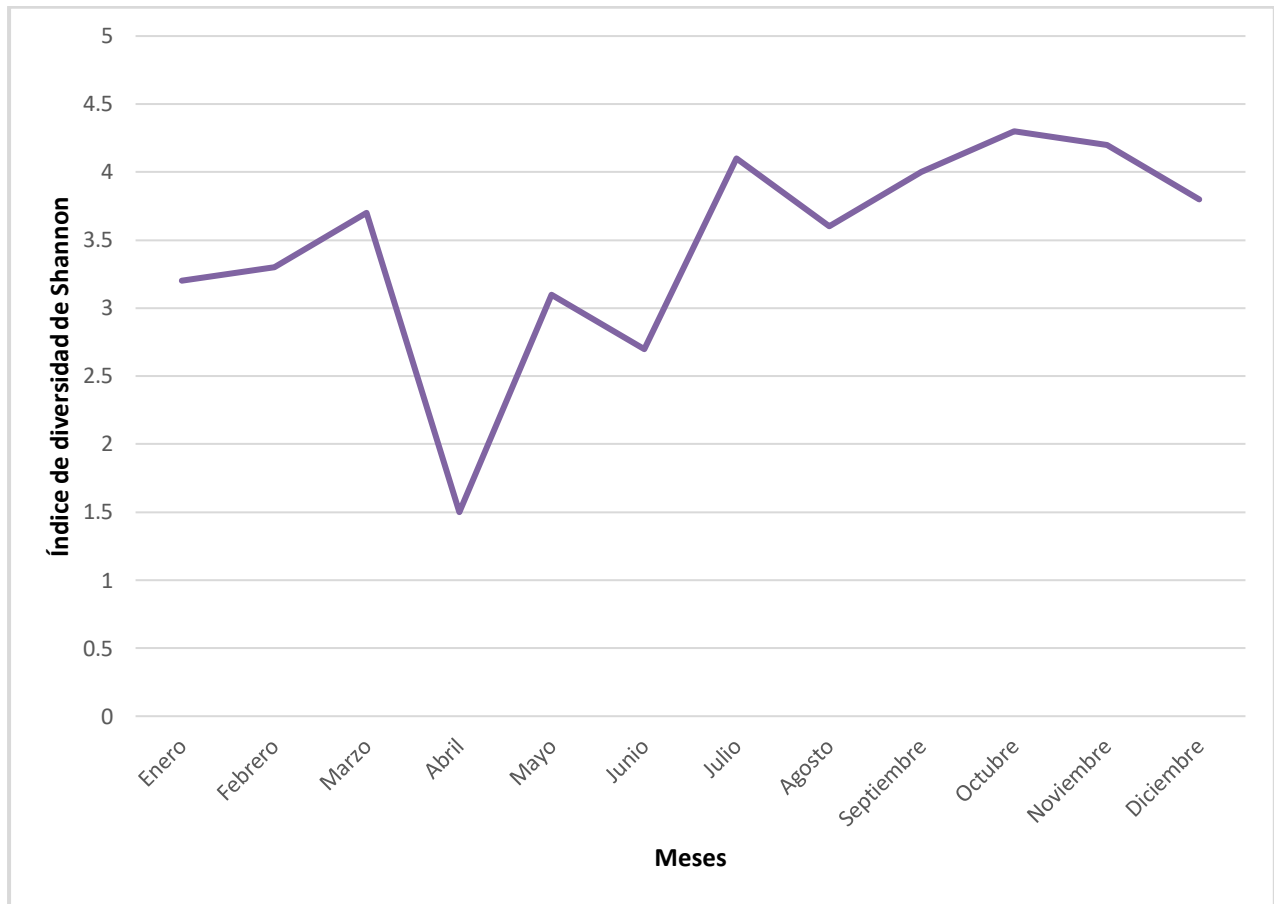


Gráfico 12. Variabilidad mensual del índice de diversidad de Shannon (bits/cel), 2015 – Esmeraldas.
Fuente: Asencio, 2021.

En el año 2015, el valor promedio de diversidad fue de 3.4 bits/cel (Anexo 6) este valor fue el más alto entre los años analizados, en la época húmeda se obtuvieron valores altos y constantes de diversidad, a excepción del mes de Abril, el mismo que presento el valor más bajo de la época y del año, sin embargo la época húmeda obtuvo 9 especies de diatomeas céntricas y 2 especies de diatomeas pennadas (Anexo 17). En la época seca los valores de densidad presentaron valores variables siendo Junio el mes con el valor más bajo de la época y el mes de Octubre con el valor más alto de la época, presentando 8 especies de diatomeas céntricas, 3 especies de diatomeas pennadas y 2 especies de dinoflagelados (Anexo 17), evidenciando como la época seca presento mayor diversidad que la época húmeda (Gráfico 12).

6.3. Comparación de la densidad y diversidad anual del fitoplancton de las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.

6.3.1. Densidad anual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.

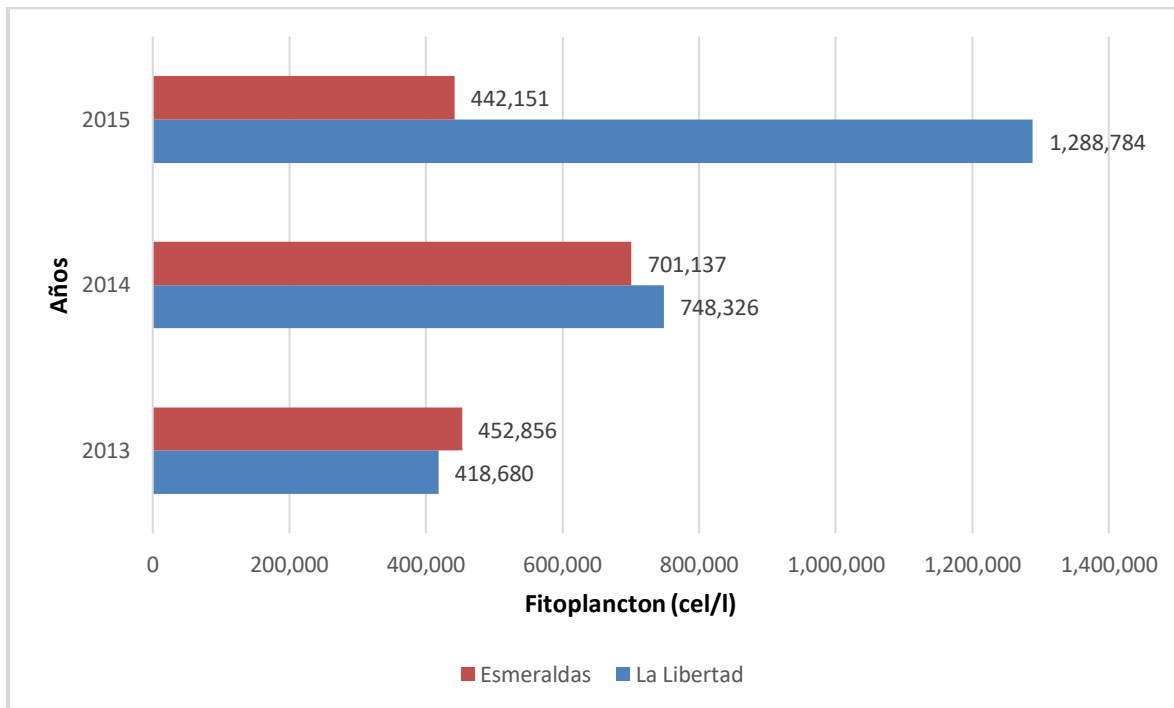


Gráfico 13. Densidad anual del fitoplancton (cel/l) durante los años 2013 al 2015, La Libertad y Esmeraldas.

Fuente: Asencio, 2021.

En el gráfico 13, se describe la densidad anual del fitoplancton de las estaciones estudiadas, donde se puede observar como la estación fija La Libertad obtuvo una mayor densidad anual en los años 2014 y 2015 comparada con la estación fija Esmeraldas, siendo el año 2015 donde obtuvo su mayor densidad anual siendo de 1.288.784 cel/l (Anexo 7), por otro lado, la estación fija Esmeraldas solo obtuvo un valor mayor de densidad anual que la estación fija La Libertad en el año 2013, sin embargo los años siguientes dicha estación presentó su valor más alto en el año 2014 con 701.137 cel/l (Anexo 7), y su valor más bajo en el año 2015, de esta forma se puede evidenciar que la mayor productividad de anual se dio en la estación fija La Libertad.

6.3.2. Diversidad anual del fitoplancton en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas.

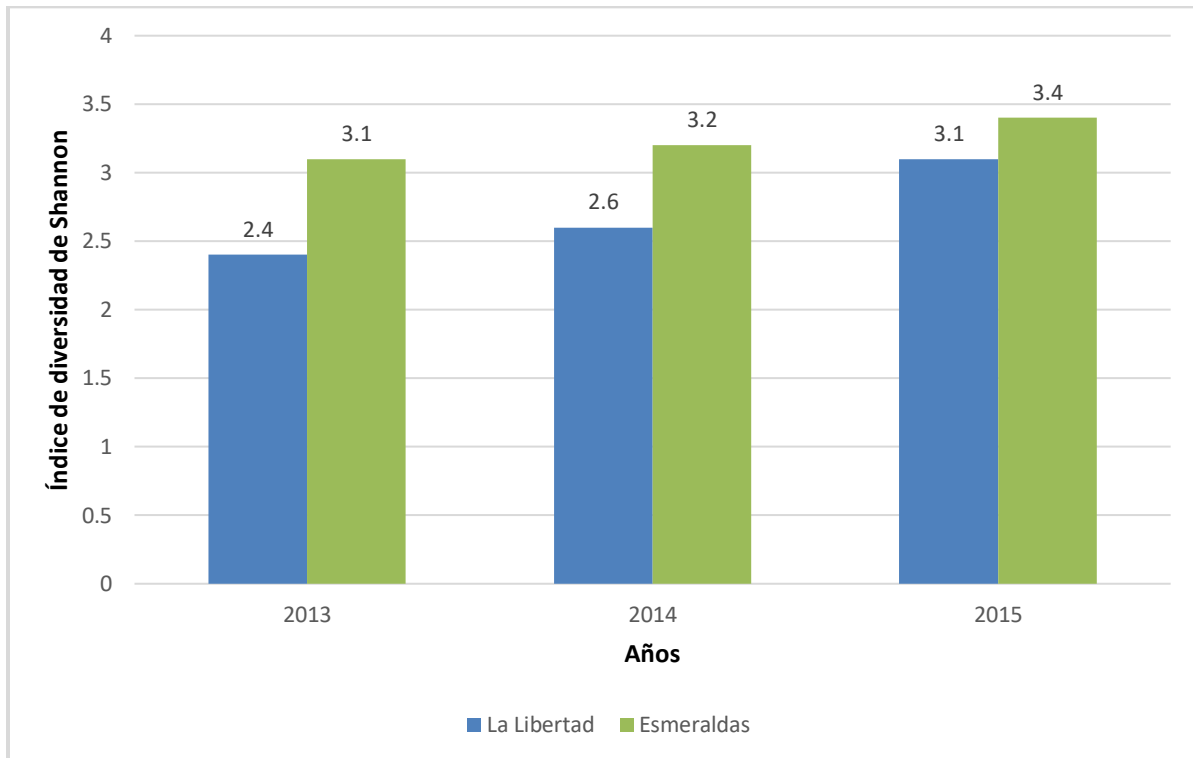


Gráfico 14. Diversidad anual del fitoplancton (bits/cel) durante los años 2013 al 2015, La Libertad y Esmeraldas.
Fuente: Asencio, 2021

En el gráfico 14, se presenta la diversidad anual del fitoplancton de las dos estaciones fijas estudiadas, se puede observar como la estación fija La Libertad presentó su valor más alto en el año 2015 con 3.1 bits/cel (Anexo 8), los años anteriores presentaron valores bajos, por otro lado, la estación fija Esmeraldas en los tres años presentó valores altos comparados con la estación fija La Libertad, en el año 2015 la estación fija Esmeraldas obtuvo su valor más alto con 3.4 bits/cel (Anexo 8). Se puede evidenciar como la estación fija Esmeraldas presenta una mayor diversidad que la estación fija La Libertad, además de observar el crecimiento constante del índice al pasar de los años y que ambas estaciones alcanzaron su valor más alto en el año 2015.

7. CONCLUSIONES

- La estación fija La Libertad presento mayor densidad anual en los años 2014 y 2015, con valores de temperatura de 23 a 25 °C durante todos los años y una salinidad poco variables de 33 a 35 ups, las temperaturas bajas pueden ayudar a la floración de ciertas poblaciones de fitoplancton, específicamente diatomeas céntricas.
- La estación fija Esmeraldas presento valores bajos de densidad siendo el único año que supero a la estación fija La Libertad el año 2013, esta estación presento mayores promedios de temperatura, siempre estando en rangos de 25 a 27 °C, en cuanto a la salinidad se mantuvo poco variable con valores de 32 a 35 ups, la baja salinidad pudo afectar la producción del fitoplancton.
- En la estación fija La Libertad el índice de diversidad de Shannon mantuvo valores bajos, pero en con un patrón de crecimiento constante, llegando a su máximo valor en el año 2015, en cuanto a la estación fija Esmeraldas presento valores mayores y con el mismo patrón de crecimiento, llegando al igual que la estación La Libertad a su máximo en el año 2015. La alta diversidad se esta estación se puede explicar a la diferencia de temperaturas de las estaciones, siendo Esmeraldas más cálido que La Libertad y presentando mayor número de especies, especialmente en la diatomeas pennadas y dinoflagelados.
- La estación fija con mayor productividad primaria es la estación La Libertad, alcanzando valores de 1.288.784 cel/l, a diferencia de la estación Esmeraldas que su valor máximo es 701.137 cel/l, sin embargo, esta estación presenta una mayor diversidad de especies, principalmente por las diferencias de temperatura, siendo la estación de Esmeraldas una estación más calida que La Libertad.

8. BIBLIOGRAFÍA

Arntz W. 1993. Efectos de El niño sobre el ecosistema del Pacifico Sudeste. Resúmenes del taller Internacional sobre Indicadores Biológicos del Fenómeno El Niño en el Pacífico Sudeste. Cali. Colombia.

Avaria, S., & Orellana, E. (1975). Estudios de ecología fitoplanctónica en la Bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1971-1970. *Revista Biología Marina*, 15, 207-226.

Balech, E., & Ferrando, H. (1964). *Fitoplancton marino*. EUDEBA. Buenos Aires.

Basilio, V. (2014). Distribución y abundancia del fitoplancton (Diatomeas y dinoflagelados) en la bahía de Santa Elena (Salinas-Ecuador) de julio a diciembre del 2013. Tesis de grado. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador.

Bogorov V. (1967). *Biology of the Pacific Ocean Part 1 - Plankton*, VII (I): 1-266.

Chisholm SW. (1992). Phytoplankton size. In *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*, ed. PG Falkowski, AD Woodhead, pp. 213–37. New York: Plenum.

Comas, A., Moreira, A., León, A. R., Uriza, S. y García, O. (2009). Algas y sus relaciones con características ecológicas del río Damují. Universidad de Cienfuegos, Cuba: Universo Sur.

Eppley, R. W. (1972). Temperature and phytoplankton growth in the sea. Fish. Bull. 70: 1063–1085.

Graham, L. E., Wilcox, L. W. y Graham, J. (2016). Algae. (3rd ed.), San Francisco: Pearson Education Inc., Pearson Benjamin Cummings.

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. México.

Jiménez, R. (1975). Composición y variación del fitoplancton marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis doctoral, Universidad de Guayaquil, Ecuador.

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

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

Jordán, R. (1993). Nota sobre los indicadores biológicos de El Niño y el programa Regional del Fenómeno del Niño (EREN). Boletín ERFEN. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS. Chile (2): Pp 44 - 47.

Loza, S., Carmenate, M., Pereiro, Y., y Sánchez, M. (2007). Respuesta del fitoplancton ante el impacto antrópico de la zona costera NW de ciudad de La Habana, Cuba. Proceeding III Convención de Medio Ambiente, La Habana.

Luna, L. M. (2007). Microalgas: aspectos ecológicos y biotecnológicos. Revista Cubana de Química, 3-20.

Mann, K.H. y J.R.N. Lazier. (1991). Dynamics of marine ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans. Blackwell. Boston, U.S.A.

Margalef, R. (1965). Ecological correlations and the relationships primary production and community structure. Mem. Inst. Ital. Idrobiol.

Marshall, H.G. (1972). Phytoplankton composition in the Southeastern Pacific between Ecuador and Galapagos Islands. Proc. Biol. Soc. Washing., Vol.85: No 1, pp.1-38.

Marshall, L., Bonaventura, J., Michell, T., Prospero, J., Sherman, B., Shinn, E., Dolah, F., y Richard Barber. (2000). How are climate and emerging marine diseases functionally linked? Environmental Protection Agency.

Nibakken, W.J. (1993). *Marine Biology: An Ecological Approach*. 3rd Ed. harper Collins College, New York, USA.

Okuda, T., Valencia, M., y R. Suéscum de Trejos. (1983). Nutrientes de las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador. *Acta Oceanografica del Pacifico INOCAR*. Ecuador. 2(1): 31-51.

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

Platt, T., Jauhary, P., y Sathyebdranath, S. (1992). The importance and measurement of new production. En: P. Falkowski & A. Woodhead (eds.). *Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea*. *Environ. Sci. Res.*, 43: 273-284 pp.

Raymond, J.E.G. (1980). *Plankton and productivity in the oceans*. Volume 1, *Phytoplankton*. Pergamon Press, Oxford.

Rupert y Barnes, (1996). *Zoología de los invertebrados*, 5ta edición, Interamericana, México D.F., p.p. 1140.

SIMCE. (2005). *Evaluación de factibilidad de una red de áreas costeras y marinas protegidas en Ecuador*. Guayaquil – Ecuador.

Simon, N. A. L. Cras, E. Foulon y R. Lemée. (2009). Diversity and evolution of marine phytoplankton. *C. R. Biologies* 332:159-170.

Smayda, T. J. (1978). Estimating cell numbers: What to count?. En Sournia, A., *Phytoplankton Manual*, 164-166, Paris.

Smayda, T.J. (1958). Biogeographical Studies of Marine Phytoplankton. *Oikos*, 9: 158-191.

Smayda, T.J. (1963). A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama I. Results of the regional phytoplankton surveys during July and November, 1957 and March, 1958. 7(3) :191-253.

Subba, D. (1976). Marine Plankton Diatoms as indicators of Ocean Circulation in the Bay of Bengal. *Botanica Marina*. XIX:183-187.

Tapia, M. E. (2009). Productividad del fitoplancton en la bahía de Santa Elena, Ecuador durante mayo del 2006. *Acta oceanográfica del pacífico*. Volumen 15 (1) 2009.

Torres, G. (1996). Distribución de la densidad fitofunciónica en una estación fija costera La Libertad (Ecuador), durante 1989-1993. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, 8(1): 39-49.

Torres, G. (2017). Evaluación del fitoplancton como un mecanismo preventivo a la ocurrencia de bloom algal frente a las costas de Esmeraldas, Manta, La Libertad y Puerto Bolivar en Ecuador 2013- 2015. Tesis Doctoral. Lima: Perú.

Torres, G. y Tapia, M. (2002). Fitoplancton en el afloramiento de las Islas Galápagos, durante Agosto 2000. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR). 11 1: pp 53-60.

Torres, G., y Tapia, M. (1998). Indicadores Biológicos del Primer Nivel Trófico en la costa ecuatoriana y su influencia en las pesquerías, durante El Niño 1997-98. Trabajo presentado en el Seminario Internacional “El Fenómeno El Niño 1997- 1998: Evaluación y Proyecciones”, 9-12 noviembre de 1998, Guayaquil.

Vázquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R. y Castro, T. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. ContactoS, 60, 41-48.

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

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. 9 (1).

9. ANEXOS

Anexo 1. Densidad mensual del fitoplancton (cel/l) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2013.

Estaciones		
Meses	La Libertad	Esmeraldas
Enero	125.892	446.683
Febrero	128.824	398.107
Marzo	89.125	478.630
Abril	316.227	354.813
Mayo	100.000	562.341
Junio	323.593	630.957
Julio	630.957	776.247
Agosto	794.328	628.058
Septiembre	331.131	408.319
Octubre	501.187	275.422
Noviembre	831.763	165.958
Diciembre	851.138	308.745
Promedio Total	418.680	452.856

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017.

Anexo 2. Densidad mensual del fitoplancton (cel/l) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2014.

Estaciones		
Meses	La Libertad	Esmeraldas
Enero	872.971	223.872
Febrero	647.143	251.188
Marzo	1.023.292	323.593
Abril	1.584.893	562.341
Mayo	1.778.279	1.258.925
Junio	954.992	1.584.893
Julio	676.082	1.513.561
Agosto	333.426	630.957
Septiembre	154.881	524.807
Octubre	177.827	660.693
Noviembre	325.311	489.778
Diciembre	450.816	389.045
Promedio Total	748.326	701.137

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017.

Anexo 3. Densidad mensual del fitoplancton (cel/l) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2015.

Estaciones		
Meses	La Libertad	Esmeraldas
Enero	489.778	512.861
Febrero	792.501	645.654
Marzo	1.303.166	446.683
Abril	3.243.396	562.341
Mayo	3.981.071	1.122.018
Junio	3.319.708	446.683
Julio	1.321.295	309.029
Agosto	417.830	102.329
Septiembre	263.026	257.039
Octubre	89.125	324.339
Noviembre	147.910	285.101
Diciembre	96.605	291.742
Promedio Total	1.288.784	442.151

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017.

Anexo 4. Diversidad mensual del fitoplancton (bits/cel) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2013.

Meses	Estaciones	
	La Libertad	Esmeraldas
Enero	1,8	3,1
Febrero	2	3,3
Marzo	2,1	3,6
Abril	2,3	1,6
Mayo	1,3	2,5
Junio	3	2,4
Julio	2	3
Agosto	2,6	3,6
Septiembre	3,1	3,5
Octubre	3,5	3,7
Noviembre	1,6	4,1
Diciembre	3,6	3,5
Promedio Total	2,4	3,1

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017.

Anexo 5. Diversidad mensual del fitoplancton (bits/cel) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2014.

Meses	Estaciones	
	La Libertad	Esmeraldas
Enero	2,6	3,2
Febrero	2,7	3,1
Marzo	2,5	4,1
Abril	1,1	1,9
Mayo	1,6	3,6
Junio	4,4	3,1
Julio	1,9	3,8
Agosto	3	3,1
Septiembre	3	4,3
Octubre	2,9	1,9
Noviembre	2,5	3,4
Diciembre	3,5	3,2
Promedio Total	2,6	3,2

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017.

Anexo 6. Diversidad mensual del fitoplancton (bits/cel) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, en el año 2015.

Meses	Estaciones	
	La Libertad	Esmeraldas
Enero	3,7	3,2
Febrero	3,9	3,3
Marzo	3,6	3,7
Abril	1,1	1,5
Mayo	2,5	3,1
Junio	3,1	2,7
Julio	3,5	4,1
Agosto	4	3,6
Septiembre	3,7	4
Octubre	2,7	4,3
Noviembre	2,8	4,2
Diciembre	3,1	3,8
Promedio Total	3,1	3,4

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017.

Anexo 7. Densidad anual del fitoplancton (cel/l) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.

Años	Estación	
	La Libertad	Esmeraldas
2013	418.680	452.856
2014	748.326	701.137
2015	1.288.784	442.151

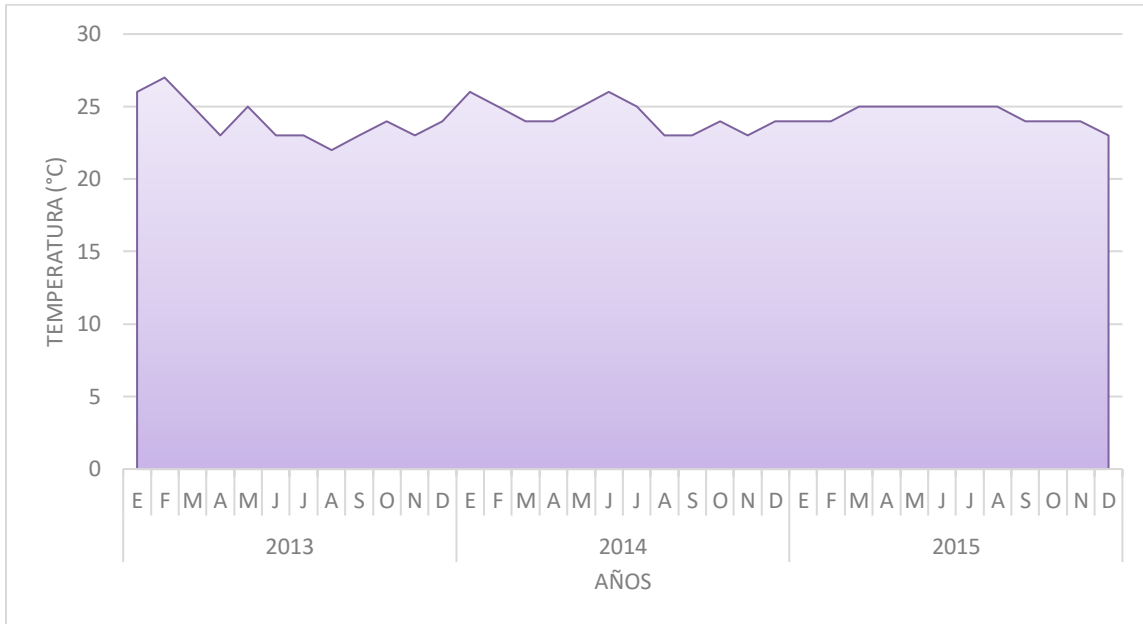
Elaborado por: Asencio, 2021.
Fuente: Torres, 2017.

Anexo 8. Diversidad anual del fitoplancton (bits/cel) en las estaciones fijas La Libertad y Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.

Años	Estación	
	La Libertad	Esmeraldas
2013	2,4	3,1
2014	2,6	3,2
2015	3,1	3,4

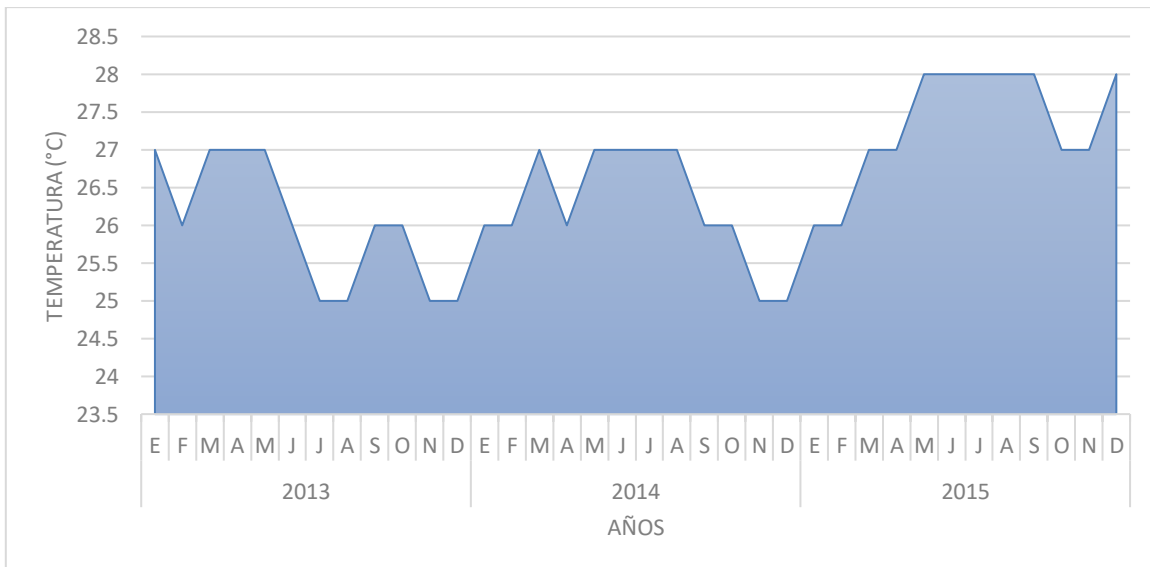
Elaborado por: Asencio, 2021.
Fuente: Torres, 2017.

Anexo 9. Variabilidad mensual de la temperatura (°C) en la estación fija La Libertad, durante los años 2013 a 2015.



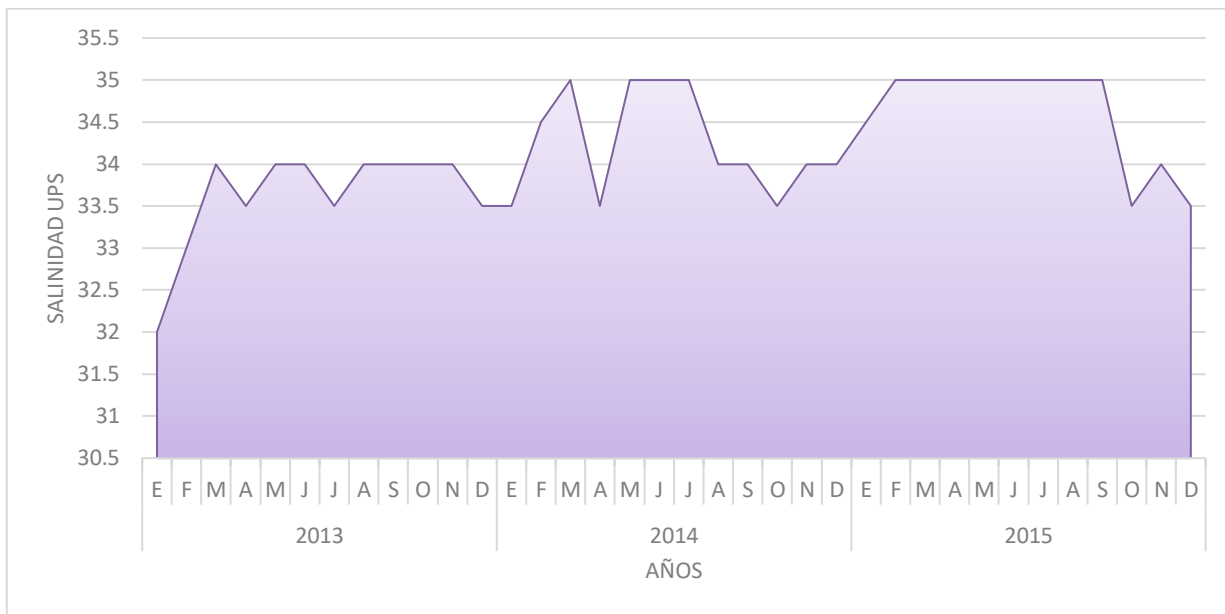
Elaborado por: Asencio, 2021.
Fuente: Torres, 2017.

Anexo 10. Variabilidad mensual de la temperatura (°C) en la estación fija Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.



Elaborado por: Asencio, 2021.
Fuente: Torres, 2017.

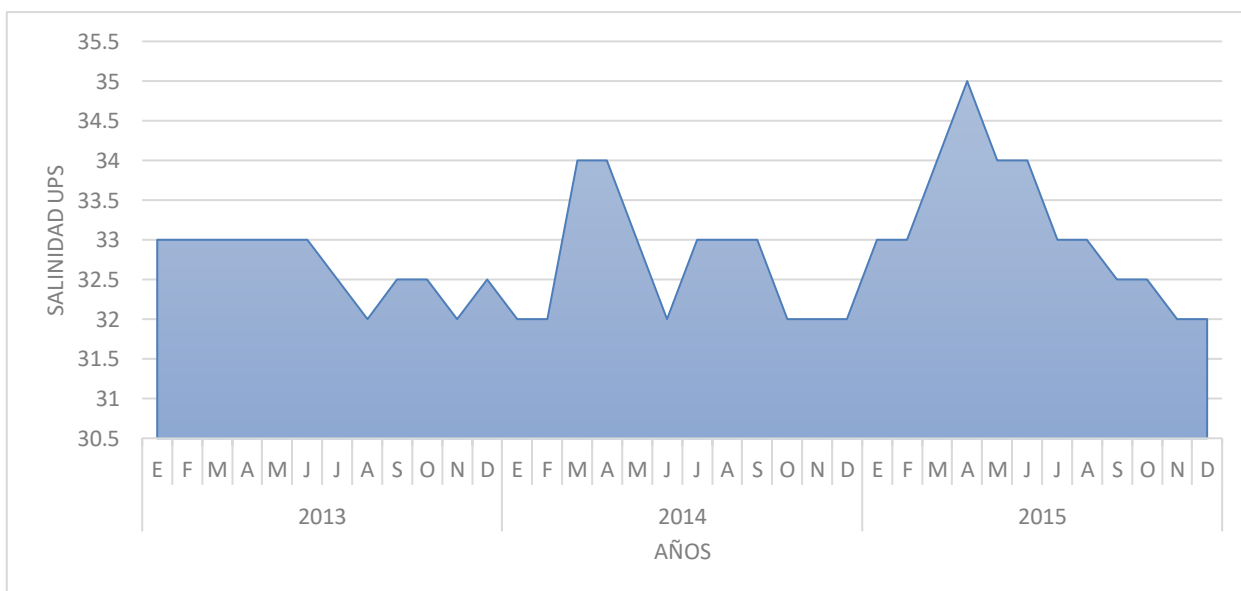
Anexo 11. Variabilidad mensual de la salinidad (ups) en la estación fija La Libertad, durante los años 2013 a 2015.



Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017.

Anexo 12. Variabilidad mensual de la salinidad (ups) en la estación fija Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.



Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017.

Anexo 13. Principales especies (25.001 a 325.000 cel/l) en la estación fija LA LIBERTAD, durante los años 2013 a 2015.

LA LIBERTAD			
Principales grupos/Años	2013	2014	2015
Diatomeas céntricas	<i>C.affinis</i>	<i>C.affinis</i>	<i>D.fragilissimus</i>
	<i>D.antarticus</i>	<i>D.fragilissimus</i>	<i>G.striata</i>
	<i>D.fragilissimus</i>	<i>G.striata</i>	<i>L.danicus</i>
	<i>G.striata</i>	<i>L.danicus</i>	<i>R.setigera</i>
	<i>H.sinensis</i>	<i>R.imbricata</i>	
	<i>L.danicus</i>	<i>S. costatum</i>	
	<i>P.alata</i>	<i>Thalassiosira sp.</i>	
	<i>R.imbricata</i>		
Diatomeas Pennadas	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>
	<i>Nitzschia sp.</i>	<i>Nitzschia sp.</i>	<i>Nitzschia sp.</i>
			<i>P.pungens</i>
Dinoflagelados	<i>Gymnodinium sp.</i>		<i>Cochlodinium sp.</i>
	<i>P.micans</i>		

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017

Anexo 14. Principales especies (25.001 a 325.000 cel/l) en la estación fija Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.

ESMERALDAS			
Principales grupos/Años	2013	2014	2015
Diatomeas Céntricas	<i>C.affinis</i>	<i>C.affinis</i>	<i>C.affinis</i>
	<i>C.curvisetus</i>	<i>D.fragilissimus</i>	<i>C.curvisetus</i>
	<i>D.fragilissimus</i>	<i>G.striata</i>	<i>D.brightwellii</i>
	<i>G.striata</i>	<i>H.sinensis</i>	<i>D.fragilissimus</i>
	<i>H.sinensis</i>	<i>L.danicus</i>	<i>G.striata</i>
	<i>L.danicus</i>	<i>R.imbricata</i>	<i>H.sinensis</i>
	<i>P.alata</i>	<i>S. costatum</i>	<i>L.borealis</i>
	<i>R.fragilissima</i>		<i>L.danicus</i>
	<i>R.imbricata</i>		<i>R.imbricata</i>
	<i>S. costatum</i>		<i>S. costatum</i>
Diatomeas Pennadas	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>
	<i>P.pungens</i>	<i>Nitzschia sp.</i>	<i>Nitzschia sp.</i>
	<i>S.membranacea</i>	<i>T.nitzschioides</i>	
Dinoflagelados	<i>Gymnodinium sp.</i>		

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017

Anexo 15. Principales especies (325.001 a 625.000 cel/l) por época estacional en la estación fija Esmeraldas, durante los años 2013 a 2015.

ESMERALDAS						
Años	2013		2014		2015	
Principales grupos/Épocas estacionales	EH	ES	EH	ES	EH	ES
Diatomeas céntricas	<i>D.antarticus</i>	<i>C.affinis</i>	<i>D.fragilissimus</i>	<i>C.affinis</i>	<i>C.affinis</i>	<i>D.fragilissimus</i>
	<i>G.striata</i>	<i>C.curvisetus</i>	<i>L.danicus</i>	<i>D.fragilissimus</i>	<i>C.curvisetus</i>	<i>Thalassiosira sp.</i>
	<i>L.danicus</i>	<i>D.antarticus</i>	<i>S. costatum</i>	<i>G.striata</i>	<i>Chaetoceros sp.</i>	<i>G.striata</i>
	<i>R.acuminata</i>	<i>D.fragilissimus</i>		<i>L.danicus</i>	<i>D.antarticus</i>	<i>L.danicus</i>
	<i>R.imbricata</i>	<i>G.striata</i>		<i>R.imbricata</i>	<i>D.brightwellii</i>	<i>C.affinis</i>
		<i>H.sinensis</i>		<i>S. costatum</i>	<i>D.fragilissimus</i>	<i>C.curvisetus</i>
		<i>L.danicus</i>			<i>G.striata</i>	<i>H.sinensis</i>
		<i>R.imbricata</i>			<i>L.borealis</i>	<i>S. costatum</i>
Diatomeas Pennadas		<i>S. costatum</i>			<i>L.danicus</i>	
	<i>N.closterium</i>		<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>
	<i>N.longisima</i>		<i>Nitzschia sp</i>	<i>Nitzschia sp.</i>	<i>Nitzschia sp.</i>	<i>Nitzschia sp.</i>
	<i>Navicula sp.</i>		<i>T.nitzschioides</i>			<i>P.delicatissima</i>
	<i>P.pungens</i>					
Dinoflagelados	<i>Gymnodinium sp.</i>	<i>Gymnodinium sp.</i>	<i>Gymnodinium sp.</i>			<i>Gymnodinium sp.</i>
						<i>Gyrodinium sp.</i>

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017

Anexo 16. Principales especies (325.001 a 625.000 cel/l) por época estacional en la estación fija La Libertad, durante los años 2013 a 2015.

LA LIBERTAD						
Años	2013		2014		2015	
Principales grupos/Épocas estacionales	EH	ES	EH	ES	EH	ES
Diatomeas céntricas	<i>G.striata</i>	<i>R.imbricata</i>	<i>D.fragilissimus</i>	<i>R.imbricata</i> var. <i>Shrubsolei</i>	<i>D.fragilissimus</i>	<i>G.striata</i>
	<i>L.danicus</i>	<i>D.antarticus</i>	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>D.fragilissimus</i>	<i>L.danicus</i>	<i>H.sinensis</i>
	<i>D.fragilissimus</i>	<i>G.striata</i>	<i>R.imbricata</i>	<i>R.imbricata</i>	<i>G.striata</i>	<i>L.borealis</i>
		<i>C.affinis</i>	<i>L.danicus</i>	<i>G.striata</i>	<i>D.antarticus</i>	<i>D.fragilissimus</i>
		<i>L.danicus</i>	<i>G.striata</i>	<i>L.danicus</i>	<i>D.fragilissimus</i>	<i>L.danicus</i>
		<i>H.sinensis</i>		<i>D.antarticus</i>	<i>L.danicus</i>	
Diatomeas Pennadas	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>	<i>N.longisima</i>
	<i>Nitzschia</i> sp.			<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.
					<i>P.pungens</i>	<i>P.pungens</i>
Dinoflagelados	<i>Gonyaulax</i> sp.					

Elaborado por: Asencio, 2021.

Fuente: Torres, 2017