



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

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA CLASE
BACILLARYOPHYCEAE (DIATOMEA) EN LA LIBERTAD Y
SALINAS-ECUADOR EN LOS AÑOS 2004 Y 2013**

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de

Biólogo

Autor:

Joan Arnaldo Pozo Quinde

Tutor:

Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgt.

La Libertad – Ecuador

2021

TRIBUNAL DE GRADO



Firmado electrónicamente por:
MAYRA MAGALI
CUENCA ZAMBRANO

Blga. Mayra Cuenca Zambrano, Mgt.

Decana Facultad Ciencias del Mar



Firmado electrónicamente por:
JIMMY AGUSTIN
VILLÓN MORENO

Ing. Jimmy Villón Moreno, Mgt.

Director Carrera de Biología

**Blga. Dadsania Rodríguez Moreira,
Mgt.**

Docente tutor

Blgo. Javier Piguave Preciado

Profesor del área

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza y los conocimientos para superarme en mi carrera de estudiante.

A mi familia que me han apoyado en todo el trayecto universitario, con su guía poder sobreponerme a los obstáculos en el camino.

A los profesores y autoridades de la Facultad Ciencias del Mar a lo largo de la travesía de mi formación académica de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A mi docente-tutor Blga. Dadsania Rodríguez por su tiempo y brindar su conocimiento en el transcurso de revisión de este trabajo práctico.

Índice

1.- RESUMEN	8
2.- INTRODUCCIÓN	10
3.- OBJETIVOS.....	12
3.1.- Objetivo general.....	12
3.2.- Objetivos específicos	12
4.- JUSTIFICACIÓN.....	13
5.- MARCO TEÓRICO	15
5.1 El fitoplancton.....	15
5.1.2 Relación con la productividad primaria	15
5.1.3 Variables físicos contribuyentes del océano	16
5.1.4 Diatomeas como bioindicadores biológicos	16
5.1.5 Actividad antropogénica, impacto y afectación a diatomeas.....	17
6.- METODOLOGÍA	18
6.1 Descripción del área de estudio	18
6.2 Análisis bibliográfico	19
6.3 Análisis estadístico	20
6.3.1 Índice de Shannon y Weaver (1948)	20
6.3.2 Índice de Simpson (1948)	20
7.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	21
7.1 Cuantificación de diatomeas a nivel de género en Puerto Lucía 2004 y 2013	21
7.2 Cuantificación de diatomeas en Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía).....	25
7.2.1 Cuantificación de diatomeas en zona costera y costa fuera en Noviembre del año 2013	25
7.2.2 Cuantificación de diatomeas en zona costera y costa fuera en diciembre del año 2013	29
7.3 Índice de Shannon y Simpson.....	32
7.4 Efectos de los parámetros ambientales en diatomeas	36
8.- CONCLUSIÓN	47
Bibliografía.....	48

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación de los puntos de análisis zona costera y costa fuera: Salinas Yatch Club (E-1, E-2), puerto de Santa Rosa (E-3, E-4), y playa de Puerto Lucía (E-5, E-6).	18
Figura 2: Ubicación de punto de análisis zona costera y costa fuera de la bahía de Anconcito.	19

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Abundancia de diatomeas en noviembre de 2004 y 2013.	22
Gráfico 2: Abundancia de diatomeas en diciembre de 2004 y 2013.	23
Gráfico 3: Géneros más abundantes respecto a los meses de Noviembre y Diciembre de los años 2004 y 2013 de Puerto Lucía.	24
Gráfico 4: Abundancia de diatomeas de zona costera de Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía) en noviembre del 2013.	26
Gráfico 5: Abundancia de diatomeas de zona costa fuera de Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía) en noviembre del 2013.	27
Gráfico 6: Géneros más abundantes en zona costera y zona costa fuera de: Yatch Club (E1 y E2), Santa Rosa (E3 y E4), Puerto Lucía (E5 y E6) y Anconcito (E7 y E8) durante el mes de Noviembre del año 2013.	28
Gráfico 7: Abundancia de diatomeas de zona costera de Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía) en diciembre del 2013.	29
Gráfico 8: Abundancia de diatomeas de zona costa fuera de Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía) en diciembre del 2013.	30
Gráfico 9: Géneros más abundantes en zona costera y costa fuera de: Yatch Club (E1 y E2), Santa Rosa (E3 y E4), Puerto Lucía (E5 y E6) y Anconcito (E7 y E8) durante el mes de Diciembre del año 2013.	31
Gráfico 10: Índice de diversidad de Shannon y Abundancia de Simpson (2004 y 2013) en Puerto Lucía.	32
Gráfico 11: Índice de diversidad de Shannon y abundancia de Simpson (2013) en Salinas (Yatch Club).	33
Gráfico 12: Índice de diversidad de Shannon y abundancia de Simpson (2013) en Santa Rosa.	34
Gráfico 13: Índice de diversidad de Shannon y abundancia de Simpson (2013) en Puerto Lucía.	35
Gráfico 14: Índice de diversidad de Shannon y abundancia de Simpson (2013) en Anconcito.	36
Gráfico 15: Correlación de la temperatura en Salinas (Yatch Club) en el año 2013.	37
Gráfico 16: Correlación de salinidad (UPS) en Salinas (Yatch Club) en el año 2013.	38
Gráfico 17: Correlación de la temperatura en el puerto de Santa Rosa en el año 2013.	39
Gráfico 18: Correlación de salinidad (UPS) en puerto Santa Rosa en el año 2013.	40

Gráfico 19: Correlación de la temperatura en el puerto de Santa Rosa en el año 2013.	41
Gráfico 20: Correlación de salinidad (UPS) en Puerto Lucía en el año 2013.....	42
Gráfico 21: Correlación de la temperatura en Anconcito en el año 2013.....	43
Gráfico 22: Correlación de salinidad (UPS) en Anconcito en el año 2013.....	45

1.- RESUMEN

El análisis bibliográfico se centra en 2 cantones de la provincia de Santa Elena, específicamente en La Libertad y Salinas: distribuidas en Salinas (Yatch club), Santa Rosa, Anconcito y Puerto Lucía (La Libertad), debido a que son las principales lugares turísticos en donde turistas de diferentes partes del país y fuera de este acuden a estas playas, junto a esto el comercio de los habitantes que también afectan a las playas con negocios de comidas e incluso los espacios hoteleros con la llegada de visitantes. El objetivo de este trabajo es contrastar los géneros de diatomeas, mediante revisión y análisis de los trabajos de cada una de las zonas consultadas durante los periodos de 2004 y 2013 centrándose en la diversidad y dominancia de las microalgas Clase Bacillariophyceae, mediante los índices de Shannon y Simpson, además de la correlación de parámetros ambientales, demostrando que las zonas consultadas estas en constante disminución a causa de la contaminación y los cambios que esta provoca. El análisis de estudio realizado en Puerto Lucía durante el año 2004 y 2013 se analizaron 38 géneros en el mes de Noviembre y 28 géneros en Diciembre de estas prevalecen hasta niveles altos de Cel/ml en el año 2004 y a nivel de localidad prevalecieron en la zona de Anconcito; del mismo modo se efectuaron los índices de Shannon donde hubo más diversidad en el año 2004 en la zona de Puerto Lucía, en Anconcito en el año 2013 y en el índice de Simpson las 4 zonas de análisis no tuvieron una dominancia significativa; respecto a los parámetros ambientales hubo más cantidad de organismos con una temperatura de 20 a 25°C y en ciertas ocasiones había abundancia con 27°C, del mismo modo con la salinidad hubo incidencia de diatomeas con el rango de 35 a 36,5 (UPS).

Palabras clave: Análisis, diatomea, diversidad, índice, género, temperatura, salinidad.

ABSTRACT

The bibliographic analysis focuses on 2 cantons of the province of Santa Elena, specifically in La Libertad and Salinas: distributed in Salinas (Yatch Club), Santa Rosa, Anconcito and Puerto Lucia (La Libertad), because they're the main tourists from different parts of the country and outside of it flock to these beaches, along with the commerce of the inhabitants that also affect the beaches with food businesses and evel hotel spaces with the arrival of visitors. The objective of this work is to contrast the genera of diatoms, by reviewing and analyzing the works of each of the areas consulted during the periods of 2004 and 2013, focusing of the diversity and dominance of the Bacillariophyceae class microalgae, using the Shannon indices. and Simpson, in addition to the correlation of environmental parameters, showing that the areas consulted are constantly decreasing due to pollution and the changes it causes. The analysis of the study carried out it Puerto Lucia during 2004 and 2013 analyzed 38 genera in the month of November and 28 genera in December of these prevailing up to high levels of Cel/ml in 2004 and at the locality level they prevailed in the area of Anconcito; In the same way, the Shannon indices were carried out where there was more diversity in 2004 in the Puerto Lucia area, in Anconcito in 2013 and in the Simpson index the 4 analysis areas didn't have significant dominance; Regarding the environmental parameters, there were more organisms with a temperature of 20 to 25°C and on certain occasions there was an abundance with 27°C, in the same way with salinity there was incidence of diatoms with the range of 35 to 36.5 (UPS).

Keywords: Analysis, diatom, diversity, index, gender, temperature, salinity.

2.- INTRODUCCIÓN

La provincia de Santa Elena está situada en el occidente del país, es una de los lugares más visitados por turistas de distintas partes del país, así como fuera de este. Según la proyección demográfica del INEC en el 2020 es la décimo cuarta provincia más poblada del país.

Las actividades principales del país son el comercio, industria, la pesca y turismo; en cuanto al sector pesquero tiene varios balnearios en la zona, mientras que el turismo recibe una gran cantidad de visitantes, sin embargo estas actividades causan un gran impacto por la aglomeración de turistas y los mismos habitantes, dedicados al comercio de artículos que a su vez son desechados y acumulados en nuestro medio marino simultáneo con el transcurso de feriados, actividades festivas, afectando de forma directa e indirectamente la zona costera.

El ecosistema marino es de gran importancia a la biosfera, situado en las costas, la zona costera y lejana a ella son infraestructuras que albergan numerosos organismos; tanto animales como vegetales, en una gran variedad de tamaños y estructuras (Dawes, 1987).

La contaminación en un ambiente es la sustancia o aglomeración en estado físico o químico, modificando un elemento natural, causando un desequilibrio ecológico. El turismo juega un papel de emisor y receptor (Nieves, 2019) de los impactos negativos al ambiente.

La presente investigación tiene como fin comparar las especies de la superclase Bacillariophyceae (Diatomea) en 4 lugares diferentes de la provincia de Santa Elena en los años 2004 y 2013 mediante la interpretación en la cantidad de las especies recopiladas será mediante gráficos de barras, análisis estadísticos de biodiversidad y dominancia, para verificar si existen especies diferentes o parecidas que son de vital importancia para la red trófica, y a su vez comprobar si ha habido una disminución o alteración de la zona de Puerto Lucía y otros comparar los géneros de tres lugares donde se hizo la revisión, estos organismos microscópicos son productores primarios, a su vez estos

individuos son devorados por consumidores secundarios y finalmente terciarios o depredadores.

3.- OBJETIVOS

3.1.- Objetivo general

Contrastar los géneros de diatomeas encontradas en la provincia de Santa Elena mediante revisión y análisis estadísticos de los trabajos de Borbor, Basilio y Pozo, para diferenciar cada una de las zonas consultadas durante los periodos en los meses de noviembre y diciembre de los años 2004 y 2013.

3.2.- Objetivos específicos

- Especificar la diversidad de los géneros Diatomea del balneario Puerto Lucía de la provincia de Santa Elena en los años 2004 y 2013.
- Comparar mediante análisis estadísticos 4 lugares de interés de la provincia de Santa Elena en el año 2013.
- Relacionar en las 4 zonas de análisis los datos ambientales: Temperatura y salinidad, y comprobar si hubo cambios en las cantidades de géneros de diatomeas.

4.- JUSTIFICACIÓN

El siguiente trabajo nos detallará la información de un grupo en específico de las microalgas: la superclase *Diatomeae* o *Bacillariophyceae* situados en la provincia de Santa Elena, en el transcurso de los meses de noviembre y diciembre de los años 2004 y 2013 de estudios realizados por Borbor, Pozo y Basilio respectivamente; no obstante, estos organismos microscópicos, al igual que otras especies tienen un papel fundamental en el medio marino donde se sitúan, por lo cual habrá afectaciones a nivel antrópico y natural directos e indirectos.

Las microalgas son organismos fotosintéticos, que aportan a las demás especies a alcanzar un mayor desarrollo, los consumidores primarios, el zooplancton junto con organismos más grandes que se alimentan de estos organismos más pequeños; estos componentes tienen pigmentos que a su vez poseen una cualidad e ser bioindicadores de las condiciones ambientales de un entorno o ecosistema marino específico.

En ciertos casos los problemas naturales son ocasionados por una proliferación de otros tipos de microalgas, las cuales causan un *bloom* que desproporciona el ambiente cerca de la zona de las comunidades fito y zooplanctónicas; y estas a su vez los organismos epipelágicos que se alimentan de estos, causando una reacción en cadena desfavorable para los consumidores finales tanto como los depredadores, provocándoles enfermedades indirectamente. Por otro lado los cambios originados por el ser vivo, es debido a los desechos vertidos en el ambiente afectado se llama contaminación, las diatomeas son las microalgas más propicias en afirmar en un periodo corto este tipo de contaminación, porque reaccionan a estas variabilidades que ocurren tanto en el ambiente específico así como en zonas costeras en donde residen los organismos bentónicos.

El principal problema de las zonas costeras y continentales es la actividad antropogénica provocada de forma directa o indirecta del hombre por sus suministros de recursos y a su vez el desecho de las industrias, hoteles, puestos de comida rápida y turistas que vierten sustancias que provocan un

deterioro de la calidad del agua y atentando contra los microorganismos que se sitúan en un determinado ecosistema ya sean bentónicos o adheridos a un sustrato; que son indispensables para la red trófica desde un nivel de productores (como es el caso de las diatomeas) hasta ser consumidores primarios (peces, organismos invertebrados -pesca), y consumidores finales (ser humano), resultando de que las especies ingeridas provocan afectaciones al organismo de las personas.

De esta forma el estudio se centra en el estudio de diatomeas, estas como las demás microalgas componen la singularidad de reaccionar a cambios en las masas de agua por origen natural o antropogénica, esto causa una acción a los demás organismos que conviven en este medio, conllevando a cambios periódicos en desventaja.

5.- MARCO TEÓRICO

5.1 El fitoplancton

La taxonomía de algas y algunos protistas está vinculado al fitoplancton (Simon et al., 2009), la talla en el fitoplancton tiene características de importancia, ya que diversos estudios han demostrado que estas especies han contribuido a la biomasa y productividad de diversas facciones de organismos de mayor talla (Guillou et al., 2004).

La clase Bacillariophyta (Diatomeas) aproximadamente es el 40% de las especies de eucariontes del fitoplancton presente y ciertos grupos representarían un 2% (Simon et al., 2009), y algunos autores han demostrado que las diatomeas tienen mayor diversidad en el fitoplancton con 5000 especies (Katz et al., 2004).

La importancia del fitoplancton ha sido catalogada en diferentes estudios en el mundo, ya que es la encargada de la productividad primaria en un 45% del planeta (Falkowski et al, 2004). La función que cumple cada grupo de fitoplancton se refleja en la sociedad humana y en concreto a la calidad el agua, tales como recursos, contaminación, indicadores de calidad; o cambio climático como, especies invasoras, afloramientos y acidificación (Hallegraeff, 2010).

5.1.2 Relación con la productividad primaria

Las diatomeas es uno de los mayores productores primarios de los océanos, por esta razón poseen una fuente de carbón que van destinado a los sedimentos (-55% del carbono total) (Sarmiento & Gruber, 2006), de aguas superficiales, particularmente en latitudes altas y en actividades de surgencia (Buesseler, 1998). Esta producción resultante y el ciclo biogénico es un componente importante en la bomba biológica (Ragueneau et al., 2000), el cual tienen la función de regular el intercambio del CO₂ en el océano (Sarmiento & Gruber, 2006).

5.1.3 Variables físicos contribuyentes del océano

La fotosíntesis es un proceso en el cual los productores primarios captan el CO₂ de la atmósfera, para convertir en oxígeno y materia orgánica para los consumidores que son la cadena alimenticia de esta red trófica. Esta es aprovechada por la mayoría de los organismos presentes, la otra parte se disuelve en el agua y es obtenida por organismos descomponedores o necrófagos (bacterias, hongos, etc) (Gómez , 2019).

5.1.4 Diatomeas como bioindicadores biológicos

Conforme ha transcurrido el paso de los años, varios países han recurrido a técnicas de biomonitoreo, en base a evaluaciones de comportamiento y reacción de organismos vivos causados por residuos y sustancias contaminantes presentes en el medio marino. Los índices biológicos promueven una información sistemática del momento o simultánea, es decir, determinar la calidad de ambientes acuáticos momentos antes del monitoreo o toma de muestras; así como que fenómenos ocurre en esas aguas (Alba - Tercedor, 1988). Los macro invertebrados y microalgas son dos grupos que se mencionan en estimaciones de calidad de agua (Hellawell, 1986), las diatomeas son las preferidas para estas evaluaciones debido a que son organismos autótrofos dominantes, además de que están presentes en la mayoría de ecosistemas y en todo los años, además de no presentar complicaciones en su ciclo (Round, Crawford, & Mann, 1990), que determinan, salinidad, temperatura , estado trófico y mezcla de columna de agua. Por lo tanto son capaces de responder a ciertos compuestos o sustancias en el medio acuático de una manera rápida, porque su ciclo de vida que compensa el crecimiento directo es de las sustancias que se encuentran como resultado de residuales (nutrientes, sales, etc).

Utilizar diatomeas como indicadores de calidad de agua tiene muchas ventajas al momento de emplear su uso en diversos estudios, tales son los puntos a continuación:

- Son cosmopolitas, es decir, su distribución a nivel de taxón es muy amplia, siempre que en el medio donde se sitúen este en las condiciones más favorables.
- Algunas de estas especies son muy sensibles a cambios periódicos en el ambiente, sin embargo, existen otras que toleran sin problema el ambiente o el periodo de tiempo.
- Al momento de muestrear son fáciles de detectar, aun así sea en grandes cantidades y sobre superficies pequeñas.
- Poseen una pared celular de sílice, lo que la hace altamente resistente al ser removidas de sustratos (García & Duró, 2010).
- Relacionada con el punto anterior, gracias a su estructura, son usadas en investigaciones para estudiar respuestas a cambios en las masas de agua.

5.1.5 Actividad antropogénica, impacto y afectación a diatomeas.

Los contaminantes son un problema global, influyentes en las zonas costeras y turísticas de cualquier balneario, tanto como las industrias se expanden a un ritmo acelerado, conllevando a conflictos ambientales en la provincia de Santa Elena y sus playas.

Desde tiempos remotos se ha catalogado por la contaminación viene de una forma directa o indirecta del ser humano, abasteciéndose de recursos y a la vez desechándolos sin importar la causa y efecto de esta acción, dando lugar a zonas libres y recreativas como son las playas, además de pobladores (con negocios, restaurantes), llegan turistas que afectan dejando residuos que resultan ser perjudiciales al ecosistema marino o estuarios y a su vez el deterioro de la calidad de agua y finalmente afectando no solo a la salud humana, también a la actividad comercial (pesca) (ONU, 2002); y a su vez afectando a los microorganismos que cumplen un papel muy importante en la cadena trófica.

6.- METODOLOGÍA

6.1 Descripción del área de estudio

Las 4 estaciones escogidas como material bibliográfico para el posterior estudio fueron zonas donde frecuentan turistas y playas visitadas en la provincia de Santa Elena. Estos 4 puntos comprenden:

(Yatch Club zona costera – 2° 12'4,92" S y 80° 58'15,34" O)

(Yatch Club costa fuera – 2° 9'45,79" S y 80° 58'0,56" O),

(Santa Rosa zona costera – 2° 12'23,37" S y 80° 56'46,88" O)

(Santa Rosa costa fuera – 2° 10'3,24" S y 80° 56' 32,25" O),

(Anconcito zona costera – 2° 20'5,82" S y 80° 52'28,12" O)

(Anconcito costa fuera – 2° 21'4,89" S y 80° 53'7,82" O),

(Puerto Lucía zona costera – 2° 13'3,32" S y 80° 55'16,59" O)

(Puerto Lucía costa fuera – 2° 10'41,60" S y 80° 55'17,19" O)



Figura 1: Ubicación de los puntos de análisis zona costera y costa fuera: Salinas Yatch Club (E-1, E-2), puerto de Santa Rosa (E-3, E-4), y playa de Puerto Lucía (E-5, E-6).

Fuente: Google maps, 2020.



Figura 2: Ubicación de punto de análisis zona costera y costa fuera de la bahía de Anconcito.

Fuente: Google maps, 2020.

6.2 Análisis bibliográfico

El análisis se basó en estudios anteriormente hechos en 4 puntos de la provincia de Santa Elena los cuales son: La Libertad (Puerto Lucia) hecho por Borbor Etelvina (2004), y Basilio Vanessa (2013); Salinas (Santa Rosa y Yatch Club) realizado por Basilio Vanessa (2013) y Anconcito (Anconcito) realizado por Pozo Karina (2013), estas playas son visitadas promovidos por el turismo y actividades pesqueras.

El registro de las especies se determinó con los datos que se obtuvo en 2 zonas de cada uno de los puntos: zona costera y zona costa afuera durante los meses; Noviembre y Diciembre en épocas seca y transición respectivamente.

La asociación y correlación respecto de los parámetros físicos medidos, en las zonas estudiadas, se realizó mediante revisión bibliográfica. La interpretación de gráficos y abundancia se realizó con el programa Excel.

6.3 Análisis estadístico

Para medir la biodiversidad de las especies se utilizó el análisis estadístico de Shannon y Weaver (1948), mientras para la dominancia de especies se implementó el índice de Simpson (1949) (Bellinger, 2006).

6.3.1 Índice de Shannon y Weaver (1948)

El índice de Shannon y Weaver (Bellinger, 2006) es utilizado para cuantificar la biodiversidad específica, refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de su especie y su abundancia relativa. El índice de Shannon se calcula empleando la fórmula $H' = -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$, lo cual significa la sumatoria de (\sum) de la abundancia relativa (p_i), multiplicado por el logaritmo natural (\ln) de la abundancia relativa es la equivalencia para el valor de este índice (H') (Shannon, 1948).

El índice de Shannon y Weaver fue calculado en el software PAST 4.0.

6.3.2 Índice de Simpson (1948)

El índice de Simpson permite medir la dominancia de las especies, es decir, el índice representa la probabilidad de dos individuos, dentro de un hábitat seleccionado al azar pertenezcan a la misma especie (Gregoriuos & Gillet, 2008). El índice de Simpson está dado por la fórmula $D = \frac{1}{\sum (\frac{n_i}{N})^2}$, donde se describe como la dominancia (D), es igual a la sumatoria (\sum) del valor absoluto multiplicado por el producto de la división del número de individuos (n) sobre el número total de individuos (N) elevado al cuadrado (2). El valor de este índice está dado entre 0 y 1 en donde la diversidad del hábitat es menor mientras más se acerca al valor de D a 1; mientras que cuanto más se acerca al valor de D a 0, mayor es la diversidad del hábitat (Colwell, 2008).

El índice de Simpson fue calculado en el software PAST 4.0.

7.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1 Cuantificación de diatomeas a nivel de género en Puerto Lucía 2004 y 2013

Se contabilizaron 38 géneros de Diatomeas en el balneario Puerto Lucía perteneciente a la Península de Santa Elena en el mes de Noviembre de los años 2004 y 2013 respectivamente (Gráfico 1). Se registraron unos bajos porcentajes de la mayoría de los géneros especialmente en el año 2013 con cantidades muy inferiores, tal es el caso de *Guinardia flaccida* con 246 Cel/ml, seguido de *Coscinodiscos excentricus* y valores que no sobrepasan las 200 Cel/ml, tanto en el año 2004 y 2013.

Sin embargo, se denota que en el año 2004 hay mucha más variedad y abundancia de especies que alcanzan los 500 Cel/ml, así como cantidades semejantes de *Chaetoceros affinis* con 486 Cel/ml en la zona costera, mientras que en la parte de la costa fuera se representa *Climacodium frauenfeldianum* con 459 Cel/m, cantidades muy cercanas pese a que están situadas en zonas diferentes.

Stephanopyxis palmeriana con una cantidad de 648 Cel/ml supera a *Nitzschia lineola* con 405 Cel/ml en la zona costera, no obstante esos valores cambian relativamente en la zona costa fuera con 27 Cel/ml y 675 Cel/ml respectivamente a los géneros mencionados.

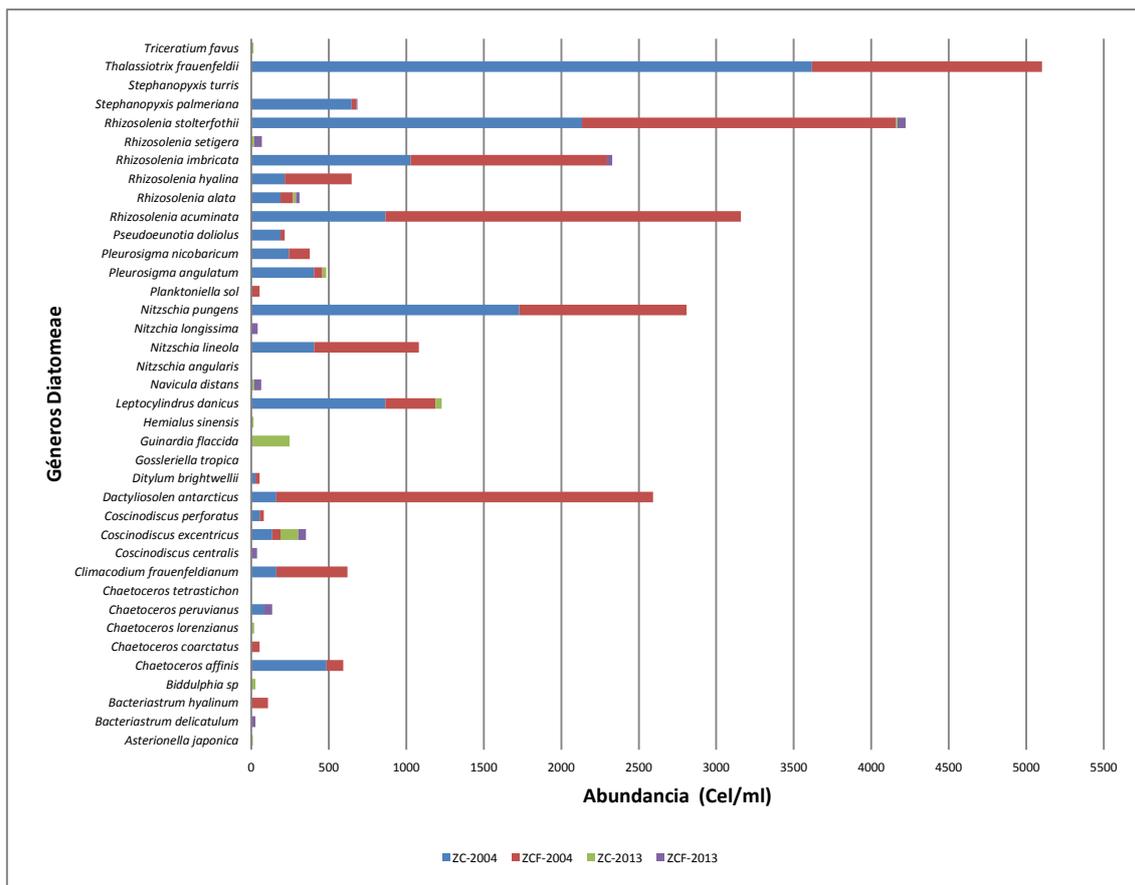


Gráfico 1: Abundancia de diatomeas en noviembre de 2004 y 2013.

Fuente: Pozo (2020).

Así mismo para *Leptocylindrus danicus* posee una cantidad parecida a *Rhizosolenia acuminata* acercándose a 1000 Cel/ml en la zona costera; y una alta incidencia en la zona costa fuera de *Rhizosolenia acuminata* con valores de 2295 Cel/ml, mostrando un equilibrio muy cercano en las cifras en *Rhizosolenia stolteforthii* con 2133 Cel/ml en la costa y 2025 Cel/ml en la zona costa fuera, y valores muy elevados con 2430 Cel/ml de *Dactyliosolen antarcticus* pero con una baja incidencia notoria de 162 Cel/ml en la zona costera.

Durante esta comparación el género más sobresaliente es *Thalassiotrix frauenfeldii* con una cantidad de 3618 Cel/ml en la zona costera, y una baja notoriedad de 1485 Cel/ml en la costa fuera, valores muy cercanos a *Rhizosolenia imbricata* con 1269 Cel/ml.

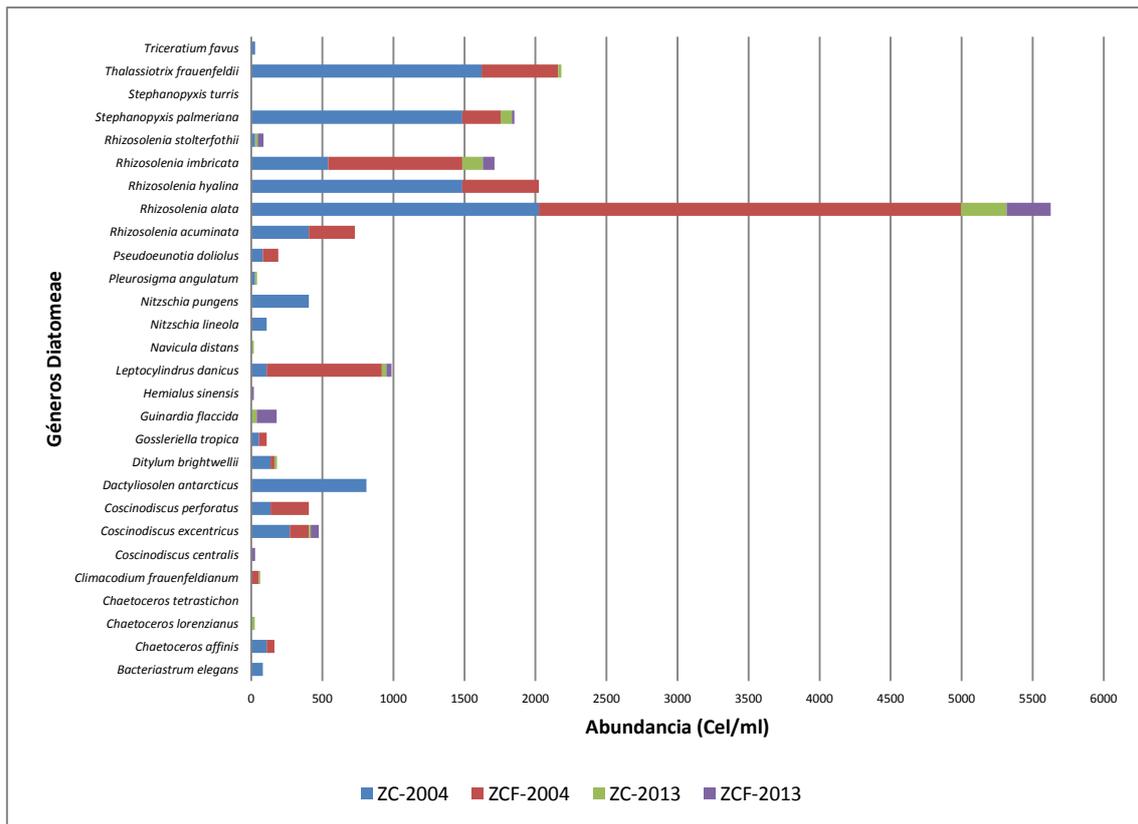


Gráfico 2: Abundancia de diatomeas en diciembre de 2004 y 2013.

Fuente: Pozo (2020).

El más abundante de los 28 géneros contabilizados en casi todos sus periodos es *Rhizosolenia alata* con 2970 Cel/ml en la zona costa fuera y una cantidad inferior de 2025 Cel/ml en la zona costera relacionado con el año 2004, pero esto cambia en el año 2013 evidenciando que los valores no sobrepasan de 500 Cel/ml, sin embargo mencionado anteriormente esta especie es la única de mayor abundancia sobre las demás especies.

Los valores de *Thalassiotrix frauenfeldii* del mes de Noviembre (Gráfico 2) en esta ocasión descendió aproximadamente más de la mitad en 1620 Cel/ml y en la zona costa fuera también descendió a 540 Cel/ml, este valor similar a *Rhizosolenia hyalina*, sin embargo en la zona costera las cantidades fueron iguales para *Stephanopyxis palmeriana* con 1485 Cel/ml, otra similitud hay entre la zona costera de *Rhizosolenia imbricata* con la zona costa fuera de *R. hyalina* con 540 Cel/ml, pero con baja incidencia de géneros en el año 2013 sin llegar a los 100 Cel/ml.

Adicional el género *Dactyliosolen antarcticus* no tuvo cantidades significativas en la zona costa fuera ni en el año 2013, por la ausencia del mismo, pero tuvo cantidades similares en la zona costera a *Leptocylindrus danicus* en la costa fuera con 810 Cel/ml, mientras que los géneros que incidieron por minoría fueron *Chaetoceros lorenzianus* y *Triceratium flavus* con valores menores a 30 Cel/ml.

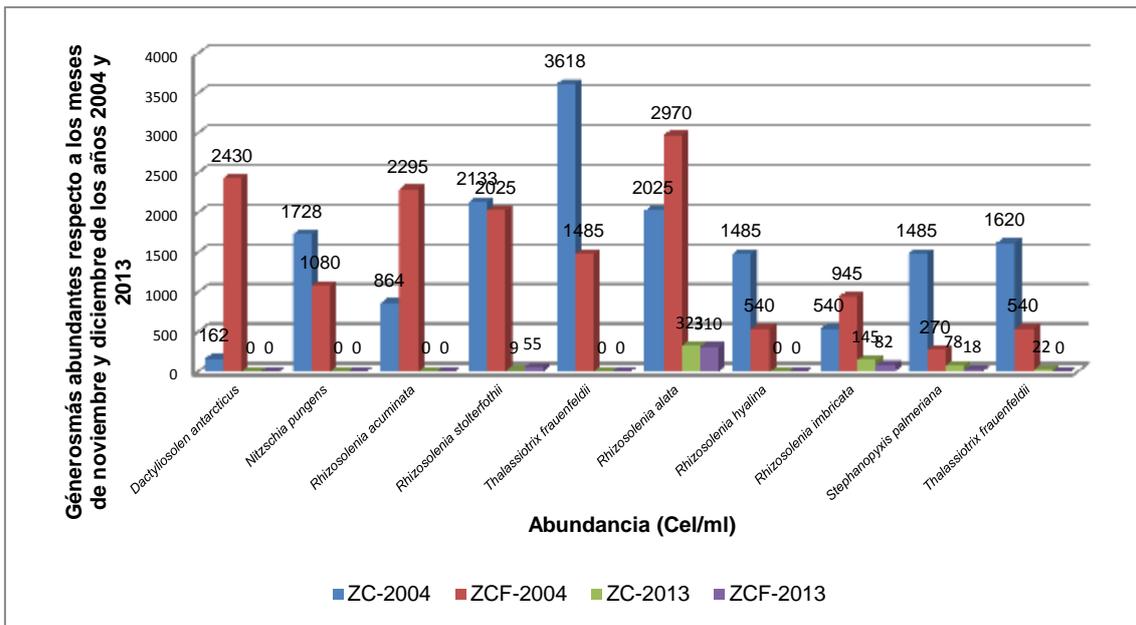


Gráfico 3: Géneros más abundantes respecto a los meses de Noviembre y Diciembre de los años 2004 y 2013 de Puerto Lucía.

Fuente: Pozo 2020.

7.2 Cuantificación de diatomeas en Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía)

7.2.1 Cuantificación de diatomeas en zona costera y costa fuera en Noviembre del año 2013

En la provincia de Santa Elena se tomó de referencia dos cantones para el análisis: Salinas (Yatch Club E-1; Santa Rosa E-3 y Anconcito E-7) y La Libertad (Puerto Lucía E-5), en el año 2013 para relacionar entre los 4 puntos de estudio cual predomina más la clase Diatomea.

Se tomó de referencia (Gráfico 4), la zona costera de los 4 balnearios en Noviembre del 2013, con números impares debido a que los pares toma referencia a las zonas costa fuera, con un total de 45 géneros de diatomeas en donde prevalecen en abundancia la parroquia de Anconcito con más cantidad, representado por *Cerataulina compacta* con una incidencia mayor de 600 Cel/ml, así mismo con *Berellochea malleus* con 520 Cel/ml, no obstante en Puerto Lucía hay una mayor prevalencia de *Guinardia flaccida* con 246 Cel/ml, sobre 237 Cel/ml perteneciente a Santa Rosa y una cantidad de 105 Cel/ml en Anconcito.

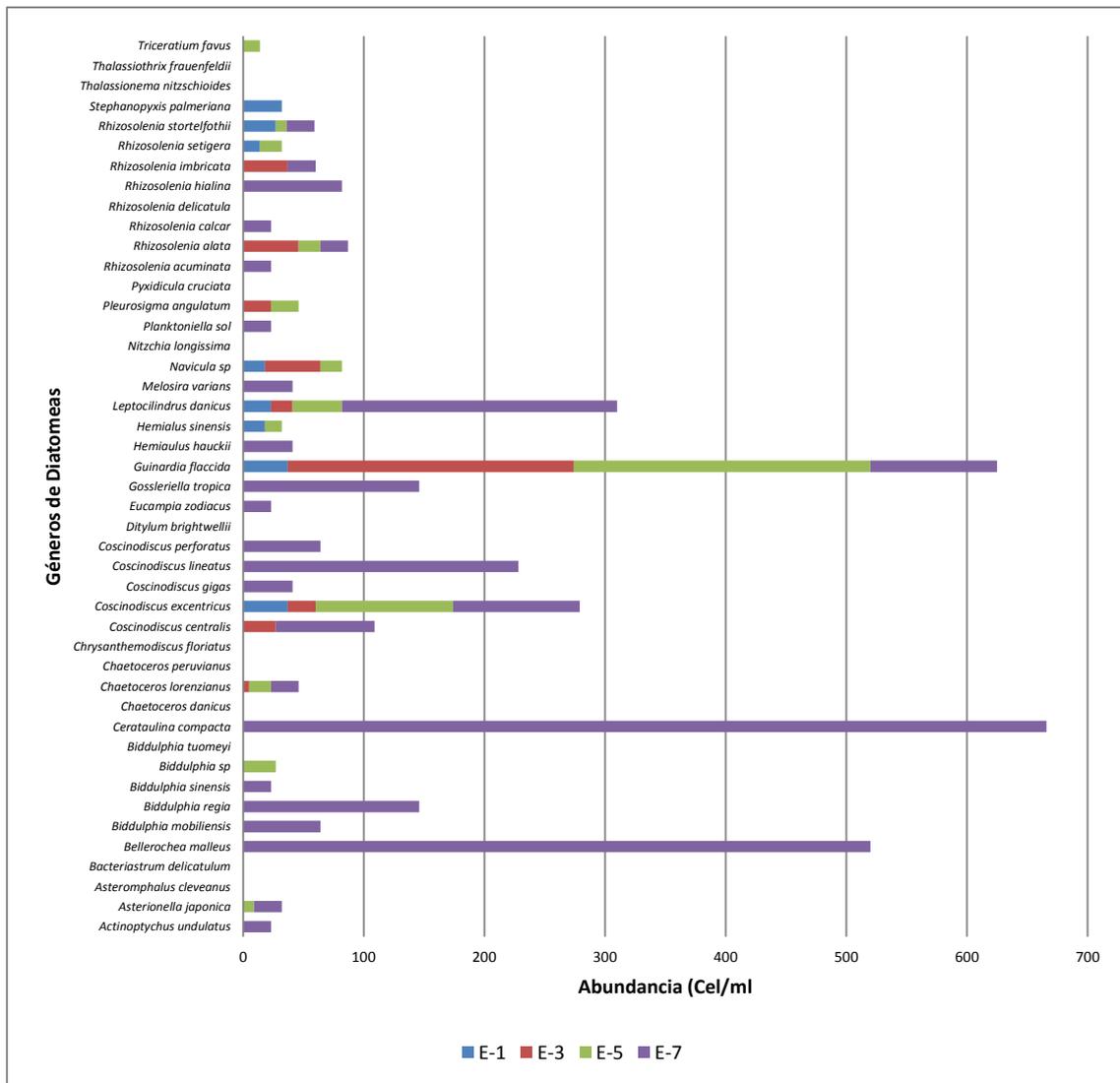


Gráfico 4: Abundancia de diatomeas de zona costera de Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía) en noviembre del 2013.

Fuente: Pozo (2020).

Los valores cuantitativos de *Coscinodiscus lineatus* se mantuvo junto con *Leptocilindrus danicus* con 228 Cel/ml, del mismo modo *Biddulphia regia* y *Gosleriella tropica* con 146 Cel/ml, también el género *Coscinodiscus centralis* con 82 Cel/ml al igual que *Rhizosolenia hialina*, mientras que en *Coscinodiscus Excentricus* Puerto Lucía superó por mínima cantidad de 114 Cel/ml a Anconcito que mantuvo 104 Cel/ml.

Sin embargo muchas especies tales como *Asterionella japonica*, *Biddulphia sinensis*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Planktoniella sol*, *Rhizosolenia acuminata*,

R. alata, *R. calcar*, *R. imbricata* y *R. stolterfothii* a pesar de tener cantidades nulas y bajas, en Anconcito comparten la cantidad de 23Cel/ml en esa zona.

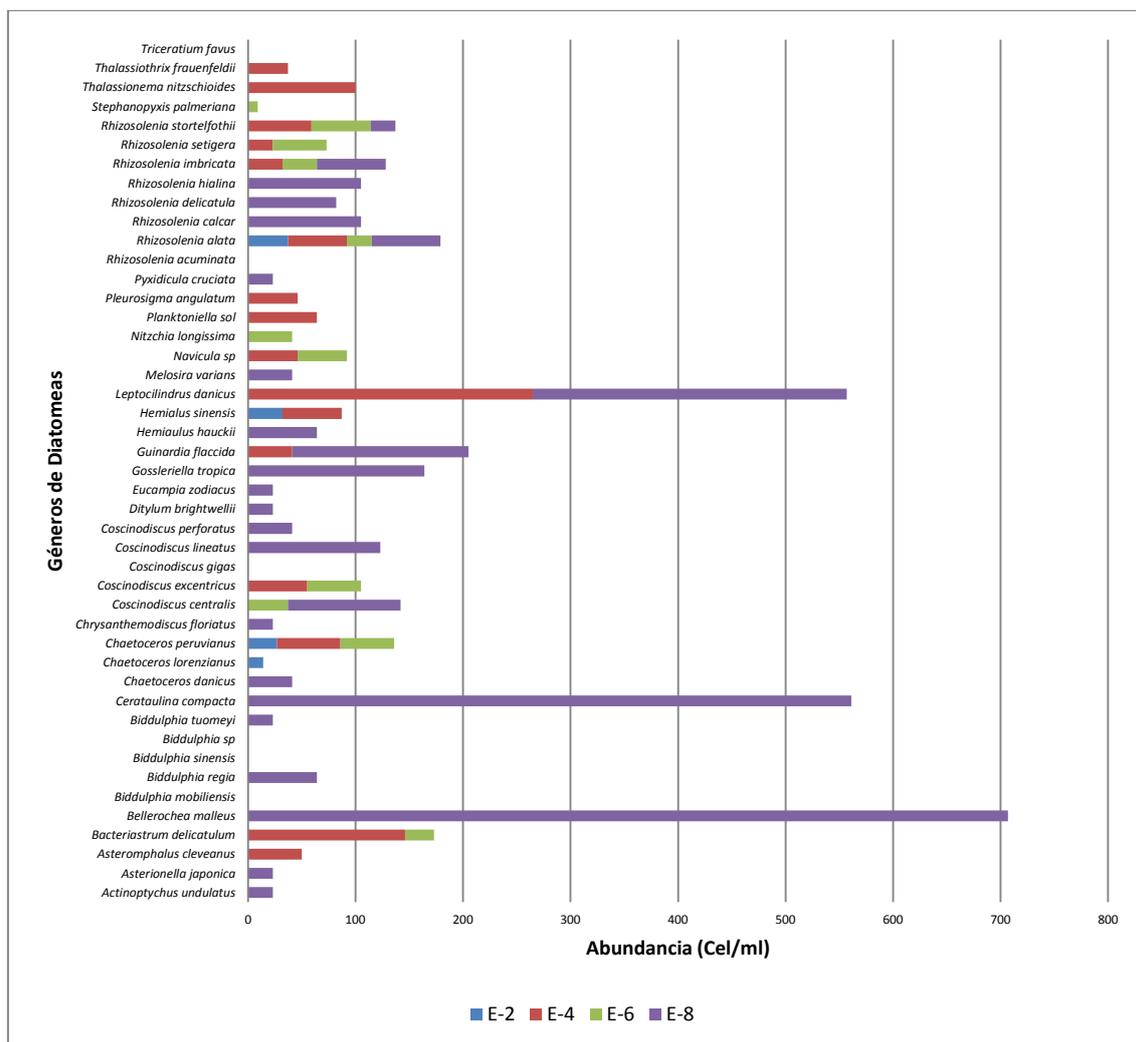


Gráfico 5: Abundancia de diatomeas de zona costa fuera de Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía) en noviembre del 2013.

Fuente: Pozo (2020).

En los 4 puntos designados se toma de referencia los números pares para la zona costa fuera, mientras que para la zona costera están designados los impares, obteniendo una variedad entre los géneros más dominantes como *Bellerochea malleus* ocupa una incidencia de 707 Cel/ml, mientras que *Cerataulina compacta* descendió a 561 Cel/ml, manteniéndose en Anconcito, el género *Leptocylindrus danicus* tiene un abundancia relativa de 292 Cel/ml en Anconcito y a su vez 265 Cel/ml en Santa Rosa, posicionándose como los únicos 3 géneros dominantes, sobre las demás.

Los géneros *Gossleriella tropica* y *Guinardia flaccida* tuvieron valores semejantes en la parroquia de Anconcito con 164 Cel/ml y, a su vez un valor menor tuvo en Santa Rosa *Bacteriastrium delicatum* con 146 Cel/ml. El valor de *Coscinodiscus lineatus* descendió en esta zona a 123 Cel/ml. Sin embargo, 3 especies sobresalen con 105 Cel/ml y manteniéndose en esa cantidad *Coscinodiscus centralis*, *Rhizosolenia calcar*, y *Rhizosolenia hialina* en Anconcito y con la misma valores en Santa Rosa a *Thalassiothrix frauenfeldii*.

Otro cambio notorio en las localidades es el género *Coscinodiscus excentricus* donde disminuyó en Puerto Lucía a 50 Cel/ml, además aumentó progresivamente en Santa Rosa, y descendió considerablemente en Anconcito.

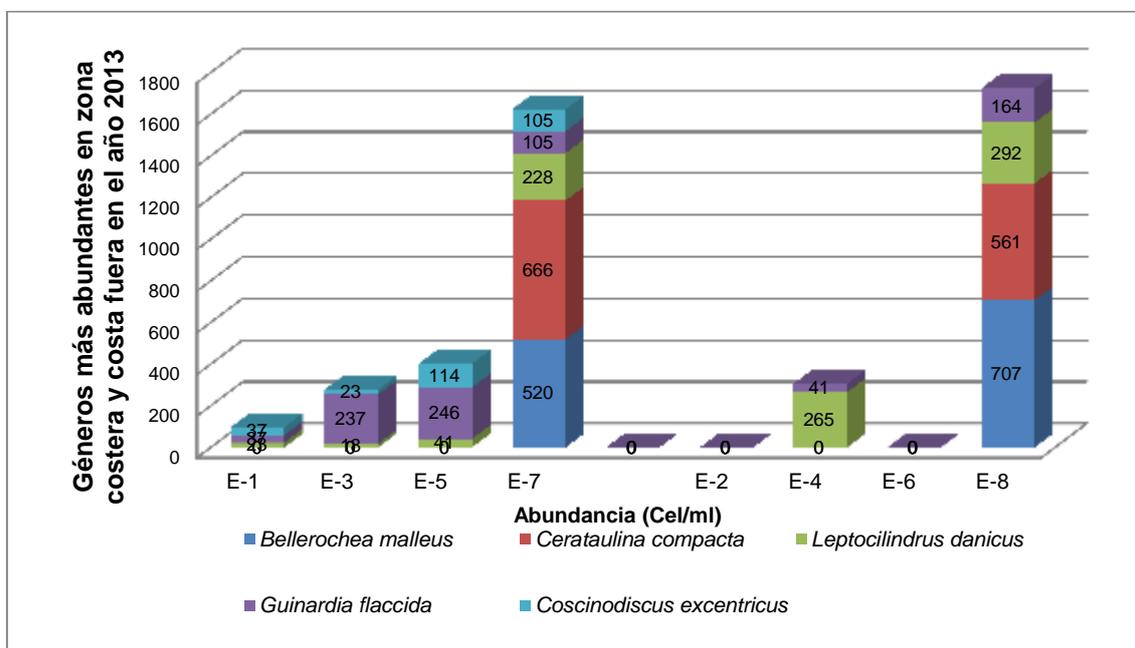


Gráfico 6: Géneros más abundantes en zona costera y zona costa fuera de: Yatch Club (E1 y E2), Santa Rosa (E3 y E4), Puerto Lucía (E5 y E6) y Anconcito (E7 y E8) durante el mes de Noviembre del año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

7.2.2 Cuantificación de diatomeas en zona costera y costa fuera en diciembre del año 2013

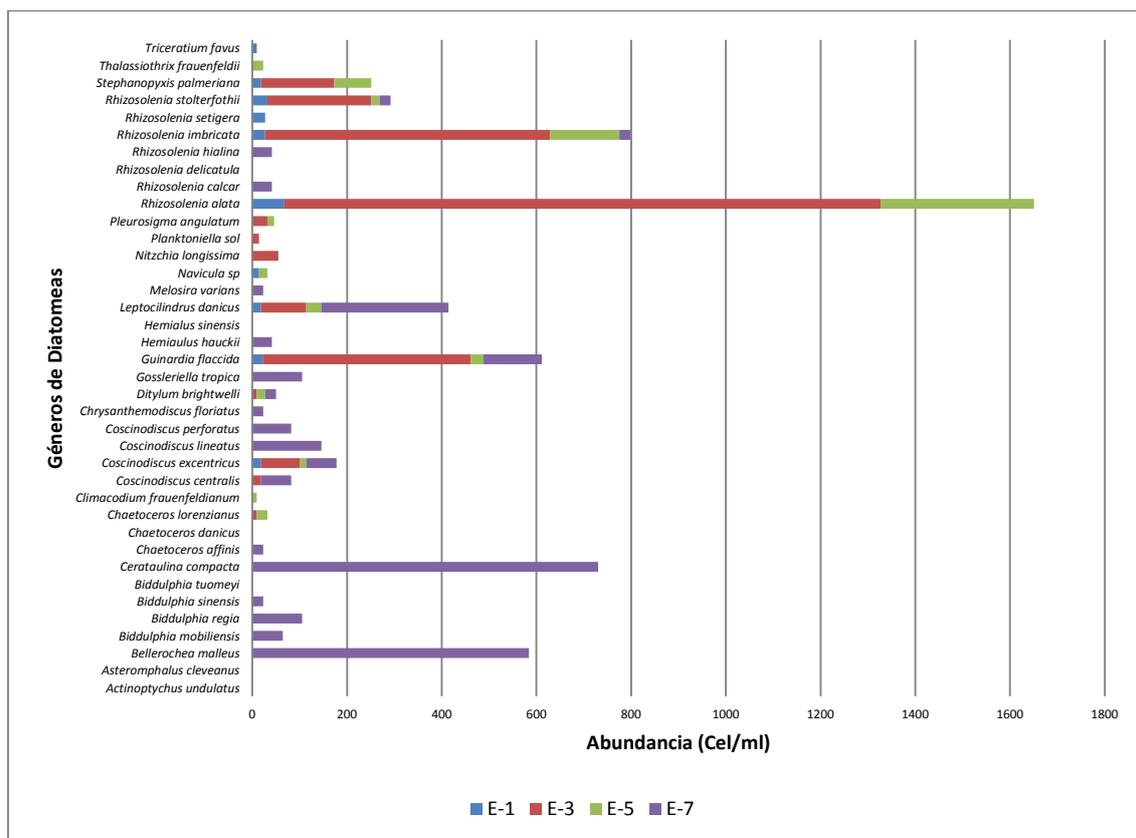


Gráfico 7: Abundancia de diatomeas de zona costera de Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía) en diciembre del 2013.

Fuente: Pozo (2020).

En la época de diciembre corresponde a transitoria húmeda (Gráfico 7), hubo un cambio considerable respecto a las especies abundantes, aun manteniéndose las especies de Anconcito *Bellerochea malleus* con 584 Cel/ml, un pequeño aumento a 730 Cel/ml de *Cerataulina compacta* y un descenso de *Leptocylindrus danicus* a 228 Cel/ml, sin embargo en el balneario de Santa Rosa hubo un aumento masivo con respecto al género *Rhizosolenia alata* llegando a 1259 Cel/ml así como su contraparte de Puerto Lucía ascendiendo a 324 Cel/ml comparado con noviembre de solo 18 Cel/ml (Gráfico 4).

Respecto a *Guinardia flaccida* sus cantidades ascendieron a 438 Cel/ml en Santa Rosa, y a su vez descendió considerablemente en Puerto Lucía con 27 Cel/ml. Otro cambio notorio es el aumento en Santa Rosa de *Rhizosolenia*

stolterfothii con 219 Cel/ml y *Stephanophyxis palmeriana* con 155 Cel/ml y a su vez en Puerto Lucía en ambos géneros aumentaron significativamente pese a la escasez en el mes previo. Adicionalmente en Santa Rosa se evidencia el aumento de *Rhizosolenia imbricata* de 37 Cel/ml (Gráfico 4) a 602 Cel/ml.

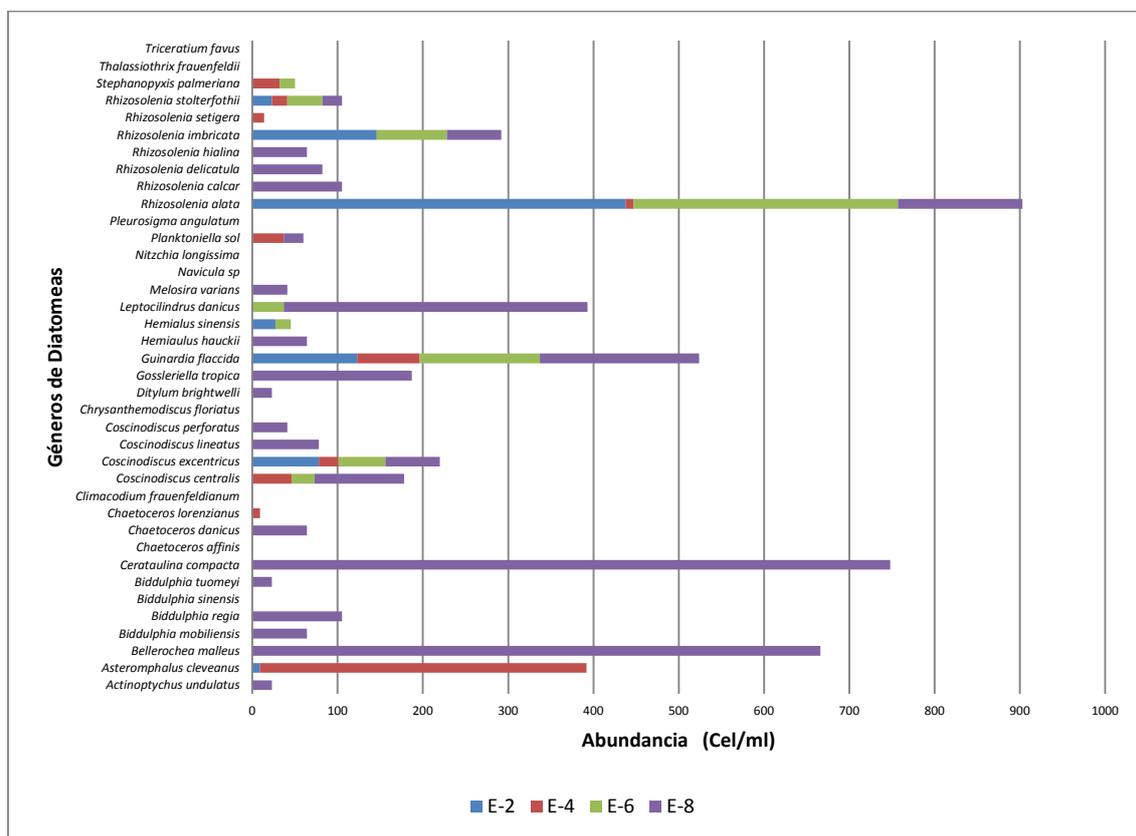


Gráfico 8: Abundancia de diatomeas de zona costa fuera de Salinas (Yatch Club y Anconcito), Santa Rosa (Puerto), La Libertad (Puerto Lucía) en diciembre del 2013.

Fuente: Pozo (2020).

En el mes de diciembre hubo cambios significantes al comparar las especies más abundantes, así como en noviembre (Gráfico 8) *Berellochea malleus* disminuyó en 666 Cel/ml y *Cerataulina compacta* aumentó a 748 Cel/ml, mientras en Santa Rosa disminuyó los valores de *Leptocylindrus danicus* y un ligero aumento en 356 Cel/ml de Anconcito, del mismo modo hubo un aumento igualitario de *Goslerella tropica* y *Guinardia flaccida* con 187 Cel/ml en Anconcito también una leve aparición en la zona de Salinas, Santa Rosa y Puerto Lucía pero sin sobrepasar los 200 Cel/ml.

Un punto muy destacable es la elevación a diferencia de los meses anteriores es en *Rhizosolenia alata* en Salinas con 438 Cel/ml, dado de que solo en los meses de noviembre y diciembre del año 2004 hubo aumento sobre las demás zonas, sin embargo, estas se dieron en Puerto Lucía (Gráfico 1 y 2), aun así hay una cantidad de 310 Cel/ml en dicha localidad de Puerto Lucía manteniéndose en una suma a diferencia del mes de noviembre (Gráfico 4).

Un aumento en la incidencia de *Rhizosolenia imbricata* en la zona de Salinas se muestra con 146 Cel/ml, así como *Asterionella cleveanus* aumentó a 383 Cel/ml en Santa Rosa, mientras que muchas especies se mantuvieron en cantidades bajas o incluso descendieron mucho, como *Biddulphia tumoeyi*, *Chaetoceros danicus*, *Ditylum brighwelli*, *Melossira varians*, y *Planktoniella sol*.

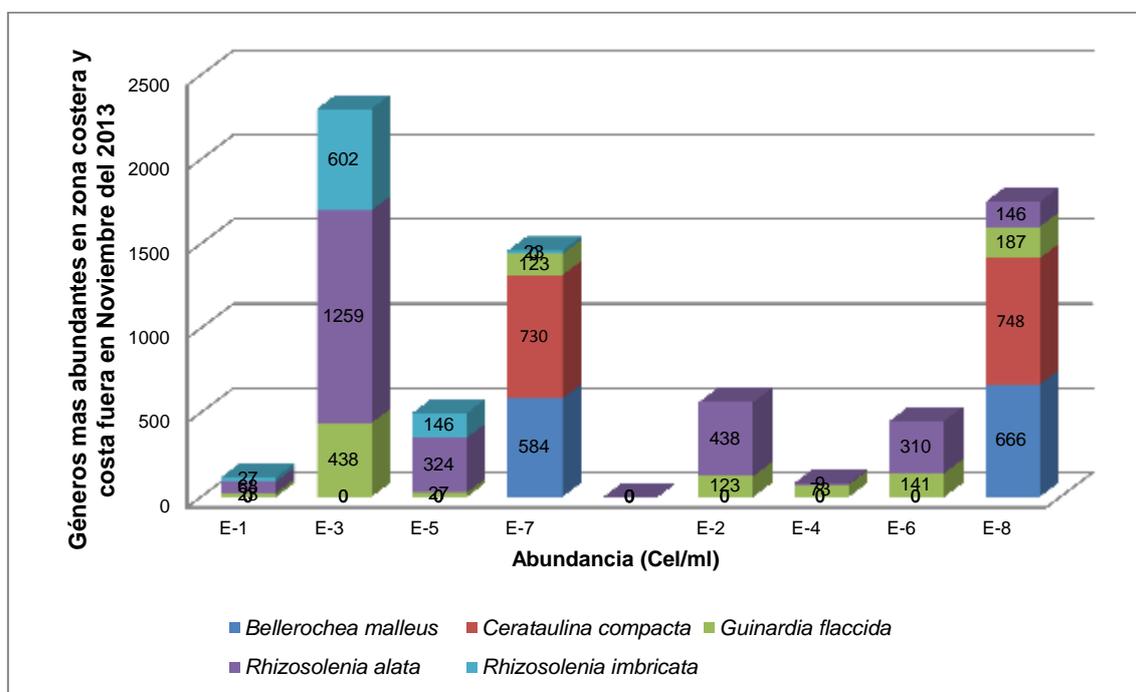


Gráfico 9: Géneros más abundantes en zona costera y costa fuera de: Yatch Club (E1 y E2), Santa Rosa (E3 y E4), Puerto Lucía (E5 y E6) y Anconcito (E7 y E8) durante el mes de Diciembre del año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

7.3 Índice de Shannon y Simpson

Entre Noviembre y Diciembre del 2004 se manifestó que existe un alto índice de diversidad con 2,58 manteniéndose con 2,55 estando un porcentaje más bajo pero sin mucha significancia y diferencias mínimas de sincronización, sin embargo dirigiéndose al año 2013 la diversidad desciende con su incidencia de 2,29 y 2,30 del índice denotado confirmando que hay mucha más diversidad en los gráficos (Grafico 1 y 2).



Gráfico 10: Índice de diversidad de Shannon y Abundancia de Simpson (2004 y 2013) en Puerto Lucía.

Fuente: Pozo (2020).

Del mismo modo se denota para el índice de dominancia de Simpson valores relativamente similares tanto en la zona costera y la zona costa fuera con un promedio de 0,90 en el año 2004 mientras que una significancia de los valores del año 2013 con 0,86 en ambas zonas del análisis realizado una variabilidad que no sobrepasan a 0,90 de la comparación del año 2004, por lo tanto tiene una abundancia relativamente baja.

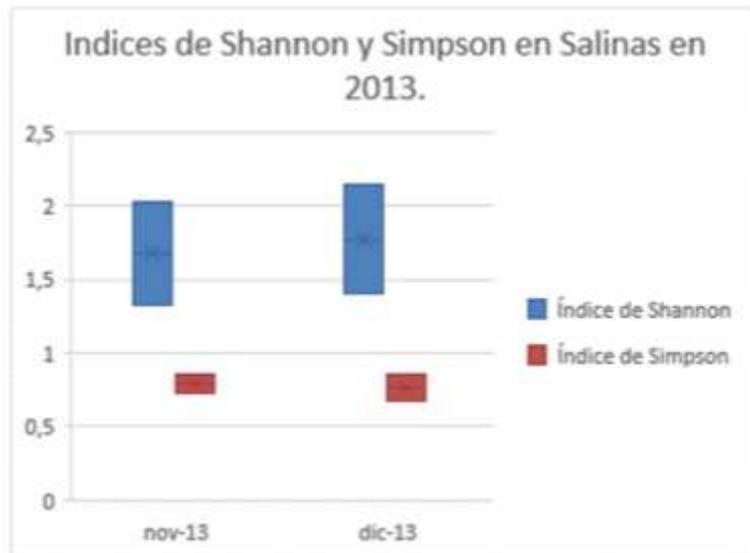


Gráfico 11: Índice de diversidad de Shannon y abundancia de Simpson (2013) en Salinas (Yatch Club).

Fuente: Pozo (2020).

La diversidad en Salinas estuvo desde 1,33 hasta 2,02 durante el mes de Noviembre, del mismo modo se denota valores en Diciembre con 1,40 a 2,41, mientras en índice de dominancia tuvo menor en Noviembre con valores bajos de 0,72 a 0,86 y en Diciembre con valores más extensos 0,66 a 0,86, aun así son valores no cercanos a 0 por lo que en la mayoría de las especies no hay dominancia.

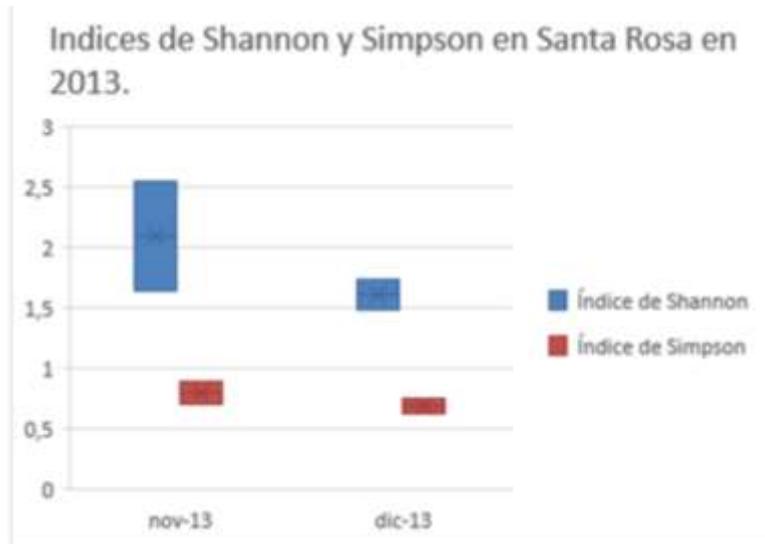


Gráfico 12: Índice de diversidad de Shannon y abundancia de Simpson (2013) en Santa Rosa.

Fuente: Pozo (2020).

Santa Rosa tuvo una diversidad desde 1,64 hasta 2,53 durante el mes de Noviembre, del mismo modo se denota valores en Diciembre con 1,47 a 1,73, demostrando que la dominancia es relativamente baja, así en la dominancia de Simpson tuvo mayor denotación en Noviembre con valores de 0,70 a 0,89 y en Diciembre con valores minoritarios 0,61 a 0,75, sin embargo estos son valores muy lejanos por lo cual hay dominancia baja.

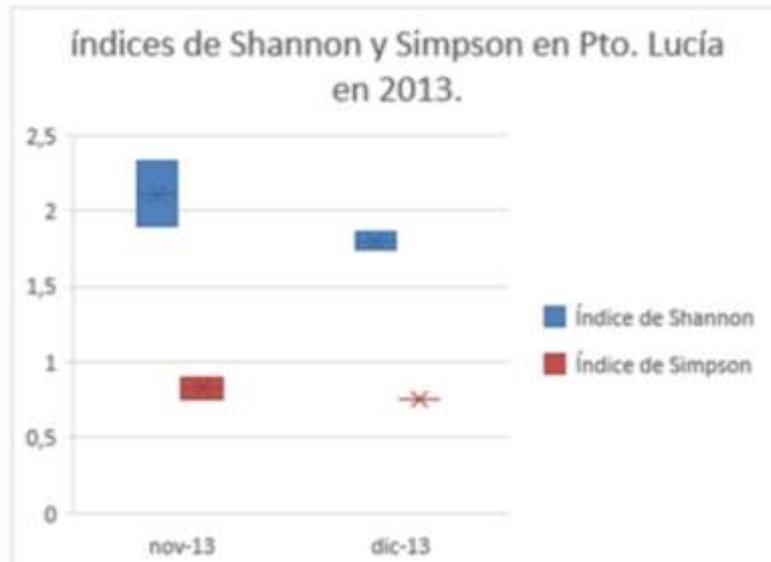


Gráfico 13: Índice de diversidad de Shannon y abundancia de Simpson (2013) en Puerto Lucía.

Fuente: Pozo (2020).

El análisis de diversidad de Shannon denotó unas grandes diferencias cuantitativas de 1,89 a 2,34 respecto a Noviembre, en el mes de Diciembre hubo menos diversidad con 1,74 a 1,86, con respecto a lo que indica el análisis tiene un índice bajo de diversidad. En el análisis de Simpson la dominancia expresó 0,75 a 0,89 en ambas zonas de análisis, mientras que los valores fueron iguales en el mes de Diciembre con 0,75.

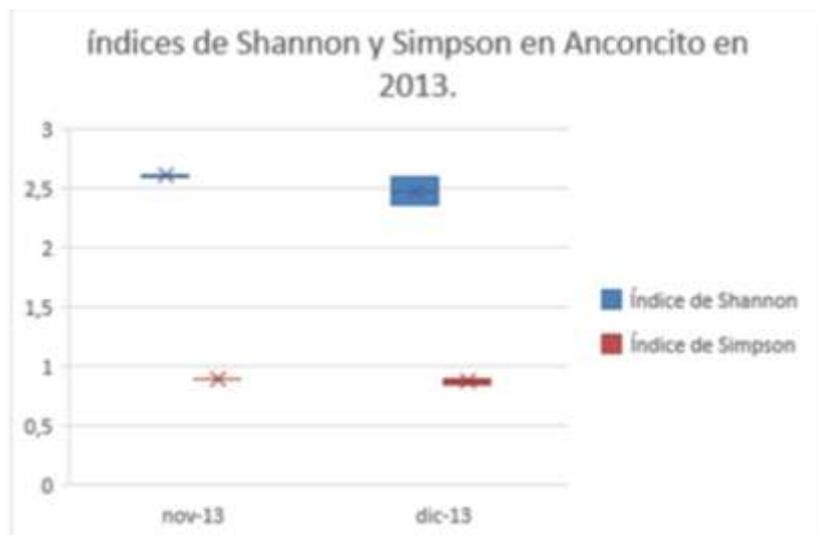


Gráfico 14: Índice de diversidad de Shannon y abundancia de Simpson (2013) en Anconcito.

Fuente: Pozo (2020).

El análisis de diversidad de Shannon demostró unas cantidades similares de 2,59 y 2,60 1,89 en el mes de Noviembre, en Diciembre hubo más diferencias con 2,35 y 2,59, lo que indica que la diversidad es estable. En el análisis de Simpson la dominancia expresó 0,89 en ambas zonas de análisis de Noviembre, mientras que los valores en Diciembre con 0,84 y valor cercano de 0,88, denotando una baja concentración de especies.

7.4 Efectos de los parámetros ambientales en diatomeas

En Salinas (Yatch Club) la temperatura varió de 22,5 a 27 °C en el periodo de Noviembre a Diciembre en ambas zonas costera y costa fuera, mientras que en el mes de Diciembre se registró una variación con rango de 22,5 a 23,2°C denotando una diversificación frente a las microalgas analizadas; tal es el caso de *Rhizosolenia alata* con 23,2 °C es el género más abundante, el segundo que más cantidad tuvo es *R. imbricata* por último esta *Guinardia flaccida* correlacionando esta temperatura influyó frente a las demás menos abundantes.

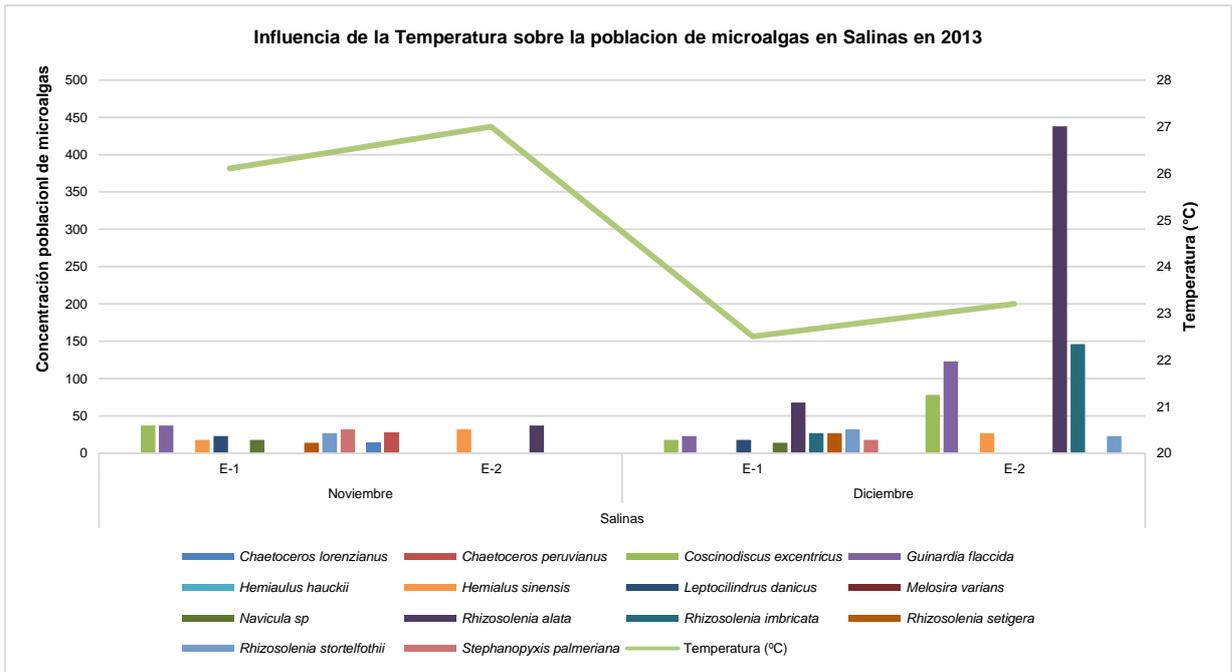


Gráfico 15: Correlación de la temperatura en Salinas (Yatch Club) en el año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

Así las especies menos abundantes se registraron en Noviembre (Gráfico 15) como *Chaetoceros lorenzianus*, *Navícula sp* y *R. setigera* con un rango de temperatura de 26,1 a 27°C.

La salinidad se mantuvo en un rango de 34 a 35 (UPS) incidiendo en la especies menos abundantes del mes de noviembre como *Chaetoceros lorenzianus*, *C. peruvians*, sin embargo en Diciembre se refleja en *Stephanopyxis palmeriana* y *Navicula sp*. (Gráfico 16).

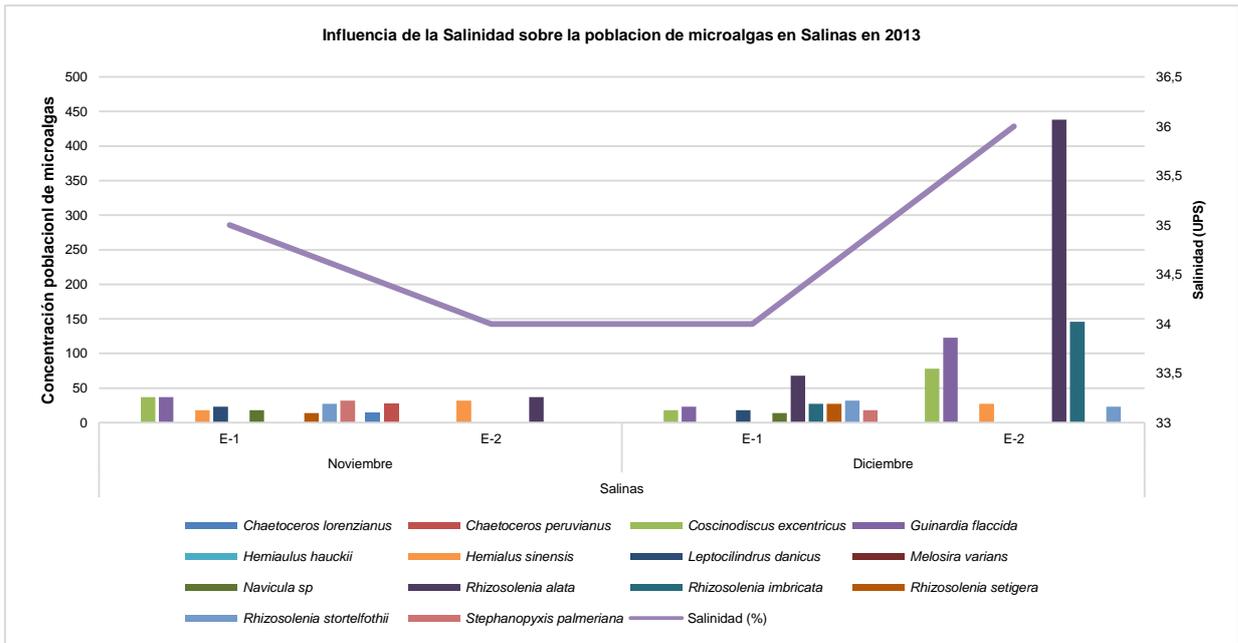


Gráfico 16: Correlación de salinidad (UPS) en Salinas (Yatch Club) en el año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

Así mismo el porcentaje de 36 de salinidad refleja la dominancia de *Rhizosolenia alata* junto con *R. imbricata* del mismo modo con *Guinardia flaccida*.

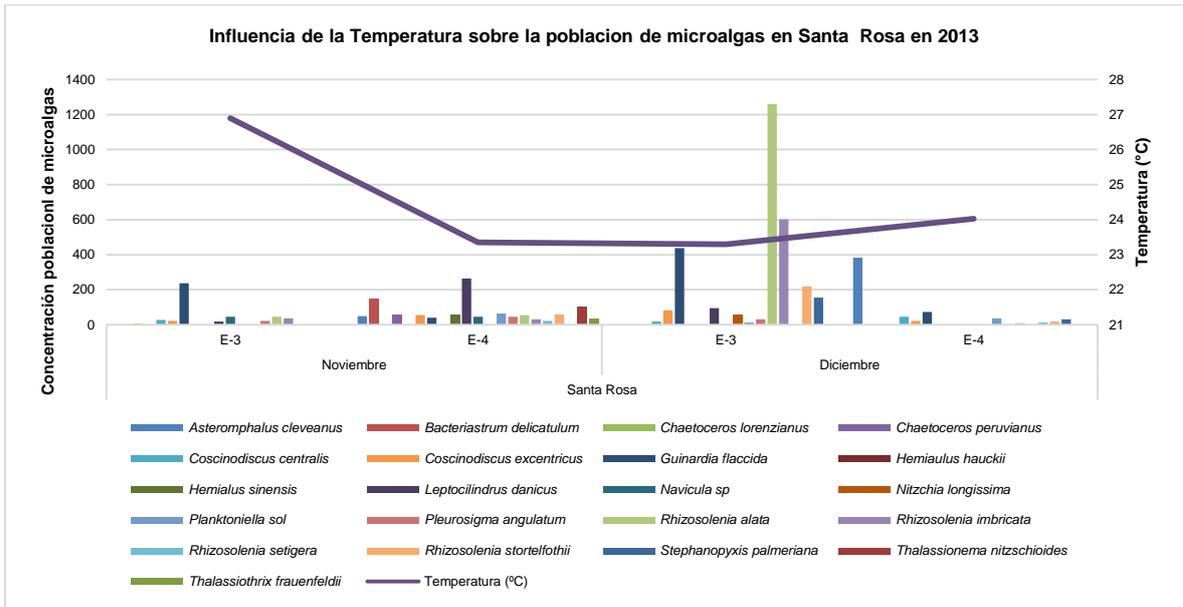


Gráfico 17: Correlación de la temperatura en el puerto de Santa Rosa en el año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

Respecto al puerto Santa Rosa *Rhizosolenia alata* sigue en dominio por su correlación a temperatura 23,3°C, así como su contraparte de *R. imbricata* y *Guinardia flaccida* ubicada en la zona costera en el mes de Diciembre.

Mientras que en un rango de 23,3 a 26,9°C se denota una abundancia notoria en *Guinardia flaccida* y *Leptocylindrus danicus* representadas como más altas en porcentajes, y géneros con cantidades minoritarias como *Pleurosigma angulatum* y *Chaetoceros lorenzianus*.

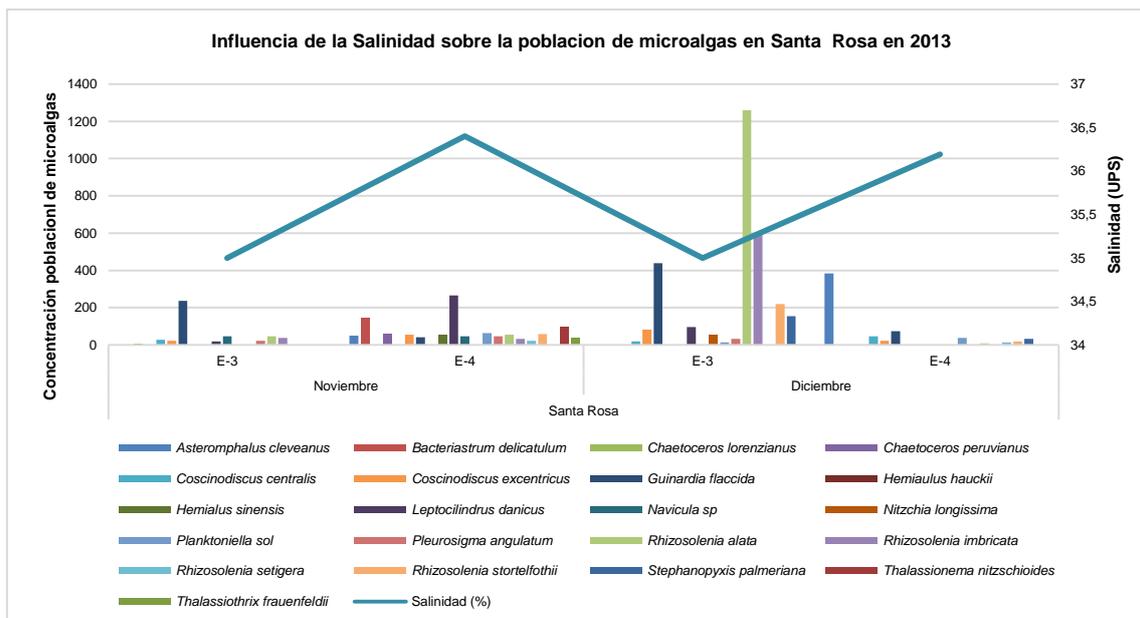


Gráfico 18: Correlación de salinidad (UPS) en puerto Santa Rosa en el año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

La salinidad promedio estuvo entre 35 a 36,14 (UPS) valores óptimos para la dominancia de varias diatomeas entre los dos meses de análisis, así como en ambas zonas costera y costa fuera prevaleciendo *Rhizosolenia alata* al igual que *R. imbricata*, *Guinardia flaccida* y *Asteromphalus cleveanus*. *Leptocylindrus danicus* se mantuvo con valores más altos que *Guinardia flaccida* en Noviembre sin embargo en la zona costera hubo menos incidencia de diatomeas.

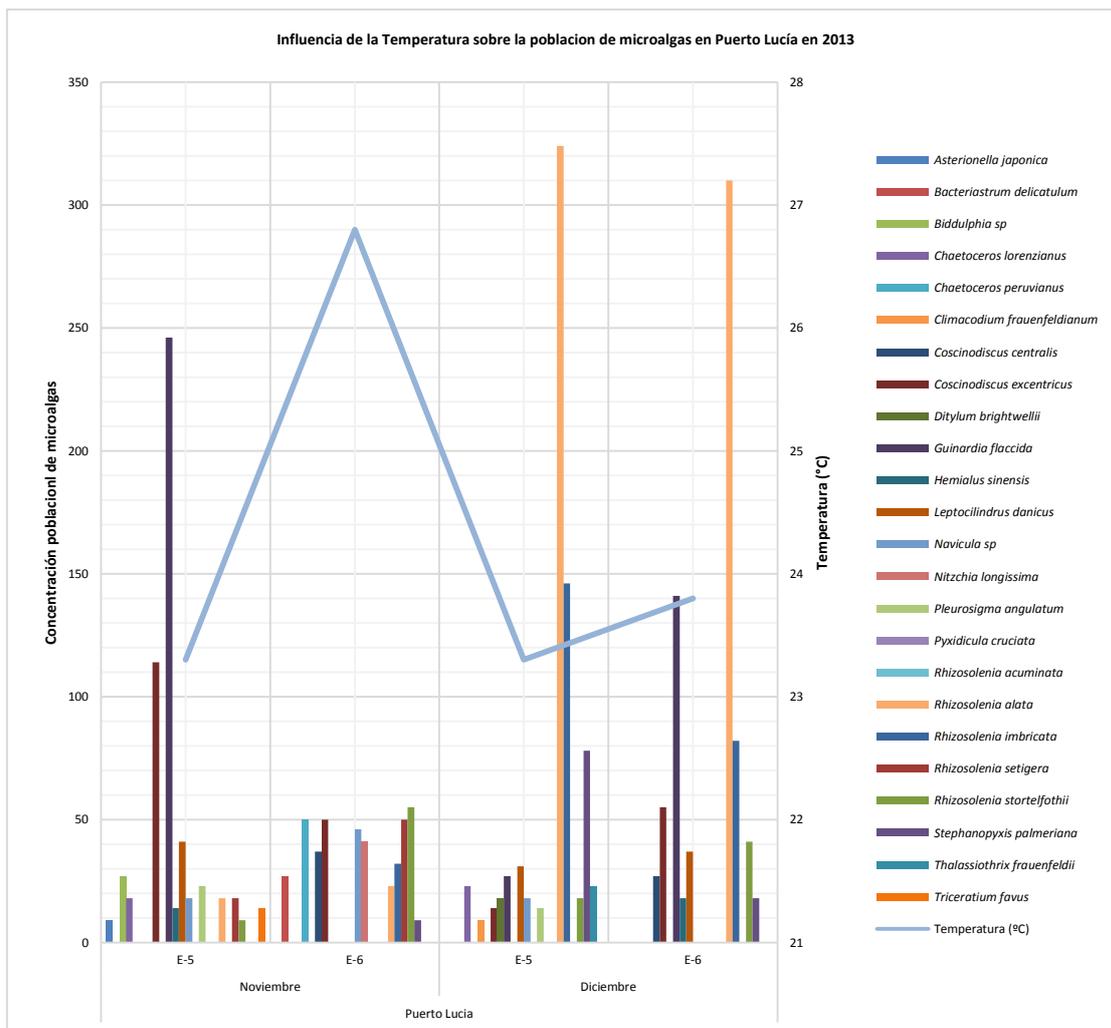


Gráfico 19: Correlación de la temperatura en el puerto de Santa Rosa en el año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

Los valores basados en temperatura de 23,3 hasta 23,8°C representan la alta dominancia y abundancia de los géneros de diatomeas, sin embargo similar a las estaciones de Santa Rosa y Salinas en Puerto Lucía predominó *Rhizosolenia alata*, seguido de *Guinardia flaccida* y *R. imbricata*; en ambos meses de análisis con excepción de la zona costa fuera de Noviembre que mostro bajas incidencias para estas especies.

Una baja concentración se dio con temperatura de 26,5 en la zona costa fuera del mes de Noviembre sin sobreponerse a cantidades de 100 Cel/ml.

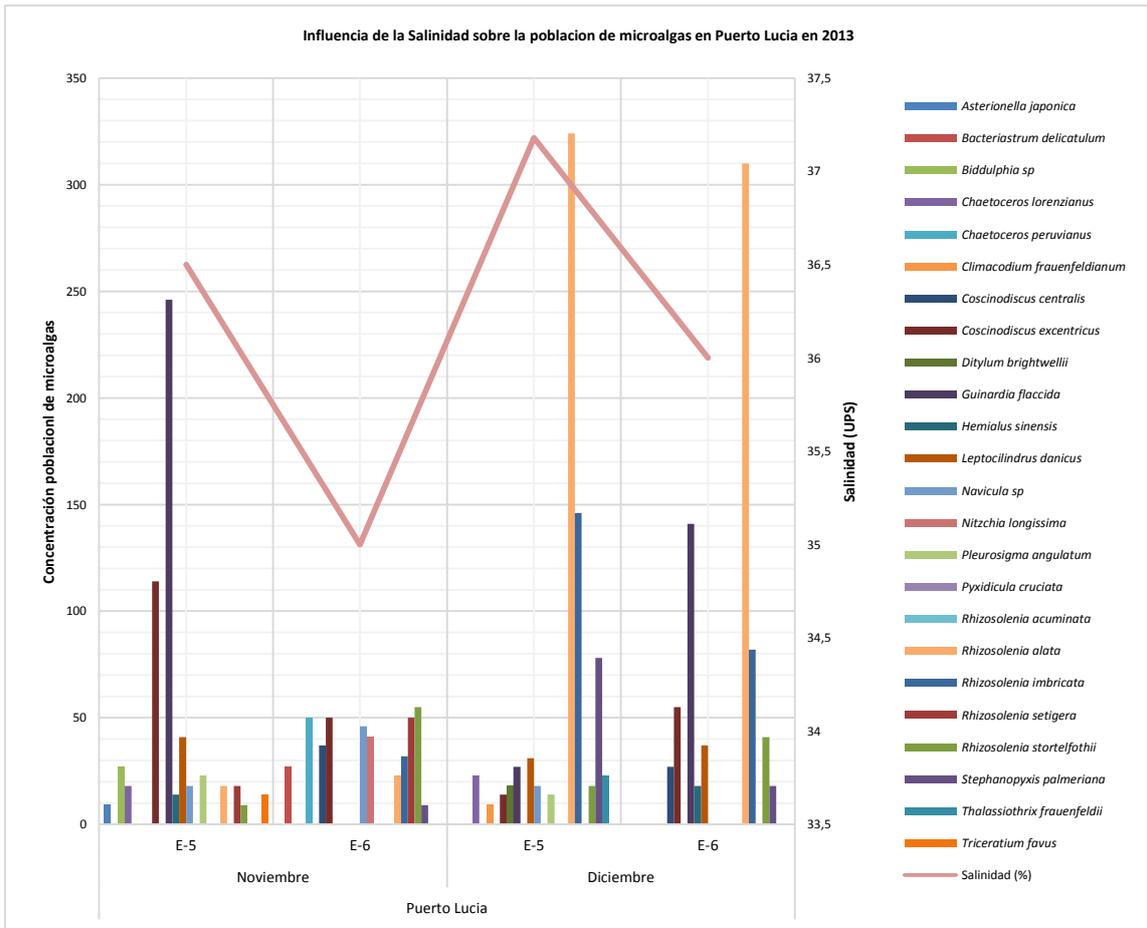


Gráfico 20: Correlación de salinidad (UPS) en Puerto Lucía en el año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

Una baja salinidad de 35 (UPS), denotó bajas concentraciones en el mes de Noviembre de la zona costa fuera de Puerto Lucía, como *Rhizosolenia acuminata*, *Pleurosigma aungulatum*. Mientras que los valores de 36 a 37,18 (UPS) respecto a las zonas restantes, las concentraciones se mantuvieron las especies dominantes fueron *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia alata*, y *R. imbricata*.

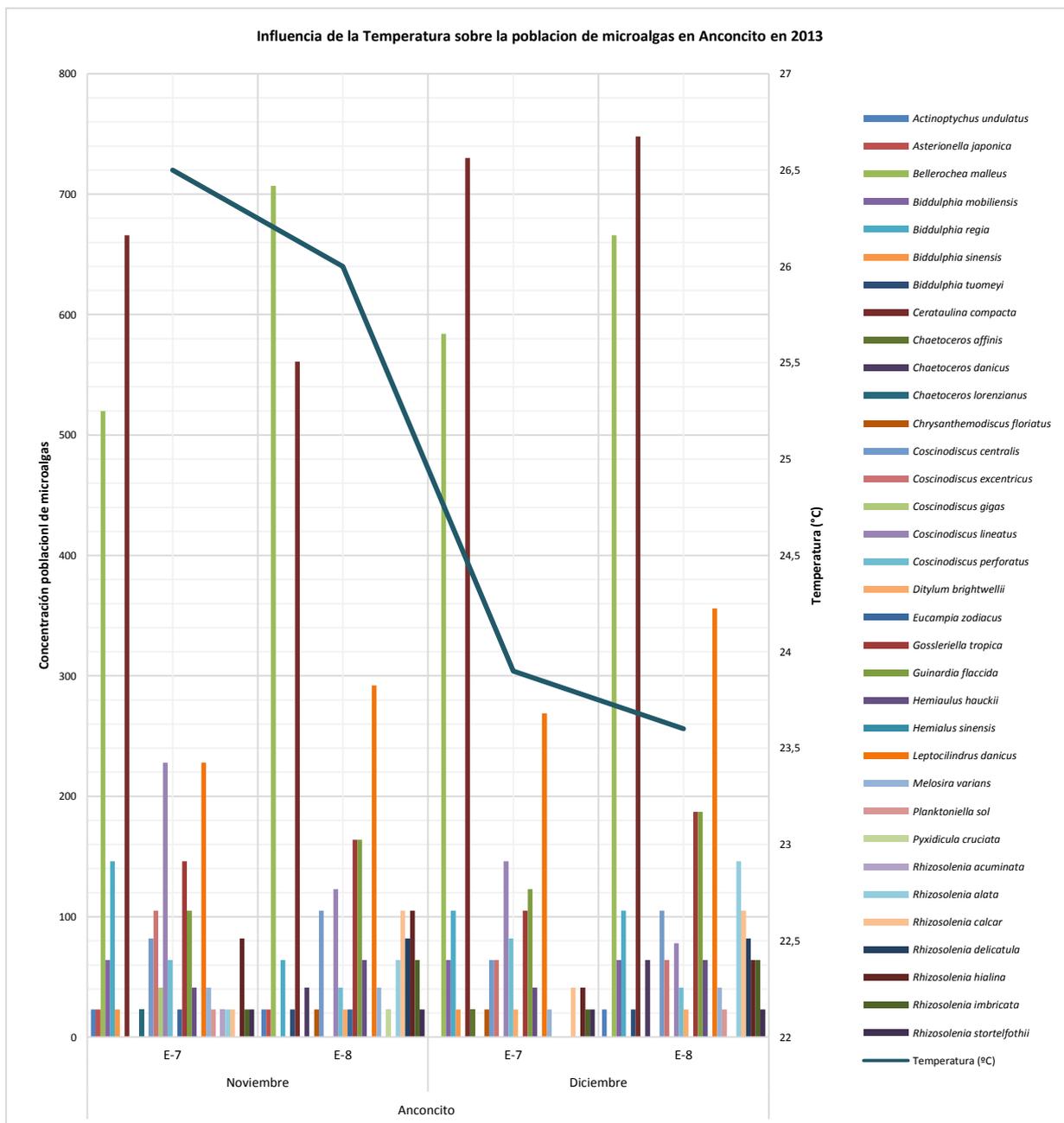


Gráfico 21: Correlación de la temperatura en Anconcito en el año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

La incidencia de temperatura de 23,6 a 26,5 tuvo como resultado la diversidad y dominancia de tres géneros a medida que el cambio de la época fría a la de transición húmeda hay variantes en *Cerataulina compacta* ostenta la mayor concentración a medida que la temperatura desciende, lo mismo ocurre con *Berellochea mallus*, aunque su mayor concentración se dio en la zona costa fuera del mes de Noviembre, pero manteniendo una dominancia por encima de

Leptocylindrus danicus que en el mismo caso aumentó su concentración a medida que bajaba la temperatura.

Algo muy notorio fue la decadencia de *Rhizosolenia acuminata* a medida que descendía la temperatura, sin embargo hubo concentraciones parecidas de *Gosleriella tropica* y *Guinardia flaccida* en las zonas de costa fuera de ambos meses.

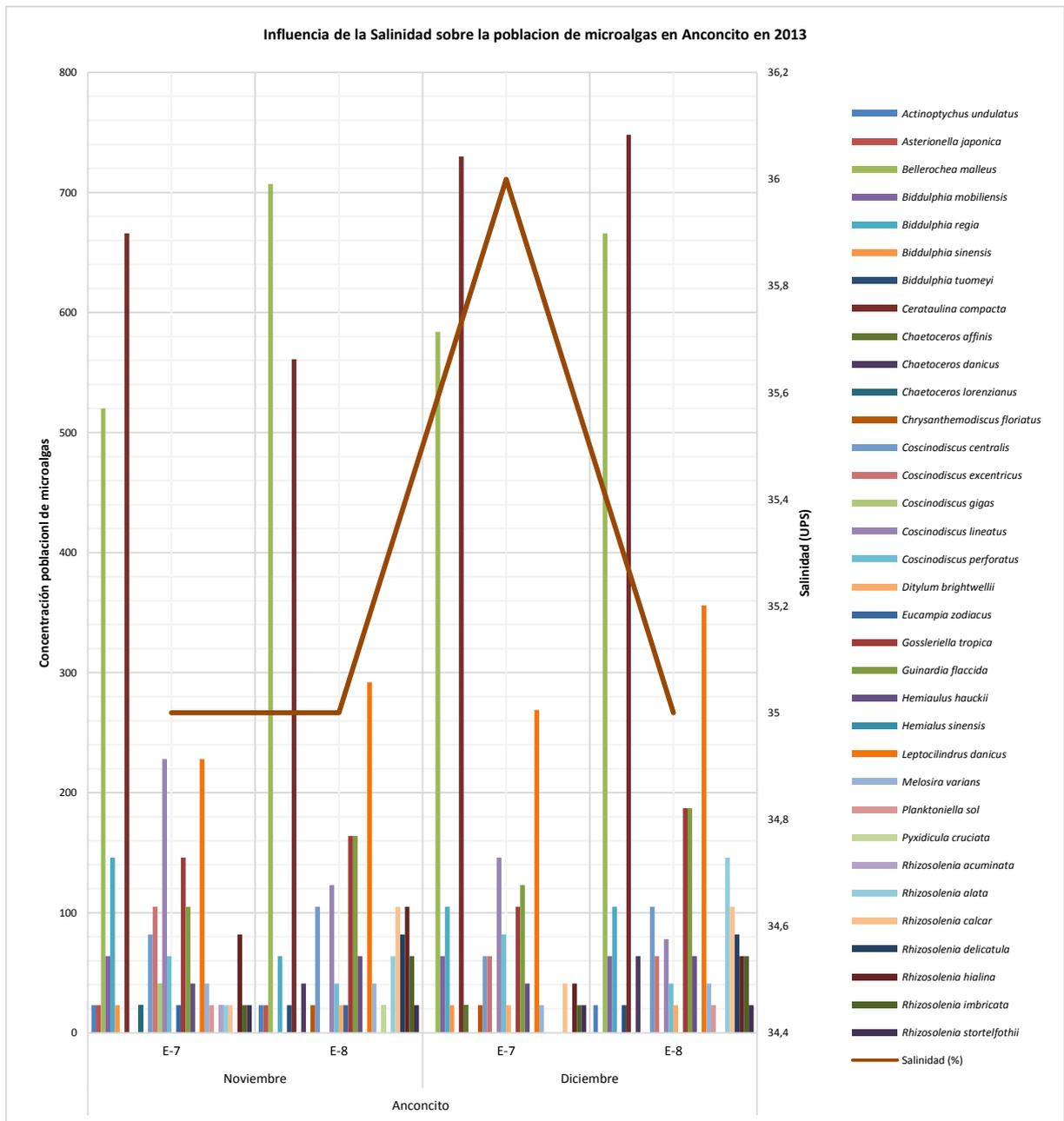


Gráfico 22: Correlación de salinidad (UPS) en Anconcito en el año 2013.

Fuente: Pozo (2020).

La concentración en la salinidad de 35 (UPS), mantuvo en balance los géneros dominantes de Anconcito, una muestra notoria es la desaparición de *Rhizosolenia alata*, especie que dominaba en las demás zonas de análisis al mostrar abundancia con concentraciones mayores a 36 (UPS), cabe recalcar que estas concentraciones en Anconcito ascendieron hasta 36 (UPS), sobresaliendo demás géneros que incluso no tenían valores altos como *R.*

alata, tal es el caso de *Cerataulina compacta*, *Berellochea malleus* y *Leptocylindrus danicus*.

8.- CONCLUSIÓN

- El estudio realizado en Puerto Lucía durante el año 2004 y 2013 se analizaron 38 géneros en el mes de Noviembre y 28 géneros en Diciembre de estas prevalecen hasta niveles altos de Cel/ml en el año 2004, mientras que en el año 2013 tienen una baja concentración, que no alcanzan los 500 Cel/ml. En la comparación a nivel de localidad de Salinas, Santa Rosa, Puerto Lucía y Anconcito del año 2013, denota la prevalencia a mayor cantidad a la zona de Anconcito, tanto zona costera como la zona costa fuera así mismo ocurre con Santa Rosa, mientras que Puerto Lucia y Salinas hay una visible minoría de géneros.
- En el análisis de Shannon respecto a Puerto Lucia demostró una diversidad normal, dado que el análisis de Shannon calcula de 2 a 3 por lo que si se mantiene en estos dos puntos la diversidad, su valor ecológico esta en normalidad. En el análisis de Simpson muestra que no hay una dominancia significativa ya que índice realizado los valores se acercaban a 1. Los análisis realizados en base a Shannon en cada zona de estudio expresan que en Salinas, Santa Rosa y Puerto Lucía hay una diversidad baja porque los índices demostraban valores inferiores a 2, mientras que en Anconcito si hubo mucha diversidad y sus valores estaban en el rango establecido. Mientras que en dominancia, basados en el análisis de Simpson las 4 zonas no tenían una dominancia estable.
- En la relación de parámetros ambientales se muestra que la temperatura ideal para las diatomeas oscila entre 20 a 25°C y en ciertas ocasiones había abundancia con 27°C, del mismo modo con la salinidad hubo incidencia de diatomeas con el rango de 35 a 36,5 (UPS).

Bibliografía

- Alba - Tercedor, J. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell. *Limnética*, 4: 51-56.
- Bellinger, B. J. (2006). Benthic diatoms as indicators of eutrophication in tropical streams. *Hydrobiologia*, 573(1), 75-87.
- Buesseler, K. (1998). The decoupling of production and particulate export in the surface ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 12: 297-310.
- Colwell, R. K. (2008). Biodiversity Concepts, and Measurement. *Ecological Modelling*, 211(1-2), 90-96.
- Dawes, C. (1987). The dynamic seagrasses of the Gulf of Mexico and Florida Coasts. *Florida Marine Research Publications*, 42: 25-38.
- Falkowski, P., Katz, E., Knoll, H., Quigg, A., Raven, A., Schofield, O., & Taylor, R. (2004). The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science*, 305: 354-360.
- García, J., & Duró, A. (2010). Arquitectura de las diatomeas. *Investigación y ciencia N° 402*.
- Gómez , L. (26 de Diciembre de 2019). *Las bacterias y no solo el fitoplancton, tambien captan luz solar en los océanos y la convierten en energía biológica*. Obtenido de Mexico Ambiental: <https://www.mexicoambiental.com/las-bacterias-y-no-solo-el-fitoplancton-tambien-captan-la-luz-solar-en-los-oceanos-y-la-convierten-en-energia-biologica/>
- Gregoriuos, H. R., & Gillet, E. M. (2008). Generalized Simpson-diversity. *Ecological Modelling*, 211(1-2) 90-96.
- Guillou, L., Eikrem, W., Chrétiennot-Dinet, J., Le Gall, F., Massana, R., Romari, K., . . . Vaultot, D. (2004). Diversity of picoplanktonic Prasinophytes assessed by direct nuclear SSU rDNA sequencing of environmental samples and novel isolates retrieved from oceanic and coastal marine ecosystems. *Protists*, 155: 193-214.
- Hallegraeff, G. M. (2010). Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. *Journal pf Phycology*, 46:220-235.

- Hellawell, J. (1986). Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. En J. M. Hellawell, *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management* (pág. 546). England.
- Katz, M., Finkel, V., Grzebyk, D., Knoll, H., & Falkowski, G. (2004). Evolutionary trajectories and biogeochemical impacts of marine eukaryotic phytoplankton. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 35: 523-56.
- Nieves, M. (2019). El turismo y su impacto en las zonas costeras. *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires*, Nº 194.
- ONU. (2002). *Los océanos fuente de vida*. Convencion de las Naciones Unidas sobre el derecho del mar. Vigésimo aniversario (1982-2002).
- Ragueneau, O., Tréguer, P., Leynaert, A., Anderson, F., Brzezinski, A., DeMaster, J., . . . Quéguiner, B. (2000). A review of the silica cycle in the modern ocean: Recent progress and missing gaps in the application of biogenous opal as a paleoproductivity proxy. *Global Planetary Change*, 26: 317-365.
- Round, F., Crawford, R., & Mann, D. (1990). The diatoms. En F. Round, R. Crawford, & D. Mann, *The diatoms: Biology & morphology of the genera* (pág. 747). England and New York: Cambridge (England); New York: Cambridge University Press.
- Sarmiento, J., & Gruber, N. (2006). *Ocean Biogeochemical Dynamics*, Princeton Univ. Press, N. J., 503 p.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Simon, N. A., Cras, L., Foulon, E., & Lemée, R. (2009). Diversity and evolution of marine phytoplankton. *C.R Biologies*, 332: 159-170.