

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
Facultad de Ciencias y Tecnología  
Departamento de Biología  
“Edgard Munguía Álvarez”



Evaluación de la diversidad y abundancia de fitoplancton en el estero adyacente de la reserva natural Isla Juan Venado en época seca y lluviosa.

Tesis para optar al título de Licenciatura en Biología

**Autor:**

Br. Jorge Luis Chevez Ramírez

**Tutor(a):**

Dra. Claudia María Dolmus Bustillo

León, Nicaragua 2021

“A La Libertad Por La Universidad”

## **Dedicatoria**

Quiero expresar mi gratitud a Dios por todas sus bendiciones y guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

## **Agradecimientos**

Agradezco al programa Pequeñas Ayudas para la Investigación por haber financiado la realización de este trabajo monográfico.

Mi profundo agradecimiento a la Lic. Mariela Prado ya que sin ella no hubiese sido posible la realización de este trabajo, por brindarme desinteresadamente su tiempo para transmitirme conocimientos y capacitarme para poder enfrentarme a la ejecución de esta investigación.

A mi directora de tesis Dra. Claudia Dolmus por haber brindado su confianza en mí para la realización de esta investigación y que con su dirección, conocimiento y enseñanzas permitió el desarrollo de este trabajo.

A la Dra. María Eugenia Cerda, quien con las enseñanzas de sus valiosos conocimientos hicieron que día a día fuese creciendo como un profesional, a la vez agradecerle por permitirme realizar este trabajo dentro de las instalaciones del laboratorio de Genética Molecular.

A los profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

A todas las personas que estuvieron involucradas de una u otra manera en la realización de este trabajo.

A todos ellos mis más sinceros agradecimientos.

## Resumen

Las microalgas son organismos que habitan en la columna de agua y son utilizados como especies indicadoras de la calidad de ecosistemas acuíferos y su estudio permite conocer el estado de estos; así como, los diferentes procesos ecológicos que ocurren en dichos ecosistemas. Por tal razón se evaluó la dinámica fitoplanctónica de los grupos *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanophyta* y *Dinoflagellata* en el estero adyacente de la reserva natural isla Juan Venado. Se establecieron 10 puntos de muestreo para medir *in situ* los parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto, pH, turbidez, temperatura, salinidad y sólidos totales) y en paralelo coleccionar muestras de agua y raíces de especies del bosque de manglar para determinar la diversidad y concentración de microalgas y fitoperifiton. A los datos se les aplicó correlación Rho de Spearman y prueba de Wilcoxon; además, se evaluaron los índices de Shannon Wiener, Simpson y Pielou. Los parámetros fisicoquímicos como salinidad y sólidos totales disueltos tuvieron sus máximas en verano; mientras que la temperatura, oxígeno disuelto y turbidez sus máximas se obtuvieron en invierno. Las *Bacillariophytas* presentaron la mayor concentración en verano al igual que los Dinoflagelados, mientras que las *Cyanophytas* y *Chlorophytas* presentaron las mayores concentraciones en invierno. El fitoperifiton fue más diverso en verano con 26 géneros y 4 clases. En invierno el punto más diverso y dominante fue El Pozol mientras que la equitatividad fue dada en la Garita por el contrario en verano que la mayor diversidad y dominancia fue en Las Cañas y Aladino siendo Las Cañas el punto más equitativo. Las *Bacillariophytas* se correlacionaron negativamente con sólidos totales disueltos y turbidez, las *Cyanophytas* con salinidad, turbidez y sólidos totales disueltos, las *Chlorophytas* se correlacionaron negativamente con turbidez, oxígeno disuelto y salinidad. Las concentraciones de *Chlorophytas*, *Cyanophytas* y *Dinoflagellata* difirieron estadísticamente entre épocas climáticas.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
Departamento de Biología  
León, Nicaragua

AÑO 2021: "ESPERANZA VICTORIOSA!"

## DICTAMEN

CLAUDIA MARIA DOLMUS BUSTILLO, profesora del Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León (UNAN-León)

CERTIFICA QUE:

El INFORME FINAL de Investigación titulado "Evaluación de la diversidad y abundancia de fitoplancton en el estero adyacente de la reserva natural Isla Juan Venado en época seca y lluviosa.", presentado por el Br. JORGE LUIS CHEVEZ RAMÍREZ (16-02386-0) para optar al grado de Licenciado en Biología por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, fue revisado por mi persona,

POR TANTO

AUTORIZO ENTREGA INFORME FINAL al departamento de Biología según, lo estipula el Reglamento de Formas de Finalización de los Estudios, Capítulo VII, Arto. 41

Dado en la ciudad de León, departamento de León, el 2 de septiembre del 2021.

---

Dra. Claudia María Dolmus Bustillo  
Profesor Asistente

A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD

# Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen .....	iv
DICTAMEN .....	vi
Índice .....	vi
I. Introducción .....	1
II. Objetivos .....	3
2.1 Objetivo General .....	3
2.2 Objetivos Específicos .....	3
III. Marco Teórico .....	4
3.1 Sistemas Estuarinos Generalidades y Clasificación .....	4
3.2 Generalidades Del Estero Juan Venado .....	5
3.3 Generalidades Del Fitoplancton .....	5
3.4 Biología Del Fitoplancton .....	6
3.5 Microalgas En Asocio A Raíces Del Bosque De Manglar .....	7
3.6 Principales Grupos De Microalgas .....	7
3.6.1 <i>Diatomeas</i> .....	7
3.6.2 <i>Cyanophytas</i> .....	8
3.6.3 <i>Chlorophytas</i> .....	9
3.6.4 <i>Dinoflagelados</i> .....	10
3.7 Eutrofización .....	12
3.8 Floraciones algales .....	12
3.8.1 <i>Floraciones Algales Nocivas</i> .....	13
3.8.2 <i>Floraciones Algales Tóxicas</i> .....	13
3.8.3 <i>Toxinas Asociadas a Floraciones Producidas Por Dinoflagelados</i> .....	13
3.8.4 <i>Toxinas asociadas a floraciones producidas por Diatomeas</i> .....	15
3.8.5 <i>Cianobacterias y Cianotoxinas</i> .....	15
3.9 Principales Cámaras Utilizadas Para La Cuantificación De Microalgas .....	16
3.9.1 <i>Cámara Sedgewick-Rafter</i> .....	16
3.9.2 <i>Cámara Utermöh</i> .....	17
3.9.3 <i>Cámara Neubauer</i> .....	17

<b>IV. Diseño Metodológico</b> .....	18
<b>4.1 Área de estudio</b> .....	18
<b>4.2 Muestreo</b> .....	18
<b>4.3 Identificación y Conteo Celular</b> .....	20
<b>4.4 Análisis estadístico</b> .....	20
<b>V. Resultados y Discusión</b> .....	22
<b>5.1 Parámetros fisicoquímicos</b> .....	22
<b>5.1.1 Salinidad</b> .....	22
<b>5.1.2 Temperatura</b> .....	24
<b>5.1.3 Valores de pH</b> .....	25
<b>5.1.4 Oxígeno Disuelto</b> .....	27
<b>5.1.5 Sólidos Totales Disueltos</b> .....	28
<b>5.1.6 Turbidez</b> .....	29
<b>5.2 Identificación y Conteo de Microalgas</b> .....	31
<b>5.2.1 Concentración de Chlorophytas</b> .....	31
<b>5.2.2 Concentración de Bacillariophytas</b> .....	32
<b>5.2.3 Concentración de Cyanophytas</b> .....	34
<b>5.2.4 Concentración de Dinoflagelados</b> .....	36
<b>5.4 Abundancia de especies perifíticas</b> .....	45
<b>5.4.1 Época lluviosa</b> .....	45
<b>5.4.2 Época seca</b> .....	46
<b>5.5 índices de diversidad</b> .....	47
<b>VI. Conclusiones</b> .....	51
<b>VII. Recomendaciones</b> .....	52
<b>VIII. Bibliografía</b> .....	53
<b>IX. Anexos</b> .....	62

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Mapa del área de estudio (fuente Oscar Gonzales, 2020) .....	18
<b>Figura 2 :</b> Concentración de salinidad en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021. ....	23
<b>Figura 3 :</b> Temperatura del agua reportada en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021. ....	25
<b>Figura 4:</b> Valores de pH reportados en las aguas del estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021. ....	26
<b>Figura 5:</b> Valores de oxígeno disuelto en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021. ....	27
<b>Figura 6:</b> Valores de sólidos totales disueltos en las aguas del estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021 ..	29
<b>Figura 7:</b> Valores de turbidez del agua en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021. ....	30
<b>Figura 8:</b> Concentración de <i>Chlorophytas</i> en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021. ....	31
<b>Figura 9:</b> Concentración de <i>Bacillariophytas</i> en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época seca 2020 y lluviosa 2021. ....	33
<b>Figura 10:</b> Concentración de <i>Cyanophytas</i> en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y seca 2021. ....	35
<b>Figura 11:</b> Concentración de Dinoflagelados en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época seca 2021 .....	37
<b>Figura 12:</b> Concentraciones de fitoperifiton reportado en época lluviosa 2020 en el bosque de manglar de la reserva natural isla Juan Venado.....	43
<b>Figura 13:</b> Concentración de microalgas perifíticas del bosque de manglar de la reserva natural isla Juan Venado en época seca 2021.....	44
<b>Figura 14:</b> Géneros de microalgas perifíticas reportados en el bosque de manglar de la reserva natural Isla Juan Venado en época lluviosa 2020.....	45
<b>Figura 15:</b> Géneros de microalgas perifíticas reportadas en el bosque de manglar de la reserva natural Isla Juan Venado en época seca 202.....	46

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Abundancia de fitoplancton en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado durante el mes de septiembre 2020 .....	38
<b>Tabla 2:</b> Abundancia de fitoplancton en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado durante el mes de febrero 2021 .....	40
<b>Tabla 3:</b> Índices de diversidad, equidad y dominancia de microalgas fitoplanctónicas del estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 .....	48
<b>Tabla 4:</b> Índices de diversidad, equidad y dominancia de microalgas fitoplanctónicas del estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época seca 2021	49
<b>Tabla 5:</b> Correlación Rho de Sberman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época lluviosa en el estero de la reserva natural isla Juan Venado .....	62
<b>Tabla 6:</b> Correlación Rho de Sberman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época seca en el estero de la reserva natural isla Juan Venado .....	63
<b>Tabla 7:</b> Correlación Rho de Sberman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época seca en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado zona Las Peñitas.....	64
<b>Tabla 8:</b> Correlación Rho de Sberman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época seca en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado zona Salinas Grandes.....	65
<b>Tabla 9:</b> Correlación Rho de Sberman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época lluviosa en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado zona de Las Peñitas.....	66
<b>Tabla 10:</b> Correlación Rho de Sberman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época lluviosa en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado zona Salinas Grandes .....	67

**Tabla 11:** Comparación de medias por medio del estadístico de Wilcoxon de con concentraciones algales en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado..... 68

## I. Introducción

Las microalgas son un conjunto de organismos autótrofos presentes en los diferentes cuerpos de agua (Kilham & Hecky, 1988). Estos organismos son utilizados en diversos estudios limnológicos como indicadores de la calidad de los diversos ecosistemas acuáticos. Ya que responden a los cambios constantes de la estructura física y química de su ambiente, presentando fluctuaciones en sus características poblacionales (Gonzales *et al*, 2004).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA, (2021) define a un estuario como un cuerpo de agua parcialmente encerrado que se forma con la fusión de las aguas dulces de los ríos y el agua salada del mar, siendo áreas de transición entre diferentes ecosistemas.

El estero Juan Venado es de tipo barrera, esta barrera es la Isla Juan Venado, la cual tiene una extensión de 22 km de largo aproximadamente. Adyacente al caudal del estero la flora es dominada por varias especies de mangle, las cuales pertenecen a los géneros *Laguncularia*, *Avicennia* y *Rhizophora*. Éste tiene acceso por direcciones opuestas ya sea desde Las Peñitas o bien desde Salinas Grandes. (Anónimo, 1998) citado por (Núñez & Treminio, 2016).

Diversos autores han realizado estudios poblacionales de microalgas en el estero Juan Venado, en donde han descrito la flora de microalgas y las asocian con los factores fisicoquímicos de las aguas. (Núñez & Treminio, 2016; Argeñal & López 2018; Diaz et al, 2018 & Cuadra et al, 2018).

El fitoplancton es la base principal de la cadena alimenticia en los diferentes ecosistemas acuáticos, y estos se ven favorecidos o desfavorecidos de acuerdo con la entrada de nutrientes a los cuerpos de agua, alterando su distribución y composición poblacional (López, 2019).

El crecimiento demográfico de la ciudad de León ha conllevado a una mayor producción de desechos domésticos vertidos a los ríos a través de la red de alcantarillado sanitario, parte de estos desechos llegan al estero Juan Venado alterando la composición física y química de las aguas de este, influyendo

directamente sobre el fitoplancton. De ahí la preocupación de realizar un monitoreo en la composición planctónica del estero y relacionarla con los diferentes parámetros fisicoquímicos del agua, para de esta manera determinar la salud de este cuerpo de agua y que tan afectado se ve con la descarga de las aguas residuales que llegan al mismo.

Estas modificaciones fisicoquímicas del agua alteran la composición ficológica del estero, siendo condiciones apropiadas para la proliferación de especies capaces de realizar floraciones algales nocivas, en el peor de los casos floraciones toxicas. Por tal razón estudios de esta índole son relevantes, para mantener un monitoreo constante de la composición y abundancia fitoplanctónica en este tipo de ecosistemas.

## II. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Evaluar la dinámica fitoplanctónica de los grupos *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanophyta* y *Dinoflagellata* y su relación con los parámetros fisicoquímicos en el estero Juan Venado en estación seca y lluviosa

### 2.2 Objetivos Específicos

- Relacionar el efecto de los parámetros fisicoquímicos sobre las concentraciones de microalgas en el estero de la isla Juan Venado.
- Definir los géneros y concentraciones de fitoplancton y fitoperifiton de los grupos *Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta* y *Dinoflagellata* en el estero y bosque de manglar de la Isla Juan Venado.
- Determinar la diversidad, abundancia y equitatividad poblacional de microalgas a través de los índices de Shannon Wiener, Simpson y Pielou.

### **III. Marco Teórico**

#### **3.1 Sistemas Estuarinos Generalidades y Clasificación**

Un estuario se cataloga como un cuerpo de agua parcialmente encerrado que se forma cuando las aguas dulces provenientes de ríos y quebradas fluyen hacia el océano y se mezclan con el agua salada de mar, es decir son áreas que forman parte de la zona de transición de la tierra al mar y de agua dulce a agua salada (Chang, 2009). Los ambientes estuarinos figuran entre los más productivos en la tierra, creando cada año más materia orgánica que áreas comparables en tamaño de bosque, tierras agrícolas o praderas (EPA 2020).

El consejo superior de investigación en 2013 clasificó a los esteros de acuerdo con sus propiedades de circulación y la distribución del estado continuo de la salinidad. Según esta clasificación los estuarios más importantes son:

1. Estuario de cuña salina
2. Estuario altamente estratificado
3. Estuario ligeramente estratificado
4. Estuario mezclado verticalmente
5. Estuario inverso
6. Estuario intermitente

Chang 2009 cita a Davies 1964 para utilizar la clasificación de los esteros de acuerdo con los rangos de las mareas de esta manera se agrupan en cuatro tipos

1. Micromareales con un rango de marea menor a 2 metros
2. Mesomareales aquellos cuya marea es menor a 4 metros y mayor a 2.
3. Macromareales cuando la altura de la marea es menor a 6 metros y mayor a
4. Hipermareales esteros en donde la marea es mayor a los 6 metros.

En 2009 Chang cito a Pichard, 1952 para realizar la clasificación de los esteros de acuerdo con su topografía agrupándolos en 3 tipos.

1. Estuarios de planicies costeras
2. Fiordos
3. Estuarios de barrera

### **3.2 Generalidades Del Estero Juan Venado**

El estero de la Reserva Natural Isla Juan Venado se encuentra ubicado entre las comunidades de Las Peñitas y Salinas Grandes en el municipio de León, en este desembocan 2 afluentes de agua, siendo el rio Chiquito por la parte de Las Peñitas y el rio La Loma por la zona de Salinas Grandes (Manfut, s.f). El rio Chiquito cuya extensión es de 20 km aproximadamente recorre gran parte de la ciudad de León y acarrea consigo los desechos domésticos de gran parte de la ciudad, además de escorrentías procedentes de la agricultura en las zonas circundantes. Toda esta agua con carga de materia orgánica llega al estero Juan Venado por la zona conocida como el Pozol en donde esta agua contaminada se distribuye por el estero provocando alteraciones en la estructura fisicoquímica del agua.

### **3.3 Generalidades Del Fitoplancton**

El término fitoplancton proviene del griego φυτόν (phyton - planta) y πλαγκτός (planktos - errante). Estos son organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua, (Reynolds, 1984; Kilham y Hecky, 1988).

Los organismos planctónicos conforman la base de la pirámide alimentaria del ecosistema marino. El fitoplancton realiza la producción primaria, a través de la fotosíntesis, utilizando la energía radiante del sol, el dióxido de carbono y sales minerales que se encuentran disueltos en el agua de mar (Escribano & Castro, 2013). La productividad biológica de un ecosistema marino depende inicialmente de la capacidad del plancton marino para captar, retener y transferir el carbono derivado del dióxido de carbono atmosférico.

El fitoplancton constituye el conjunto de microorganismos fotosintéticos adaptados a vivir parcial o continuamente en la columna de agua, que utilizan la radiación solar como fuente de energía para la síntesis de materia orgánica, y que están habilitados para desarrollar todo su ciclo vital suspendidos en las aguas abiertas de los sistemas lénticos (Reynold, 2006).

El fitoplancton tiene un rol ecológico importante en los ecosistemas acuáticos ya que son la entrada principal de energía al sistema a través de la producción primaria, en función a esto se pueden utilizar para determinar el estado trófico de un sistema léntico en periodos recientes. También son utilizados como organismos indicadores de la calidad del agua por la gran diversidad de especies, la rápida tasa de crecimiento y la facultad de reaccionar casi inmediatamente ante los cambios ambientales (Roldán, 1992).

### **3.4 Biología Del Fitoplancton**

La reproducción de las microalgas se da principalmente por la vía asexual, es decir, por simple división celular. Estas se desarrollan acumulando suficiente materia orgánica y cuando logran almacenar la cantidad necesaria dividen su material genético formando dos microalgas que contienen la misma información genética (López & Catzim, 2010).

En condiciones de cultivo la reproducción de estos organismos se ve influenciado directamente por los niveles deficientes de nutriente inorgánicos, así como las diversas técnicas empleadas en el momento de su reproducción.

En el ciclo de vida de las microalgas incluyen la formación de esporas de resistencia, las que utilizan como una estrategia para la supervivencia durante periodos adversos y una manera de conservar su identidad genética, incluyen lo que son procesos de reproducción sexuales como asexuales. En el ciclo cigótico la meiosis ocurre después de la germinación del cigoto, sus productos son haploides y solo el cigoto es diploide. Este ciclo está presente en la mayoría de los grupos fitoplanctónicos. En el ciclo gamético la meiosis ocurre durante la diferenciación de los gametos por lo que el organismo de vida libre es diploide, este ciclo es generalmente apropiado a las *Bacillariophytas* (Bold & Wynne, 1985).

### **3.5 Microalgas En Asocio A Raíces Del Bosque De Manglar**

Moschini *et al*, (2001) plantea que las algas constituyen la mayor parte del perifiton, estas son las productoras dominantes en ecosistemas fluviales. Las algas de este ambiente se adhieren a cualquier tipo de sustrato del lecho, así las que se desarrollan en piedra se les denomina como epilíticas, sobre sedimentos suaves o fangos epipélicas y las que crecen sobre plantas epifíticas. (Hauer & Lamberti, 2007). El fitoperifiton juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a un sistema acuático (Oliveros, 2016).

### **3.6 Principales Grupos De Microalgas**

#### **3.6.1 Diatomeas**

Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas con una pared celular ornamentada que asemeja a una micro caja de cristal compuesta en gran parte por silicatos (Lora *et al*, 2020). La mayoría de las diatomeas son autotróficas fotosintéticas y en abundancia constituyen casi la mitad de la biomasa fitoplanctónica en los océanos. Esto equivale a casi el 45% de la productividad primaria en este ambiente, mientras que a nivel planeta, son las responsables de aproximadamente el 25% de dicha productividad, lo que equivale a una fijación de carbono mayor a la que producen en su conjunto todas las selvas tropicales del mundo (Field *et al*, 1998).

Las diatomeas producen alrededor del 20 % del oxígeno que respiramos. El éxito de estas células en nuestro planeta ha sido tal, que una fracción importante de los yacimientos petrolíferos, son producto del depósito de estas células y de su transformación a través del tiempo. En términos de distribución, las diatomeas habitan casi todos los ambientes acuáticos y algunos ambientes terrestres con cierto contenido de humedad; desde aguas termales hasta hielos marinos, en ambientes

ácidos o alcalinos, dulceacuícolas o hipersalinos (Seckbach & Kociolek, 2011). Oligotróficos (pobres de nutrientes) o muy eutrofizados (elevada abundancia de nutrientes y materia orgánica), además de que también pueden encontrarse como endosimbiontes de otros microorganismos como dinoflagelados y foraminíferos (Kociolek & Hamsher, 2006).

En cuanto a su forma de vida, generalmente son solitarias, aunque pueden vivir en colonias, formando cadenas o agregados. Por lo general son microscópicas y miden unas cuantas micras, pero algunas pueden crecer hasta 200 micras, Se han descrito alrededor de 12,000 especies de diatomeas, pero se piensa que este número puede aumentar hasta 100,000 (Mann & Vanormelingen, 2013).

**3.6.1.1 Clasificación De Las Diatomeas.** Las diatomeas pertenecen a la clase *Bacillariophyceae* dentro de esta clase se reconocen dos líneas evolutivas representadas por los órdenes Centrales y Pennales. Las céntricas pertenecen a la clase *Coscinodiscophyceae* mientras las penales se dividen en dos subclases *Bacillariophycidae* y *Fragillariophycidae*. La ornamentación del frústulo es sumamente importante en la taxonomía de las diatomeas con implicaciones importantes en su historia evolutiva (Kociolek & Stoermer, 1998). La estructura y la forma de la ornamentación de las valvas es el aspecto más estudiado de las diatomeas, así también como el perfil de las valvas, esto debido a que es un carácter de amplio uso para su clasificación.

La posición del rafe ya sea este central o excéntrica, así como la extensión y la forma de sus terminaciones, apical o central son caracteres taxonómicos principales. De la misma manera la terminación central del rafe es importante para la clasificación de ciertos géneros, también la forma de las estrías es importante al momento de la clasificación de las diatomeas (Canizal, 2009).

### **3.6.2 Cyanophytas**

El origen de este grupo se remonta al precámbrico temprano, hace alrededor de 3000 a 3500 millones de años, y dada su actividad fotosintética con liberación de oxígeno, se les considera las responsables de haber dado origen a la atmósfera que hoy conocemos (Giannuzzi & Hansen 2011). La mayoría de los representantes del

grupo son de vida libre, encontrándose principalmente en ambientes acuáticos continentales y marinos, aunque también habitan los terrestres. Tienen la capacidad de establecerse en ambientes extremos habitando sistemas hipersalinos, aguas termales hasta 80 °C e incluso regiones polares, a varios grados bajo cero (Saker *et al*, 2007). Son los únicos organismos autotróficos que presentan mecanismos y adaptaciones para la fijación del Nitrógeno atmosférico (Komarek, 2006)

**3.6.2.1 Clasificación De Las Cianobacterias.** La ordenación sistemática de las cianobacterias está basada en su aspecto morfológico que no coincide con los estudios genéticos. En las cianobacterias se distingue una sola división *Cyanophyta* y una sola clase *Cyanophyceae*, las diferencias existentes entre las cianobacterias con clorofila a y b y sin ficobiliproteínas, las Prochlorobacterias, no son consideradas en la actualidad como suficientes para crear un grupo independiente. La clasificación en órdenes de la cianobacterias atiende a su morfología; las unicelulares de vida independiente o colonial constituyen el orden Chroococcales, los filamentos simples desprovistos de heterociste las Oscillatoriales, los filamentos simples con heterociste las Nostocales, las formas más complejas están incluidas en el orden Stigonematales. (Universidad Complutense de Madrid, S.F)

### **3.6.3 Chlorophytas**

Las algas verdes conforman un grupo morfológico muy diversificado, que incluye representantes unicelulares y coloniales como también formas filamentosas y parenquimatosas. Todas contienen clorofila, lo que les permite sintetizar sustancias alimenticias a partir de materias minerales, adicionalmente tienen carotenoides como la luteína y su alimento los almacenan en forma de almidón (Lee, 2008).

Este grupo presenta distribución cosmopolita y habita en una gran diversidad de ambientes, aunque la mayoría de las especies, aproximadamente el 90% se encuentran viviendo en ambientes de agua dulce y corresponde a organismos microscópicos de hábitos planctónicos, no obstante, también existen algunas formas que viven sobre troncos o barrancos húmedos, en hielo y en asociación con

hongos formando lo que son los líquenes. Las especies marinas se encuentran distribuidas en aguas tropicales (Mansilla & Alveal, s.f)

Presentan reproducción vegetativa, esporica y gamética. La reproducción vegetativa es por simple división celular y fragmentación. Las algas verdes también se pueden reproducir a través de la producción de esporas (zoosporas o aplanosporas). El ciclo de vida de las algas verdes es muy variable pudiendo ser haploide-diplonte, haplobionte-haplonte, diplobionte-isomorfo y diplobionte-heteromorfo (Mansilla & Alveal, s.f). se han descrito alrededor de 500 géneros de *chlorophytas* y aproximadamente 8000 especies distribuidas en cuatro clases *Micromonadophyceae*, *Charophyceae*, *Ulvophyceae* y *Chlorophyceae*.

### **3.6.4 Dinoflagelados**

Los dinoflagelados presentan una gran diversidad morfológica y funcional: en su mayoría son unicelulares, pero algunos forman colonias o pseudocolonias. Pueden tener cloroplastos, aunque pocas especies son estrictamente fotoautótrofas, muchos son mixótrofos y un gran porcentaje son heterótrofos obligados (fagótrofos o parásitos osmótrofos). Son componentes importantes del plancton, tanto de aguas continentales como marinas. Los dinoflagelados con unas 2,000 especies conocidas son junto con las diatomeas uno de los grupos más diversos y abundantes del plancton en ambientes marinos (Gómez, 2005). Unas 60 especies de dinoflagelados producen potentes toxinas citolíticas, hepatotóxicas o neurotóxicas peligrosas para los seres humanos y otros organismos (*Alexandrium Halim*, *Dinophysis Ehrenberg*, *Gymnodinium catenatum Graham*). La aparición de estas toxinas está asociada con la proliferación de microalgas dañinas comúnmente denominada mareas rojas (Gómez *et al*, 2011).

**3.6.4.1 Clasificación De Los Dinoflagelados.** Los dinoflagelados se engloban en las siguientes clases: Ellobiopsae, Oxyrrheae, Dinophyceae, Syndineae y Noctilucae (López, 2020).

De acuerdo con lo citado por Llorente & Cereceda en el año 2000 los Dinoflagelados también se clasifican atendiendo la estructura externa de su caparazón denominada teca, así tenemos:

### **Dinoflagelados Atecados.**

Por convención la estructura celular de los atecados se divide en dos regiones una superior: epicono (o episoma) y una inferior: hipocono (o hiposoma), ambas separadas por el cingulum (o cíngulo), que corresponde a un surco transversal que rodea a toda la célula y que aloja al flagelo transversal. En el hipocono, y en posición ventral, se encuentra el sulcus, el cual corresponde a un surco longitudinal que aloja al flagelo longitudinal. La cara por la que se puede ver el sulco se dice ventral y la contraria, dorsal.

### **Dinoflagelados Tecados.**

La estructura celular de este grupo se basa también en dos regiones denominadas epiteca la superior, e hipoteca la inferior. Al igual que en los atecados, ambas se encuentran separadas por el cíngulum, que aloja al flagelo transversal, y en la región ventral de la hipoteca se encuentra en sulcus que aloja al flagelo longitudinal. Los dinoflagelados tecados, además de diferenciarse de los atecados por la presencia de placas, también lo hacen porque generalmente la epiteca e hipoteca presentan prolongaciones denominadas cuernos. La epiteca se prolonga en un cuerno apical, y la hipoteca en dos cuernos antapicales, los cuales en algunas especies corresponden a espinas. La dirección en que se proyectan los cuernos antapicales puede variar en las diferentes especies, es decir, se pueden disponer hacia arriba, casi paralelos al cuerno apical, o bien hacia abajo. El grupo de los tecados también se caracteriza por la presencia de estructuras accesorias: aleta o expansiones aliformes, espinas, etc. Todas se utilizan como una característica taxonómica. Las placas de naturaleza celulósica que forman parte de la pared de estos organismos son consideradas como la característica taxonómica más importante, ya que su forma, número y posición es propia de cada especie.

### **3.7 Eutrofización**

En ecología se utiliza el término “eutrófico” para describir sistemas biológicos en los cuales existe un alto ingreso de nutrientes limitantes, lo que desencadena un alto nivel de producción primaria, mientras el termino oligotrófico es lo contrario donde un cuerpo de agua presenta una baja concentración de nutrientes. Estos conceptos son aplicados en los cuerpos de agua dulce. Donde los cuerpos que reciben una carga de nutrientes relativamente alta reciben el nombre de eutróficos (Harper, 1992). Así la eutrofización se define como un proceso de deterioro de la calidad del agua, originada por el enriquecimiento de nutriente, principalmente Nitrógeno y Fosforo, condicionando la utilización de estos y ejerciendo grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional (Ledesma *et al*, 2013).

Cuando un ecosistema se encuentra eutrofizado ocurren dos cosas, la primera es que el oxígeno disminuye ya que se requiere de mayor cantidad de este para la descomposición de la materia orgánica y aumentan las poblaciones de los productores primarios. (Chapa & Guerrero, s.f). La eutrofización se cataloga de dos maneras ya sean estas naturales o antropogénicas, (Ramírez *et al*, 2005).

La eutrofización artificial o antropogénica es cuando hay un aumento de los nutrientes en el cuerpo de agua ocasionado principalmente por actividades humanas tales como vertido de aguas residuales procedentes de casas, hoteles y fábricas. Esto produce una sobrefertilización que rompe el equilibrio entre la producción de nutrimentos derivados de la degradación de la materia orgánica y su asimilación por productores primarios. (Chapa & Guerrero, s.f). Por otro lado, la eutrofización natural es un proceso que ocurre naturalmente en los diferentes cuerpos de agua en un periodo que oscila entre los quinientos y 10 000 años. (García, 2016)

### **3.8 Floraciones algales**

Las floraciones algales son descoloraciones del agua debidas a proliferaciones de microorganismos planctónicos pigmentados que pueden ser

microalgas, ciliados y bacterias, que alcanzan concentraciones del orden de  $10^6$  células por litro de agua (Sar *et al*, 2002).

### **3.8.1 Floraciones Algales Nocivas**

El término FAN (Floraciones Algales Nocivas) lo designó la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO para distinguir a un grupo heterogéneo de microorganismos que son percibidos como dañinos para el hombre por sus efectos adversos en la salud humana, en la acuicultura, turismo y en las poblaciones naturales de organismos marinos en las zonas costeras (Sar *et al*, 2002). Carrasco en 2015 afirma que las denominadas “mareas rojas”, o técnicamente Floraciones Algales Nocivas (FAN) son fenómenos ambientales naturales que se dan en ambientes acuáticos, por la proliferación excesiva y en corto tiempo de ciertas especies de microalgas (principalmente dinoflagelados) que, dado los pigmentos que las componen, logran darle una “coloración” característica al agua, al estar presentes en miles o millones de células por milímetro cúbico.

### **3.8.2 Floraciones Algales Tóxicas**

Las floraciones algales tóxicas son proliferaciones de algas microscópicas capaces de generar, acumular y transferir compuestos orgánicos con capacidad tóxica para la estructura trófica marina y terrestre (Ibáñez, 2008). Los daños generados por las FAT son devastadores para los ecosistemas, al reducir su capacidad para mantener la biodiversidad de especies, al degradar su hábitat, al incrementar posibles enfermedades y producir cambios en la estructura de sus comunidades. El envenenamiento por acumulación de las toxinas en alimentos marinos genera mortalidad en peces y otros animales (aves y mamíferos acuáticos) y a largo plazo, cambios en los ecosistemas. Los daños alcanzan a la estructura económica de las zonas donde aparecen, con pérdida de empresas dedicadas a la acuicultura, pesca y turismo (Freer & Vargas, 2003).

### **3.8.3 Toxinas Asociadas a Floraciones Producidas Por Dinoflagelados**

Ibáñez (2008), menciona las toxinas asociadas a floraciones algales tóxicas y los diferentes organismos que las ocasionan así también como sus efectos al ecosistema y salud pública. Entre las cuales menciona:

**(CPF) Toxinas De La Ciguatera: Ciguatoxina y Maitoxina.** La intoxicación ciguatérica está registrada desde mediados del siglo XVI en el Caribe y desde principios del siglo XVII en Oceanía. La genera la especie *Gambierdiscus toxicus*, dinoflagelado que vive sobre algas rojas y pardas asociado a los arrecifes de coral. Sus condiciones óptimas de crecimiento son: aguas someras con temperaturas de entre 20-34°C y salinidad entre 25-40 PSU. La mayoría de los casos están asociados al consumo de barracudas *Sphyraena barracuda*, y del pez espada. Síndrome: vómitos calambres, diarrea y mareos.

**(DSP) Intoxicación Diarreica Por Moluscos. Toxina: Ácido Okadáico.** Aislado inicialmente de una esponja, *Halichondria okadai*, tiene una estructura de poliéter, con 38 carbonos. Puede encontrarse como ácido okadaico libre o esterificado por ácidos grasos, en este segundo caso producto probablemente del metabolismo de los moluscos. Las dinofisistoxinas producidas por otros dinoflagelados, entre ellos *Dinophysis acuta*, están relacionadas estructuralmente con él y tienen con ellas efectos biológicos semejantes. Causan trastornos digestivos, náuseas, vómitos, dolor abdominal un plazo de unos 30 minutos a algunas horas. Su recuperación ocurre en pocos días.

**(NSP) Toxina Neurotóxica: Brevitoxina.** producida por *Karenia brevis*, registrado en el golfo de México en el año 1993 también apareció en Nueva Zelanda. Se caracteriza porque causa alteraciones gastrointestinales y neurológicas de las que habitualmente se recupera en pocos días. Los aerosoles tóxicos formados por la acción de las olas provocan síndromes de asma y puede incluso llegar a matar a personas. Se trabaja actualmente en descubrir sus óptimos térmicos, salinos y de nutrientes.

**(PSP) Toxina Paralizante Saxitoxina.** Producida por los dinoflagelados *Alexandrium catenella*, *A. tamarense* y *A. fundyense*, genera parálisis, fallo respiratorio y muerte. Su actuación es muy rápida, incluso sólo minutos después de ingerir el alimento, pero también su eliminación, de modo que si se puede mantener la vida de las personas afectadas durante 24 horas el pronóstico es bueno. Límites

de toxina por FDA en 0.8 ppm de saxitoxina, cantidades inferiores a 1,25 y 4,5 ppm causan enfermedad y muerte respectivamente.

#### **3.8.4 Toxinas asociadas a floraciones producidas por Diatomeas**

**(ASP) Toxina De La Amnesia Ácido Domóico.** Es el envenenamiento que produce la amnesia de mariscos (moluscos y crustáceos), y puede ser muy peligroso. Es causado por el ácido domóico que se acumula en los mariscos, aunque también puede ser llevado por pescados, haciendo que el riesgo para los humanos sea mayor al pensado. Esta caracterizado por la aparición de desórdenes gastrointestinales y neurológicos, incluyendo la desorientación y la pérdida de memoria, que pueden ser severa y permanente. Parece que también induce al desarrollo del cáncer, pero hoy todavía no se conocen sus dianas celulares humanas.

La intoxicación humana por ASP es conocida desde 1987 por consumo de mejillones en las costas de Canadá, pero las diatomeas (causantes de las mareas rojas o hemotalasia) se presentan en muchas partes del mundo. Se debe tener bastante cuidado cuando florecen los géneros *Pseudo-nitzschia pungens*.

#### **3.8.5 Cianobacterias y Cianotoxinas**

Las toxinas de las cianobacterias se han denominado cianotoxinas, y son metabolitos secundarios biológicamente activos que se dan en la formación de fotopigmentos y se acumulan en el citoplasma (Paerl & Millie, 1996). Estas toxinas son péptidos no ribosomales que inhiben las proteínas fosfatasas en eucariotas, que no son utilizados inicialmente por los organismos en el metabolismo, algunos de los cuales pueden tener un potencial farmacológico (Cantoral *et al*, 2017).

Se suelen agrupar en tres grupos: las que causan envenenamiento letal agudo (neurotoxinas y hepatotóxicas), las que no son altamente letales, pero muestran una mayor bioactividad selectiva (citotoxinas), y las que generan irritación en la piel o dermatotóxicas (Lucena, 2008).

Las neurotoxinas causan envenenamiento letal agudo y son producidas principalmente por especies y cepas de los géneros: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *oscillatoria*, *trichodesmium* y *cylindrospermopsis* (Howser *et al*, 1991).

Hepatotóxicas: este grupo ocasionan el tipo más común de intoxicaciones relacionadas a cianobacterias y un envenenamiento letal agudo. De acción más lenta, pueden causar la muerte en horas o pocos días. (Reset *et al*, 2001). Las especies productoras de estas toxinas son *Microcystis*, *Anabaena flosaquae*, *Nostoc rivulare*, *Oscillatoria agardhii* y *Cylindrospermopsis racibors* estas especies son productoras de microcistinas clasificados como heptapéptidos cíclicos (Cantoral *et al*, 2017). También están los productores de pentapéptidos cíclicos denominados nodularinas producida por *Nodularia spumigena*.

Citotóxicas: Las citotoxinas son capaces de causar daños a diversos órganos y sistemas como hígado, corazón, riñones, estómago, sistema vascular y linfático y glándulas adrenales (Falconer & Humpage, 2006).

Dermatóxicas: Las dermatoxinas no son letales para los organismos, pero provocan irritación en la piel por contacto (Lucena, 2008). Se han definido dos grupos químicos: aplisiatoxinas y lingbiatoxinas principalmente de cianobacterias marinas. Tienen efectos inflamatorios y se ha observado que son potentes promotores de tumores relacionados con la proteína quinasa C (Reset *et al*, 2001).

### **3.9 Principales Cámaras Utilizadas Para La Cuantificación De Microalgas**

#### **3.9.1 Cámara Sedgewick-Rafter**

Las cámaras Sedgewick-Rafter constituyen un método tradicional de conteo de células. Constan de una base transparente, sobre la que está montada una cámara de 50 x 20 x 1 mm, por lo que su capacidad es de  $1000 \text{ mm}^3 = 1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$ . La cámara se cubre con un cubreobjetos. Son idóneas para conteos de células de tamaño comprendido entre 20-500  $\mu\text{m}$ , tanto al microscopio óptico directo como al invertido; llevan tallado un retículo de 50 columnas por 20 filas, quedando su área dividida en 1000 cuadraditos de 1  $\text{mm}^2$  de superficie. El retículo facilita sobremanera el conteo de muestras densas ( $>10^3 \text{ cel} \times \text{mL}^{-1}$ ), al permitir contar pequeñas fracciones del total de la cámara (Reguera *et al*, 2011).

### **3.9.2 Cámara Utermöh**

El método Utermöhl (1931, 1958) es el método estándar más empleado para la identificación y cuantificación de microalgas en muestras de agua. Está basado en la sedimentación de una alícuota, de volumen conocido (5, 10, 25, 50, 100 ml), de una muestra de agua en una cámara de sedimentación. Las células, fijadas con agentes conservantes (formol, Lugol, etc.), caen por gravedad y sedimentan en el fondo circular de la placa de sedimentación. Se asume que las partículas sedimentan siguiendo una distribución de Poisson. Las células sedimentadas se pueden identificar y enumerar al microscopio invertido. La concentración estimada se expresa en células por ml o por L (Reguera *et al*, 2011).

### **3.9.3 Cámara Neubauer**

Existen diferentes tipos de cámara Neubauer o Hematocitómetro, uno de ellos tiene 0.1 mm de profundidad y posee una grilla Neubauer, dividida en nueve cuadros de 1 mm de lado cada uno, algunos de los cuales tienen subdivisiones, con lo cual es posible contar células en un área conocida. El volumen de muestra en cada una de estas áreas es de 0.0018 ml. Otro tipo de hematocitómetro tiene 0.2 mm de profundidad y posee una grilla Funchs-Rosenthal consiste en dieciséis cuadros, cada uno de 1 mm de lado, que están a su vez subdivididos en otro 16 de 250  $\mu\text{m}$  de lado cada uno. Para conteos de células sanguíneas se utiliza principalmente la cámara Petroff-Hausser su uso no es frecuente en trabajos de planctología. Tiene 0.02 mm de profundidad y posee una grilla Neubauer. El volumen total de la muestra es de 0.00018 ml. (Núñez & Treminio., 2016)

## IV. Diseño Metodológico

### 4.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en el estero adyacente a la reserva natural Isla Juan Venado (figura 1) que ocupa una barrera arenosa orientada de noroeste a suroeste paralela al litoral del pacifico en el municipio de León, tiene una longitud aproximada de 22 km ubicándose entre las comunidades de Las Peñitas y Salinas Grandes, desembocando al estero 2 afluentes de agua el Río Chiquito por Las Peñitas y el río La Leona por Salinas Grandes, sobre el estero adyacente a la misma crece una asociación de diferentes especies de manglares (Berrios *et al*, 2007).

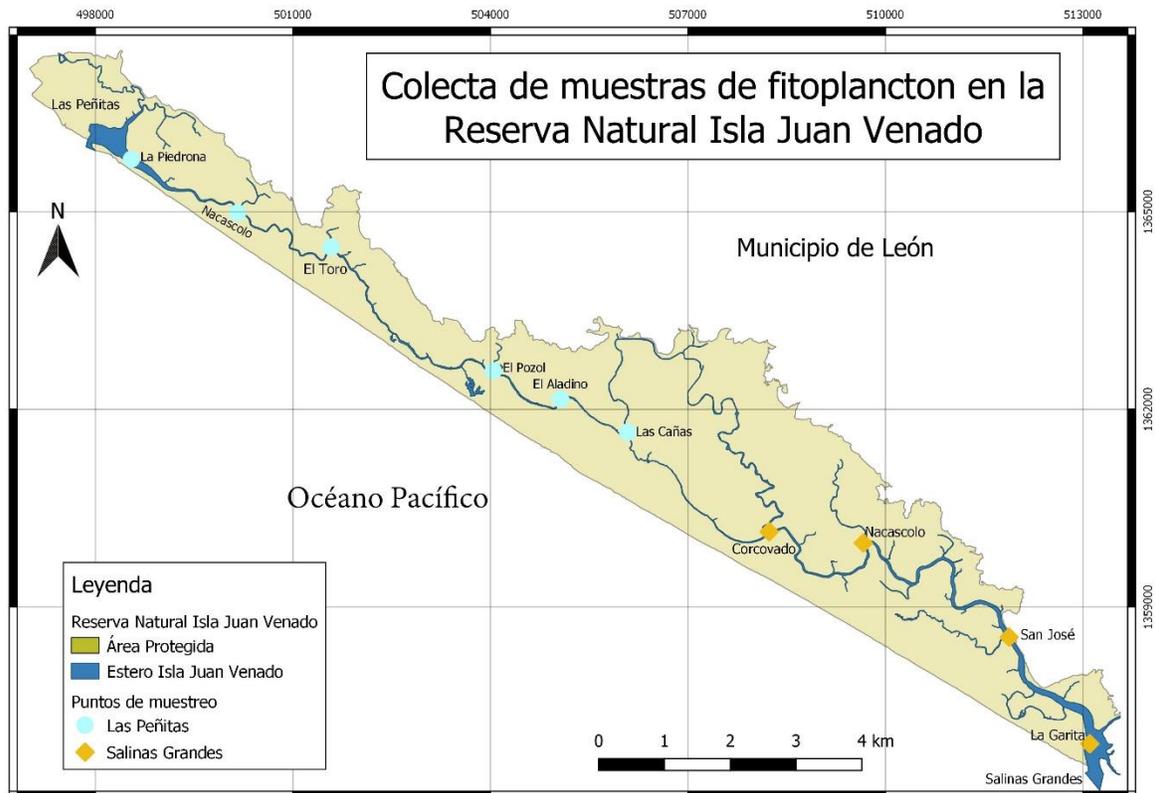


Figura 1: Mapa del área de estudio (fuente Oscar Gonzales, 2020)

### 4.2 Muestreo

Los muestreos se realizaron en 2 fechas diferentes, siendo el primero el 28 de septiembre 2020 correspondiente a la época lluviosa y el segundo el 22 de febrero 2021 siendo en época seca, estos fueron de tipo no probabilísticos por conveniencia (Hernández *et al*, 2014) en donde se seleccionaron 10 puntos de

monitoreo en el trayecto del estero, estos de acuerdo con las entradas de agua al mismo (figura1). La colecta de las muestras se realizó siempre en marea alta entre las 8: 00 am – 2:00 pm, los puntos se distribuyeron de tal manera que 6 de ellos fueron para Las Peñitas y 4 para Salinas Grandes (figura 1).

La colecta de los datos y muestras de fitoplancton se realizó siguiendo lo establecido por el protocolo europeo para muestreo de fitoplancton con modificaciones, propuesto por la Directiva Marco del Agua [DMA], (2005). También se realizó un muestreo exploratorio de fitoperifiton asociado a raíces del bosque de manglar siguiendo la metodología propuesta por (Cuenca *et al*, 2017) con modificaciones. Los parámetros fisicoquímicos fueron tomados en cada punto siendo estos, oxígeno disuelto por medio de una sonda multiparamétrica YSI modelo YSI550A. Los valores de pH, temperatura y sólidos totales disueltos se evaluaron usando un pHmetro de campo marca Zhaolan-Meter modelo TPH01138A, para salinidad se utilizó un refractómetro modelo 0 to 100 PPT w/ATC y la turbidez se evaluó con ayuda de un disco de Secchi graduado cada 5 cm.

Para la colecta de las muestras de agua se utilizó un dispositivo cilíndrico de 1 metro de largo y 2 pulgadas de diámetro con un mecanismo de cierre antirretorno para obtener una muestra integrada en la columna de agua, las muestras fueron almacenadas en embaces oscuros de 355 ml y se les agregó Lugol al 10% para conservarlas. Las muestras de raíces para evaluar la presencia de fitoperifiton se colectaron en la zona intermareal en el bosque de manglar tomando 3 muestras por cada zona muestreada con una distancia en línea recta desde el estero de 10 metros cada una, se establecieron 3 zonas de muestreo correspondiendo estas a inicio, centro y parte final a lo largo de la reserva natural Isla Juan Venado asumiendo como inicio Caleta El Toro, centro es El Aladino y zona final San José la selección de estas zonas de monitoreo se establecieron procurando quedaran distribuidas de manera uniforme, posterior a la colecta de raíces se procedió a realizar un raspado de las mismas y se depositaron en tubos de ensayo con 10 ml de formol al 4% para preservarlas. Todos los datos fueron procesados en el laboratorio de genética molecular del departamento de Biología de la UNAN-León.

### 4.3 Identificación y Conteo Celular

Para el recuento celular se utilizaron las cámaras Neubaur para conteo de *Chlorophytas* y la cámara Sedgwick Rafter para los demás grupos fitoplanctónicos, utilizando un microscopio compuesto marca *Focus instrumens*. Se procedió a la identificación a nivel de género por medio de comparación con catálogos de organismos fitoplanctónicos presentes en diferentes cuerpos de agua (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León, 2009); (Bonilla *et al*, s.f).

### 4.4 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se utilizó el programa IBM SPSS Statistics versión 21. Los datos fueron analizados mediante una prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov. La correlación entre las variables fisicoquímicas y las concentraciones de los grupos de microalgas se determinó utilizando el análisis de correlación Rho de Spearman. La comparación de medias se estableció mediante la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon para 2 muestras relacionadas y determinar diferencias estadísticas entre ellas utilizando el método de Monte Carlo con nivel de significación exacta del 95%.

Para la evaluación de los parámetros poblacionales se utilizó el software estadístico para biólogos PAST (PAleontological STatistics) versión 3.25, los índices evaluados fueron diversidad (Shannon Winer) el cual sus valores oscilan en 1 – 5, valores menores de 2 se cataloga como baja diversidad, de 2 – 3.5 diversidad media y superiores a 3.5 como diversidad alta (Margalef, 1972) citado por (Medrano, *et al.* 2017), abundancia (Simpson) mide la probabilidad de que 2 individuos seleccionados al azar de una población provengan de la misma especie, sus valores se encuentran entre 0 – 1 valores entre 0,00 – 0.35 indican baja diversidad, entre 0,36 – 0,75 diversidad media y 0,76 – 1,00 diversidad alta ((Krebs, 1985) citado por (Dousdebes, 2017). y equitatividad (Pielou) el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, su valor va de 0 – 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y 0 hace referencia a la ausencia de uniformidad (Valdez, *et al.* 2018)

Para la determinación del estado de contaminación se tomó en cuenta el índice de Shannon Wiener con una escala que va de 0 a 4 bits.ind-1, valores mayores a 3 indican aguas limpias, entre 1-3 indican contaminación moderada y valores inferiores a 1 se caracteriza por presentar una fuerte contaminación (Wilham & Dorris, 1968) citado por (Coritoma *et al*, 2018).

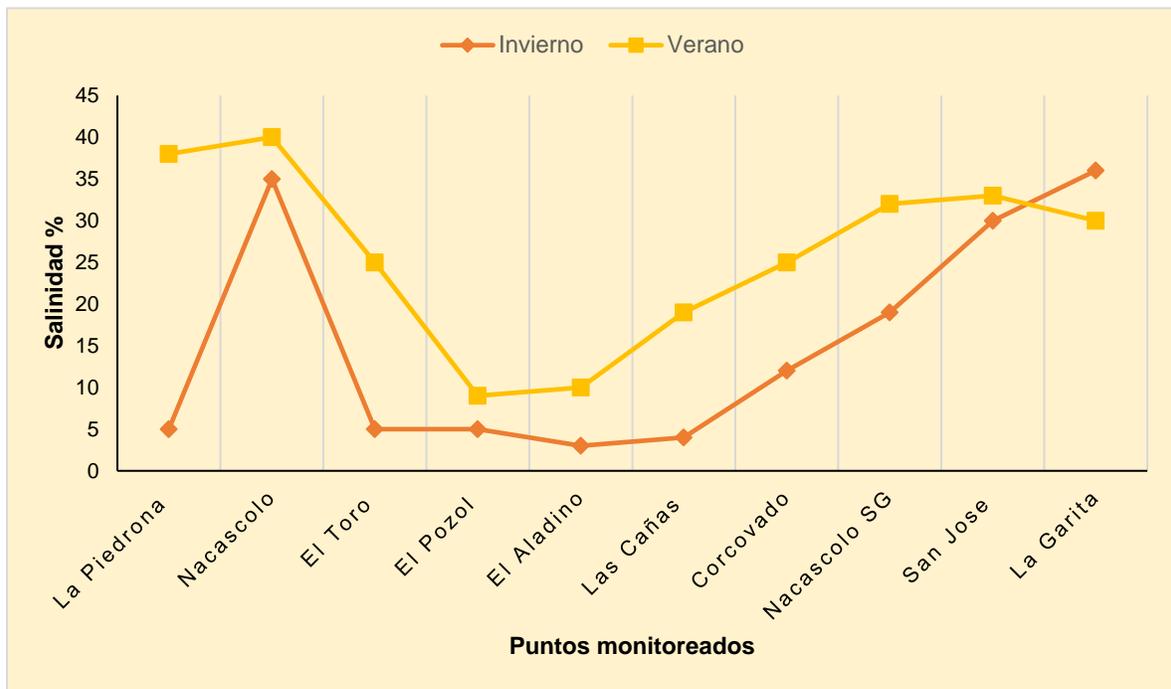
## **V. Resultados y Discusión**

### **5.1 Parámetros fisicoquímicos**

En los diferentes estudios limnológicos y marítimos se evalúa la calidad de los cuerpos de agua en base a variables físicas, químicas y biológicas, ya sean éstas de manera individual o grupal. Teniendo en cuenta que al estero Juan Venado llegan las aguas del Río Chiquito y río La Leona por las zonas de Las Peñitas y Salinas Grandes respectivamente, se evaluaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y turbidez.

#### **5.1.1 Salinidad**

En el muestreo realizado en invierno en el estero Juan Venado la salinidad más baja fue de 3% en El Aladino y la más alta de 36% en La Garita, con una media de 15.4%; en contraste con el muestreo de verano con valores que oscilaron entre 9% en El Pozol a 40% en Nacascolo presentando una media para el estero de 26.1%. La salinidad entre zonas de muestreo durante épocas lluviosa y seca fue mayor para Salinas Grandes con 24.25% y 30% respectivamente, mientras que Las Peñitas obtuvo una media de 9.5% para época lluviosa y 23.5% en época seca (figura 2)



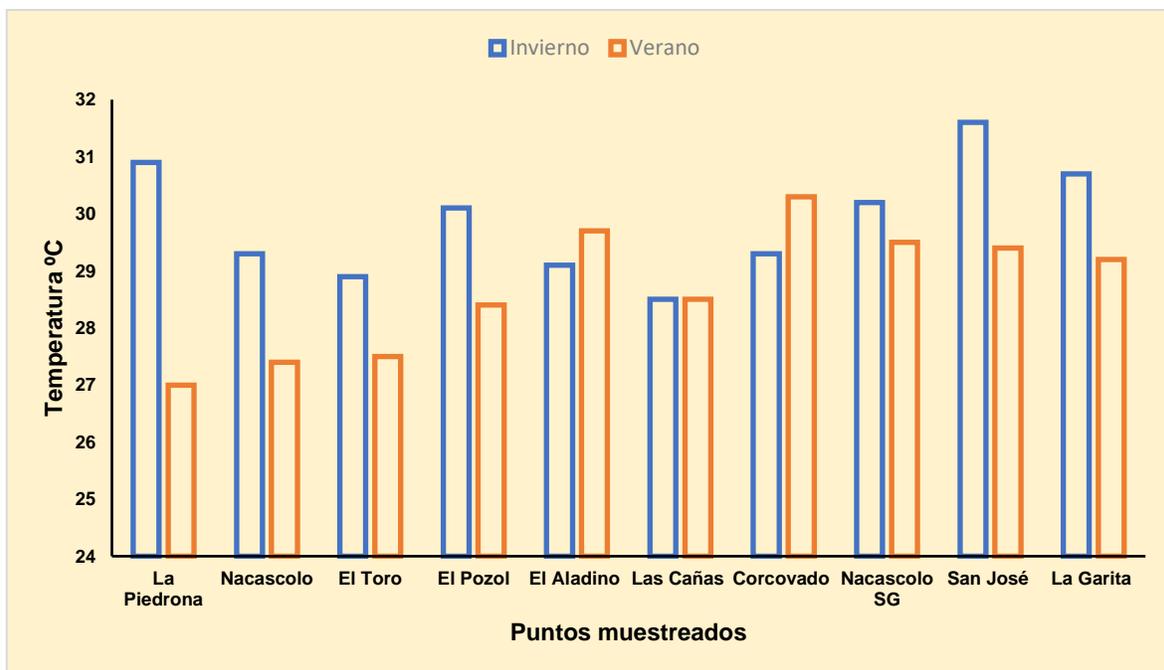
**Figura 2 :** Concentración de salinidad en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021.

Las concentraciones mayores en Salinas Grandes para el periodo de lluvias, podría estar relacionada por la presencia de las salineras en este sector y con las precipitaciones ocurridas en esta época los residuos de sal son arrastradas hacia el estero por medio de las escorrentías; mientras que, para época seca podría estar relacionado con la amplitud del estero en esta zona haciendo que reciba más radiación solar aumentando la evaporación del agua por ende la concentración de sales en el agua es mayor. Para la zona de Las Peñitas la concentración de salinidad alta respecto a los demás puntos podría estar asociada a los playones de sal que se encuentran en los alrededores de este punto y con la llegada del verano el agua se evapora y queda solamente la capa de sal que es arrastrada por las escorrentías a la llegada del invierno. La concentración salina es creciente conforme se acerca a la desembocadura del estero ya sea por la zona de Las Peñitas o Salinas Grandes (figura 2) esto se apreció mejor durante el muestreo en época seca en la zona de Salinas Grandes.

En estudios anteriores como los de Cuadra *et al*, 2018 y Diaz *et al* 2018 reportaron valores medios de salinidad de 15.7 ppm para la zona de Salinas Grandes, mientras que para la zona de Las Peñitas Núñez & Treminio en 2017 obtuvieron una media de salinidad de 10.7 ppm en ambos casos durante época de invierno. La media reportada para Las Peñitas por los autores antes mencionados es mayor que la obtenida en este estudio. Sin embargo, en Salinas Grandes los valores de salinidad obtenidos por Cuadra *et al*/2018 y Diaz *et al*/2018 son inferiores a los reportados en el presente estudio. Asociado a factores ambientales ocurridos en la zona ya que un mes anterior al monitoreo realizado ocurrió el huracán Eta que afecto con fuertes precipitaciones a finales del mes de octubre y pudo lavar los playones de sal que se forman en época seca en Las Peñitas haciendo que difiera la salinidad entre los estudios antes mencionados.

### **5.1.2 Temperatura**

La temperatura media reportada en la época lluviosa en el estero Juan Venado es de 29.86 °C variando de 28.5 °C en Las Cañas a 31.6 °C en San José, mientras que; en época seca la media fue de 28.69°C, variando de 27°C en La Piedrona a 30.3 °C en Corcovado. Entre zonas y durante ambas épocas climáticas Salinas Grandes presentó valores medios de temperatura superiores a Las Peñitas con 30.45 °C con respecto a 29.46 °C de Las Peñitas en invierno y en verano 29.6 °C versus 28.08 °C respectivamente (figura 3).

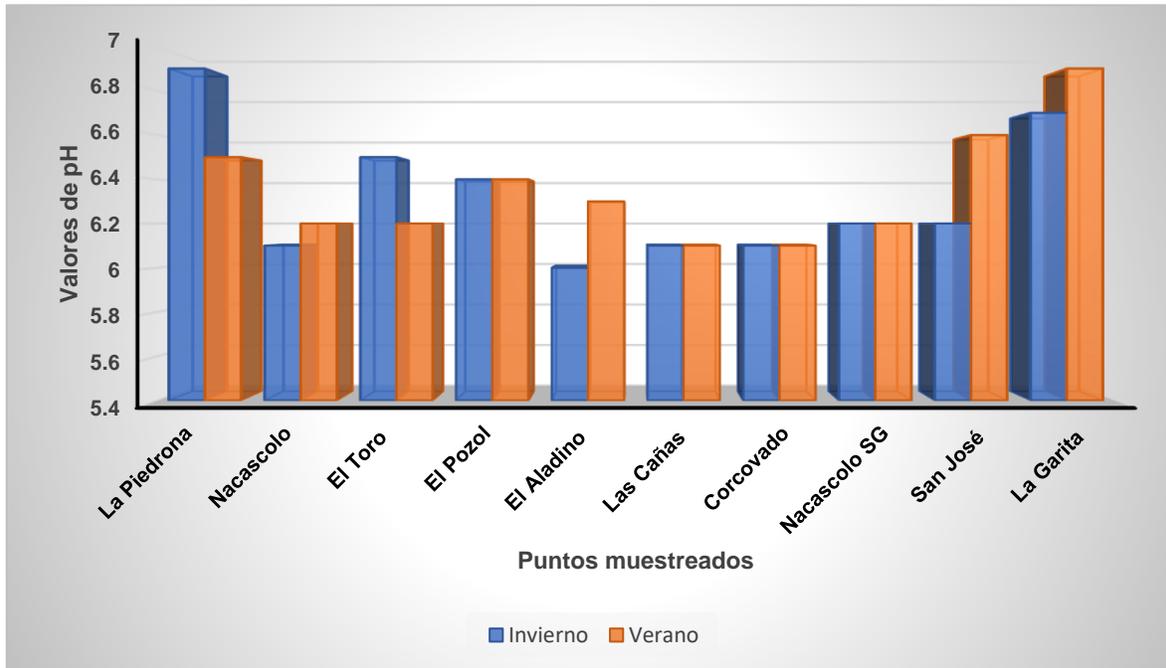


**Figura 3 :** Temperatura del agua reportada en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021.

El comportamiento de la temperatura del agua en el estero esta probablemente asociado a la incidencia de los rayos del sol en este, ya que la zona de Salinas Grandes el estero presenta mayor amplitud que en Las Peñitas, otro factor que podría estar relacionado con este comportamiento es la hora en la que se midió la temperatura en cada punto ya que en la zona de Las Peñitas se empezó el muestreo en horas de la mañana mientras que Salinas Grandes fue en horas del mediodía.

### **5.1.3 Valores de pH**

Los valores de pH son fundamentales para las diversas formas de vida que se desarrollan en los diferentes ecosistemas acuáticos, estos deben oscilar entre 6.5 a 9 para que un ecosistema se encuentre saludable (Korhonen *et al.*, 2012). Los resultados obtenidos en esta investigación muestran rangos de pH cuyos valores están entre 6 - 6.9 con medias que oscilan entre 6.3 - 6.4, reportados tanto en época lluviosa como en la época seca y entre zonas (figura 4), lo que nos indica un ecosistema saludable.



**Figura 4:** Valores de pH reportados en las aguas del estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021.

Investigaciones anteriores realizadas en el estero Juan Venado por Núñez & Treminio, 2017 y Diaz *et al* 2018, Cuadra *et al* 2018 los resultados de los valores medios de pH fluctuaron entre 7.6 y 8 para Las Peñitas y Salinas Grandes respectivamente.

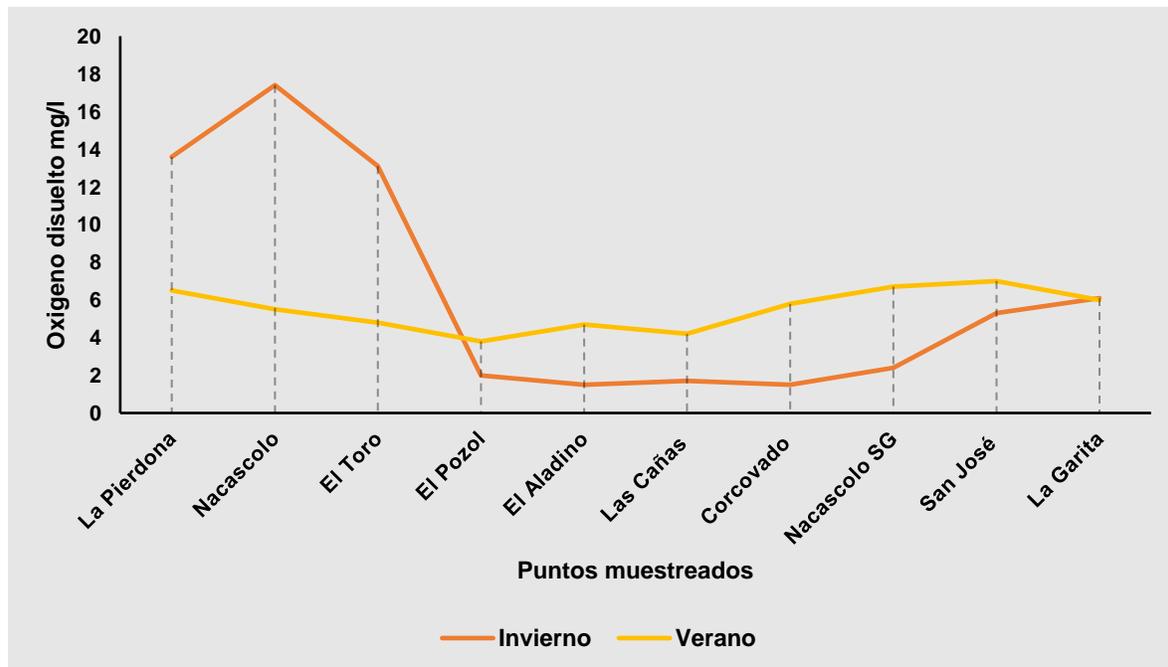
En 1999, Kiely *et al.* reportó que el incremento de materia orgánica produce un incremento de sólidos en suspensión y compuestos tales como nitrito, nitrato, fosfato y compuestos amoniacales. García *et al.* en 2019 indicó que los desechos de la agricultura y las emisiones de combustibles fósiles, como el dióxido de carbono generan un ácido débil al disolverse en el agua, estos factores causan fluctuaciones en el pH de los cuerpos de agua.

Dicho esto, se puede deducir que el crecimiento demográfico de la ciudad de León ha afectado los niveles de pH en el estero Juan Venado, esto asociado a una mayor producción de desechos domésticos vertidos al alcantarillado sanitario y que llegan al estero, además el abuso de fertilizantes nitrogenados en sectores aledaños y que son arrastrados por las escorrentías podría influir en la acidificación del estero

en contraste con los datos reportados en estudios realizados en 2017 y 2018 por Núñez & Treminio y Diaz *et al.*

#### 5.1.4 Oxígeno Disuelto

De manera general la media de oxígeno disuelto en el estero Juan Venado en invierno fue de 6.6 mg/l, mientras que para la época seca la media fue de 5.5 mg/l. Al comparar medias entre zonas en época de lluvias Las Peñitas fue de 8.2 mg/l, disminuyendo en Salinas Grandes a 3.8 mg/l; caso contrario ocurre en época seca donde la zona de Salinas Grandes presento valores de 6.3 mg/l disminuyendo a 4.9 mg/l en la zona de Las Peñitas (figura 5).



**Figura 5:** Valores de oxígeno disuelto en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021.

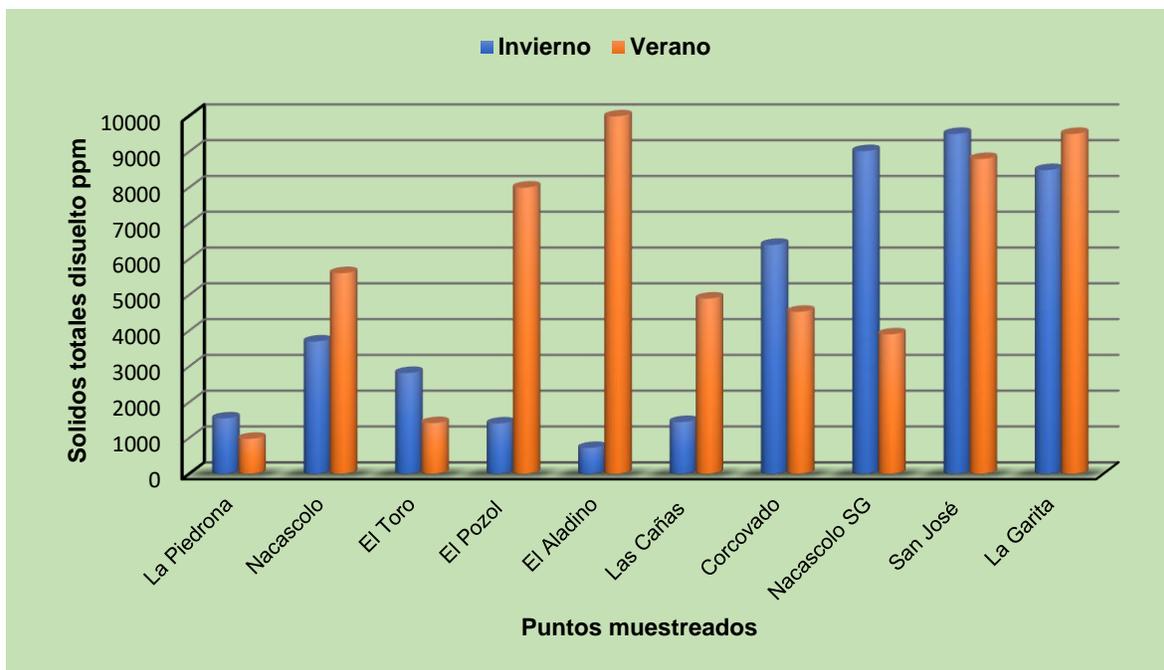
Núñez & Treminio en 2017 reportaron valores de oxígeno disuelto menores a los obtenidos en este estudio con una media de 1.98 mg/l en época de invierno. En cambio, para la misma época, pero en el 2018 Argeñal & López, Diaz *et al*, Cuadra *et al.* reportaron valores medios de oxígeno disuelto para Salinas Grandes de 3 mg/l valores similares a los reportados en esta investigación con una media de 3.8 mg/l.

El Incremento de materia orgánica en los cuerpos de agua originan una demanda biológica de oxígeno alta, por la descomposición de la misma (Kiely *et al*, 2019) La zona de Las Peñitas recibe las descargas del Rio Chiquito que a su vez recibe las aguas servidas del alcantarillado sanitario de gran parte de León, esta sería la posible causa para que la cantidad de oxígeno disuelto sea menor en la zona de Las Peñitas respecto Salinas Grandes, este estudio presento valores mayores para Las Peñitas respecto a los reportados por Núñez & Treminio (2017), ya que días anteriores al monitoreo ocurrieron abundantes precipitaciones haciendo un lavado del estero y recambio de agua, además la media presentada en este estudio incluye un mayor número de sectores muestreados para la zona respecto al estudio con el que se comparó, añadiendo además, que los puntos seleccionados no concuerdan entre ambos estudios.

#### **5.1.5 Sólidos Totales Disueltos**

Los sólidos totales disueltos son la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua (Singler & Bauder, s.f) tales como Na, K, Ca, Mg, Cl,  $SO_4$ ,  $HClO_3$  y  $CO_3$ , estas son incorporadas a través de la atmósfera durante las lluvias o por los suelos durante las escorrentías (Ramírez & Viña, 1998).

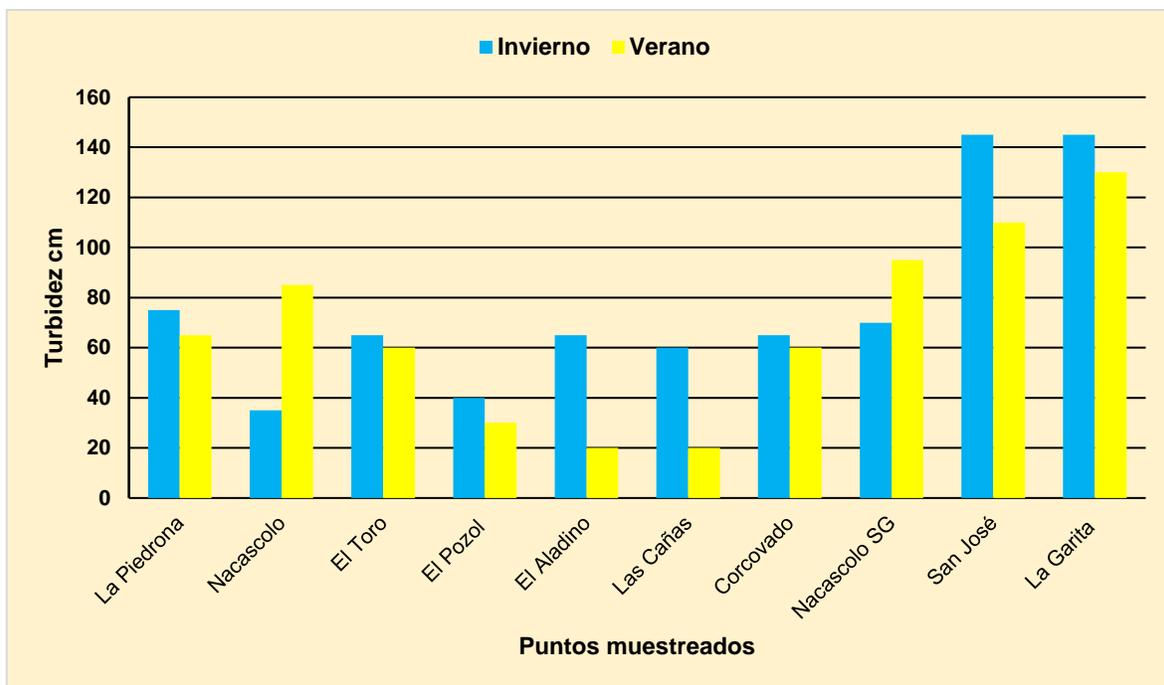
En el muestreo realizado en época lluviosa los sólidos totales disueltos en el estero Juan Venado tuvieron una media de 4,507 ppm, siendo la zona de Salinas Grandes la que presentó valores mayores con una media de 8,352 ppm por el contrario la media para Las Peñitas fue de 1,943 ppm, mientras que en época seca la media en el estero fue de 5,763 ppm, teniendo Las Peñitas una media de 5,150 ppm versus Salinas Grandes que presentó una media mayor con 6,682 ppm (figura 6). En ambas épocas entre zonas Salinas Grandes presentó valores de sólidos totales disueltos mayores que los reportados para la zona de Las Peñitas, esto asociado muy probablemente a la salinidad de esta zona que fue mayor que en Las Peñitas (ver figura1), no obstante, esto no quiere decir que en la zona de Las Peñitas el agua se encuentra en mejores condiciones, si no que la cantidad de sales presentes en esta zona son menores respecto a Salinas Grandes.



**Figura 6:** Valores de sólidos totales disueltos en las aguas del estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021

### 5.1.6 Turbidez

La media de turbidez en el muestreo realizado en época lluviosa fue de 76.5 cm, mientras que en época seca este valor fue de 67.5 cm. Entre zonas Las Peñitas presentó aguas más turbias con una media de 56.7 cm en cambio la media para Salinas Grandes fue de 106.2 cm esto durante la época de lluvias, siguiendo el mismo comportamiento en época seca manteniéndose siempre Las Peñitas con aguas más turbias con una media de 45.8 respecto a los 98,7 cm de profundidad obtenidos en Salinas Grandes (figura 7).



**Figura 7:** Valores de turbidez del agua en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021.

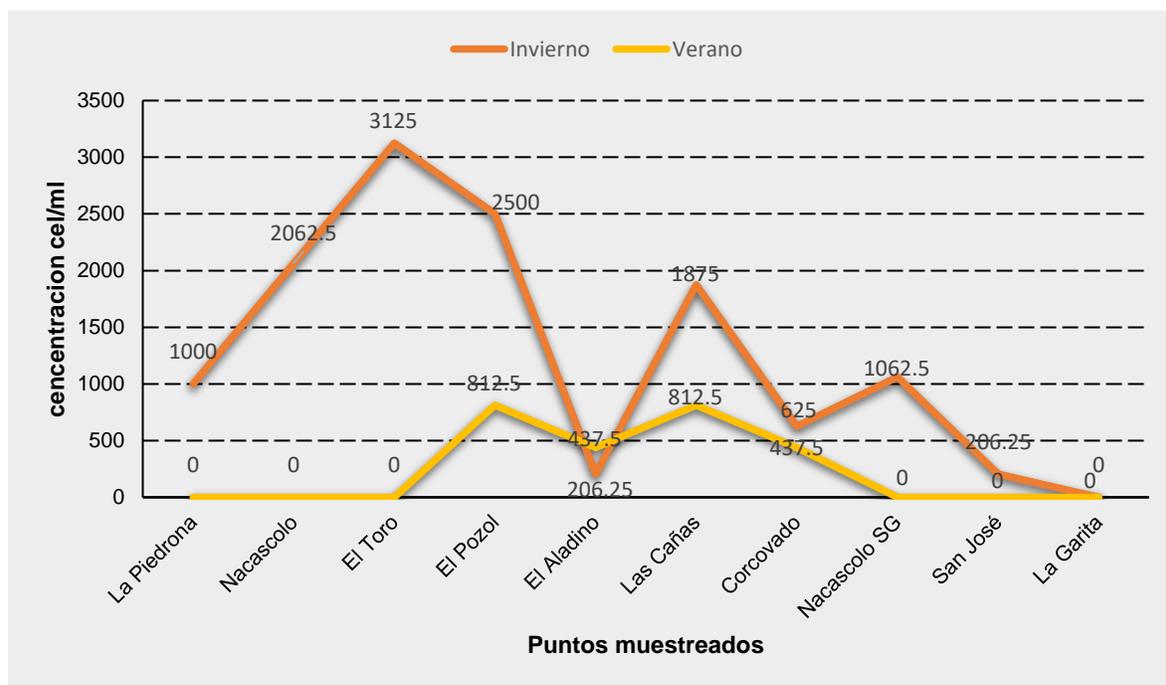
En ambas épocas climáticas la zona de Salinas Grandes presentó aguas más limpias respecto a Las Peñitas ya que en éstas últimas la turbidez estaría asociada a la resuspensión de sedimentos por el tránsito de embarcaciones en el estero, además que; esta zona es fuertemente influenciada por la desembocadura del Río Chiquito depositando los desechos del alcantarillado sanitario de gran parte de la ciudad de León, también tenemos que en la zona de Salinas Grandes el estero tiene mayor profundidad respecto a Las Peñitas y estos podrían ser factores que influyen en la turbidez del agua en esta zona.

López & Méndez (2014) reportaron una media de turbidez para el río Estero Real de 22.5 cm valores menores a los reportados para el estero Juan Venado, la turbidez en el río Estero Real está relacionado a las descargas de aguas de la industria acuícola; mientras que en el estero Juan Venado propiamente en la zona de Las Peñitas estaría asociado a las aguas usadas a nivel doméstico (aguas servidas y negras).

## 5.2 Identificación y Conteo de Microalgas

### 5.2.1 Concentración de *Chlorophytas*

En la figura 8 se puede observar que en época lluviosa la concentración media de *Chlorophytas* en el estero Juan Venado fue de 1,266.2 cel/ml, mientras que para época seca las concentraciones fueron menores a las reportadas en época lluviosa con una media de 170 cel/ml difiriendo estadísticamente con un valor  $p=0.020$ . Al momento de comparar las concentraciones algales por épocas del año entre las zonas Las Peñitas y Salinas Grandes; en época seca, se tienen valores promedios de 1,794.8 cel/ml y 473.5 cel/ml respectivamente, mientras que en época lluviosa la zona de Las Peñitas presentó una media de 343.75 cel/ml, concentración mayor a la obtenida en Salinas Grandes que fue de 109.4 cel/ml, indicándonos que la zona de Las Peñitas presentó concentraciones mayores de este grupo (figura 8), habiendo diferencias significativas entre zonas de estudio solamente en época de invierno  $p=0.028$  (anexo 12). En época lluviosa se reportaron 2 géneros perteneciente a las *Chlorophytas* siendo estos *Chlorella* y *Crucigenia*, mientras que para época seca fueron *Chlorella*, *Crucigenia* y *Chlororagonium* (ver tabla 2 y 3).



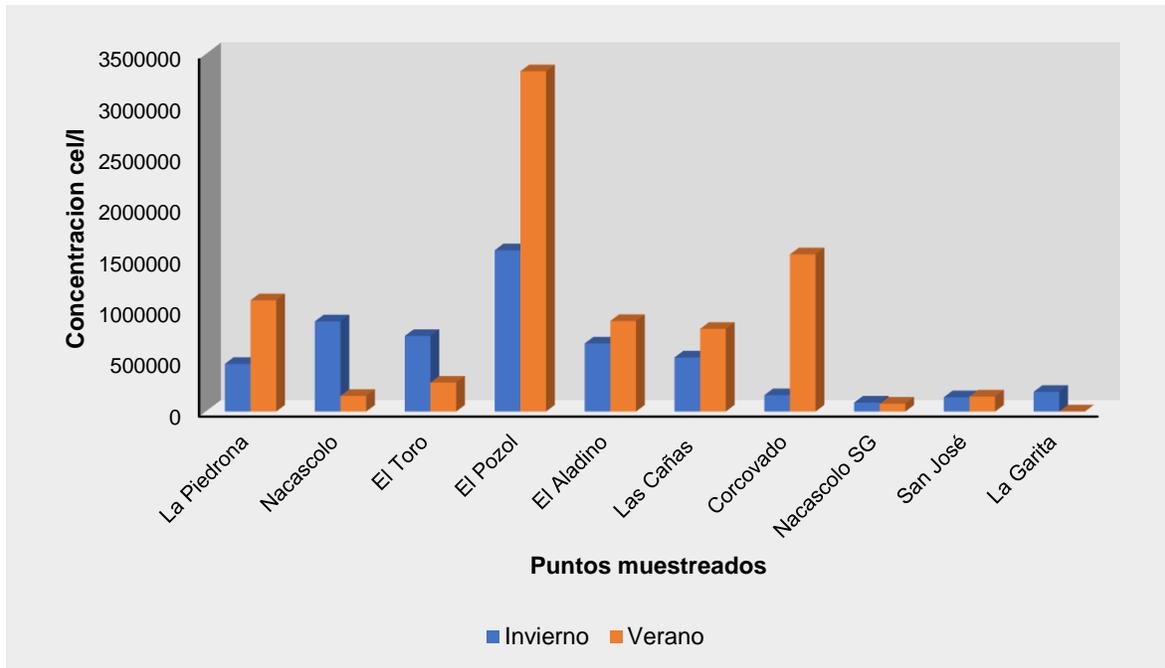
**Figura 8:** Concentración de *Chlorophytas* en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y época seca 2021.

De La Hoz Aristizabal (2004) afirma que este grupo algal está estrechamente ligado a sistemas de agua dulce y soportan bien la turbulencia; Coincidiendo con los datos obtenidos en esta investigación, a como se aprecia en la figura 8 en donde las concentraciones mayores se registraron durante la época de lluvias, en la cual la entrada de agua dulce al estero era mayor; sin embargo, en la época seca es lo contrario ya que las concentraciones de estos grupos disminuyeron y su distribución quedo limitado a las áreas donde hacen descarga los ríos que desembocan en el estero.

Además, tenemos que al aplicar la prueba de correlación de Spearman se obtuvo que en época lluviosa las *Chlorophytas* presentaron correlación negativa con turbidez  $r = -0.77$   $p = 0.021$  (anexo 5) mientras que en época seca se correlacionan negativamente con oxígeno disuelto  $r = -0.771$   $p = 0.009$ , salinidad  $r = -0.828$   $p = 0.003$  y con turbidez  $r = -0.817$   $p = 0.004$  (Anexo 7).

### **5.2.2 Concentración de Bacillariophytas**

La concentración de microalgas del grupo *Bacillariophytas* durante época lluviosa entre zonas fue mayor en Las Peñitas respecto a Salinas Grandes, teniendo una media de 811,166.7 cel/l y 145,000 cel/l respectivamente, encontrándose diferencias estadísticamente significativas  $p = 0.031$ . Al momento de comparar concentraciones por puntos muestreados entre zonas tenemos que, para Las Peñitas la mayor concentración se obtuvo en el punto 4 con 1,580,000 cel/l y para Salinas Grande fue el punto 10 con 193,000 cel/l. (figura 9)



**Figura 9:** Concentración de *Bacillariophytas* en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época seca 2020 y lluviosa 2021.

En época seca se puede observar que las Diatomeas mostraron mayores concentraciones para la zona de Las Peñitas con una media de 1,092,666.7 cel/l, siendo la mayor concentración en El Pozol con 3,333,000 cel/l y la menor concentración se obtuvo en Nacascolo con 153,000 cel/l; mientras que, para Salinas Grandes la concentración media fue de 441,250 cel/l variando de 1,540,000 cel/l en Nacascolo SG a 1000 cel/l en La Garita (figura 9), en época seca no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre zonas  $P > 0.05$  (anexo 12).

En ambas épocas tanto invierno como verano la zona de Las Peñitas presentó concentraciones de Diatomeas mayores a los reportados para Salinas Grandes. Siendo en la época seca en donde se registraron las concentraciones mayores para las dos zonas.

Estudios anteriores realizados en Las Peñitas por Núñez & Treminio en 2017, reportaron una concentración media de Diatomeas de 579,000 cel/l para el mes de septiembre durante la época lluviosa, valores inferiores a los reportados en este estudio para esta zona. Para Salinas Grandes, las investigaciones realizadas por (Argeñal & López 2018; Diaz *et al*, 2018 & Cuadra *et al*, 2018) obtuvieron una media de la concentración de Diatomeas de 46,806.9 cel/l para el mes de septiembre en

periodo lluvioso, estos valores son inferiores a los reportados en este estudio para esta zona en la misma época.

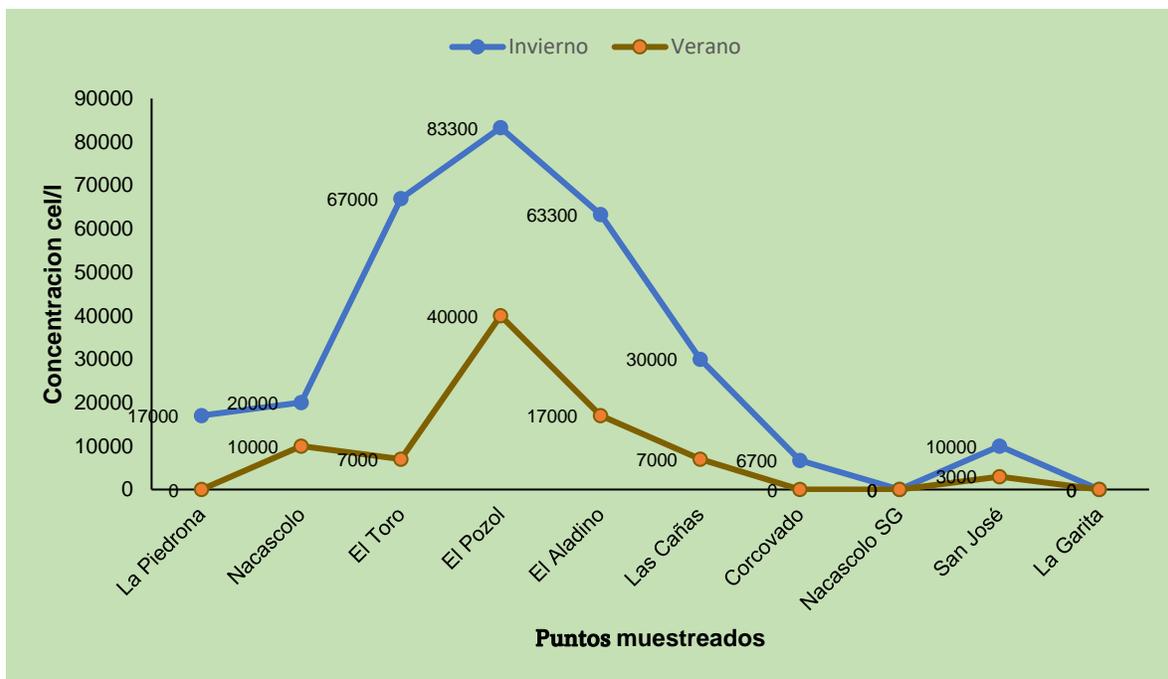
Según la Confederación Hidrográfica del Hebro CHE, (2005) las Diatomeas soportan las diversas presiones fisicoquímicas del medio en el que se encuentran tales como: el incremento de la materia orgánica, salinidad y acidificación; siendo la mayoría de los taxas de este grupo indicadoras de aguas contaminadas debido a la pared celular que estos poseen (Biosfera, 2005). Además, este grupo es catalogado como cosmopolita, encontrándose en los diferentes ecosistemas acuáticos. Por lo antes mencionado, de manera general se puede deducir que la calidad del agua de la zona de Las Peñitas es inferior a la de Salinas Grandes, esto por las altas concentraciones reportadas para este grupo (ver tablas 1 y 2). Asociado esto muy probablemente a los afluentes de aguas a las zonas ya que en Las Peñitas desemboca el Río Chiquito acarreando los desechos del alcantarillado sanitario de gran parte de la ciudad de León y por la zona de Salinas Grandes el río La Leona que acarrea durante la época de invierno grandes cantidades de sedimento que son depositadas en el estero, alterando ambos la composición fisicoquímica en el agua de este ecosistema.

Este grupo presento correlación negativa en época lluviosa con sólidos totales disueltos  $r=-0.745$   $p=0.013$ , asociado probablemente a los iones Na disueltos en el agua indicándonos que a mayores concentraciones de sales en el medio menores concentraciones de este grupo fueron reportadas (ver apartado de salinidad figura 2), y correlación negativa con turbidez en ambas épocas (lluviosa y seca) con valores  $r=-0.757$   $p=0.011$ ,  $r=-0.744$   $p=0.014$  respectivamente ya que a medida que la turbidez disminuye las concentraciones de este grupo aumentan (figura 7 y 9) esto debido a que la turbidez se ve afectada por la materia en suspensión y sedimentos estos acarrear consigo nutrientes que fertilizan las aguas y se de una tasa efectiva en la reproducción de ciertos grupos algales.

### **5.2.3 Concentración de Cyanophytas**

La concentración media de microalgas del grupo *Cyanophytas* en época lluviosa para Las Peñitas fue de 46,766.6 cel/l, variando de 17,000 cel/l en el punto 1 a 83,000 cel/l en el punto 4; mientras que, en Salinas Grandes la media obtenida

fue de 4,175 cel/l, en donde el valor más alto estuvo en el punto 9 con 10,000 cel/l y la menor concentración en el punto 7 con 6,700 cel/l, en los puntos 8 y 10 no se encontraron representantes de este grupo. En el muestreo realizado en el mes de febrero (época seca) la zona de Las Peñitas presento concentraciones mayores con 13,500 cel/l, variando de 7,000 cel/l en los puntos 3 y 6 a 40,000 cel/l en el punto 4; por otra parte, en Salinas Grandes tubo una media de 750 cel/l, reportándose este grupo únicamente en el punto 9 con 3,000 cel/l (figura 10) entre épocas lluviosa y seca y entre zonas Las Peñitas y Salinas Grandes se encontró diferencias estadísticamente significativas con valores  $p= 0.007$  y  $0.030$  respectivamente.



**Figura 10:** Concentración de *Cyanophyta* en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020 y seca 2021.

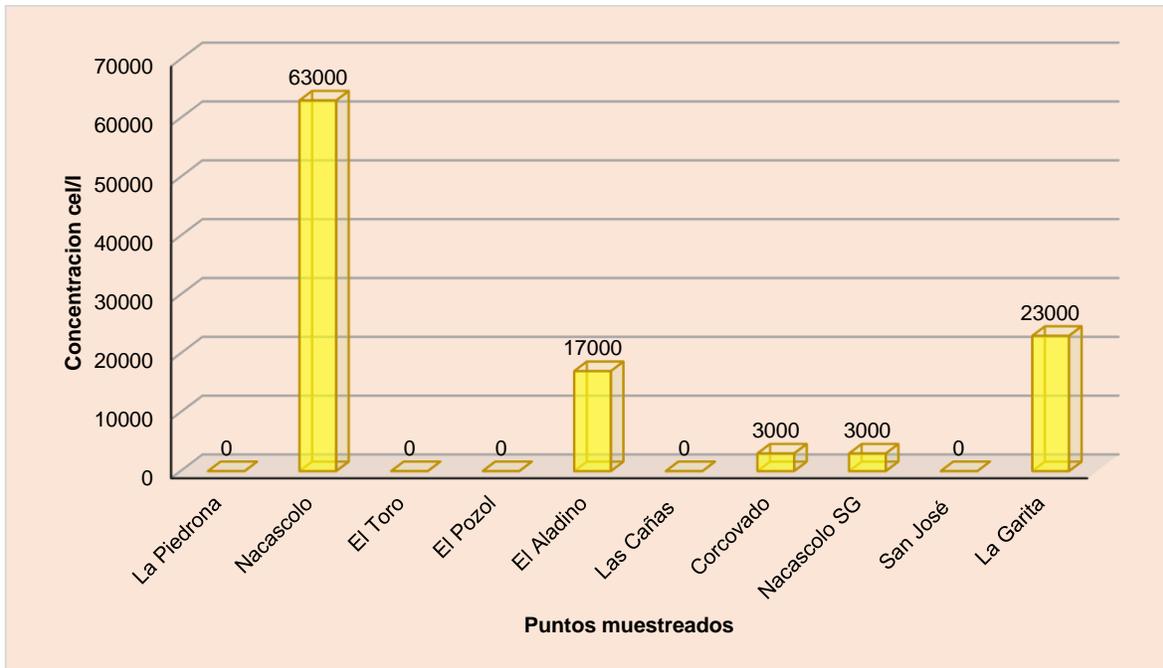
El comportamiento de las Cianobacterias en el estero Juan Venado durante este estudio concuerda con lo postulado por Bordet (2004) quien hace referencia que este grupo de microalgas tiene una tasa de reproducción más eficiente en aguas con intensidades baja de luz; es decir, aguas con elevada turbidez, por tal razón en la zona de Las Peñitas la concentración de este grupo es más representativa con respecto a Salinas Grandes (ver turbidez, figura 7). Este grupo

de microalgas son representativos de ambientes de agua dulce y aguas con altas concentraciones de nutrientes, ambientes que van de mesotróficos a eutróficos (Roset *et al.* 2001). Las altas concentraciones de *Cyanophytas* para Las Peñitas respecto a Salinas Grandes son indicativos de una posible eutrofización, esto ocasionado muy probablemente por las descargas de aguas negras a la zona desde la desembocadura del Río Chiquito en El Pozol, lugar que presento las concentraciones mayores de microalgas; además, al ser un grupo representativo de aguas dulces y Las Peñitas mantuvo valores inferiores de salinidad respecto a Salinas Grandes (figura 1) y durante el verano la concentración de salinidad en Salinas Grandes fue mayor a la reportada en invierno lo cual vendría a justificar por qué no se reportaron *Cyanophytas* durante esta temporada para esta zona.

En invierno las *Cyanophytas* se correlacionan negativamente con sólidos totales disueltos  $r=-0.802$   $p=0.005$ , mientras que en verano se correlacionaron con turbidez  $r=-0.672$   $p=0.033$ . coincidiendo esto con lo postulado por Bordet en 2004 y Roset, *et al* en 2001 quienes indican que son especies ligadas a ecosistemas de aguas dulces y con pocas intensidades de luz.

#### **5.2.4 Concentración de Dinoflagelados**

Se reportaron microalgas pertenecientes a este grupo solo durante la época seca, teniendo una concentración media para la zona de Las Peñitas de 13,333.3 cel/l, reportándose únicamente en 2 puntos de muestreos en esta zona teniendo una concentración de 63,000 cel/l en Nacascolo y 17,000 cel/l en El Aladino. Mientras que en Salinas Grandes la media fue de 7,250 cel/l, manteniéndose una concentración constante en Corcovado y Nacascolo de Salinas Grandes con 3,000 cel/l y en La Garita con 23,000 cel/l (figura 11), se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre épocas climáticas con un  $p=0.031$ , mas no hubo diferencias estadísticamente significativas entre zonas (Anexo 11).



**Figura 11:** Concentración de Dinoflagelados en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época seca 2021

García (2010) indica que los Dinoflagelados son utilizados como indicadores biológicos de masas de aguas, dado que estos presentan una gran sensibilidad ante los cambios en los parámetros físicos-químicos. También son un grupo de organismos predominantes de ambientes marinos, especialmente en aguas tropicales (Gómez, 2015). La distribución de Dinoflagelados en el estero Juan Venado estaría estrechamente relacionado con la eutrofia presente en las aguas de dicho ecosistema. Teniendo estos la mayor concentración en Nacascolo, asociado muy probablemente a los niveles de salinidad en este punto (ver figura 2). Ya que son organismos marinos. En el sector de Salinas Grandes la presencia de organismos podría estar ligada a la transparencia del agua, aguas más limpias con menos grado de eutrofia respecto a Las Peñitas. Este grupo fitoplanctónico fue reportado solo durante verano ya que son organismos predominantes durante la estación de seca (Margalef, 1978) citado por (Gómez, 2015).

**Tabla 1:** Abundancia de fitoplancton en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en el monitoreo realizado en época lluviosa 2020

Géneros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10
<b>Bacillariophytas cell/l</b>										
<i>Bacillaria sp</i>	10,000	4,333	1,000	6,666	7,666	4,333	-	3,333	1,000	1,000
<i>Navicula sp</i>	29,000	<b>41,000</b>	<b>47,666</b>	<b>157,667</b>	<b>320,000</b>	<b>67,666</b>	9,000	11,000	4,333	3,333
<i>Gyrosigma sp</i>	2,333	4,333	2,333	14,333	5,667	3,333	1,000	-	-	-
<i>Coscinodiscus sp</i>	11,000	-	4,333	6,667	2,333	-	-	-	3,333	3,333
<i>Nitzschia sp</i>	<b>86,667</b>	17,000	<b>120,000</b>	<b>49,000</b>	<b>36,667</b>	<b>51,000</b>	<b>32,333</b>	11,000	4,333	3,333
<i>Asterionella sp</i>	12,333	-	-	-	-	-	5,667	-	20,000	13,333
<i>Diploneis sp</i>	15,667	5,667	13,333	<b>101,000</b>	12,333	22,333	-	1,000	-	2,333
<i>Bidulphia sp</i>	4,333	-	-	-	-	-	-	-	-	2,333
<i>Pleurosigma sp</i>	2,333	3,333	4,333	25,667	5,667	2,333	-	-	2,333	1,000
<i>Rhizosolenia sp</i>	3,333	27,667	7,667	-	-	5,667	-	1,000	7,667	7,667
<i>Amphora sp</i>	6,667	13,333	7,667	<b>59,000</b>	13,333	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros sp</i>	6,667	-	-	-	-	-	-	-	-	13,333

<i>Thalassionema sp</i>	23,333	-	-	-	-	3,333	-	-	-	-
<i>Euntia sp</i>	-	10,000	7,667	30,000	6,667	3,333	1,000	-	1,000	2333
<i>Skeletonema sp</i>	-	6,667	4,333	4,333	-	-	-	-	-	-
<i>Fallacia sp</i>	-	1,000	5,667	12,333	4,333	1,000	-	-	-	-
<i>Cyclotella sp</i>	-	1,000	4,333	6,667	-	3,333	1,000	-	1,000	-
<i>Entomoneis sp</i>	-	3,333	10,000	<b>45,333</b>	12,333	7,667	3,333	-	1,000	-
<i>Pinnularia sp</i>	-	1,000	2,333	6,667	2,333	1,000	-	1,000	-	1,000
<i>Diadesmis</i>	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-

### Cyanophytas cel/l

<i>Oscillatoria sp</i>	5,667	5,667	11,000	4,3 n33	4333	-	1,000	-	-	-
<i>Anabaena sp</i>	-	1,000	11,000	<b>70,000</b>	12,333	9,000	1,000	-	3,333	-
<i>Merismospedia sp</i>	-	2,333	1,000	1,000	-	-	-	-	-	-
<i>Spirulina sp</i>	-	-	-	-	4,333	1,000	-	-	-	-

### Chlorophytas cel/ml

<i>Chlorella sp</i>	1000	1437	2291.4	1250	206.25	1666.7	625	833.3	208.3	0
---------------------	------	------	--------	------	--------	--------	-----	-------	-------	---

<i>Crucigenia sp</i>	0	625	833.3	1250	0	208.3	0	208.3	0	0
----------------------	---	-----	-------	------	---	-------	---	-------	---	---

**Tabla 2:** Abundancia de fitoplancton en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en el monitoreo realizado en época seca

Géneros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10
<b>Bacillariophyta cel/l</b>										
<i>Coscinodiscus sp</i>	<b>344,333</b>	<b>34,333</b>	<b>40,000</b>	4,333	2,333	-	9,000	15,667	17,667	2,333
<i>Pleurosigma sp</i>	5,667	-	1,000	4,333	5,667	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia sp</i>	1,000	-	-	<b>41,000</b>	<b>36,667</b>	<b>24,333</b>	<b>11,000</b>	-	<b>2,333</b>	<b>1,000</b>
<i>Diatoma sp</i>	5,667	2,333	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula sp</i>	4,333	4,333	5,667	<b>521,000</b>	<b>103,333</b>	20,000	22,333	1,000	5,667	1,000
<i>Gyrosigma sp</i>	2,333	-	-	2,333	2,333	-	-	-	-	1,000
<i>Chaetoceros sp</i>	-	9,000	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Entomoneis sp</i>	-	-	-	<b>45,333</b>	1,000	-	1,000	-	-	-
<i>Nitzschia sp</i>	-	1,000	7,667	<b>52,333</b>	13,333	11,000	1,000	-	4,333	1,000
<i>Skeletonema sp</i>	-	-	<b>40,000</b>	-	-	7,667	-	-	11,000	22,333

<i>Amphora sp</i>	-	-	21,000	17,667	7,667	2,333	-	-	1,000	-
<i>Cyclotella sp</i>	-	-	-	<b>53,333</b>	25,667	6,667	<b>436,667</b>	-	-	3,333
<i>Diploneis sp</i>	-	-	-	<b>529,000</b>	<b>72,333</b>	23,333	14,333	-	3,333	-
<i>Planktoniella sp</i>	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia sp</i>	-	-	-	13,333	3,333	-	6,667	-	-	-
<i>Surirrella sp</i>	-	-	-	7,667	22,333	4,333	4,333	1,000	-	-
<i>Fallacia sp</i>	-	-	-	4,333	-	-	-	-	-	-
<i>Diadesmis sp</i>	-	-	-	2,333	-	-	-	-	-	-
<i>Ghomponema sp</i>	-	-	-	-	3,333	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis sp</i>	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-
<i>Cymbella sp</i>	-	-	-	-	2,333	1,000	-	-	-	-
<i>Melosira sp</i>	-	-	-	-	-	2,333	-	-	2,333	-
<i>Striatella sp</i>	-	-	-	-	-	-	2,333	-	-	-
<i>Asterionella sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	4,333	-	-
<i>Bidulphia sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,000	1,000	1,000

<i>Bacillaria sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-
<i>Rhizosolenia sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-

### Cyanophytas cel/l

<i>Anabaena sp</i>	-	3,333	3,333	-	2,333	2,333	-	-	-	-
<i>Oscillatoria sp</i>	-	-	-	13,333	3,333	-	-	-	-	-
<i>Cylindrospermopsis sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-

### Dinoflagellata cel/l

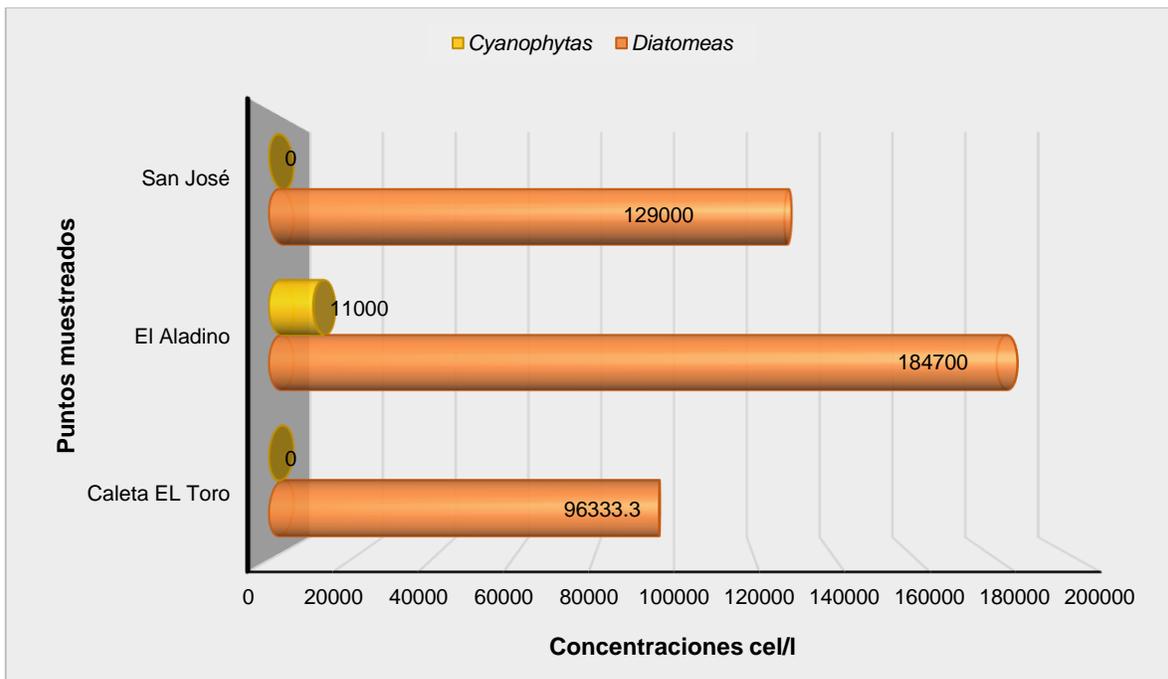
<i>Gymnodinium sp</i>	-	<b>21,000</b>	-	-	-	-	-	3,333	-	-
<i>Prorocentrum sp</i>	-	-	-	-	5,667	-	1,000	-	-	-
<i>Gyrodinium sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,667

### Chlorophytas cel/ml

<i>Crucigenia sp</i>	-	-	-	812.5	437.5	416	-	-	-	-
<i>Chlorella sp</i>	-	-	-	-	-	416	-	-	-	-
<i>Chlorogonium sp</i>	-	-	-	-	-	-	437.7	-	-	-

### 5.3 Microalgas perifíticas asociadas a raíces del bosque de manglar de la reserva natural Isla Juan Venado.

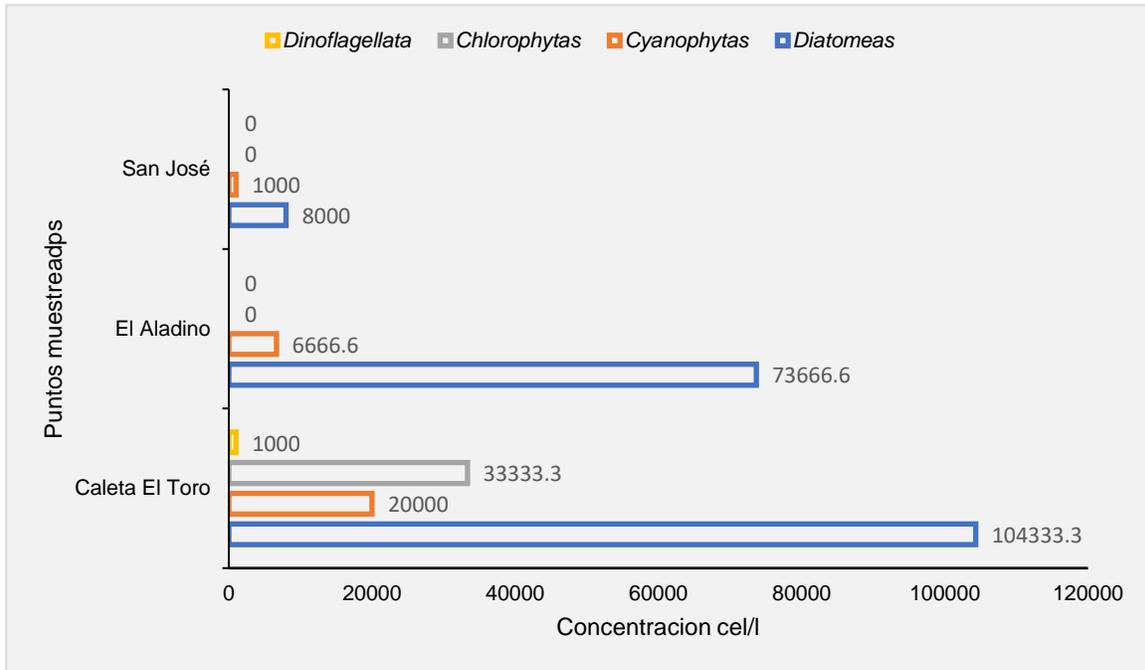
Por otro lado, se realizó un estudio exploratorio sobre microalgas adheridas a raíces de árboles de mangle en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado, en donde los resultados obtenidos fueron que para la época lluviosa las Diatomeas presentaron una mayor concentración con 136,677.8 cel/l, variando de 96,333.3 cel/l en el punto 1 a 184,700 cel/l en el punto 2. Las *Cyanophytas* perifíticas obtuvieron una media de 3,666.7 cel/l, reportándose solamente para el punto 2 con una concentración de 11,000 cel/l (figura 12).



**Figura 12:** Concentraciones de fitoperifiton reportado en época lluviosa 2020 en el bosque de manglar de la reserva natural isla Juan Venado

Se realizó un monitoreo exploratorio en época seca en donde las Diatomeas perifíticas obtuvieron la concentración mayor con una media de 61,999.9 cel/l, variando de 8,000 cel/l en San José a 104,333.3 cel/l en Caleta El Toro, por otra parte la media de *Cyanophytas* fue de 9,222.2 cel/l , oscilando de 20,000 cel/l en

Caleta El Toro a 1,000 cel/l y los grupos *Chlorophytas* y *Dinoflagellata* se reportaron solamente para Caleta El Toro con concentraciones de 33,333.3 cel/l y 1,000 cel/l respectivamente (figura 13)



**Figura 13:** Concentración de microalgas perifíticas del bosque de manglar de la reserva natural isla Juan Venado en época seca 2021.

Las concentraciones de Diatomeas perifíticas fueron mayor en época lluviosa (figura 12); sin embargo, las *Cyanophytas* obtuvieron mayores concentraciones en época seca (figura 13); los otros grupos, Dinoflagelados y *Chlorophytas* se reportaron solamente en época seca en el punto 1 Caleta El Toro.

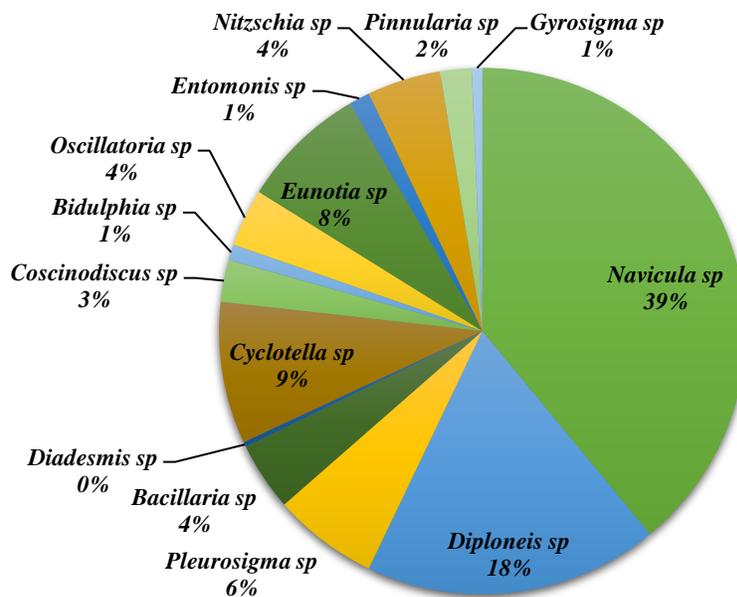
La posible causa para que se dé la mayor incidencia en época lluviosa de Diatomeas perifíticas estaría asociada a las características biológicas y ecológicas que presentan éstas ya que este grupo refleja el estado ecológico de aguas superficiales frente a los impactos antrópicos (Charle, 2002) citado por (Morales & Salazar, 2012). El estero Juan Venado se encuentra en un estado que odría variar de mesotrófico a eutrófico, esto asociado a las descargas de aguas residuales a la zona y que por influencia de las mareas y la escorrentías debido a las

precipitaciones propias de la temporada de invierno llega abundante materia orgánica al bosque de manglar, las concentraciones de *Bacillariophytas* reportadas para el bosque de manglar estaría asociada al grado de contaminación presente en las aguas del estero; de igual manera el reportar Cianobacterias nos indican que el agua contiene abundante materia orgánica. Ya que este último grupo este asociado a aguas dulces con alta concentración de nutrientes (Morales & Salazar, 2012) a como se logra observar en las figuras 12 y 13 este grupo es más representativo en Caleta el Toro y Aladino, sitios próximos al Pozol zona donde hace descarga el Río Chiquito.

## 5.4 Abundancia de especies perifíticas

### 5.4.1 Época lluviosa

Se reportaron 14 géneros de los cuales 13 pertenecen a *Bacillariophytas* y 1 género a las *Cyanophytas*, los géneros más representativos fueron *Navicula sp* con 39% seguido de *Diploneis sp* con 18%, los menos representativos *Entomoneis sp*, *Bidulphia sp* y *Gyrosigma sp* con 1% (figura 14)

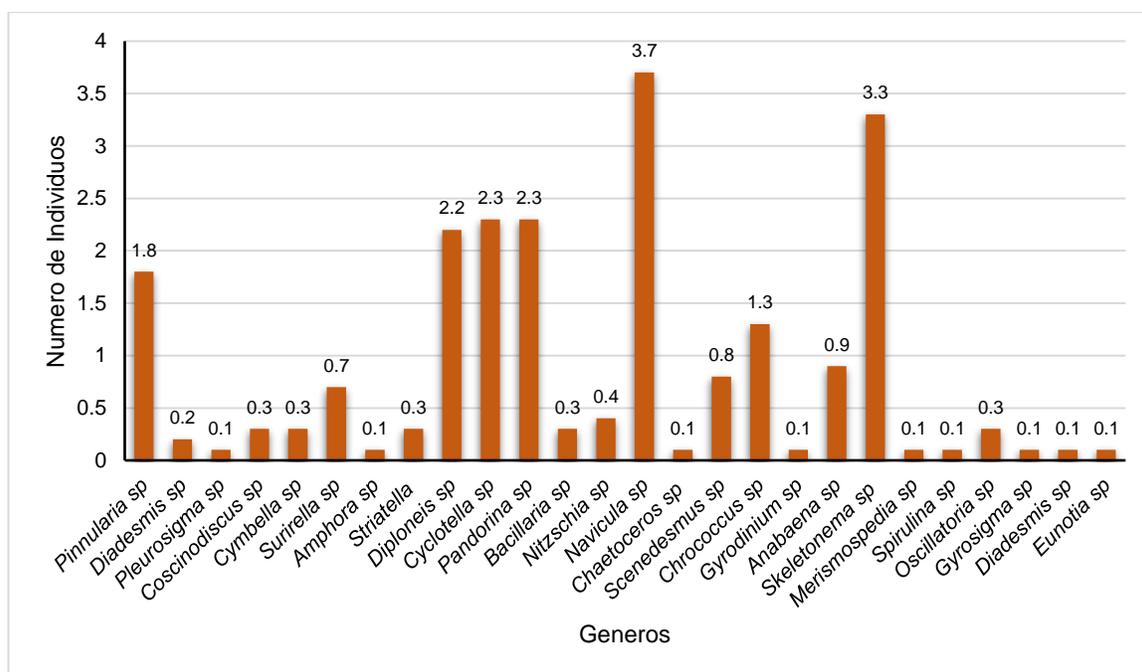


**Figura 14:** Géneros de microalgas perifíticas reportados en el bosque de manglar de la reserva natural Isla Juan Venado en época lluviosa 2020.

La dominancia de las Diatomeas perifíticas durante el periodo lluvioso hace referencia a contaminación del medio circundante, esto asociado probablemente a la carga de materia orgánica retenida en el suelo de estos ecosistemas, ya que es sabido que la mayoría de los taxones de este grupo son tolerantes a la contaminación. (CHE, 2005)

#### 5.4.2 Época seca

Para el muestreo realizado en la época seca se reportaron un total de 26 géneros, de los cuales 18 corresponden a las *Bacillariophytas*, 5 *Chlorophytas*, 2 *Cyanophytas* y 1 genero de *Dinoflagellata*. Siendo los géneros *Navicula sp*, *Skeletonema*, *Diponeis* y *Cyclotella* los más representativos (figura 15), todos estos dentro del grupo de las *Bacillariophytas* que es uno de los grupos fitoplanctónicos más abundantes y que mejor se adaptan a las condiciones que el medio les ofrece.



**Figura 15:** Géneros de microalgas perifíticas reportadas en el bosque de manglar de la reserva natural Isla Juan Venado en época seca 202.

Las condiciones ecológicas del bosque de manglar durante la época de verano difieren a la reportada durante el invierno, esto se observa en la diversidad de géneros reportados para este periodo ya que a como sugiere Gómez en 2015 “si las condiciones del medio son apropiadas una especie aparecerá en cualquier

lugar". En el caso del estero Juan Venado, durante verano las inundaciones en el bosque de manglar son menos intensas estando limitadas a la influencia de las mareas por ende la contaminación acarreada por las escorrentías hacia dentro del bosque durante invierno afecta directamente la diversidad y abundancia de estos grupos perifíticos. Observado en las concentraciones mayores de Diatomeas respecto a los demás grupos ya que estas soportan mejor las diferentes perturbaciones ambientales presentes en un ecosistema.

### **5.5 índices de diversidad**

En el monitoreo realizado en el mes de septiembre 2020 (época lluviosa), la mayor diversidad y abundancia se obtuvo en El Pozol; sin embargo, la mayor equitatividad fue dada en La Garita. La menor diversidad se reportó en El Aladino debido a la baja uniformidad de los géneros presentes en la zona (tabla 3). En febrero 2021 (época seca) la diversidad y dominancia fueron mayores en Las Cañas y El Aladino, siendo Las Cañas la que mayor equitatividad presentó (tabla 4). En estos puntos la mayoría de los géneros reportados pertenecen a las *Bacillariophytas*, asociadas a la resistencia que estas poseen a los diversos gradientes ambientales ya que se adaptan a las diferentes condiciones que el medio les ofrece, por ende, son las más diversas y al ser estas las que más prevalecen son dominantes sobre los demás grupos presentes en el estero Juan Venado.

El índice de diversidad de Shannon Wiener engloba tanto la riqueza de especies como sus componentes, este índice es también utilizado en la estimación del nivel de contaminación en el que se encuentren las diferentes masas de aguas, considerado como tal por el impacto que ejerce el ambiente sobre las diferentes especies (Lobo & Kobayasi, 1990).

En la época lluviosa ambas zonas tanto Las Peñitas como Salinas Grandes contaron con una media de diversidad que oscila entre 1.7-1.8 bits.ind-1, estos valores nos indican que durante esta temporada el agua del estero se encuentra moderadamente contaminada. En época seca la media de diversidad para Las Peñitas fue de 1.1 bits.ind-1 y para Salinas Grandes 1.3 bits.ind-1, dichos valores

nos indican que el agua de ambas zonas se encuentra en el rango de aguas moderadamente contaminadas.

**Tabla 3:** Índices de diversidad, equidad y dominancia de microalgas fitoplanctónicas del estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época lluviosa 2020

Puntos	Diversidad de Shannon-Wiener (H')	Equitabilidad de Pielou (J)	Dominancia de Simpson (D)
La Piedrona	2.12	0.78	0.19
Nacascolo	1.75	0.59	0.33
El Toro	2.0	0.68	0.25
El Pozol	2.27	0.78	0.14
El Aladino	1.28	0.47	0.52
Las Cañas	1.88	0.69	0.23
Corcovado	1.38	0.62	0.38
Nacascolo SG	1.34	0.74	0.32
San José	1.91	0.79	0.22
La Garita	2.1	0.84	0.15

Dentro de zonas en el mes de septiembre 2020 los puntos que mayor contaminación presentaron fueron El Aladino y Nacascolo con 1.28 y 1.75 bits.ind-1 respectivamente mientras que para la zona de Salinas Grandes fue Nacascolo de Salinas Grandes (SG) con 1.34 bits.ind-1. En cambio, para el mes de febrero 2021 en Las Peñitas quien presento aguas más contaminadas de acuerdo con los datos obtenidos del índice de Shannon fue La Piedrona con 0.32 bits.ind-1, y para Salinas Grandes Corcovado con 0.68 bits.ind-1.

**Tabla 4:** Índices de diversidad, equidad y dominancia de microalgas fitoplanctónicas del estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado en época seca 2021

Puntos	Diversidad de Shannon-Wiener (H')	Equitabilidad de Pielou (J)	Dominancia de Simpson (D)
La Piedrona	0.32	0.16	0.89
Nacascolo	1.59	0.76	0.27
El Toro	1.50	0.77	0.27
El Pozol	1.49	0.52	0.33
El Aladino	2.1	0.70	0.19
Las Cañas	2.1	0.82	0.16
Corcovado	0.68	0.28	0.74
Nacascolo SG	1.46	0.70	0.35
San José	1.87	0.81	0.21
La Garita	1.47	0.66	0.35

En el muestreo realizado en época lluviosa la contaminación en las aguas esta probablemente asociada a la influencia de las zonas de descarga al estero ya que El Aladino es circundante al Pozol, mientras que para Nacascolo de Salinas Grandes este pudo ser influenciado por las aguas vertidas al estero desde el río La Leona por el acarreo de sedimentos que este lleva hasta su desembocadura afectando la calidad del agua.

En época seca la baja diversidad en La Piedrona estaría haciendo referencia a un cambio en la composición fisicoquímica del agua ya que presento valores de sólidos totales inferiores a los reportados en los demás puntos monitoreados (figura

5). En ambas épocas las *Bacillariophytas* son el grupo más abundante por ende su presencia en el estero ejerce una presión notoria en los datos obtenidos en los índices aplicados a los datos ya que este grupo es utilizado como un indicador biológico de la calidad de los diferentes cuerpos de agua al ser estos organismos tolerantes a los cambios que se pueden dar en los diferentes ecosistemas acuáticos.

## VI. Conclusiones

1. Se encontró correlación significativa entre *cyanophytas* con salinidad y turbidez, *Bacillariophytas* con turbidez y sólidos totales disueltos y *Chlorophytas* con oxígeno disuelto y salinidad.
2. El total de géneros reportados fue de 39 agrupados en 4 divisiones, siendo las *Bacillariophytas* las más predominantes con 28 géneros, reportándose la mayor concentración para este grupo en época seca en El Pozol con 3,333,000 cel/l, las *Cyanophytas* presentaron mayor concentración en época lluviosa en El Pozol con 83,000 cel/l, los Dinoflagelados se reportaron solamente en época seca presentándose la mayor concentración en Nacascolo con 63,000 cel/l.  
Se reportaron 14 géneros de microalgas perifíticas en época lluviosa, agrupados en 2 divisiones, siendo las *Bacillariophytas* las que mayor concentración presentaron con 136,677.8 cel/l. En época seca el número de géneros de fitoperifiton fue de 26 agrupados en 4 divisiones predominando las *Bacillariophytas* con 61,999.9 cel/l.
3. En época lluviosa la mayor diversidad y dominancia se obtuvo en El Pozol, siendo La Garita el punto más equitativo. En época seca la mayor diversidad y dominancia se obtuvo en El Aladino y Las Cañas, presentándose la mayor equitatividad en Las Cañas.

## VII. Recomendaciones

- Establecer parcelas dentro del bosque de manglar de la reserva natural isla Juan Venado para el monitoreo de microalgas adheridas a raíces.
- Agrupar la diversidad de fitoperifiton de acuerdo con las especies de árboles de mangle presente en la zona.
- Realizar extracción de clorofila (tipo a) para de esta manera conocer la biomasa algal presente en el estero.
- Determinar la cantidad de Fosforo total en agua para que en conjunto con clorofila a y turbidez indicar en qué estado trófico se encuentra el estero.
- Abarcar más meses en cada época climática ya que este trabajo solo abarco 1 monitoreo al mes para cada época climática.

## VIII. Bibliografía

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2020). Los estuarios. Recuperado de <http://espanol.epa.gov/espanol/los-estuarios>
- Berrios, M., Alvarez, F & López, J. (2007). *Evaluación del nivel de conocimiento de la legislación nicaragüense sobre áreas protegidas caso específico isla Juan Venado.* (tesis de grado, UNAN-León). <https://riul.unanleon.edu.ni:8080/JSpui/bitstream/123456789/1876/1/203359.pdf>
- Biosfera. consultoría ambiental. (2013). *Las Diatomeas como organismos indicadores de la calidad de las aguas.* <http://www.biosfera.es/las-diatomeas-como-organismos-indicadores-de-la-calidad-de-las-agua/>
- Bold, H & Wynne, M. (1985). Introduction to microalgae: structure and reproduction. *Prentice-Hall, inc.* Toronto. 445 (5). 12. <http://www.elsevier.es/esrevista-mexicana-biodiversidad-91-articulo-biodiversidad-del-fitoplancton-aguas-continentales-90372260>
- Bonilla, F., Segura, M., Rojo, C., Sasa, M & Zuñiga, D. (s.f). fitoplancton de los humedales estacionales del bosque seco de Costa Rica y Nicaragua
- Bordet, F. (2004). *Estudios del comportamiento estacional de cianophytas como agente biológico para la detección de la calidad del agua en el embalse de Salto Grande (Entre Ríos Argentina).* [tesina de licenciatura]. (Universidad Nacional del Litoral). <https://www.researchgate.net/publication/331982852>
- Cuenca, Z., Duque, M & Solana, V. (2017). Microalgas adheridas a raíces de *Rhizophora mangle*. *Espiraes revista multidisciplinaria de investigación.* 1 (9). <https://doi.org/10.31876/re.v1i9.335>
- Chang Gómez, J. (2009). *Procesos estuarios.* Recuperado de <http://www.dspace.espaol.edu.ec>

- Consejo superior de investigación. (2013). Una introducción a la oceanografía física. Recuperado de <http://www.physocean.icm.csic.es/intro0c/lecture12-es.html>
- Canizal, A. (2009). *Catalogo ilustrado de diatomeas dulceacuicolas mexicanas y familia naviculaceae*. Tesis de licenciatura, UNAM. <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xm/ui/bitstream/handle/11154/139763/PDFunificado.pdf?sequence=1>
- Carrasco, D. (2015). *Floraciones algales nocivas FAN, un fenómeno natural presente en nuestras costas*. Laboratorio de toxinas marinas. <http://labtox.cl/?p=984>
- Cantoral, E. Asencio, A & Aboal, M. (2007). Cianotoxinas: efectos ambientales y sanitarios, medidas de prevención. *Hidrobiológica*. 27 (2). 160-167. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=50188-88972017000200241#B77](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50188-88972017000200241#B77)
- Confederación Hidrográfica del Hebr0. (2005). *Rios- indicadores biológicos: Diatomeas*. <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=27971&id-Menu=4101>
- Coritoma, M., Roa, K., Libio, T., Tapia, L., Jara, E., Macedo, D., Salvatierra, A & Dextre, A. (2018). Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco- Perú. *Revista ecología aplicada*. 17 (1). <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1180>
- Chapa, C & Guerrero, R. (s.f). *Eutrofización abundancia que mata*. Biblioteca umar. <http://bibliotecas.umar.mx/publicaciones/eutrofizacion.pdf>
- De La Hoz Aristozabal, M. (2004). Dinámica del fitoplancton de la Cianega Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Scielo*.33 (1). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-97612004000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612004000100009)

- Dousdebes, C. (2017). Estudio del impacto ambiental y plan de manejo ambiental para el desarrollo, construcción, mantenimiento de instalaciones, dragado y mantenimiento de un canal de navegación. *Biótica*.
- ENACAL. (s.f). plantas de tratamiento de aguas residuales de Nicaragua. [http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotecac%5CLibros%5Cpdf%5Csaneamiento\\_planta\\_tratamiento.pdf](http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotecac%5CLibros%5Cpdf%5Csaneamiento_planta_tratamiento.pdf).
- Escribano, R. Catro, L. (2013). Plancton y productividad. Camilo Werlinger. *Biología Marina y Oceanografía: conceptos y procesos*. 289-302.
- Freer, E & Vargas, M. (2003). Floraciones algales nocivas en la costa pacífica de Costa Rica: toxicología y sus efectos en el ecosistema y salud pública. *Acta medica costarricense*. 45, (4). [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-60022003000400006](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022003000400006)
- Field, C. Behrenfeld, M. Randersos, J & Falkowski, P. (1998). Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*. 288. 237-240. <http://doi.10.1126/science.281.5374.237>
- Falconer, I & Humpage, A. (2006). Cyanobacterial (blue-green algal) toxins in wáter supplies: cylindrospermopsins. *Environmental toxicology*. 21 (4). 299-304. [http:// Doi:10.1002/Tox.20194](http://doi.10.1002/Tox.20194)
- FOCARD-APS. Cooperación Zuisa en América Latina & SICA. (2013). *Gestión de las excretas y aguas residuales, situación actual y perspectiva en Nicaragua*. <http://www.sica.int/download/?79734>
- García, M. (2016). Eutrofización: una visión general, *CienciAcierta*. <http://www.cienciacierta.uaedec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general>.
- Garcia, S., Arguello, A & Para, R. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *Innova research journal*. 4. 59-71. [httpS://doi.org/10.33890\(innova.v4.n2.2019.909](httpS://doi.org/10.33890(innova.v4.n2.2019.909)

- García, D. (2010). *Composición distribución y abundancia de los dinoflagelados en la costa ecuatoriana, durante febrero 2001*. (tesis de grado, Universidad de Guayaquil).  
<https://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1844/1/tesis3Garcia%2cD.2010.pdf>
- Gómez, F. (2005). Listas de dinoflagelados en el mundo oceánica. *Acta botánica croatica*. 1 (64). 129-212.
- Gómez, F. (2015). *Diversidad y biogeografía de dinoflagelados marinos: notas en la taxonomía de algunos de los grupos menos conocidos*. (tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid).  
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/54175/1/5325629977.pdf>
- Gómez, F. Moreira, D & López, P. (2011). Avances en el estudio de los dinoflagelados con la filogenia molecular. *Hidrobiológica*. 21 (3). 343-364.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57821483011>
- Gonzales, E., Ortaz, M., Peñaherrera, C., Matos, M. (2004). Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrofico (pao cachnche, Venezuela): abundancia, biomasa y productividad primaria. *Interciencia*. 29.  
<https://www.redalyc.org/articulo.0a?id=33909702>
- Giannuzzi, L & Hansen, M. (2011). *Cianobacterias como determinantes ambientales de la salud*. Giannuzzi, Leda ed. <http://www.toxicologia.org.ar/wp-content/uploads/2016/05/0000000334ent-05-cianobacterias.pdf>
- Hauer, F & Lamberti, G. (2007). *Methods in stream ecology*. Academi press.
- Harper, D. (1992). *Eutrophication of freshwaters*. Netherlands. Springer
- Howser, S. Codol, G. Capone, D & Carpenter, E. (1991). A neurotoxic factor associated with the Bloom-forming cyanobacterium trichodesmium, toxicon: *official journal of the international society on toxinology*. 29 (3). 277-278.  
[http://Doi:10.1016/0041-0101\(91\)90231-f](http://Doi:10.1016/0041-0101(91)90231-f)

- Hernández, R. Fernández, C & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-HILL/INTERAMERICANA ED, S.A. DE C.V.
- Ibáñez, J. (2008). Floraciones algales tóxicas o HABs. (salvador Gonzales y Carcedo), Madrid blog. <http://www.madrimasd.org/blog/universo/2008/04/01/87989>
- Jimenez, R., Bonilla, D. (1980). composición y distribución de la biomasa del plancton en el frente ecuatorial. *Acta oceanográfica del pacífico*. (1) 1. [https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/actas/OCE101\\_3.pdf](https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/actas/OCE101_3.pdf)
- Komarek, J. (2006). Cyanobacterial taxonomy. Currents problems and prospects for the integration of traditional and molecular approaches. *Algae*. 21 (4). 349-375
- Kociolek, P & Stoermer, E. (1998). A preliminary investigation of the phylogenetic relationships among the freshwater, apical pore fieldbearing cymbelloid and gomphonemoid diatoms ( Bacillariophyta). *Journal of phycology*. 24 (3). 377-385. <http://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1988.tb04480>
- Kociolek, P & Hamsher, S. (2006). Diatomeas siendo endosimbiontes. *Wordl scientific publishing europe*. 371-397.
- Kiely., G & Veza, J. (1999). *Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw-Hill interamericana de España
- Kilham, P. Heacky, R. (1988). Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. *Limnología y oceanografía*. 33. 776-795. <http://doi.org/10.4319/10.1988.33.4part2.0776>
- Lobo, E & Kobayasi, H. (1990). Shannon's diversity index applied to some freshwater diatom assemblages in the sakawa river system (Kanagawa pref Japan) and its use as an indicator of water quality. *Jpn j phycal (sonui)*. 38.
- López, R. (2019). *El fitoplancton básico para la vida en la tierra*. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/el-fitoplancton-basico-para-la-vida-en-la-tierra/>

- López, S & Catzim, L. (2010). Microalgas dulceacuícolas. Duran R y M Mendez Eds. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. 165-166. <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdf/capy/02%20microalgas.pdf>
- Lee, R. (2008). Chlorophytas. Cambridge university press eds. *Phycology*. 500-547. Cambridge university press.
- López, B. (2020). *Dinoflagelados: características, clasificación, ciclo de vida*. Liferder. <http://www.liferder.com/dinoflagelados>
- López, J & Mendez, A. (2014). *Evaluación de la concentración de los grupos de fitoplancton: diatomeas, Cianofitas, clorofitas y dinoflagelados y su relación con los parámetros fisicoquímicos del río Estero Real, periodo junio-noviembre 2013*. Tesis de grado UNAN-León.
- Ledesma, C. Bonasea, M. Rodrigez, C & Sanchez, A. (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse del río tercero, Córdoba (Argentina). *Revista ciencia agronómica*. 44 (3). 419-425
- Lucena, E. (2008). Aspectos sanitarios de las cianobacterias. *Higiene y sanidad ambiental*. 8. 291-302.
- Lara, M. López, F & Pérez, C. (2020). Algas de Cristal, Diatomeas. *Recursos Naturales y Sociedad*. 6 (1). 25-42. <http://doi.org/10.18846/renaysoc.2020.06.06.01.0003>.
- Llorente, M & Cereceda, I. (2000). *Dinoflagelados*. Universidad de la Salle. <http://campus.usal.es/adelcien/doc/DINOS.pdf>
- Mansilla, A & Alveal, K. (s.f). generalidades sobre las macroalgas. Camilo Werlinger ed. *Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos*. 349-359. Camilo Werlinger. <http://recursosbiblio.url.ed.gt/publi/libros/2013/BioMarina/12.pdf>
- Medrano, M., Hernández, F., Corral, S & Nájera, J. (2017). Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista*

*mexicana de ciencias forestales.* 8 (40). <https://www.redalyc.org/journal/634/63454557005/html>

Moschinni, C. Pompeo, M & Er, H. (2001). Perifiton en un sustrato natural en el reservorio Jurumirin San Pablo Brasil, comunidad, bioma y productividad primaria. *Envir sci.* 171-177.

Morales, S., Salazar, M. (2012). Diatomeas perifíticas de algos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). *Revista luna azul.* (35). 10-27

Manfut. (s.f). reserva natural de la isla Juan Venado. Recuperado de <http://www.manfut.org/leon/venado/.html>

Núñez, D & Treminio, V. (2017). *Relación de las concentraciones de microalgas con los parámetros fisicoquímicos en el estero Juan Venado, entre Canaletas Cedro Espín y La Camaronera, junio-noviembre 2016.* Tesis de licenciatura UNAN-León. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/6597>.

Oliveros, A.M. (2016). *El fitoperifiton como bioindicador de calidad de aguas, una herramienta y estrategia en la gestión ambiental del caño Quenane.* Tesis de maestría. Universidad de los Llanos. <http://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1203/1/RUNILLANOS%20M-GES%200046%20EL%20FITOPERIFITON%20COMO%20BIOINDICADOR%20DE%20CALIDAD%20DE%20AGUA%20C%20UNA%20HERRAMIENTA%20Y%20ESTRATEGIA%20EN%20LA%20GESTION%20DEL%20CA%20C3%2091O%20QUENANE.pdf>

Paerl, H & Millie. (1996). Physiological ecology of toxic aquatic cyanobacteria. *Phycologia.* 35 (6). <http://doi.org/10.2216/i0031-8884-35-65-160.1>

Ramírez, A & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis.* BP Exploration company

- Reynolds, C.S. (1984). The ecology of freshwater phytoplankton. *Cambridge university press*. <http://www.jlakes.org/ch/book/ecology-of-phytoplankton-2006-pdf>
- Reynolds, C. (2006). The ecology of phytoplankton. *Cambridge university press*. <http://doi.org/10.1017/CB09780511542145>
- Roldan, G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. Editorial universidad de Antioquia, Medellín Colombia.
- Roset, J., Aguayo, S., Muñoz, M. (2001). Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. *Rev. Toxicol.* 18.(2). <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-31080>
- Reset, J. Aguayo, S & Muñoz, J. (2006). Cianobacterias y sus toxinas, una revisión. *Revista de toxicología.* 18 (2). 65-71.
- Reguera, B. Alonso, R. Moreira, A & Hernández, S. (2011). *Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas.* <http://www.vliz.bc/imisdocs/publications/269435.pdf>
- Ramírez, J. Gutierrez, F & Vargas, A. (2005). Respuesta de la comunidad fitoplanctonica a experimentos de eutrofización artificial realizados en la represa La Fe el Retiro, Antioquia Colombia. *Limnología.* 27(1). 103-116. <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v27nla5.pdf>
- Saker, M. Vale, M. Kramer, D & Vaconselos, V. (20076). Técnicas moleculares para el análisis de riegos tóxicos en floraciones de cianobacterias en ríos y lagos. *Microbiología y biotecnología.* 9-41.
- Sar, E. Ferrario, M & Reguera, B. (2002). *Floraciones algales nocivas en el cono sur americano.* EA sar, Me Ferrario y B. Reguera eds. <http://www.researchgate.net/profile/eugenia-sar/publication/233741990-floracionesalgales-nocivas-en-el-cono-sur-americano/link/0fcfd50afa387792f0000000/floraciones-algales-en-el-cono-sur-americano.pdf>

- Seckbach, J & Kociolek, P. (2011). Cellular origin, life in extreme habitats and astrobiology. The diatom world. *Springer Science & Business media*. Dondrecht, 534.
- Universidad Complutense de Madrid. (s.f). biodiversidad y taxonomía de plantas criptógamas. <http://criptogamas.bioucm.es/plantas-criptogamas/materiales.algas/cyanophyta.html>.
- Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León. (2009). Manual de fitoplancton en aguas marinas y estuarinas.
- Valdez, C., Guzman, M., Valdés, A., Forougbakhch, R., Alvarado, M & Rocha, A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista biología tropical*. 66 (4). <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135>

## IX. Anexos

**Tabla 5:** Correlación Rho de Spearman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época lluviosa en el estero de la reserva natural isla Juan Venado

		<i>Bacillariophytas</i>	<i>Cyanophytas</i>	<i>Chlorophytas</i>	<i>Dinoflagellata</i>
pH	R	-0.062	-0.133	0.071	-
	P	0.0866	0.715	0.845	-
Temp °C	R	-0.505	-0.555	-0.488	-
	P	0.137	0.096	0.153	-
OD	R	0.176	-0.073	0.259	-
	P	0.626	0.841	0.470	-
Salinidad	R	-0.362	<b>-0.677*</b>	-0.271	-
	P	0.304	<b>0.032*</b>	0.449	-
TDS	R	<b>-0.745*</b>	<b>-0.802*</b>	-0.340	-
	P	<b>0.013*</b>	<b>0.005*</b>	0.336	-
Turbidez	R	<b>-0.757*</b>	<b>-0.651*</b>	<b>-0.713*</b>	-
	P	<b>0.011*</b>	<b>0.041*</b>	<b>0.021*</b>	-

**Temp:** temperatura. **OD:** Oxígeno Disuelto. **TDS:** Sólidos Totales Disueltos.

**Nota:** valores con \* existe correlación

**Tabla 6:** Correlación Rho de Serman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época seca en el estero de la reserva natural isla Juan Venado

		<i>Bacillariophytas</i>	<i>Cyanophytas</i>	<i>Chlorophytas</i>	<i>Dinoflagellata</i>
pH	R	-0.283	-0.175	-0.405	0.177
	P	0.428	0.630	0.245	0.625
Temp °C	R	-0.067	-0.227	0.275	0.329
	P	0.855	0.528	0.441	0.353
OD	R	-0.564	<b>-0.863*</b>	<b>-0.771*</b>	0.279
	P	0.090	<b>0.001*</b>	<b>0.009*</b>	0.475
Salinidad	R	-0.505	-0.550	<b>-0.828*</b>	0.359
	P	0.137	0.100	<b>0.003*</b>	0.308
TDS	R	-0.188	0.337	0.248	0.583
	P	0.603	0.340	0.490	0.077
Turbidez	R	<b>-0.744*</b>	<b>-0.672*</b>	<b>-0.817*</b>	0.439
	P	<b>0.014*</b>	<b>0.033*</b>	<b>0.004*</b>	0.182

Temp: temperatura. OD: Oxígeno Disuelto. TDS: Sólidos Totales Disueltos.

Nota: valores con \* existe correlación

**Tabla 7:** Correlación Rho de Serman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época seca en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado zona Las Peñitas

		<i>Bacillariophytas</i>	<i>Cyanophytas</i>	<i>Chlorophytas</i>	<i>Dinoflagellata</i>
pH	R	0.143	0.551	0.741	0.068
	P	0.783	0.257	0.092	0.899
Temp °C	R	0.754	0.074	-0.157	-0.154
	P	0.084	0.890	0.767	0.770
OD	R	-0.371	-0.667	<b>-0.926*</b>	0.270
	P	0.468	0.148	<b>0.008*</b>	0.604
Salinidad	R	-0.657	-0.638	<b>-0.833*</b>	0.338
	P	0.156	0.173	<b>0.039*</b>	0.512
TDS	R	0.143	<b>0.928*</b>	0.525	0.541
	P	0.787	<b>0.008*</b>	0.285	0.268
Turbidez	R	-0.348	-0.309	-0.798	0.257
	P	0.499	0.551	0.057	0.623

Temp: temperatura. OD: Oxígeno Disuelto. TDS: Sólidos Totales Disueltos.

Nota: valores con \* existe correlación

**Tabla 8:** Correlación Rho de Spearman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época seca en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado zona Salinas Grandes

		<i>Bacillariophytas</i>	<i>Cyanophytas</i>	<i>Chlorophytas</i>	<i>Dinoflagellata</i>
pH	R	0.800	-	0.775	-0.775
	P	0.200	-	0.225	0.225
Temp °C	R	-0.800	-	-0.775	0.775
	P	0.200	-	0.225	0.225
OD	R	-0.200	-	-0.775	-0.258
	P	0.800	-	0.225	0.742
Salinidad	R	-0.200	-	-0.775	-0.258
	P	0.800	-	0.225	0.742
TDS	R	-0.400	-	-0.258	0.745
	P	0.600	-	0.742	0.225
Turbidez	R	-0.800	-	-0.775	0.775
	P	0.200	-	0.225	0.225

**Temp:** temperatura. **OD:** Oxígeno Disuelto. **TDS:** Sólidos Totales Disueltos.

**Nota:** valores con \* existe correlación

**Tabla 9:** Correlación Rho de Spearman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época lluviosa en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado zona de Las Peñitas

		<i>Bacillariophytas</i>	<i>Cyanophytas</i>	<i>Chlorophytas</i>	<i>Dinoflagellata</i>
pH	R	0.086	-0.257	-0.143	-
	P	0.872	0.623	0.747	-
Temp °C	R	-0.174	-0.116	0.406	-
	P	0.742	0.827	0.425	-
OD	R	0.143	-0.486	0.375	-
	P	0.787	0.329	0.468	-
Salinidad	R	0.455	-0.213	0.577	-
	P	0.364	0.686	0.231	-
TDS	R	0.086	-0.429	0.486	-
	P	0.872	0.397	0.329	-
Turbidez	R	-0.754	-0.232	-0.406	-
	P	0.084	0.658	0.425	-

**Temp:** temperatura. **OD:** Oxígeno Disuelto. **TDS:** Sólidos Totales Disueltos.

**Nota:** valores con \* existe correlación

**Tabla 10:** Correlación Rho de Serman entre concentración algal y variables fisicoquímicas en época lluviosa en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado zona Salinas Grandes

		<i>Bacillariophytas</i>	<i>Cyanophytas</i>	<i>Chlorophytas</i>	<i>Dinoflagellata</i>
pH	R	0.316	-0.500	-0.632	-
	P	0.684	0.500	0.368	-
Temp °C	R	0.000	0.316	-0.600	-
	P	1.000	0.684	0.400	-
OD	R	0.400	-0.211	-0.800	-
	P	0.600	0.789	0.200	-
Salinidad	R	0.400	-0.211	-0.800	-
	P	0.600	0.789	0.200	-
TDS	R	-0.600	0.316	0.000	-
	P	0.400	0.684	1.000	-
Turbidez	R	0.211	0.056	-0.738	-
	P	0.789	0.944	0.262	-

Temp: temperatura. OD: Oxígeno Disuelto. TDS: Sólidos Totales Disueltos.

Nota: valores con \* existe correlación

**Tabla 11:** Comparación de medias por medio del estadístico de Wilcoxon de con concentraciones algales en el estero adyacente a la reserva natural isla Juan Venado.

<b>Grupo Algal</b>	<b>Comparación de medias entre épocas (invierno y verano)</b>	<b>Comparación de medias entre zonas lluviosa</b>	<b>Comparación de medias entre zonas época seca</b>
<b>Bacillariophytas cel/l</b>	<b>Inv:</b> 544,770 <b>a</b> <b>Ver:</b> 782,100 <b>a</b>	<b>LP:</b> 811,166.6 <b>a</b> <b>SG:</b> 145,175 <b>b</b>	<b>LP:</b> 1,090,000 <b>a</b> <b>SG:</b> 441,250 <b>a</b>
<b>Chlorophytas cel/ml</b>	<b>Inv:</b> 1,266.3 <b>a</b> <b>Ver:</b> 250.2 <b>b</b>	<b>LP:</b> 1,794.8 <b>a</b> <b>SG:</b> 473.45 <b>b</b>	<b>LP:</b> 343.5 <b>a</b> <b>SG:</b> 109.4 <b>a</b>
<b>Cyanophytas cel/l</b>	<b>Inv:</b> 29,730 <b>a</b> <b>Ver:</b> 8,100 <b>b</b>	<b>LP:</b> 46,766.6 <b>a</b> <b>SG:</b> 4,175 <b>b</b>	<b>LP:</b> 13,500 <b>a</b> <b>SG:</b> 0 <b>a</b>
<b>Dinoflagellata cel/l</b>	<b>Inv:</b> 0 <b>a</b> <b>Ver:</b> 11,200 <b>b</b>	<b>LP:</b> 0 <b>SG:</b> 0	<b>LP:</b> 13,333.3 <b>a</b> <b>SG:</b> 8,000 <b>a</b>

**Inv:** Invierno. **Ver:** verano. **LP:** Las Peñitas. **SG:** Salinas Grandes

**Nota:** Medias con diferentes letras difieren significativamente ( $p < 0.05$ )