

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**



**“ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION DE LAS MICROALGAS PRESENTES EN  
LOS RIOS: LEMPA (TRAMOS CITALA, MASAHUAT Y LA BOCATOMA DE LA  
PLANTA POTABILIZADORA “LAS PAVAS” DE ANDA) Y DESAGÜE DURANTE  
LOS MESES DE MAYO A JULIO DE 2011”.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**LICENCIADA EN BIOLOGÍA.**

**PRESENTADO POR:**

**Br. GRISELDA LISSETH BAÑOS CASTRO.**

**Br. ELBA NOEMY MARTINEZ BERNAL.**

**ASESORES:**

**MSc. RICARDO FIGUEROA CERNA.**

**MSc. GEORGINA IVONNE MARIONA CASTILLO.**

**Licda. MERCEDES DE HERNANDEZ**

**MARZO, DE 2012.**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMERICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**



**“ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION DE LAS MICROALGAS PRESENTES EN  
LOS RIOS: LEMPA (TRAMOS CITALA, MASAHUAT Y LA BOCATOMA DE LA  
PLANTA POTABILIZADORA “LAS PAVAS” DE ANDA) Y DESAGÜE DURANTE  
LOS MESES DE MAYO A JULIO DE 2011”.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA.**

**PRESENTADO POR:  
Br. GRISELDA LISSETH BAÑOS CASTRO.  
Br. ELBA NOEMY MARTINEZ BERNAL.**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:  
Licdo. OSCAR ARMANDO GUERRA.**

**ASESORES:  
MSc. RICARDO FIGUEROA CERNA.  
MSc. GEORGINA IVONNE MARIONA CASTILLO.  
Licda. MERCEDES DE HERNANDEZ**

**MARZO, DE 2012.**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMERICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**



**“ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION DE LAS MICROALGAS PRESENTES EN  
LOS RIOS: LEMPA (TRAMOS CITALA, MASAHUAT Y LA BOCATOMA DE LA  
PLANTA POTABILIZADORA “LAS PAVAS” DE ANDA) Y DESAGÜE DURANTE  
LOS MESES DE MAYO A JULIO DE 2011”.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA.**

**PRESENTADO POR:  
Br. GRISELDA LISSETH BAÑOS CASTRO.  
Br. ELBA NOEMY MARTINEZ BERNAL.**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO DEL DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGIA.**

**LICDO. OSCAR ARMANDO GUERRA** \_\_\_\_\_  
**(Firma)**

**ASESORES:**

**MSc. RICARDO FIGUEROA CERNA** \_\_\_\_\_  
**(Firma)**

**MSc. GEORGINA IVONNE MARIONA CASTILLO** \_\_\_\_\_  
**(Firma)**

**LICDA. MERCEDES DE HERNANDEZ** \_\_\_\_\_  
**(Firma)**

**MARZO, 2012**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMERICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

**INGENIERO MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**VICE-RECTORA ACADEMICA**

**MAESTRA ANA MARIA GLOWER DE ALVARADO**

**SECRETARIA GENERAL**

**DOCTORA ANA LETICIA ZAVALETA DE AMAYA**

**FISCAL GENERAL INTERINO**

**LICDO. NELSON BOANERGES LOPEZ CARRILLO**

**MARZO, 2012.**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMERICA**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**

**DECANO**

**LICDO. RAUL ERNESTO AZCUNAGA LOPEZ**

**VICE-DECANO**

**ING. WILLIAM VIRGILIO ZAMORA GIRON**

**SECRETARIO**

**LICDO. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

**LICDO. OSCAR ARMANDO GUERRA**

**MARZO, 2012.**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMERICA**

## DEDICATORIA

A mi mamá Blanca Olivia Castro que me inculco desde pequeña el deseo de superación y se esforzó trabajando para que lo pudiera lograr; también me enseñó que la vida es para los valientes.

A mis hermanos Edgardo Humberto Castro, Blanca Aide Castro y Mauricio Abel Castro quienes me han apoyado y brindado su ayuda cada vez que lo he necesitado, y a mis sobrinos Nohemí, Alma, Karen, Enrique, y Marielos por brindarme su cariño y compañía siempre.

A Alba Díaz Clavel mi mejor amiga por brindarme su amistad, apoyo y aunque este lejos me ha demostrado que la amistad es para siempre; y me enseñó que tener a alguien que te ayude pase lo que pase no tiene precio.

Y a todas aquellas personas que me han brindando su amistad, consejos y enseñanzas desde el primer día de escuela hasta el día de hoy.

### **Y quiero agradecer:**

A Dios que nos guía y nos ilumina en cada momento de nuestras vidas.

A Daniel Pappalardo una gran persona que me brindo su apoyo, ayuda y amistad desde el momento que lo conocí.

A Evenia Melgar, Zuleyma Melgar, Yazmin Calles unas lindas personas que conocí por pura "casualidad" y se convirtieron en mis amigas del alma y siempre me dijeron que yo podía lograr todo lo que quisiera.

A mis primos Alejandro Castro y Fredy Castro, quienes me brindaron su apoyo cuando necesite de ellos.

Y algo que no se debe olvidar es: "*Ser valiente no es no tener miedo; si no seguir andando a pesar de tener miedo*" (Cris Morena, 2008)

*Griselda*

## **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios, fuente de vida y amor, creador de todo, y ejemplo de lo debemos ser.

A mis padres: Hugo Sandro Martínez Rivas y Mirna Elizabeth Bernal de Martínez a quienes debo y agradezco todo lo que soy y por ser mi ejemplo a seguir.

A mis hermanos: Hugo Sandro Martínez por apoyarme en mi carrera como en mi vida, a mi hermana María José Martínez por ayudarme en toda mi carrera.

A mi abuela: Miriam Bernal, por ser mi segunda madre y darme siempre las palabras que necesite para seguir adelante.

A mis tíos: William Menjivar y Claudia de Menjivar, por ser un ejemplo de amor, superación y apoyo incondicional.

A mis tíos: Soledad Martínez y Antonio Bandala, porque sin su ayuda y amor a mi familia no hubiera sido posible nada en mi vida.

A mi compañera de tesis: Griselda Baños, por no solo ser una compañera sino amiga, no pude conocer alguien con tanta disciplina y perseverancia como tú, una persona admirable.

A mis amigas Karla Hernández, Verónica Rivera, Julia Pérez, Katherine Guerra, Marcela Duarte, Jakeline y Karla Santos, por darme la fuerza y su apoyo incondicional para seguir cada meta de mi vida.

A todas y cada una de las personas que aun sin ser mencionadas en este papel han tenido una influencia en mi vida, y de alguna u otra forma han incidido en que sea la persona que soy hasta el día de hoy...."Gracias totales"

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS que nos guía en cada paso de nuestras vidas y nos da la fortaleza para lograr nuestros propósitos.

A MSc Ricardo Figueroa Cerna docente asesor que nos ayudo en el proceso de redacción del documento.

A MSc Georgina Mariona asesora externa por su aporte en la temática de microalgas.

A Licda Mercedes de Hernández por su ayuda en los muestreos y revisión del documento.

A Licdo. Rodolfo Menjivar por su vital y desinteresada ayuda proporcionando metodología, procesamiento de resultados, identificación de muestras, y bibliografía sin él la realización y culminación de la investigación no hubiese sido posible.

A Licdo. Juan Amaya por su ayuda en la identificación de muestras y la proporción de material bibliográfico.

A Licdo. Luis Pineda por su valiosa ayuda en la proporción de material bibliográfico y revisión de documento.

A Licdo. Douglas García jefe de investigación de ANDA quien confió en nosotras para la realización de tan importante investigación.

A ANDA por la disposición de transporte y proporcionarlos material de campo y laboratorio la realización de la investigación.

Al Departamento de Biología por la proporción de material e instalaciones para realizar la fase de laboratorio.

A todo el personal de transporte de ANDA quienes tan amablemente nos conducían hacia los sitios de muestreo.

A Licdo. Douglas Müller por la elaboración de los mapas de la ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

A Licdo. Roger Bautista miembro del personal de investigación de ANDA en San Salvador, por la toma de datos GPS en los sitios de muestreos.

A Álvaro Flores Escalante por la elaboración de dibujos de algunas microalgas encontradas en el estudio.

A ingeniero Miguel Sermeño por la proporción de material bibliográfico.

A Juan Gabriel Domínguez miembro del personal de investigación de ANDA en San Salvador, por la toma de datos GPS en los sitios de muestreos.

A Licda. Irma Teresa Martínez miembro del personal de investigación de ANDA en Santa Ana por acompañarnos al primer muestreo.

## INDICE

Contenido	pág.
Listado de Tabla.....	xiv
Listado de Figura.....	xvii
Resumen.....	1
I. Introducción.....	2
II. Objetivos de la investigación.....	3
III. Marco teórico.....	4
3.1. Antecedentes.....	4
3.1.1. Aspectos generales de las algas.....	4
3.1.1.1 Principales divisiones de algas de agua dulce.....	4
3.1.2 Indicadores Físico – Químico de la calidad de Agua.....	8
3.1.3 Algas como indicadores de la calidad del agua.....	10
3.1.4 Calidad del agua. ....	12
3.1.5 Importancia de las algas en los abastecimientos de agua.....	12
3.1.6 Contaminación del agua .....	13
3.1.7 Estudios anteriores realizados en la zona de estudio.....	14
4. Diseño metodológico. ....	15
4.1 Tipo de investigación.....	15

4.2 Universo, Población y Muestra. ....	15
4.3 Descripción del área de estudio.....	15
4.4 Instrumentos y técnicas de la investigación.....	25
5. Resultados. ....	29
5.1 Clasificación taxonómica.....	29
5.1.1 División Chlorophyta.....	29
5.1.2 División Cianophyta.....	31
5.1.3 División Crisophyta.....	32
5.1.4 División Euglenophyta. ....	35
5.2 Aspectos cualitativos.....	35
5.2.1 Riqueza de la división Chlorophyta.....	35
5.2.1.1 Descripción de especies más frecuentes.....	38
5.2.2 Riqueza de la División Cianophyta.....	40
5.2.2.1 Descripción de especies más frecuentes.....	42
5.2.3 Riqueza de la División Crisophyta.....	44
5.2.3.1 Descripción de especies más frecuentes.....	48
5.2.4 Riqueza de la División Euglenophyta.....	52
5.2.4.1 Descripción de especies más frecuentes.....	53
5.3 Aspectos cuantitativos.....	53
5.3.1 Abundancia (células/ litro, frecuencia relativa) de la División Chlorophyta.....	53
5.3.2 Abundancia (células/ litro, frecuencia porcentual) de la División Cianophyta.....	58
5.3.3 Abundancia (células/ litro, frecuencia porcentual)	

de la División Crisophyta. ....	61
5.3.4 Abundancia (células/ litro, frecuencia porcentual) de la División Euglenophyta. ....	68
5.3.5 Abundancia de Cianophyta, Chlorophyta, Crisophyta y Euglenophyta. Para los cinco puntos durante los tres meses de muestreo(c/l).....	69
5.3.6 Abundancia de las cuatro Divisiones durante los tres Meses de muestreo. ....	70
5.4 Parámetros físicos-químicos del agua.....	73
5.4.1 Relación Temperatura, pH, Turbidez, con la abundancia de microalgas. ....	75
5.5 Índices de diversidad. ....	77
5.5.1 Índice de diversidad alfa.....	77
5.5.1.1 Índice de diversidad Shannon-Wiener.....	77
5.5.2 Índice de diversidad Beta.....	79
5.5.2.1 Índice de Jackard.....	79
6. Análisis de los resultados.....	81
6.1 Clasificación taxonómica.....	81
6.2 Análisis cualitativo.....	82
6.3 Aspectos cuantitativos.....	85

6.4 Parámetros físico-químicos.....	89
6.5 Diversidad alfa. ....	90
6.6 Diversidad beta. ....	91
7. Conclusiones.....	93
8. Recomendaciones.....	94
9. Revisión bibliográfica.....	96
Anexos	

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>pág.</b>
1. Clasificación taxonómica de la División Chlorophyta para los cinco puntos de muestreo, Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia y Bocatóna. ....	29
2. Clasificación taxonómica de la División Cyanophyta para los cinco puntos de muestreo, Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatóna. . . . .	31
3. Clasificación taxonómica de la División Crisophyta para los cinco puntos de muestreo, Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatóna. . . . .	33
4. Clasificación taxonómica de la División Euglenophyta para los cinco puntos de muestreo, Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatóna.....	35
5. Distribución de la División Chlorophyta para Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatóna. . . . .	36
6. Distribución de la División Cyanophyta en los cinco puntos de muestreo. Citalá, Desagüe, Lempa-Metapán, Confluencia, y Bocatóna. . . . .	41
7. Distribución de la División Crisophyta en los cinco puntos de muestreo Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatóna. . . . .	45

8. Distribución de la División Euglenophyta para los cinco puntos de muestreo. Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatóna. . . . .	52
9. Abundancia de División Chlorophyta en Citalá, río Desagüe y Confluencia. . . . .	55
10. Abundancia de División Chlorophyta, en Lempa y Bocatóna planta Las Pavas. . . . .	57
11. Abundancia de la División Cianophyta en Lempa, río Desagüe y Confluencia. . . . .	60
12. Abundancia de la División Cianophyta en Lempa y Bocatóna planta Las Pavas. . . . .	61
13. Abundancia de la División Crisophyta en Citalá, río Desagüe y Confluencia. . . . .	63
14. Abundancia de la División Crisophyta, en Lempa y Bocatóna planta Las Pavas. . . . .	66
15. Abundancia de la División Euglenophyta, en Citalá, río Desagüe y Confluencia. . . . .	68
16. Abundancia de la División Euglenophyta, en Lempa y Bocatóna planta Las Pavas. . . . .	68
17. Algas que causan problemas en las plantas potabilizadoras de agua. . . . .	72
18. Parámetros físico -químicos de Citalá, Desagüe, Confluencia Lempa y Bocatóna. . . . .	74

19. Índice Shannon-weiner. Punto de entrada del río Lempa a El Salvador, río Desagüe, Confluencia, 500 metros arriba del punto de Confluencia, y Bocatóna.....	77
20. Índice de Jackard para Citalá, Desagüe, Confluencia, Lempa, Bocatóna durante los tres meses de muestreo.....	79

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>pág.</b>
1. <i>Chaetophora elegans</i> .....	5
2. <i>Oscillatoria limosa</i> .....	6
3. <i>Navicula gregaria</i> .....	7
4. <i>Euglena viridis</i> .....	8
5. Ubicación geográfica de los 5 puntos de muestreo.....	16
6. Vista panorámica del punto de muestreo (Citalá) .....	17
7. Ubicación geográfica del punto de muestreo en Citalá.....	18
8. Vista panorámica del punto de muestreo (río Desagüe) .....	19
9. Vista panorámica del punto de muestreo (río Lempa) .....	20
10. Panorámica del sitio de estudio (Confluencia Lempa- Desagüe) .....	20
11. Ubicación geográfica de los puntos en el Municipio de Masahuat.....	22
12. Vista panorámica de sitio de estudio (Bocatoma de la planta las Pavas).....	23
13. Ubicación geográfica de la Bocatoma de la planta las Pavas.....	24
14. Microalgas pertenecientes a la División Chlorophyta.....	30
15. Microalgas perteneciente a la División Cyanophyta.....	32
16. Microalgas pertenecientes a la División Crisophyta.....	34
17. Figura Microalgas pertenecientes a las división.....	35
18. <i>Hyaloteca dissiliens</i> .....	38

19. <i>Scenodesmus quadricauda</i> .....	39
20. <i>Mougeotia sp.</i> .....	39
19. <i>Gloeotrichia echinulata</i> .....	42
20. <i>Oscillatoria limosa</i> .....	43
21. <i>Spirulina sp.</i> .....	43
22. <i>Diatoma .vulgare</i> .....	48
23. <i>Fragilaria brevistriata</i> .....	48
24. <i>Melosyra granulata</i> .....	49
25. <i>Navicula gracilis</i> .....	49
26. <i>Tabellaria sp.</i> .....	50
27. <i>Navicula graciloides</i> .....	50
28. <i>Surirella sp.</i> .....	51
29. <i>Phacus sp.</i> .....	53
30. Abundancia de las cuatro Divisiones en los sitios de muestreo (c/l).....	69
31. Abundancia de las Divisiones durante mayo-julio.....	70
32. Cantidad de células por litro en los puntos durante los tres meses.....	71
35. indice Shannon Weiner Citalá, río Desagüe, Confluencia río Desagüe-Lempa, Lempa y Bocatoma durante mayo-julio.....	78
36. Índice de Jackard en los cinco sitios de muestreo.....	80.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de caracterizar la composición de Microalgas presentes en las aguas del río Lempa y río El Desagüe, que abastecen la planta potabilizadora “Las Pavas” de ANDA<sup>1</sup> llevada a cabo durante los meses de mayo, junio y julio del año 2011.

Para los muestreos se utilizó una red de fitoplancton de 20 micrómetros la cual se colocó en un punto fijo durante un periodo de 10 minutos. Las muestras se analizaron en el laboratorio utilizando microscopio compuesto, identificando y cuantificando las microalgas presentes.

Los resultados indican que la División que obtuvo mayor número de especies fue la Crisophyta con 51 está además presentó mayor índice de diversidad alfa (3.17) así como de similitud donde todos los valores se ubicaron en un rango de 0.74 a 0.82, en segundo lugar, la División Chlorophyta presentó un total de 37 especies; luego la División Cyanophyta presentó 17 especies. Y la División Euglenophyta solo presentó dos especies.

La División Crisophyta fue la más abundante en cuatro puntos de muestreo: Citalá, río Desagüe, Confluencia y las Pavas. Mientras que en el punto ubicado 500 m arriba del punto de confluencia la división más abundante fue la División Chlorophyta.

Citalá es el sitio que presentó la mayor diversidad en las cuatro divisiones presentes. Mientras que el índice de diversidad beta indica que los sitios más similares en cuanto especies compartidas con la Bocatoma de la planta Las Pavas es el río El Desagüe ya que tiene valores más altos de índice de Jackard entre Cianofitas y Clorófitas.

Los valores de los parámetros físico-químicos no presentaron variaciones significativas en los diferentes sitios

---

<sup>1</sup> Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

## 1. INTRODUCCION

La presente investigación consistió en la identificación y cuantificación de microalgas por medio de muestreos en cinco puntos específicos: Punto de entrada del agua del río Lempa proveniente de Honduras hacia El Salvador (Citalá), Punto de descarga del río El Desagüe, 500 metros arriba del punto de confluencia entre el río Lempa y el río El Desagüe (Lempa), Confluencia del río Lempa y río El Desagüe, Bocatoma de la planta potabilizadora de agua “Las Pavas” de ANDA. El período en que se llevó a cabo la investigación comprendió los meses de mayo a julio de 2011.

Debido a que el objetivo principal de la investigación fue determinar la frecuencia y distribución de la microalgas muestreadas, se realizó una clasificación taxonómica a nivel de género y especie cuando fue posible, se cuantificaron las células por litros de cada especie, la frecuencia durante los tres meses de muestreo y la distribución para conocer que sitios aportan mayor cantidad de especies y número de individuos ya que son los datos más relevantes para los fines de la investigación.

Aparte de los datos de frecuencia, distribución y abundancia se presentan índices de diversidad (alfa y beta) para reforzar dichos datos y así conocer la diversidad de cada uno de los sitios y el grado de similitud entre ellos.

En el lugar seleccionado para el desarrollo de este estudio no se había llevado a cabo ningún tipo de investigación a cerca de este tema; la implementación de estudios biológicos tales como la identificación y cuantificación de microalgas existentes en los ríos de los cuales se capta el agua complementaran los estudios Físico- químicos y microbiológicos que realiza ANDA, y así tener un mejor control y efectivo tratamiento en el proceso de potabilización de agua.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General.**

- Determinar la abundancia y distribución de las microalgas presentes en los ríos: Lempa (tramos Citalá, Masahuat, y la bocatoma de la planta potabilizadora “las Pavas de ANDA”) y Desagüe durante los meses de mayo a julio de 2011.

### **2.2 objetivos específicos.**

- Identificar las microalgas presentes en los ríos: Lempa (tramos Citalá, Masahuat, y la bocatoma de la planta potabilizadora “las Pavas de ANDA”) y Desagüe durante los meses de mayo a julio de 2011.
- Cuantificar el número de microalgas presentes en los diferentes lugares de muestreo.
- Comparar la diversidad de microalgas presentes en los diferentes muestreos.
- Comparar la distribución de las microalgas encontradas durante los tres meses de estudio.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

##### **3.1.1 Aspectos generales de las algas**

Las algas son un grupo informal de protistas en su mayor parte fotosintéticos que varían en tamaño desde las formas unicelulares microscópicas hasta las grandes algas marinas, pluricelulares. (La palabra alga significa en latín “maleza marina”). Representan un grupo diverso de organismos que en su mayor parte son fotosintéticos como las plantas, no se les considera plantas porque carecen de muchas estructuras vegetales como raíces, tallos y hojas las algas carecen de cutícula, una cubierta cerosa que reduce la pérdida de agua en los vegetales; por ello las algas están restringidas a ambientes acuosos o húmedos cuando crecen en forma activa (Solomon, 1999).

Además de clorofila  $\alpha$  y carotenos, pigmentos que se encuentran en todas las algas. La clasificación en fila o divisiones se basa en gran medida en los pigmentos constituyentes y en el tipo de productos de almacenamiento (Ville 1996).

##### **3.1.1.1 Principales divisiones de algas de agua dulce.**

###### **División Chlorophyta (algas verdes).**

Tienen pigmentos, productos de almacenamiento y paredes químicamente idéntico a la de las plantas, son fotosintéticas con clorofila a, clorofila b y carotenoides presentes en cloroplastos de una amplia variedad de formas. La principal reserva de energía es el almidón, la mayor parte de las algas verdes lo poseen, aunque algunas carecen de ello. Debido a estas semejanzas, en general se acepta que las plantas surgieron de las algas verdes ancestrales (Solomon, 1999).

Sus formas corporales van de células individuales a filamentos y laminas multicelulares, pasando por formas coloniales y algas sifonáceas (tubulares) cenocíticas. La mayor parte de las algas verdes son flageladas cuando

menos durante parte de su ciclo vital, aunque algunas pocas son por completo inmóviles (Ville, 1996).

Existen formas acuáticas y terrestres de algas verdes. Las acuáticas habitan sobre todo agua dulce, aunque también existen varias formas marinas. Sin importar el hábitat donde se encuentren, revisten importancia ecológica como la base de la cadena alimenticia, en particular en hábitat de agua dulce donde son bastante comunes (Ville, 1996).

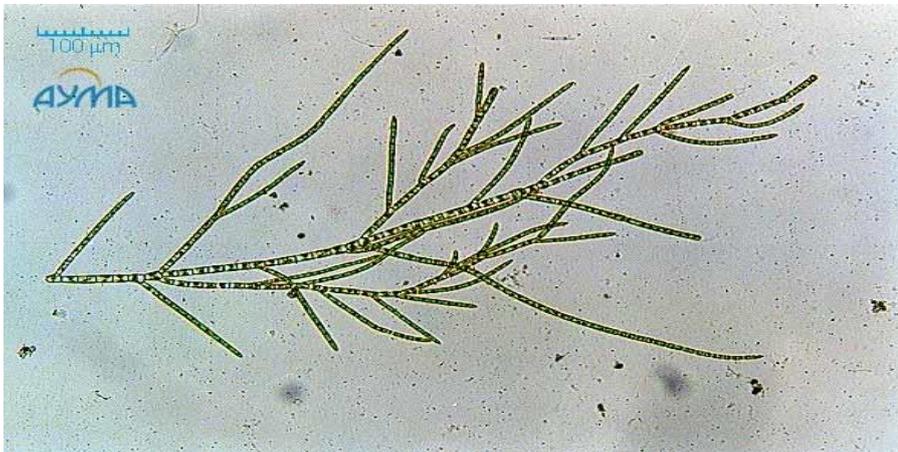


Figura 1. *Chaetophora elegans*. Fuente: Enciclopedia de la vida. [www.eol.org](http://www.eol.org) (2012).

### **División Cianophyta.**

Las cianofitas son las plantas más simples son agrupadas normalmente con las algas pero ellas están más relacionadas con las bacterias aunque se diferencian de estas por la presencia de pigmentos fotosintéticos, no poseen cromatóforos así que su pigmento se encuentra en el protoplasma. Además de clorofila y caretenoides las Cianofitas contienen ficocianina (Ville, 1996).

El grupo es comúnmente conocido como algas azul verde porque la combinación de la clorofila verde y la ficocianina azul producen esa coloración (Davis, 1955).

Las Cianofitas se desarrollan comúnmente alrededor de los tubos de entrada de los suministros de agua; en depósitos de conservación o cisternas de

agua dulce. Estas además pueden producir endotoxinas que pueden causar envenenamiento, lo cual las vuelve de importancia económica y ecológica, ya que cuando estas especies producen florecimientos, comienzan a descomponerse, robándole el oxígeno al agua así como impartiendo olores, sabores y apariencia indeseable al agua debido a las toxinas que producen y esto puede llegar a afectar tanto a hombres como animales (Margalef 1986, citado por Aguillón Ortiz 1995).

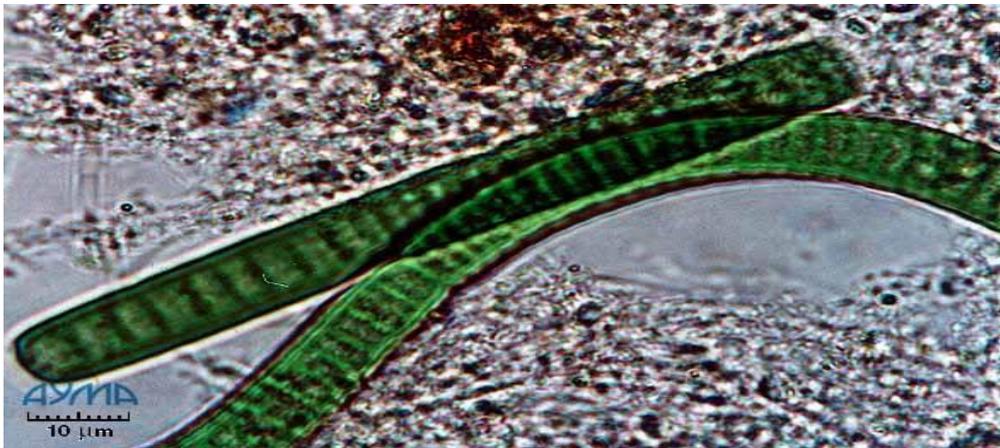


Figura 2. *Oscillatoria limosa*. Fuente: Enciclopedia de la vida [www.eol.org](http://www.eol.org) (2012).

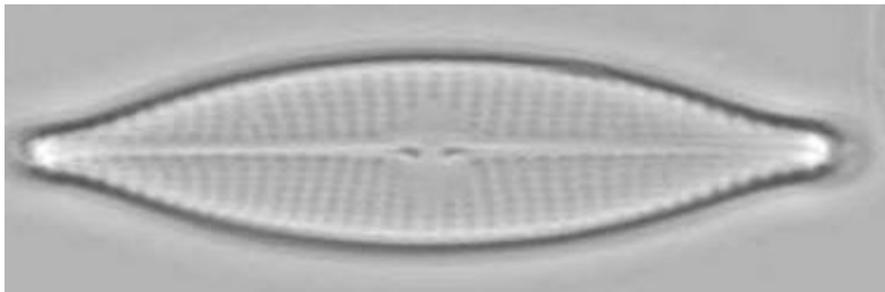
### **División Crisophyta.**

Son un grupo muy extenso y diversificado, que se subdivide en tres clases: Chrysophyceae, Xanthophyceae y Bacillariophyceae (Margalef 1983, y González de infante 1988, citado por Aguillon Ortiz 1995).

El fitoplancton de agua dulce esta mejor representado por la División Crisophyta, y esta por la clase Bacillariophyceae; conocidas comúnmente como diatomeas estas microalgas son las más importantes y básicas plantas que habitan los mares y el agua dulce estas pueden ser encontradas en cualquier ambiente acuático donde exista suficiente luz para mantener su actividad fotosintética (Davis, 1955).

Las diatomeas son plantas unicelulares, aunque algunas forman colonias el contenido de las células están encerradas en una pared celular que consiste

en dos partes. La parte superior se conoce como epiteca y la parte de abajo como hipoteca. El esqueleto está impregnado de sílice, existen dos grupos básicos de diatomeas las que tienen simetría radial (forma de rueda) y las que tienen simetría bilateral (forma de navecilla o aguja) (Davis, 1955).



**Figura 3. *Navicula gregaria*. Fuente: [www.craticula.ncl.ac.uk](http://www.craticula.ncl.ac.uk) (2012).**

### **División Euglenophyta**

Son uno de los más conocidos grupos de flagelados, comúnmente presentes en agua dulce, en especial cuando ésta es rica en materia orgánica. Sólo unos pocos miembros habitan aguas marinas o son endosimbiontes. Alrededor de un tercio son fotosintéticos por lo general poseen dos flagelos, uno largo y en forma de látigo y otro que es tan corto que no sale de la célula (Solomon, 1999).

Poseen como pigmentos clorofilas a y b, que les otorgan un color verde brillante y están unidos por tres membranas. Algunos euglenoides pierden la clorofila cuando viven en la oscuridad y obtienen nutrimentos de manera heterótrofa por ingestión de materia orgánica. Otras especies son siempre incoloras y heterótrofas La mayoría de los euglénidos pigmentados poseen también un estigma o mancha ocular, que es una pequeña mancha de pigmento rojo en un lado del bolsillo flagelar o reservorio. Este oculta una colección de cristales sensibles a la luz cerca de la base del flagelo orientado hacia adelante, de forma tal que ambos actúan juntos como una

especie de ojo direccional. El citostoma es vestigial, aunque los nutrientes pueden aún ser obtenidos mediante absorción (Solomon, 1999).

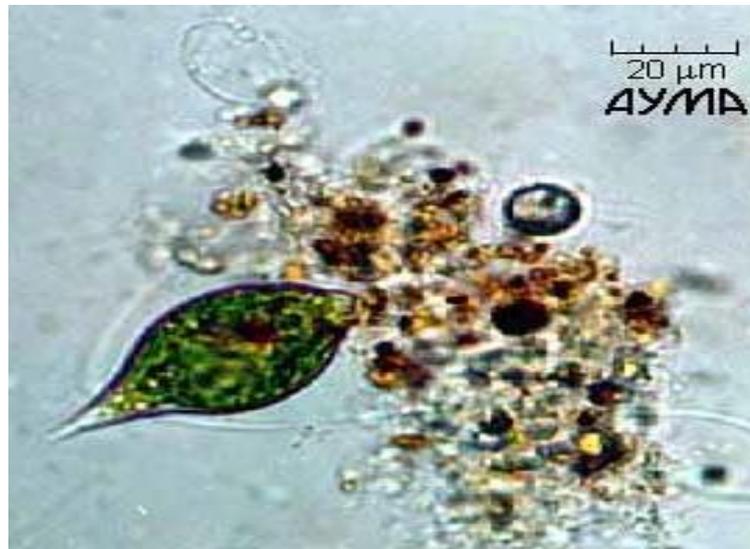


Figura 4. *Euglena viridis*. Fuente: Enciclopedia de la vida. [www.eol.org](http://www.eol.org) (2012).

### 3.1.2 Indicadores Físico – Químico de la calidad de Agua.

Existe un número significativo de los problemas causados por la contaminación del agua, por lo que es necesario evaluar los parámetros físico-químicos los cuales pueden permitir conocer o reflejar en parte el grado de polución de un cuerpo hídrico (R. de Segurado, 1991 citado por Monterrosa A. 1993) Entre ellos están:

**Color:** Es un elemento que puede ser de gran utilidad para determinar el origen de la cantidad de contaminación presentes; los colorantes reducen la penetración de la luz, limitan la fotosíntesis y por lo tanto la productividad primaria biológica, afectando además a los peces y otros predadores al disminuir la visibilidad en la captura de las presas (Ortiz *et al.*, 1990. Citado por Monterrosa A.1993.).

**Olor:** Este parámetro no puede ser medido en forma precisa y fácil, entonces se hace una simple clasificación cualitativa distinguiéndose entre los olores que varían desde la condición de putrefacto hasta la de inodoro (Ortiz *et al.*, 1990. Citado por Monterrosa A.1993.).

**Temperatura:** Un aumento de la temperatura fomenta un aumento del metabolismo de la flora y fauna presentes en el cuerpo hídrico, con un consecuente mayor consumo de Oxígeno (R de Segurado 1991 citado por Monterrosa A. 1993).

La mayoría de los organismos tienen un rango óptimo de temperatura, en cuyos extremos: el frío retarda los procesos metabólicos más importantes asociados a la respiración, crecimiento y reproducción; mientras que el calor fuerte, provoca cambios irreversibles que pueden llevar a la muerte a los individuos, aunque este cambio sea tan solo unos pocos grados (Bennet y Humphries 1978. Citado por Monterrosa A. 1993).

**pH:** La concentración del ion Hidrógeno, en el agua es muy determinante para la vida de los organismos que se encuentran en ella, ya que se considera que este ion en ciertas concentraciones es tóxico para la vida acuática; lo cual ocurre con relativa abundancia cuando el pH del agua está entre el rango de 5.0 a 9.0 aunque, muchas especies de organismos acuáticos se pueden ajustar a determinados valores de pH, cualquier cambio brusco de esta condición puede ser fatal (Ortiz *et al.*, 1990. citado por Monterrosa A. 1993).

El mismo autor manifiesta que los valores de pH, los cuales reflejan los niveles de tolerancia para el desarrollo de la biota asociada a los ecosistemas acuáticos son:

pH < 5.0 Límite inferior de supervivencia para la mayoría de las especies acuática, con excepción de algunas adaptaciones.

5.0 < pH < 9.0 Límite de tolerancia para la mayoría de las especies.

6.0 < pH < 7.2 Zona óptima para la reproducción de la mayoría de las especies.

7.5 < pH < 8.5 Zona óptima para la reproducción del plancton.

pH > 8.5 Valor por encima del cual se mueren algunas algas.

pH > 9.0 Umbral letal para muchas especies. (Especialmente salmónidos).

Los cambios de pH en el agua, originados por desperdicios industriales o causas naturales, modifican notablemente la población algal (Palmer, 1962).

### **3.1.3 Algas como indicadores de la calidad del agua.**

El fitoplancton (algas) influye directa o indirectamente sobre la calidad de agua a través de la producción de olores, sabores y en algunos casos de toxicidad en los aprovisionamientos de agua. El número y la clase de algas, junto con otros organismos que crecen en el agua superficiales, depende de las condiciones ambientales, muchas de las cuales producen dificultades cuando se hacen abundantes, tal es el caso del género *Mycrocystis* que se desarrolla óptimamente a un pH entre 9-10 y es altamente tóxica (Palmer, 1962).

El fitoplancton es un buen indicador de alteraciones ecológicas del medio y puede en un momento dado considerarse como indicadores biológicos de la calidad de agua, ya que bajo ciertas condiciones ambientales pueden llegar a multiplicarse, alcanzando altas densidades poblacionales ("blooms" o afloramientos) que ponen en peligro la calidad estética y sanitaria de un cuerpo de agua, los cuales son utilizados para el abastecimiento humano y animal (Gutiérrez y Rubio 1986. Citado por Monterrosa A. 1993).

Algunos autores consideran que a División Cyanophyta o algas azul-verdes, son indicadores de aguas tóxicas; ya que algunos géneros secretan toxinas que suelen actuar como neurotóxicas, hepatotóxicas, entre las cuales están: *Anabaena*, *Microcystis*, *Coelasmaerium*, *Nostoc*, *Gloeotrichia*, *Lyngbya*, *Nodularia*, *Oscillatoria* y *Aphanizomenon* (Monterrosa A. 1993).

A través del estudio de las algas se ha determinado que su presencia y supervivencia está muy ligada a las características medio ambientales que predominan en los distintos lugares donde habitan. La sensibilidad de respuestas de las algas al cambio en el medio ambiente, hace que exista una moderna tendencia a usarlas como indicadores de calidad ambiental (Ministerio de Educación, 1996).

Los estudios de las algas y el medio ambiente también han sido encaminados a explicar el fenómeno de los afloramientos o florecimientos observados en los diferentes cuerpos de agua, los cuales cambian de color, olor, sabor, etc. Y son provocados por transformaciones en el medio debido a variaciones climáticas, lluvia, etc. que repercuten en alteraciones en la salinidad, cambios en la temperatura y aumento de nutrientes en el agua. Tales cambios inciden en que una o pocas especies incrementen su número en forma desmedida (Ministerio de Educación, 1996).

Los afloramientos algales, pueden darse en forma natural o ser provocados por el hombre en forma indirecta (al aplicar fertilizantes en tierras cercanas a los cuerpos de agua) o de forma directa o intencional en el caso de la acuicultura o el control de agua (Ministerio de Educación, 1996).

Ejemplos de florecimientos algales en El Salvador, son los observados en el Lago de Ilopango, en la estación lluviosa, donde se ven grandes natas verdosas o amarillentas en las superficies principalmente en las zonas de Apulo, San Martín. Los problemas para el medio ambiente que tales fenómenos ocasionan son muy graves pues para los organismos acuáticos que conviven con las algas se puede producir competencia por el oxígeno disuelto en el medio, dando como resultado la muerte de muchos animales (Ministerio de Educación, 1996).

### **Algas azul- verdes**

Estos organismos habitan en ríos o lagos con grandes alteraciones ambientales, en donde forman natas de diferentes colores y olores, y en algunos casos de tipo tóxico para otros seres acuáticos (Ministerio de Educación, 1996).

### **Euglenas.**

Se aplican como indicadores de aguas ricas en materia orgánica principalmente por desechos fecales (Ministerio de Educación, 1996).

### **3.1.4 Calidad del agua.**

#### **Generalidades sobre el agua potable.**

De acuerdo a Mendoza (1998), Para que el agua sea considerada potable tiene que llenar una serie de requisitos físico – químico y microbiológico. El agua para ser potable no debe de ser imprescindiblemente tratada hay muchas fuentes de obtención, cuya agua es potable sin que haya recibido ningún tipo de tratamiento. Así mismo hay agua tratada que no es potable, si el tratamiento no es hecho adecuadamente y si el agua a la salida de la planta de potabilización no llena los requisitos indicados.

El agua confiable es aquella que sale de una fuente potable y que está constantemente bajo control analítico en los distintos puntos de la red de distribución.

#### **3.1.5 Importancia de las algas en los abastecimientos de agua.**

De acuerdo a Palmer (1962), las algas son habitantes comunes y normales de aguas poco profundas y se encuentran en todo suministro de agua expuesto a la luz del sol. Aunque algunas se encuentran en el suelo y en superficies expuestas al aire, en su gran mayoría son verdaderamente acuáticas y crecen sumergidas en el agua de estanques, lagos, depósitos, corrientes y océanos. A la mayoría de operadores de las plantas purificadoras, las algas les son conocidas por su capacidad de generar olores y sabores y de taponar filtros de arena. Además, tienen importancia por otros muchos motivos, entre los cuales se cuenta su capacidad para cambiar pH, la alcalinidad, el color, la turbiedad y, últimamente, por su influencia sobre la radioactividad del agua, algunas son, sin duda, los mas perturbadores entre los diferentes tipos de organismos molestos (Palmer, 1962).

Una de las principales razones que hacen importante a las algas es su capacidad de generar grandes cantidades de materia orgánica en el agua. Ciertas clases de algas pueden también ser perturbadores, aunque se

encuentren en pequeño número, *Synedra*, *Melosyra* *Tabellaria* reducen casi invariablemente la jornada de filtración; las acumulaciones sueltas, visibles, a veces extensas, de algas flotantes en la superficie o cerca de ella se llaman “manchas” (palmer ,1962).

### **3.1.6 Contaminación del agua.**

#### **Contaminación biológica**

Es la proveniente de los desechos producidos por seres humanos, animales domésticos y animales silvestres. Dentro de la contaminación humana se consideran las aguas de origen domestico que son una mezcla de sustancias orgánicas y minerales (Mendoza, 1998).

#### **Contaminación de origen industrial**

Los contaminantes contenidos en aguas de origen industrial son innumerables dependiendo del tipo de producción. La contaminación puede ser debida a las materias que se encuentran en suspensión mineral, a las sustancias que se encuentran en solución mineral y también a sustancias orgánicas como los desechos químicos fenólicos, orgánicos fermentables y los más peligrosos los desechos tóxicos que pueden ser de origen orgánico e inorgánico (Mendoza, 1998).

#### **Contaminación de origen agrícola**

Los contaminantes de origen agrícola pueden ser de dos tipos: el primero es causado por los pesticidas minerales a base de arsénico, mercurio, cobre y los pesticidas orgánicos, organoclorados y organofosforados (Mendoza, 1998).

El segundo problema está relacionado con abonos químicos a base de nitratos y fosfatos en cantidades mayores que aquellas que pueden ser fijadas al suelo o absorbidas por las plantas y que son arrastradas por el escurrimiento superficial, aumentando su concentración en los cuerpos hídricos superficiales (Mendoza, 1998).

### 3.1.7 Estudios anteriores realizados en la zona

El Comité Interinstitucional lago de Guija realizó un estudio de “MICROALGAS TOXICAS EN AGUAS DEL LAGO GÜIJA” ANDA/ MAG Para el año 2004 de los nueve organismos identificados en ambas muestras, fue *Microcystis* el de mayor abundancia siendo este reportado mundialmente con potencial tóxico. Para el año 2007 de los 15 organismos identificados fueron *Nostoc sp.* y *Microcystis sp.* los más abundantes.

Durante los meses de agosto a noviembre de 2009 se realizó la investigación “CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL ESTUDIO Y MONITOREO DE DIATOMEAS EN LOS PRINCIPALES RÍOS DE EL SALVADOR” realizado por Rivas, Andrés de la facultad de ciencias agronómicas de la Universidad de El Salvador encontrando 17 géneros de Diatomeas algunas clasificadas hasta especie.

En 1991 en los meses de abril a noviembre, llevo a cabo el trabajo de investigación “CARACTERIZACION DE ALGAS, PROTOZOOS E INSECTOS ACUATICOS PRESENTES EN LAS COMUNIDADES PLANCTONICAS Y BENTONICAS EN LAS AGUAS DEL RIO CHANGUITE (AFLUENTE DEL LAGO ILOPANGO), EL SALVADOR”, realizado por la tesista Ana Patricia Monterrosa, encontrando 7 Divisiones de algas: Cianophyta, Crisophyta, Cryptophyta, Chloromonadophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Rodophyta.

En 1995 se realizó la tesis titulada “RELACION DEL FITOPLANCTON CON LA CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA 1 DISTRITO DE RIEGO DE ZAPOTITAN”, por Cecilia Guadalupe Aguilón, en el cual se registraron 4 Divisiones de algas: Chlorophyta, Crisophyta, Cianophyta y Euglenophyta, 12 órdenes, 25 familias y 134 especies.

## **4. DISEÑO METODOLÓGICO.**

### **4.1 Tipo de investigación.**

El método utilizado en la investigación fue cuantitativo ya que se utilizó la medición numérica para determinar el número de microorganismos por litros de agua, índice de diversidad y la similitud de cada sitio; y cualitativo ya que se hizo un análisis descriptivo al incluir la clasificación taxonómica de los organismos encontrados, frecuencia y distribución de las microalgas presentes en los dos ríos principales que abastecen la planta potabilizadora “Las Pavas” de ANDA. Todo esto para responder las preguntas de investigación correspondientes al fenómeno de estudio (Hernández *et al.*, 2006).

El diseño fue no experimental, y el tipo descriptivo, ya que sólo se limitó a observar los acontecimientos sin interferir en los mismos (Hernández *et al.*, 2006).

### **4.2 Universo, población y muestra.**

El universo estuvo constituido por todas las microalgas existentes en los cuerpos de agua de El Salvador.

La población fueron las algas que estuvieron presentes en los dos ríos principales que abastecen la planta potabilizadora “Las Pavas” de ANDA en San Pablo Tacachico.

La muestra se tomó de las microalgas presentes en los cinco puntos de muestreo.

### **4.3 Descripción del área de estudio.**

El presente trabajo de investigación se realizó en cinco puntos específicos, el tiempo en el que se llevó a cabo esta investigación comprendió los meses de mayo a julio de 2011.



Figura 5. Ubicación geográfica de los 5 puntos de muestreo

**Punto de entrada del agua del río Lempa proveniente de Honduras hacia El Salvador:** ubicado en el municipio de Citalá Departamento de Chalatenango, este sirvió para conocer la composición de microalgas provenientes de Honduras.

**Lempa.** Proviene de la República de Honduras y comienza a formar parte del territorio nacional y de este municipio a 1.5 kilómetros al norte de la villa de Citalá. Corre con rumbo de norte a sur, la longitud que recorre dentro del municipio es de 12.5 kilómetros (Monografías del CNR<sup>2</sup>, a, s.a).

### **Clima**

El clima es cálido en la parte este, pertenece al tipo de tierra caliente; fresco en la parte oeste y pertenece al tipo de tierra templada y fría. El monto pluvial anual oscila entre 2,400 y 2,900 milímetros (Monografías del CNR, a, s.a).

### **Producción agropecuaria**

Los productos agrícolas más cultivados en el municipio son: granos básicos, café, hortalizas, papas, cebolla y frutales. En el rubro pecuario existe la crianza de ganado vacuno, porcino y caballar; así como aves de corral (Monografías del CNR, a, s.a).

La vegetación del lugar donde se tomaron las tres replicas estaba limitada a hierbas y cultivos de maíz, el sustrato del fondo era rocoso.



**Figura 6. Vista panorámica del punto de muestreo (Citalá)**

<sup>2</sup> CNR: Centro Nacional de Registros.

# MAPA DE UBICACION DE MUESTREO RIO LEMPA - CITALA

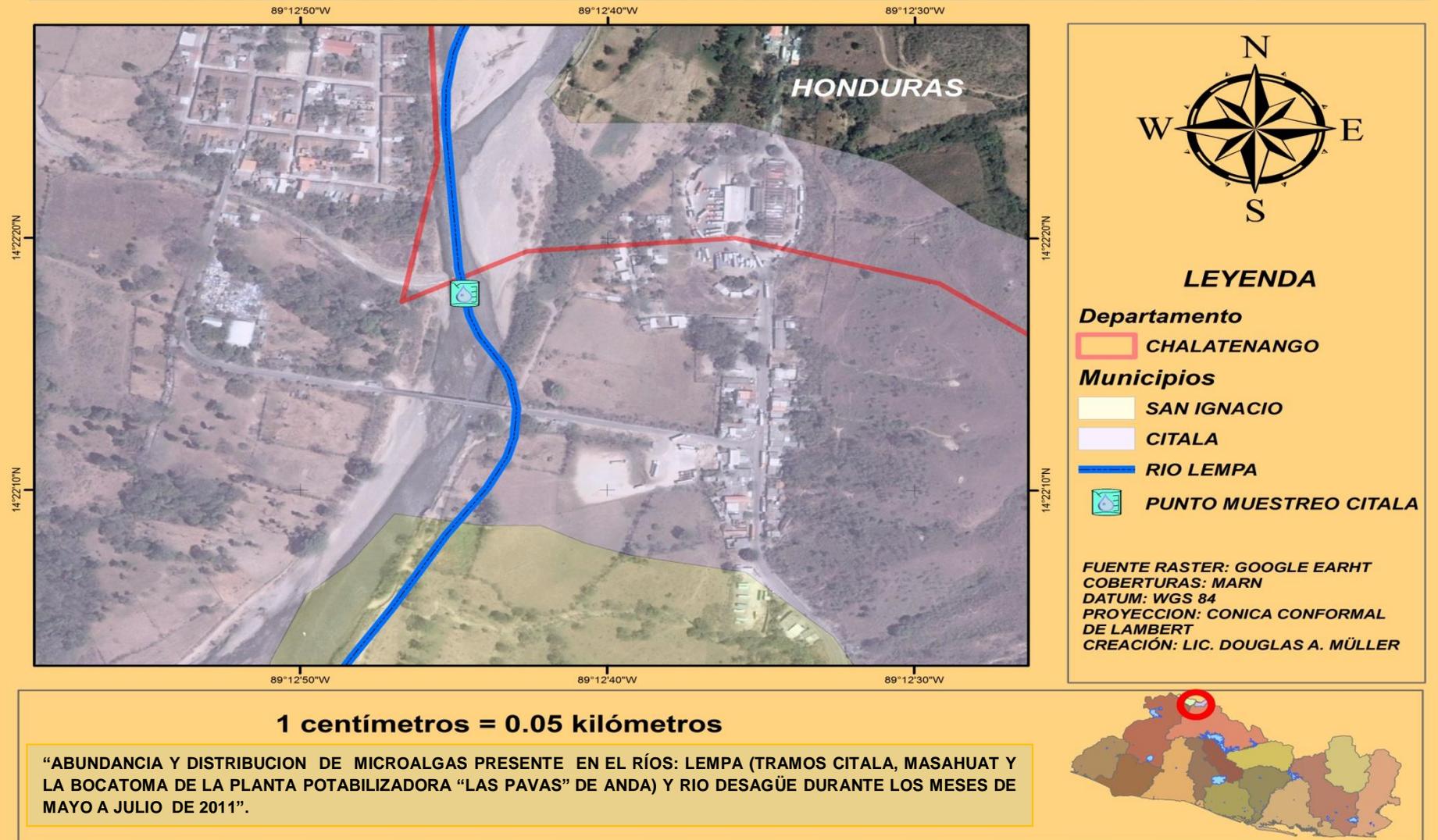


Figura 7. Ubicación geográfica del punto de muestreo en Citalá.

**Punto río El Desagüe.** Con este punto se determinó el aporte de microalgas que hace el Lago de Guija.

La vegetación de los lugares donde se tomaron las tres replicas, era herbácea con algunos árboles a la orilla, el sustrato era rocoso.



**Figura 8. Vista panorámica del punto de muestreo (Rio Desagüe).**

**Desagüe:** Es el Desagüe del Lago de Güija; su función como tal comienza a 0.4 kilómetros al suroeste de la ciudad de Metapán; corre hacia el sureste, hasta desembocar en el río Lempa; su cauce es interceptado por la presa de la Central Hidroeléctrica Guajoyo. Su longitud dentro del departamento es de 9.5 kilómetros, en él desemboca el río Guajoyo y varias quebradas (Monografías del CNR, c, s.a).

**3) 500 metros arriba del punto de confluencia entre el río lempa y el río El Desagüe, (Lempa).** Este punto sirvió para conocer la composición de microalgas del río Lempa antes de mezclarse con el río El Desagüe.

La vegetación de los lugares donde fueron tomadas las replicas era herbácea con algunos árboles a la orilla, el sustrato arena y roca



Figura 9. Vista panorámica del punto de muestreo (río Lempa).

**4) Punto de confluencia del río Lempa y río El Desagüe.** Este punto sirvió para conocer diversidad de microalgas al unirse los dos ríos y comparar como cambian las condiciones del río en este punto. La vegetación de los tres lugares donde se tomaron las replicas era herbácea y arboles en la orilla contraria donde se tomaban las replicas, el sustrato era rocoso.



FIGURA 10. Vista panorámica del sitio de estudio (Confluencia Lempa- Desagüe). A vista donde los dos ríos se unen (izquierda río Desagüe, derecha río lempa) B. Lugar donde se tomaban las muestras.

Los tres puntos están ubicados en el municipio de Masahuat, en el departamento de Santa Ana.

**Clima:** es cálido y pertenece al tipo de tierra caliente y tierra templada. El monto pluvial anual oscila entre 1,400 y 1,600 milímetros (Monografías del CNR, c, s.a).

**Producción agropecuaria.**

Entre los productos agrícolas más cultivados están: los granos básicos y hortalizas. Se practica la crianza de ganado vacuno y la de aves de corral. (Monografías del CNR, c, s.a).



Figura 11. Ubicación geográfica de los puntos en el Municipio de Masahuat.

**5) Bocatoma de la planta potabilizadora de agua Las Pavas.** Ubicado en el municipio de San Pablo Tacachico en el Departamento de La Libertad. Con este se conoció cual es la cantidad de microalgas que llega al punto donde es captada el agua.

#### **Clima.**

El clima es caluroso y pertenece al tipo de tierra caliente. El monto pluvial anual oscila entre 1,400 y 2,000 milímetros (Monografías del CNR, b, s.a).

#### **Producción agropecuaria.**

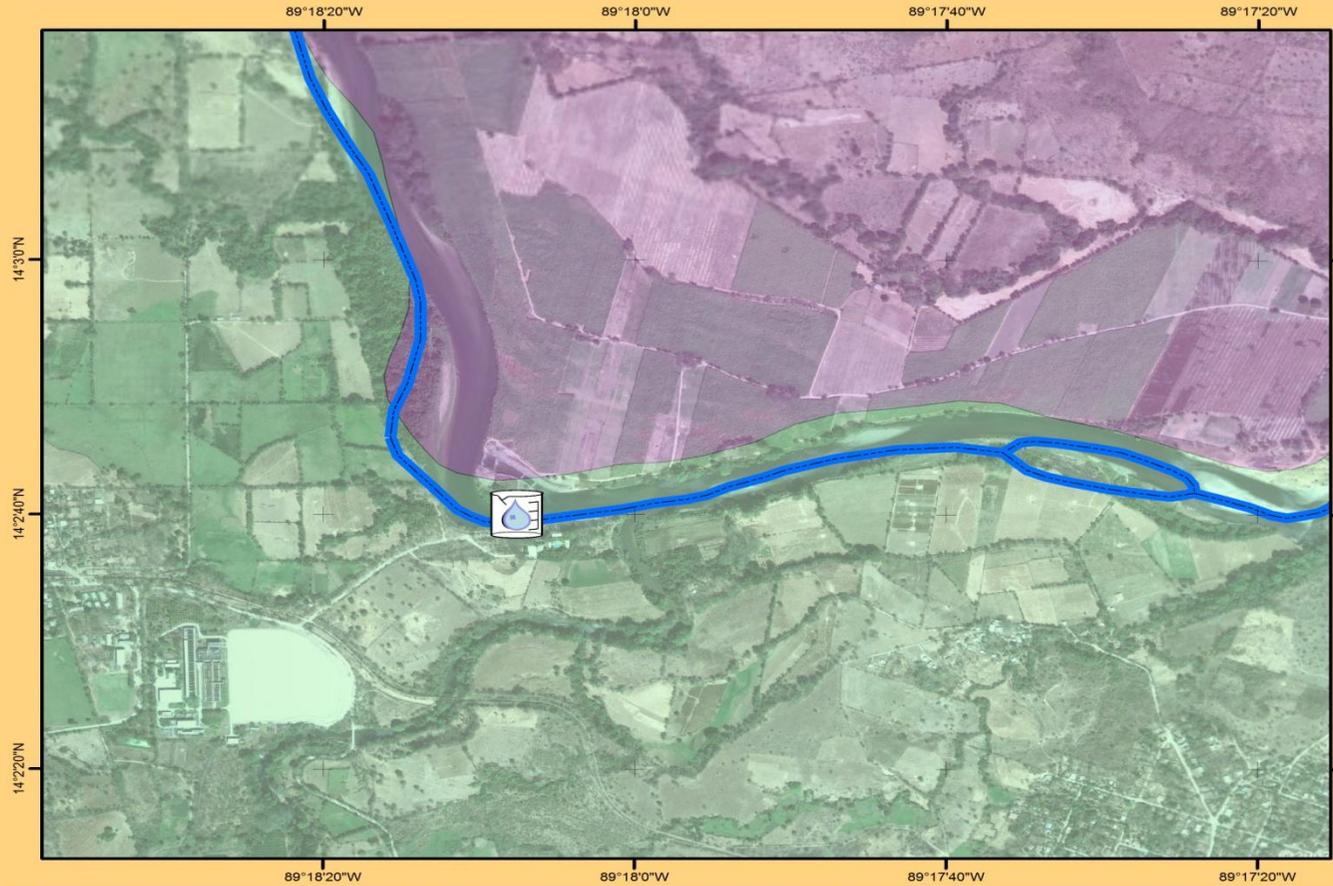
Los productos agrícolas de mayor cultivo dentro del municipio son: granos básicos, café, hortalizas, frutas, ajonjolí y caña de azúcar. Existe la crianza de ganado vacuno, porcino y equino; así como aves de corral pero en menor escala (Monografías del CNR, b, s.a).

Existen arboles en uno de los lugares donde se toma una de las replicas los otros dos lugares carecen de vegetación, el sustrato es rocoso donde se toma una de las replicas en la segunda es fangoso; en los coladores de la planta donde se tomaba una de las muestras era desconocido.



**Figura 12. Vista panorámica del sitio de estudio (Bocatoma)**

# MAPA DE UBICACION DE MUESTREO RIO LEMPA - PLANTA LAS PAVAS



## LEYENDA

### Municipios

- S. P. TACACHICO
- NUEVA CONCEPCION

### Ríos

- RÍO LEMPA

### PUNTO MUESTREO

- LAS PAVAS

FUENTE RASTER: GOOGLE EARTH  
COBERTURAS: MARN  
DATUM: WGS 84  
PROYECCION: CONICA CONFORMAL DE LAMBERT  
CREACION: LIC. DOUGLAS A. MÜLLER

**1 centímetros = 0.13 kilómetros**

“ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION DE MICROALGAS PRESENTE EN EL RÍOS: LEMPA (TRAMOS CITALA, MASAHUAT Y LA BOCATOMA DE LA PLANTA POTABILIZADORA “LAS PAVAS” DE ANDA) Y RIO DESAGÜE DURANTE LOS MESES DE MAYO A JULIO DE 2011”.

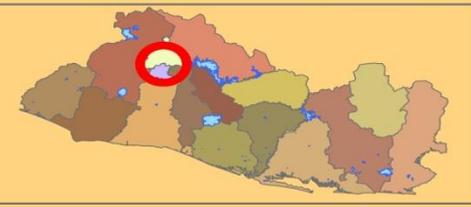


Figura 13. Ubicación geográfica de la Bocatoma de la planta las Pavas.

#### **4.4 Instrumentos y técnicas de la investigación.**

Para la toma de las muestras se introdujo la red de fitoplancton de 20 micrómetros manteniéndola en el agua (Anexo 1A y 1B) durante un tiempo de diez minutos en contra de la corriente Menjivar (2011)<sup>3</sup> (com. Per), en cada punto de muestreo se tomaron 3 replicas a una distancia de 100 metros cada una, posteriormente se colocó cada muestra colectada en 3 frascos de plástico de 500 ml fijándolas con formalina al 4% neutralizadas con bórax (Anexo 1C). En fichas de papel resistente al agua se hicieron las anotaciones correspondientes a cada muestra tomada (Anexo 2). Las muestras colectadas se transportadas a temperatura ambiente al laboratorio. Los muestreos se realizaron durante tres meses, cada quince días.

#### **Parámetros Físico-Químicos.**

Los parámetros físicos–químicos medidos en cada punto fueron: pH, para realizar las mediciones se utilizó un pH-metro de campo marca HANNA (Anexo 4A), sumergiendo el electrodo del mismo en una muestra de agua contenida en un beaker plástico de 100 ml y esperando un minuto para obtener una lectura estable.

Turbidez para realizar las mediciones se utilizó un turbidímetro de campo marca HACH modelo 1100P (Anexo 4B), colocando la muestra en una celda de vidrio de 15 ml, la cual se introduce en el turbidímetro para obtener la lectura respectiva presionando la tecla “read”.

Temperatura del agua se introducía un termómetro de mercurio durante 1 minuto directamente en el punto donde se colectaba la muestra. (Anexo 4C). Temperatura ambiente se tomó sosteniendo un termómetro de mercurio en el aire durante 1 minuto. (Anexo 4D).

Estos parámetros fueron tomados directamente en cada uno de los cinco puntos de muestreo donde se tomaron tres replicas, luego se sacó un

---

<sup>3</sup> Rodolfo Menjivar, Biólogo, Universidad de El Salvador, Escuela de Biología, 2011.

promedio de las tres replicas para cada parámetro y así tener un solo valor para cada punto.

### **Fase de laboratorio.**

Las muestras se analizaron en laboratorio, donde se espero a la precipitación de las partículas y se extrajo este precipitado, para luego ser observado al microscopio para la identificación y cuantificación de los organismos presentes en dichas muestras.

Para esto se utilizaron tres laminas en cada una se colocó una gota del precipitado, de cada una de las muestras, se observaron en un microscopio de campo claro (Anexo 3A y B) se contó en zigzag el total de microalgas, se sumo y se sacó un promedio para luego hacer la conversión por regla de tres a mililitros y luego a litros. Para la clasificación taxonómica se utilizaron claves taxonómicas de Palmer (1962), Prescott (1970), Charles C. Davis (1955), la Enciclopedia de la vida (virtual), Libro de microbiología de Gilbert Smit. (1955).

### **Análisis de los datos.**

- **cualitativo**

Se elaboró un listado de especies de microalgas encontradas donde cada organismo se clasificó a nivel de género y especie cuando fue posible, y una tabla de la distribución de cada especie durante los tres meses; además de la descripción basada en la literatura de aquellas especies que fueron más frecuentes.

- **Cuantitativo**

Para el análisis cuantitativo se elaboró un listado de microalgas por división donde se colocó la cantidad de individuos contabilizados por litro de agua de cada especie en los diferentes puntos de muestreo.

También se optó por utilizar índices de diversidad para conocer cómo se comportan las microalgas de un sitio a otro y así determina su riqueza y similitud en base a los resultados mostrados por estos.

Índices para medir La Diversidad Alfa (a): Permiten el cálculo de la diversidad presente en un sitio.

#### • Índice de Shannon – Wiener

En la presente investigación se optó por utilizar este índice ya que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies muestreadas (Odum, 1972, Citado por Cuellar, 2007).

(Odum, 1972, Citado por Cuellar, 2007). Identificó el Índice de Shannon – Wiener como una función que combina dos componentes de diversidad: primero el número de especies y segundo la igualdad de la distribución de individuos en las diversas especies.

$$\text{Su fórmula es: } H = - \sum p_1 \ln p_1$$

Donde: H= diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima,  
 $P_1$  = número de especies de la comunidad

Se determinó utilizando los datos de células por litro de cada punto de muestreo durante los tres meses.

#### • Índice de diversidad beta.

##### **Índice de similitud/disimilitud; coeficiente de similitud de Jackard.**

Expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies que se presentan en ellas.

$$\text{Su fórmula es: } I_j = c / a+b-c$$

Donde: a = número de especies presentes en el sitio A,

b = número de especies presentes en el sitio B,

c = número de especies presentes en ambos sitios (Cuellar, 2007).

Este índice se determinó utilizando una tabla de ausencia- presencia de cada uno de los cinco puntos de muestreo.

Se utilizó el software de Species Diversity and Richness de la Universidad de Oxford para el índice de Shannon, y el Software Past para determinar la diversidad Beta.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Clasificación taxonómica.

#### 5.1.1 División Chlorophyta.

En la tabla 1, se presenta la clasificación de la División Chlorophyta en los cinco puntos de muestreo durante los meses de mayo, junio y julio, donde se contabilizaron 10 ordenes, 17 familias, 27 géneros y 37 especies.

**Tabla 1. Clasificación taxonómica de la División Chlorophyta para los cinco puntos de muestreo, Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia y Bocatoma.**

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	FORMA DE IDENTIFICACION	
Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Chaetophora</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
		<i>Stigeoclonium</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
Chlorococcales	Oocystaceae	<i>Chlorella</i>	<i>saccharophila</i> var. <i>Ellipsoidea</i>	Prescott , 1970	
		<i>Oocystis</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
	Hydrodictyceae	<i>Hydrodictium</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
		<i>Pediastrum</i>	<i>boryanum</i>	Palmer , 1962	
			<i>duplex</i>	Palmer , 1962	
	<i>gracillimum</i>		Palmer , 1962		
Volvocaceae	<i>Eudorina</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962		
	<i>Volvox</i>	<i>aureus</i>	Palmer , 1962		
Ctenocladales	Ctenocladaceae	<i>Protococcus</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
Microsporales	Microsporaceae	<i>Microspora</i>	<i>amoena</i>	Palmer , 1962	
			<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	<i>sp.</i>	Ortiz , 1995	
Prasiolales	Prasiolaceae	<i>Stichococcus</i>	<i>bacillaris</i>	Palmer, 1962	
Sphaeropleales	Ankistrodesmaceae	<i>Ankistrodesmus</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>	<i>Coleastrum</i>	<i>microsporum</i>	Palmer , 1962
			<i>acuminatus</i>	Palmer , 1962	
			<i>quadricauda</i>	Palmer , 1962	
			<i>longispina</i>	Palmer , 1962	
<i>opoliencis</i>	Palmer , 1962				
Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i>	<i>euqualis</i>	Prescott ,1970	
Zygnematales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i>	<i>botrytis</i>	Palmer , 1962	
			<i>reniforme</i>	Palmer ,1962	
		<i>Hyalotheca</i>	<i>dissiliens</i>	Palmer , 1962	
		<i>Micrasterias</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
	Closteriaceae	<i>Closterium</i>	<i>Staurastrum</i>	<i>paradoxum</i>	Palmer , 1962
			<i>articule</i>	Ortiz , 1995	
			<i>lunula</i>	Ortiz , 1995	
	Mesotaeniaceae	<i>Mesotaenium</i>	<i>gregii</i> var. <i>Breve</i>	Smit , 1955	
			<i>Nectrium</i>	<i>digitus</i>	Smit , 1955
	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>	<i>sp.</i>	Palmer, 1962	
			<i>Spirogyra</i>	<i>sp.</i>	Ortiz , 1995
<i>Zignema</i>			<i>sp.</i>	Palmer, 1962	

En la figura 14, se muestran las microalgas pertenecientes a la División Chlorophyta encontradas en el estudio.

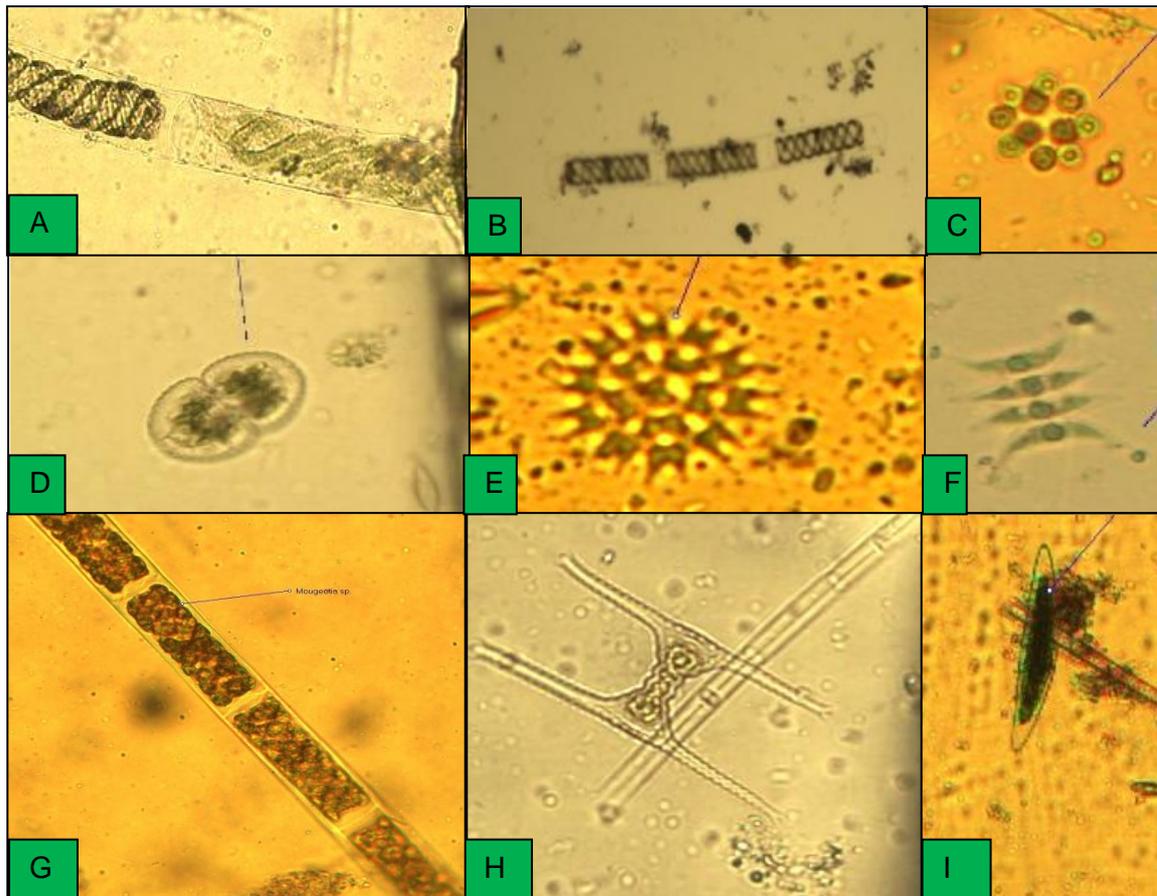


Figura 14. Microalgas pertenecientes a la División Chlorophyta; A- *Spirogyra sp.* (400X), B-*Spirogyra sp.* (100x), C- *Coleastrum microsporum.* (400x), D- *Cosmarium botrytis* (400x), E- *Pediastrum boryatum* (400x) F- *Scenedesmus opoliensis* (400x), G-*Mougeotia sp.* H- *Staurastrum paradoxum* (400x) i- *Closterium lunula* (400x).

### 5.1.2 División Cyanophyta

En la tabla 2, muestra la clasificación de la División Cyanophyta presentes en los cinco puntos de muestreo, donde se contabilizaron 5 órdenes, 7 familias, 14 géneros y 18 especies diferentes.

**Tabla 2. Clasificación taxonómica de la División Cyanophyta para los cinco puntos de muestreo, Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatoma.**

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	FORMA DE IDENTIFICACION
Chroococcales	Microcystaceae	<i>Anacystis</i>	<i>sp.</i>	Palmer, 1962
Stigonematales	Stigonemataceae	<i>Stigonema</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962
Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Agemenellum</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962
		<i>Coelasphaerium</i>	<i>kuetzingianum</i>	Prescott, 1970
		<i>Merismopedia</i>	<i>elegans</i>	Palmer , 1962
Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	<i>constricta</i>	Palmer , 1962
		<i>Aphanizomenom</i>	<i>flos-aquae</i>	Smit , 1955
		<i>Nodularia</i>	<i>chucula</i>	Palmer, 1962
		<i>Nostoc</i>	<i>pruniforme</i>	Palmer , 1962
	Rivulariaceae	<i>Gloeotrichia</i>	<i>echinulata</i>	Prescott, 1970
		<i>Rivularia</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	<i>lauterbonii</i>	Palmer, 1962
			<i>limosa</i>	Palmer , 1962
			<i>tenuis</i>	Prescott, 1970
	<i>Spirulina</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
	Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962
			<i>retzii</i>	Palmer , 1962

En la figura 15, se muestran las microalgas pertenecientes a la División Cyanophyta encontradas en el estudio.

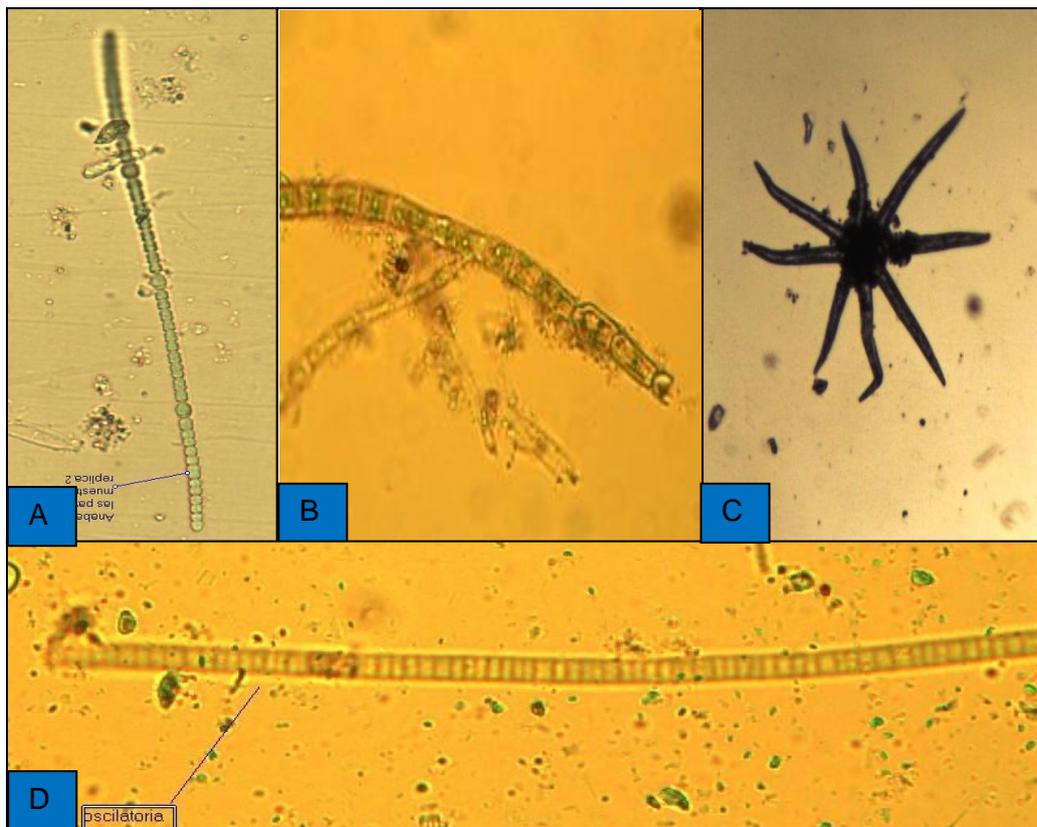


Figura 15. Microalgas perteneciente a la División Cyanophyta; A- *Anabaena constricta* (400x), B- *Goeotrichia echinulata* (40x), C- *Stigonema sp.* (400x), D- *Oscillatoria tenuis* (400x).

### 5.1.3 División Crisophyta.

En la tabla 3, se muestra la clasificación de la División Crisophyta donde se contabilizaron 15 órdenes, 22 familias, 37 géneros y 51 especies.

**Tabla 3. Clasificación taxonómica de la División Crisophyta para los cinco puntos de muestreo, Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatoma**

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	IDENTIFICACION	
Acnanthales	Achnanthaceae	<i>Achnanthes</i>	<i>exigua</i>	Ortiz , 1995	
	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>placentula</i>	Ortiz , 1995	
Bacilliriales	Bacilliriaceae	<i>Denticula</i>	<i>sp.</i>	Ortiz , 1995	
		<i>Hantzschia</i>	<i>amphioxys</i>	Ortiz , 1995	
		<i>Nitzschia</i>	<i>Palea</i>	Smit , 1955	
			<i>Planea</i>	Smit , 1955	
			<i>sigma</i>	Smit , 1955	
<i>sp.</i>	Palmer, 1962				
Bidduphiales	Bidduphiaceae	<i>Terpsinoe</i>	<i>música</i>	Ortiz , 1995	
Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>	<i>sp.</i>	Palmer, 1962	
Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Diatoma</i>	<i>Vulgare</i>	Ortiz , 1995	
		<i>Fragilaria</i>	<i>alpestri</i>	Ortiz , 1995	
			<i>brevistrata</i>	Ortiz , 1995	
			<i>capuccina</i>	Ortiz , 1995	
		<i>Synedra</i>	<i>ulna</i>	Ortiz , 1995	
<i>Opephora</i>	<i>martyi</i>	Ortiz , 1995			
Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus</i>	<i>sp.</i>	Palmer, 1962	
Meloseirales	Melosiraceae	<i>Melosyra</i>	<i>granulata</i>	Palmer , 1962	
Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i>	<i>lindheimeri</i>	Palmer , 1962	
	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962	
	Naviculaceae	<i>Anomoeoneis</i>	<i>sphaerophora</i>	Smit, 1955	
		<i>Caloneis</i>	<i>amphisbaena</i>	Palmer, 1962	
		<i>Geissleria</i>	<i>sp.</i>	Palmer, 1962	
		<i>Navicula</i>	<i>exigua var. Capitata</i>	Ortiz, 1995	
			<i>gracilis</i>	Ortiz , 1995	
			<i>graciloides</i>	Ortiz , 1995	
	<i>petersenii</i>		Ortiz, 1995		
	<i>radiosa</i>	Ortiz, 1995			
	<i>sp.</i>	Palmer, 1962			
Pinnulaceae	<i>Pinnularia</i>	<i>sp.</i>	Palmer , 1962		
Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i>	<i>attenuatum</i>	Palmer, 1962		
	<i>Pleurosigma</i>	<i>sp.</i>	Ortiz, 1995		
Pennales	Fragilariaceae	<i>Asterionella</i>	<i>formosa</i>	Palmer, 1962	
Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Ephitemia</i>	<i>turgida</i>	<a href="http://www.oel.org">www.oel.org</a>	
		<i>Rhopalodia</i>	<i>Bigga</i>	Palmer, 1962	
Surirellales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura</i>	<i>solea</i>	Ortiz, 1995	
		<i>Stempoterobia</i>	<i>sp.</i>	Palmer, 1962	
		<i>Surirella</i>	<i>sp.</i>	Palmer, 1962	
Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i>	<i>sp.</i>	Palmer, 1962	
Thalassioophysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	<i>ovalis</i>	Palmer, 1962	
Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Stephanodiscus</i>	<i>sp.</i>	Smit , 1955	
		<i>Cyclotella</i>	<i>sp.</i>	Ortiz , 1995	
Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	<i>cistula</i>	Smit , 1955	
			<i>tumida</i>	Smit , 1955	
			<i>ventricosa</i>	Smit , 1955	
	<i>Brebissonia</i>	<i>Sp.</i>	Palmer, 1962		
	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphoneis</i>	<i>herculiana</i>	Ortiz , 1995
			<i>acuminatum var. brebisoni</i>	Ortiz , 1995	
			<i>parbalum</i>	Ortiz, 1995	
<i>oliveaceum</i>			Ortiz , 1995		
Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia</i>	<i>curvata</i>	<a href="http://www.oel.org">www.oel.org</a>		

En la figura 16, se muestran las microalgas de la División Crisophyta.

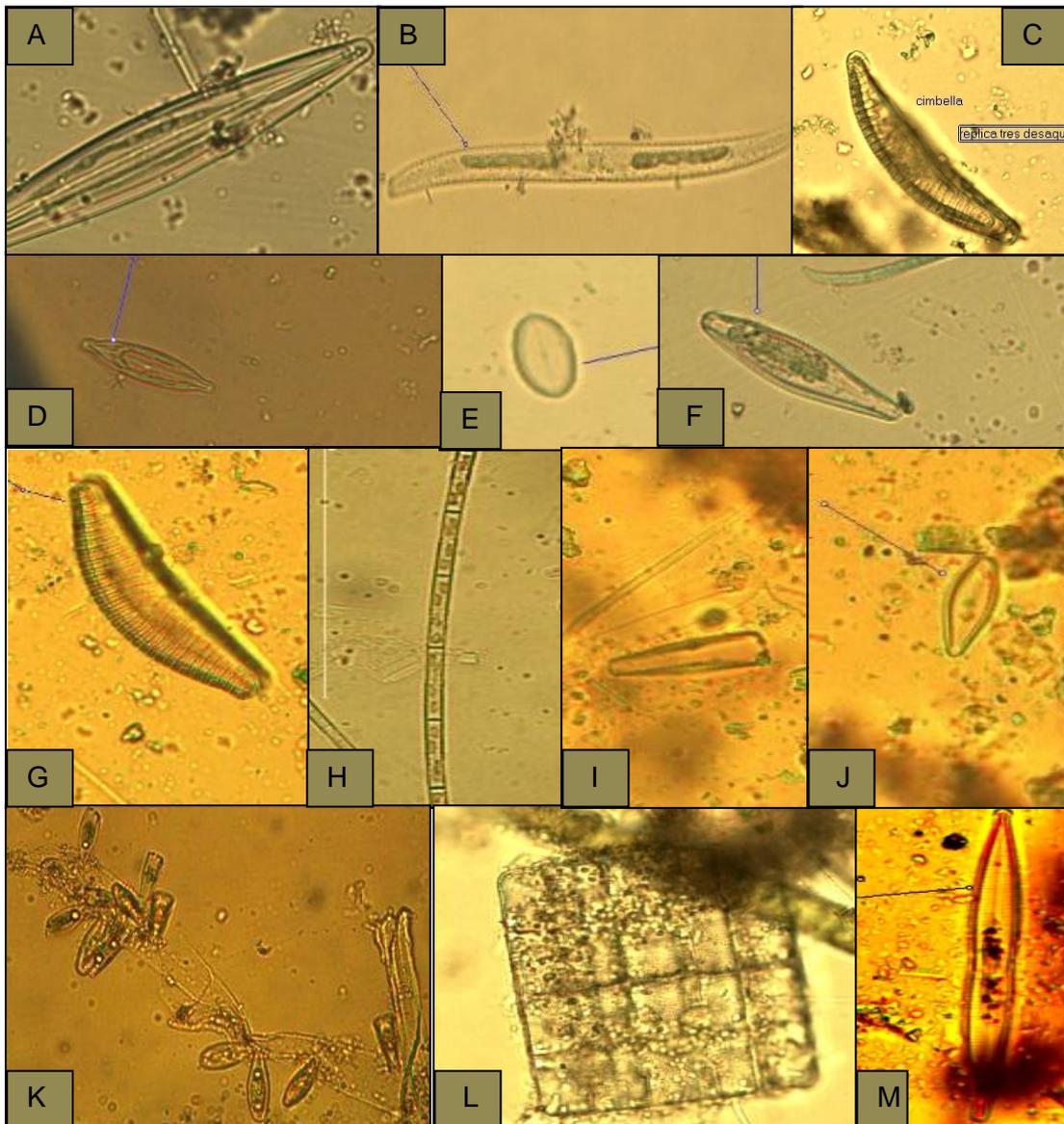


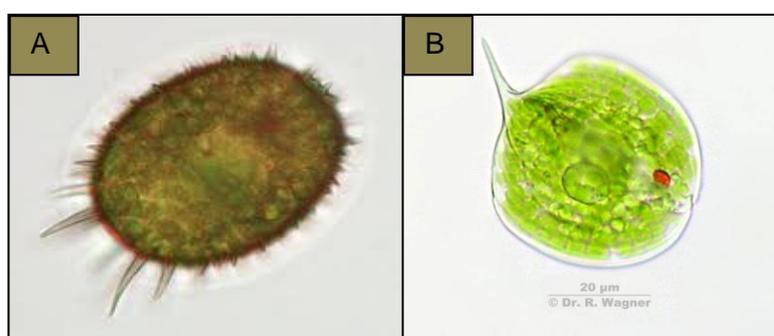
Figura 16. Microalgas pertenecientes a la División Crisophyta; A- *Amphipleura lindheimeri*. (400x), B- *Nitzschia sigma* (400x), C- *Cymbella cistula* (400x), D- *Anomoeoneis sphaerophora* (400x), E- *Cocconeis placentula* (400x), F- *Gomphoneis herculiana* (400x), G- *Cymbella tumida*. (400x), H- (400x), I- *Gomphonema acuminatum* var. *brebissoni* (400x), J- *Gomphonema parbalum* (400x), K- colonia *Gomphonema parbalum* (400x), L- *Terpsione musica* (400x), M- *Fragilaria capuccina* (400x).

### 5.1.4 División Euglenophyta

En la tabla 4, se muestra la clasificación taxonómica de la División Euglenophyta donde se encontró solo dos géneros con sus especies correspondientes; pertenecientes a un orden y una familia.

**Tabla 4. Clasificación taxonómica de la División Euglenophyta para los cinco puntos de muestreo, Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatoma.**

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	FORMA DE IDENTIFICACION
Euglenales	Euglenaceae	Phacus	sp.	Palmer 1962
		Trachelomona	Crebea	Palmer 1962



**Figura 17. Microalgas pertenecientes a las división Euglenophyta; A- Trachelomona crebea (400x), B- Phacus sp. (400x).Fuente: [www.cfb.edu](http://www.cfb.edu) (2012)**

## 5.2 Aspectos cualitativos.

### 5.2.1 Riqueza de División Chlorophyta

En la tabla 5 se presenta la distribución de la División Chlorophyta para los cinco puntos de muestreos, donde se puede observar que punto ubicado en la entrada del río Lempa hacia El Salvador es el sitio que presenta mayor numero de especie con un total de 21 especies, siendo *Mougeotia sp.*, *Scenodesmus quadricauda*, *Hyaloteca dissiliens* Las especies que están presente en todos los sitios.





### 5.2.1.1 Descripción de especies más frecuentes.

***Hyaloteca dissiliens***. Las células se encuentran recubiertas de una sustancia hialina -de ahí el nombre del género-. Esta cubierta protectora está formada por mucílago que no sólo le sirve de protección sino también como elemento de adherencia para su dispersión ([www.proyectoagua.com](http://www.proyectoagua.com), 2012).

Las células de *Hyalotheca* no muestran ninguna particularidad morfológica aparente y además están tan íntimamente y ampliamente unidas que parece tratarse de un organismo filamentososo, cuando en realidad es una colonia muy bien alineada ([www.proyectoagua.com](http://www.proyectoagua.com), 2012).

**Hábitat:** *Hyalotheca* vive en aguas dulces y está ampliamente repartida por todo el Planeta, prefiere las aguas algo ácidas y pobres en materia orgánica. ([www.proyectoagua.com](http://www.proyectoagua.com), 2012).



**Figura 18. *Hyaloteca dissiliens***  
(Foto tomada de [www.proyectoagua.com](http://www.proyectoagua.com)).

***Scenodesmus quadricauda***. Las colonias consisten de 2-4-8 células cilíndricas-oblongas usualmente de 1 serie (a veces de 2 series alternas) las células externas con una larga y curvada espina a los lados, las células

anteriores sin espinas. El tamaño de la célula varía entre 3-18 micrómetros de diámetro y 9-35 micrómetros de largo (Prescott, 1970).

**Hábitat.** Aguas superficiales vive en la oscuridad aguas alcalinas y alta concentración de nutrientes (Prescott, 1970).

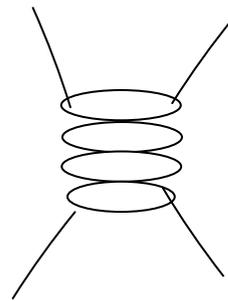
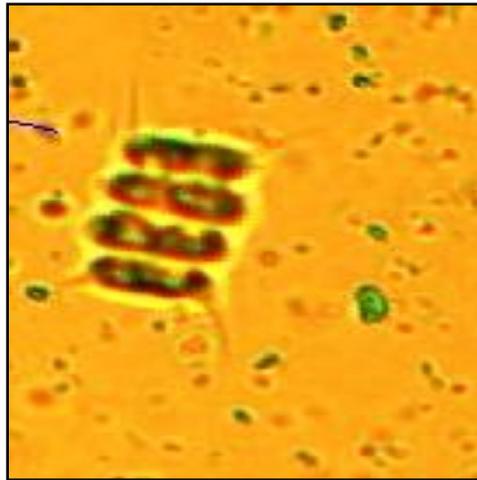


Figura 19. *Scenedesmus quadricauda*.

***Mougeotia sp.*** Las especies de este género poseen cloroplastos que forman una placa ancha que se extiende en toda la longitud de la célula.

**Hábitat:** agua dulce, superficiales (Palmer, 1962).

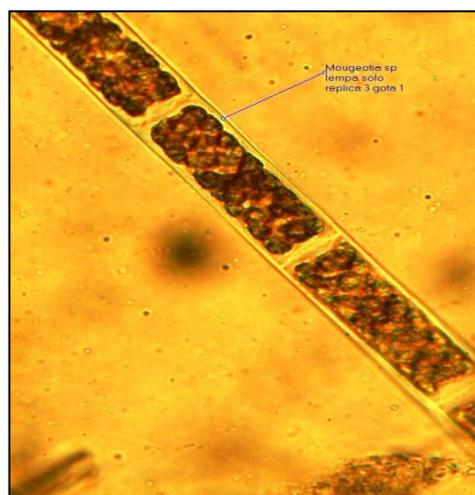


Figura 20. *Mougeotia sp.*

### 5.2.2 Riqueza de la División Cyanophyta

En la tabla 6 se presenta la frecuencia de la División Cyanophyta para los cinco puntos de muestreo donde se observa que el sitio que presentó la menor cantidad de especies es el río El Desagüe con 8 especies mientras que los demás presenta un promedio entre 10 y 11 especies siendo las especies, *Gloeotrichia echinulata*, *Spirulina sp.* *Oscillatoria limosa* las que estuvieron presentes en los cinco sitios y durante los 3 meses de muestreo.

Tabla 6. Distribución de la División Cyanophyta en los cinco puntos de muestreo. Citalá, Desagüe, Lempa-Metapán, Confluencia, y Bocatoma

Ausencia  Presencia     

Nº	Género	Especie	Citalá			Rio Desagüe			Confluencia			Lempa			Bocatoma			
			MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	
1	<i>Agmenellum</i>	<i>sp.</i>				Green		Green				Purple						
2	<i>Anabaena</i>	<i>constricta</i>		Orange			Green						Purple		Blue	Blue		Blue
3	<i>Anacystis</i>	<i>sp.</i>		Orange		Green	Green	Green										
4	<i>Aphanizomenun</i>	<i>flos-aquae</i>							Red				Purple					Blue
5	<i>Coelasphaerium</i>	<i>kuetzingianum</i>	Orange							Red	Red							
6	<i>Gloeotrichia</i>	<i>echinulata</i>		Orange	Orange		Orange			Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue
7	<i>Merismopedia</i>	<i>elegans</i>			Orange													
8	<i>Nodularia</i>	<i>chucula</i>															Blue	
9	<i>Nodularia</i>	<i>spumigena</i>															Blue	
10	<i>Nostoc</i>	<i>proniforme</i>	Orange						Red									
11	<i>Oscillatoria</i>	<i>lauterbonii</i>	Orange	Orange		Green			Red				Purple				Blue	Blue
12	<i>Oscillatoria</i>	<i>limosa</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Blue
13	<i>Oscillatoria</i>	<i>tenuis</i>	Orange	Orange						Red			Purple	Purple			Blue	
14	<i>Phormidium</i>	<i>retzii</i>				Green		Green		Red				Purple				
15	<i>Phormidium</i>	<i>sp.</i>																Blue
16	<i>Spirulina</i>	<i>sp.</i>		Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Purple	Blue
17	<i>Stigonema</i>	<i>sp.</i>												Purple				
18	<i>Rivularia</i>	<i>sp.</i>		Orange	Orange		Green	Green	Green		Red	Red	Red	Purple	Purple		Purple	Blue

### 5.2.2.1. Descripción de especies más frecuentes.

***Gloeotrichia echinulata***. Cianofita con un mucílago esférico de muchos tricomas radiales a un centro común. Células esféricas o en forma de barril hacia la base, alargado y cilíndrico en la parte distal, con muchas pseudovacúolas. Diámetro 8.0-10.0 micrómetros, heterocisto esférico de 10.0 micrómetros (Moreno, 2000).

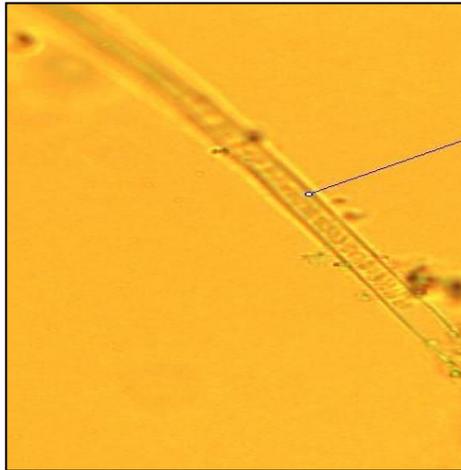
**Hábitat:** Especie ticoplanctica y epífita. De aguas dulces, indicadora de oligosaprobiedad. (Aguas con impurezas o contaminación muy débil) (Moreno, 2000).



Figura 21. *Gloeotrichia echinulata*.

***Oscillatoria limosa***. Los tricomas usualmente forman una masa de plantas verde oscura o pardusca se adhiere a objetos sumergidos formando películas en los fondos arenosos. Aunque raramente solitarias enredadas en algas filamentosas. Las células tienen de 12-18 micrómetros de diámetro y 3.7-5 micrómetros de ancho (Prescott ,1970).

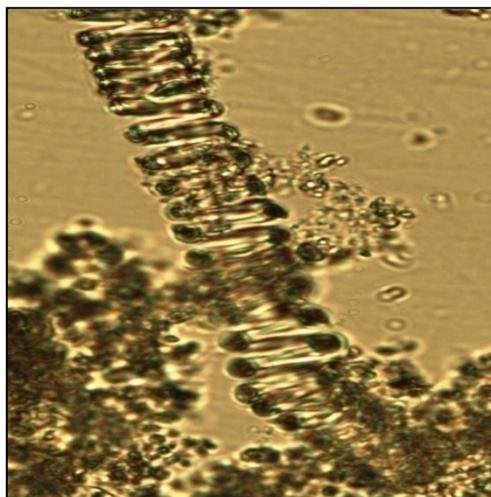
**Hábitat:** Comúnmente en aguas dulces, lentas, estancadas o en pozos, con abundante materia orgánica, esta es una especie que indica contaminación orgánica (Palmer, 1962).



**Figura 22. *Oscillatoria limosa*.**

***Spirulina sp.*** Se trata de organismos unicelulares y fotoautótrofos, a pesar de ser unicelulares se agrupan formando tricomas o formas filamentosas (Prescott, 1970).

**Hábitat:** agua dulce y marina.



**Figura 23. *Spirulina sp.***

### 5.2.3 Riqueza de la División Crisophyta

En la tabla 7 se presenta la frecuencia de la División Crisophyta para los cinco puntos de muestreo donde se observa que el punto que presentó la menor cantidad de especies es la Bocatoma de la Planta Las Pavas con 39, mientras que el río Desagüe y la Confluencia de este con el río Lempa presentan 44 especies cada uno mientras que Citalá y Lempa presentan 43 especies cada sitio. Siendo *Diatoma vulgare*, *Fragilaria brevistriata*, *Melosyra granulata*, *Navicula gracilis*, *Navicula graciloides*, *Navicula pertersenii*, *Surirella sp.* *Tabellaria sp.* Las que se encontraron en los cinco puntos durante los tres meses de muestreo.

Tabla 7. Distribución de la División Crisophyta en los cinco puntos de muestreo Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatoma.

Ausencia  Presencia     

Nº	Género	Especie	Citalá			Rio Desagüe			Confluencia			Lempa			Bocatoma				
			MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL		
1	<i>Achnanthes</i>	<i>exigua</i>	Orange	Orange	Orange		Green			Red	Red			Purple		Blue		Blue	
2	<i>Amphora</i>	<i>ovalis</i>		Orange			Green						Purple						Blue
3	<i>Amphipleura</i>	<i>lindheimeri</i>				Green	Green		Red		Red		Purple	Purple					
4	<i>Anomoeneis</i>	<i>sphaerophora</i>	Orange		Orange			Green									Blue		Blue
5	<i>Asterionella</i>	<i>formosa</i>				Green	Green		Red				Purple						Blue
6	<i>Brebissonia</i>	<i>sp.</i>	Orange	Orange					Red				Purple						
7	<i>Cocconeis</i>	<i>placentula</i>	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red		Purple	Purple	Purple	Purple		Blue
8	<i>Caloneis</i>	<i>amphisbaena</i>	Orange				Green			Red									Blue
9	<i>Cymatopleura</i>	<i>solea</i>	Orange	Orange	Orange		Green			Red	Red	Red		Purple	Purple		Purple		Blue
10	<i>Cymbella</i>	<i>cistula</i>	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green		Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple		Purple	Blue
11	<i>Cymbella</i>	<i>tumida</i>		Orange	Orange	Orange					Red	Red						Purple	Blue
12	<i>Cymbella</i>	<i>ventricosa</i>	Orange				Green			Red		Red		Purple					Blue
13	<i>Cyclotella</i>	<i>sp.</i>		Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red		Purple					Blue
14	<i>Denticula</i>	<i>sp.</i>		Orange	Orange	Orange				Red	Red	Red	Red		Purple	Purple			
15	<i>Diatoma</i>	<i>vulgare</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Green		Green	Red	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple		Blue
16	<i>Diploneis</i>	<i>sp.</i>		Orange															
17	<i>Epithemia</i>	<i>turgida</i>		Orange	Orange		Green			Red				Purple		Purple			Blue
18	<i>Eunotia</i>	<i>sp.</i>						Green											
19	<i>Fragilaria</i>	<i>bevestriata</i>	Orange	Orange		Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple		Blue
20	<i>Fragilaria</i>	<i>alpestri</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red		Red	Red		Purple		Purple		Blue

Cont. Tabla 7. Distribución de la División Crisophyta en los cinco puntos de muestreo Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatoma.

Ausencia  Presencia     

Nº	Género	Especie	Citalá			Rio Desagüe			Confluencia			Lempa			Bocatoma								
			MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL						
21	<i>Fragilaria</i>	<i>capuccina</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
22	<i>Geissleria</i>	<i>sp.</i>	Orange				Green								Purple								
23	<i>Gomphoneis</i>	<i>herculeana</i>		Orange		Orange			Green			Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple						
24	<i>Gomphonema</i>	<i>acuminatum</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue			Blue		
25	<i>Gomphonema</i>	<i>oliveaceum</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple				Blue	Blue	Blue
26	<i>Gomphonema</i>	<i>parbalum</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue			Blue
27	<i>Gyrosigma</i>	<i>sp.</i>	Orange	Orange					Green			Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue					
28	<i>Hantzschia</i>	<i>amphioxys</i>	Orange			Orange			Green			Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue			Blue	Blue	Blue
29	<i>Leptocylindrus</i>	<i>sp.</i>				Orange		Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Purple	Purple	Purple		Blue	Blue	Blue		
30	<i>Melosyra</i>	<i>granulata</i>		Orange		Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue	Blue
31	<i>Navicula</i>	<i>exigua</i> var. <i>Capitata</i>												Purple									
32	<i>Navicula</i>	<i>gracilis</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue
33	<i>Navicula</i>	<i>graciloides</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue
34	<i>Navicula</i>	<i>petersonii</i>	Orange			Orange	Orange	Green		Green		Green	Red		Red	Red	Red				Blue	Blue	Blue
35	<i>Navicula</i>	<i>radiosa</i>	Orange																				Blue
36	<i>Navicula</i>	<i>sp.</i>			Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Red		Red	Red	Purple	Purple	Purple	Blue			Blue
37	<i>Nitzschia</i>	<i>palea</i>	Orange	Orange	Orange	Orange	Green		Green			Red			Purple	Purple	Purple	Blue			Blue		
38	<i>Nitzschia</i>	<i>planea</i>		Orange			Green		Green			Red											
39	<i>Nitzschia</i>	<i>sigma</i>			Orange	Orange									Purple	Purple	Purple	Blue				Blue	Blue
40	<i>Nitzschia</i>	<i>sp.</i>											Red										

Cont. Tabla 7. Distribución de la División Crisophyta en los cinco puntos de muestreo Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatoma.

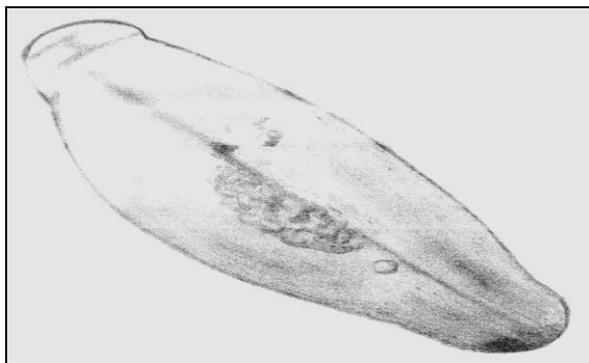
Ausencia  Presencia     

Nº	Género	Especie	Citalá			Rio Desagüe			Confluencia			Lempa			Bocatoma		
			MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL
41	<i>Opephora</i>	<i>martyi</i>	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue
42	<i>Pinnularia</i>	<i>sp.</i>	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue
43	<i>Pleurosigma</i>	<i>sp.</i>	Orange	Orange			Green		Red	Red	Red	Purple	Purple		Blue		
44	<i>Stephanodiscus</i>	<i>sp.</i>				Green			Red			Purple					
45	<i>Stempoterobia</i>	<i>sp.</i>			Orange		Green			Red		Purple	Purple		Blue		
46	<i>Surirella</i>	<i>sp.</i>	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue
47	<i>Synedra</i>	<i>ulna</i>	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue
48	<i>Tabellaria</i>	<i>sp.</i>	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue	Blue
49	<i>Terpsione</i>	<i>musica</i>				Green	Green		Red			Purple			Blue		
50	<i>Rhoicospheria</i>	<i>curvata</i>							Red								
51	<i>Rhopalodia</i>	<i>bigga</i>				Green											

### 5.2.3.1 Descripción de algunas especies más frecuentes.

***Diatoma vulgare*.** Esta especie tiene estrías finas en vista valvar el largo de las células es de 26.9 micras y ancho de 9.36 micras (Monterrosa, 1993).

**Hábitat:** Este taxón es de agua dulce y es indicador de aguas contaminadas orgánicamente (Monterrosa ,1993).

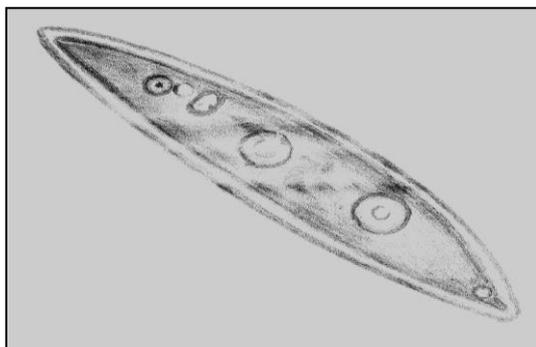


**Figura 24. *Diatoma vulgare* (vista a 400x).**

**Elaborado por: Flores, 2012.**

***Fragilaria bevisstriata*.** Son células solitarias, presentan estrías cortas en todo el margen de la valva. El ancho es de 6 micras y el largo es de 46.8 micrómetros (Monterrosa, 1993).

**Hábitat:** Agua dulce con abundante materia orgánica esta es una especie que indica alta contaminación orgánica (Guerrero & Rodríguez 1991 citado por Monterrosa ,1993).



**Figura 25. *Fragilaria bevisstriata* (vista a 400x)**

**Elaborado por: Flores, 2012.**

***Melosyra granulata***. Son células redondas formando cadenas con puntuaciones ordenadas en el manto valvar, las frustulas de algunas variedades poseen en sus partes terminales o polos espinas o dientes, para formar la cadena las cuales les sirve a su vez para la flotación. El largo y ancho de las células es de 14.04 micrómetros (Monterrosa, 1993).

**Hábitat:** las variedades de agua dulce, viven especialmente en el plancton de las aguas con abundante materia orgánica y son más comunes en los lagos que en los ríos (Monterrosa, 1993).



Figura 26. *Melosyra granulata*

***Navicula gracilis***. La mayor parte de las estrías son transversales y los extremos de la cara valvar gradualmente estrechada. Su longitud es de 11.7 micrómetros y su ancho de 4.68 micrómetros. Posee además un cloroplasto parietal (Monterrosa, 1993)

**Hábitat:** Palmer (1962) indica que es una especie propia de aguas limpias con respuesta directa a pH.

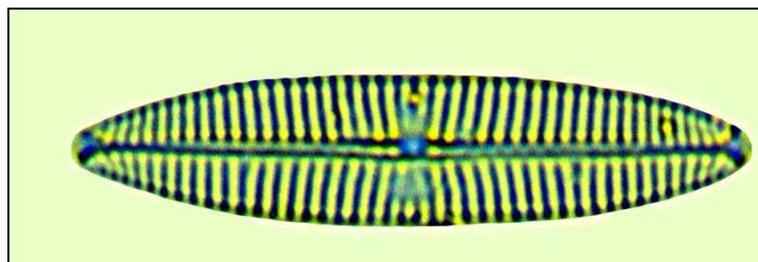


Figura 27. *Navicula gracilis* (400x)

Fuente: [www.cratricula.ncl.ac.uk](http://www.cratricula.ncl.ac.uk)

***Tabellaria sp.*** *Tabellaria* es una diatomea que se caracteriza por agruparse dando lugar a formaciones cuadradas o rectangulares, Los individuos aislados tienen forma de bastón pero están engrosados en tres puntos, el centro y los extremos (Monterrosa, 1993).

**Hábitat:** las especies de este género viven en aguas con pocos nutrientes, prefiere las aguas algo ácidas y es muy sensible a la contaminación (Monterrosa, 1993).



**Figura 28. *Tabellaria sp.***

***Navicula graciloides.*** Las terminaciones de las valvas son angostas en vista valvar, el área central es angosta, estrías finas y lineales, su largo es de 39.78 micrómetros. Su ancho de 9.36 micrómetros (Monterrosa, 1993).

**Hábitat:** Según Palmer (1962), se le reconoce como una especie que obstruye filtros.



**Figura 29. *Navicula graciloides.***

***Surirella sp.*** La célula en visión pleural es cuneiforme, vista por encima es ovada, con un polo anchamente redondeado y el otro más apuntado. Alas muy desarrolladas cuyos canales se encuentran separados por espacios anchos (Prescott, 1970).

**Hábitat:** Aguas limpias respuesta directa a pH e inversa a turbidez y oxígeno disuelto (Prescott, 1970).



**Figura 30. *Surirella sp.***

## 5.2.4 Euglenophyta

Tabla 8 muestra la frecuencia de la División Euglenophyta donde se observa que se encontraron solo dos especies, siendo *Phacus* sp. El más representativo el cual se encontró durante el mes de julio en cuatro puntos de muestreo.

**Tabla 8. Distribución de la División Euglenophyta para los cinco puntos de muestreo. Citalá, Desagüe, Lempa, Confluencia, y Bocatoma.**

Ausencia  Presencia

Nº	Género	Especie	Citalá			Rio Desagüe			Confluencia			Lempa			Bocatoma		
			MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL
1	Phacus	sp			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			
2	Trachelomona	crebea										<input checked="" type="checkbox"/>					

#### 5.2.4.1 Descripción de especies.

**Phacus sp.** Las especies de este género poseen células ovaladas o fusiformes con un flagelo en la parte anterior (Prescott, 1970).

**Hábitat:** agua dulce; Palmer (1962), indica que son organismos de aguas superficiales.

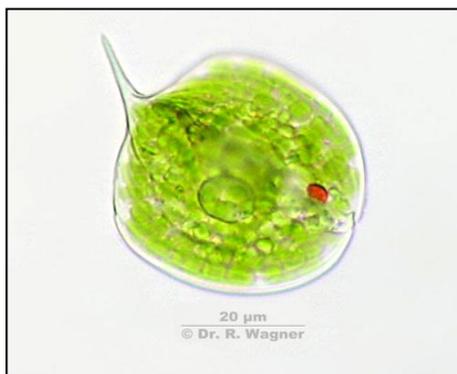


Figura 31. *Phacus sp.* Fuente: [www.cfb.edu](http://www.cfb.edu) (2012)

### 5.3 Aspectos cuantitativos.

#### 5.3.1 Abundancia (células/ litro, frecuencia porcentual) de la División Chlorophyta.

##### Punto de entrada del río Lempa proveniente de Honduras hacia El Salvador. (Citalá).

En el mes de mayo *Scenedesmus quadricauda* registró la mayor abundancia con un valor de 42.37% equivalente a 246,666 c/l; en el mes de junio la especie con mayor frecuencia fue *Mougeotia sp.* y *Hydrodictium sp.* con un valor de 21.74% equivalente a 11,111; en julio la especie con mayor abundancia fue *Mougeotia sp.* con un valor de 40% equivalente a 8,889 c/l.

##### Río El Desagüe.

En mayo *Mougeotia sp.* Con un valor de 36.26% equivalente a 137,778 c/l; fue la especie más abundante; en junio la especie con mayor abundancia fue *Ankistrodesmus sp.* con una frecuencia de 28.13% equivalente a un total de 60000 c/l; en julio la especie con mayor frecuencia fue *Chlorella*

*saccharophila* var. *Ellipsoidea* con un valor de 50.2% equivalente a un total de células por litro de 293,334 fue el más abundante

#### **Punto de Confluencia río Lempa-río El Desagüe.**

La especie que presentó mayor abundancia para el primer mes de muestreo fue *Protococcus* sp. con una frecuencia de 63.48% equivalente a 324,444 c/l; en junio *Chlorella saccharophila* var. *ellipsoidea* con un valor de 51.02% equivalente a 55,556 c/l fue la especie más abundante; en julio la mayor abundancia la presentó *Mougeotia* sp. con una frecuencia 52.38% equivalente a 24,445 c/l.

#### **500 metros arriba del punto de Confluencia río Lempa-río Desagüe. (Lempa).**

La especie más abundante en mayo fue *Protococcus* sp. con una frecuencia de 64.5% equivalente a 222,222 c/l; mientras que en junio *pediastrum dúplex* presentó un 27.39% de frecuencia equivalente a 44,444 c/l siendo este el más abundante; en julio *Ankistrodesmus* sp. Presentó la mayor abundancia con un valor de 74.99% de frecuencia equivalente a 53,334 c/l

#### **Bocatoma Planta Las Pavas.**

Para este punto en el mes de mayo la especie más abundante fue *Protococcus* con un valor de 61.29% equivalente a un total de células por litro de 211,111; En junio *Chlorella saccharophila* var. *ellipsoidea* con 79% de frecuencia y 317,778 c/l fue la especie más abundante, en julio la especie *Closterium lúnula* con frecuencia 19.19% equivalente a 8,889 c/l presentó la mayor abundancia.

**Tabla 9. Abundancia de División Chlorophyta en Citalá, río El Desagüe y Confluencia.**

Nº	Sitio	Citalá						Río Desagüe						Punto de confluencia río Lempa- río Desagüe.					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
1	<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	60,000	28.13	226,666	38.8	0	0	0	0	2,223	4.76
2	<i>Chaetophora sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	<i>Chlorella saccharophila var. Ellipsoidea</i>	0	0	4,445	8.69	0	0	73,334	19.33	0	0	293,334	50.2	0	0	55,556	51.02	2,223	4.76
4	<i>Cladophora sp.</i>	0	0	0	0	0	0	6,667	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	<i>Closterium articule</i>	6,667	1.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Closterium lunula</i>	0	0	0	0	0	0	6,667	1.75	20,000	9.37	0	0	0	0	0	0	4,445	9.52
7	<i>Closterium moniliforme</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	4.76
8	<i>Closterium sp.</i>	2,223	0.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35,556	6.95	0	0	0	0
9	<i>Coleastrum microsporum</i>	55,556	9.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	<i>Cosmarium botrytis</i>	11,112	1.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.43	2,223	2.04	0	0
11	<i>Cosmarium reniforme</i>	11,112	1.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	<i>Eudorina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	20,000	5.76	6,666	3.12	0	0	97,777	19.13	0	0	0	0
13	<i>Hyalotheca dissiliens</i>	6,667	1.14	8,889	17.39	4,444	20.00	0	0	20,000	9.37	0	0	0	0	6,667	6.12	4,445	9.52
14	<i>Hydrodictium sp.</i>	17,778	3.12	11,112	21.74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Mesotaenium gregii var. breve</i>	2,223	0.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>Micrasterias sp.</i>	0	0	0	0	2,223	10.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Microspora amoena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	<i>Microspora sp.</i>	4,445	0.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.45	26,667	24.49	0	0

Simbología: c/l. Células por litro.  
F%. Frecuencia porcentual.

Cont. Tabla 9. Abundancia de División Chlorophyta en Citalá, río Desagüe y Confluencia.

Nº	Sitio	Citalá						Río Desagüe						Punto de confluencia río Lempa-río Desagüe.					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
19	<i>Mougeotia sp.</i>	60,000	10.31	11,111	21.74	8,889	40	137,778	36.26	33,333	15.62	0	0	17,778	3.47	11,112	10.21	24,445	52.40
20	<i>Nectrium digitus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	33334	15.63	0	0	0	0	0	0	0	0
21	<i>Oedogonium sp.</i>	6,666	1.14	0	0	0	0	0	0	0	0	26,667	4.56	0	0	0	0	0	0
22	<i>Oocystis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,000	3.42	0	0	0	0	0	0
23	<i>Pediastrum boryanum</i>	4,444	0.76	0	0	0	0	6,667	1.75	20,000	9.37	0	0	4,445	0.87	0	0	0	0
24	<i>Pediastrum duplex</i>	0	0	0	0	0	0	6,667	1.75	6,666	3.12	0	0	4,444	0.86	0	0	0	0
25	<i>Pediastrum gracillimum</i>	37,778	6.48	0	0	0	0	2,222	0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	<i>Protococcus sp.</i>	4,444	0.76	0	0	0	0	100,000	26.32	0	0	0	0	324,444	63.48	0	0	0	0
27	<i>Scenedesmus acuminatum</i>	2,222	0.38	0	0	0	0	0	0	4,444	2.08	0	0	2,223	0.43	0	0	0	0
28	<i>Scenedesmus longispina</i>	53,333	9.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.43	0	0	0	0
29	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	20,000	3.43	2,223	4.34	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.43	0	0	0	0
30	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	246,667	42.37	2,223	4.34	0	0	2,222	0.58	2,222	1.07	13,334	2.28	8,889	1.78	6,667	6.12	2,223	4.76
31	<i>Spirogyra sp.</i>	17,778	3.05	8,889	17.39	2,222	10	2,222	0.58	0	0	4,444	0.76	2,222	0.43	0	0	0	0
32	<i>Staurastrum paradoxum</i>	0	0	0	0	4,444	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	<i>Stichococcus bacillaris</i>	0	0	0	0	0	0	2,222	0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	<i>Stigeoclonium sp.</i>	11,111	1.90	2,222	4.37	0	0	0	0	0	0	0	0	2,222	0.43	0	0	0	0
35	<i>Ulothrix euqualis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,222	0.43	0	0	0	0
36	<i>Volvox aureus</i>	0	0	0	0	0	0	6,667	1.75	6,667	3.12	0	0	0	0	0	0	2,223	4.76
37	<i>Zignema sp.</i>	0	0	0	0	0	0	6,667	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	4.76
	TOTAL	46,4443	100	26,668	100	15,555	100	273,334	100	106,666	100	64,445	100	373,335	100	17,779	100	31,114	100

Simbología: c/l. Células por litro.  
F%. Frecuencia porcentual.

**Tabla 10. Abundancia de División Chlorophyta, en Lempa y Bocatoma planta Las Pavas.**

Nº	Sitio	Lempa						Bocatoma planta Las Pavas					
		MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
		c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
1	<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0	0	0	0	53,334	75.00	0	0	0	0	0	0
2	<i>Chaetophora sp.</i>	0	0	0	0	0	0	22,223	6.45	0	0	0	0
3	<i>Chlorella saccharophila var. Ellipsoidea</i>	0	0	17,779	10.96	0	0	0	0	317,778	79.0	0	0
4	<i>Cladophora sp.</i>	0	0	4,445	2.74	0	0	2,223	0.64	0	0	0	0
5	<i>Closterium articule</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Closterium lunula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,889	20.00
7	<i>Closterium moniliforme</i>	2,223	0.63	2,223	1.37	0	0	0	0	0	0	0	0
8	<i>Closterium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	<i>Coleastrum microsporium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.55	0	0
10	<i>Cosmarium botrytis</i>	6,667	1.91	0	0	2,223	3.12	37,779	10.97	0	0	6,667	15.00
11	<i>Cosmarium reniforme</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	<i>Eudorina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	<i>Hyalotheca dissiliens</i>	6,667	1.91	17,777	10.96	2,223	3.12	0	0	2,223	0.55	4,445	10.00
14	<i>Hydrodictyum sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	66,667	16.50	0	0
15	<i>Mesotaenium gregii var. breve</i>	2,223	0.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>Micrasterias sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Microspora amoena</i>	0	0	11,111	6.84	0	0	0	0	0	0	0	0
18	<i>Microspora sp.</i>	2,223	0.6	2,223	1.40	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Mougeotia sp.</i>	22,222	6.45	26,667	16.43	8,889	12.52	6,666	1.93	6,666	1.65	4,445	10.00
19	<i>Nectrium digitus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	<i>Oedogonium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	<i>Oocystis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	<i>Pediastrum boryanum</i>	0	0	4,445	2.74	0	0	26,667	7.74	0	0	0	0
23	<i>Pediastrum duplex</i>	0	0	44,444	27.39	0	0	26,667	7.74	0	0	0	0
24	<i>Pediastrum gracillimum</i>	11,111	3.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	<i>Protococcus sp.</i>	222,222	64.50	0	0	0	0	211,111	61.31	0	0	0	0
26	<i>Scenodesmus acuminatum</i>	2,222	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	<i>Scenodesmus longispina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.55	0	0
28	<i>Scenodesmus opoliensis</i>	0	0	4,444	2.73	2,223	3.12	0	0	0	0	0	0
29	<i>Scenodesmus quadricauda</i>	17,778	5.16	20,000	12.32	2,222	3.12	2,222	0.64	2,222	0.55	0	0
30	<i>Spirogyra sp.</i>	0	0	2,222	1.36	0	0	0	0	2,222	0.55	6,667	15
31	<i>Staurastrum paradoxum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	<i>Stichococcus bacillaris</i>	4444	1.29	0	0	0	0	0	0	0	0	6,667	15

Simbología: c/l. Células por litro, F%. Frecuencia porcentual.

**Cont. Tabla 10. Abundancia de División Chlorophyta, en Lempa y Bocatoma planta Las Pavas.**

Nº	Sitio	Lempa						Bocatoma planta Las Pavas					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
33	<i>Stigeoclonium sp.</i>	2,222	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0	6,667	15
34	<i>Ulothrix euqualis</i>	42,222	12.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	<i>Volvox aureus</i>	0	0	4,445	2.74	0	0	4,445	1.29	0	0	0	0
36	<i>Zignema sp.</i>	0	0	0	0	0	0	4,445	1.29	0	0	0	0
	TOTAL	324,443	100	106,667	100	13,334	100	282,223	100	13,333	100	24,446	100

Simbología: c/l. Células por litro, F%. Frecuencia porcentual.

### 5.3.2 Abundancia (células/ litro, frecuencia porcentual) de Cyanophyta.

#### Punto de entrada del río Lempa proveniente de Honduras hacia El Salvador. (Citalá).

En el mes de mayo *Oscillatoria tenuis*, *Oscillatoria lauterbonii* y *Oscillatoria limosa* con una frecuencia de 31.23% equivalente a 342,223 c/l cada una fueron las especies que presentaron la mayor abundancia; en junio *Oscillatoria limosa* con 50.25% de frecuencia equivalente a 66,666 c/l fue la especie con mayor abundancia; para julio la especie más abundante fue *Spirulina sp.* con una frecuencia de 41.7% equivalente a 66,667c/l.

#### Río El Desagüe.

En mayo *Oscillatoria lauterbonii* 65.88% de frecuencia equivalente a un total de 273,334 c/l; en junio *Gloeotrichia echinulata* con una frecuencia de 48.57% equivalente a 113,334 c/l; en Julio la misma especie, *Spirulina sp.* y *Agamenellum sp.* con 27.8% de frecuencia equivalente a 33,334 c/l fue la especie más abundante.

#### Punto de Confluencia río Lempa-río Desagüe.

Durante mayo *O. lauterbonii* y *O. limosa* con una frecuencia de 29.82% equivalente a 75,556 c/l cada una, fueron las especies más abundantes en junio *Gloeotrichia echinulata* con frecuencia de 71.2% equivalente a un total de 1, 997,778 c/l; para julio *G. echinulata* con una frecuencia de 69.64% equivalente a 197,778 c/l fue la especie con mayor abundancia.

**500 metros arriba del punto de Confluencia río Lempa-río Desagüe.  
(Lempa).**

En mayo *O. lauterbonii* y *O. limosa* presentaron una frecuencia de 44.8% cada una y 220,000 c/l fueron las más abundantes. En junio *G. echinulata* y con frecuencia de 65.24% equivalente a 237,778c/l fue la especie más abundante; en julio la especie que presentó mayor frecuencia con un 47.17% equivalente a un total de células por litro de 55,556 fue *Rivularia sp.*

**Bocatoma Planta Las Pavas.**

En mayo las especies *O. limosa* y *O. lauterbonii* fueron las especies más abundantes con una frecuencia de 26.46% equivalente a 20,000 c/l cada una; Para junio *G. echinulata* con 43.9% de frecuencia equivalente a 120,000 c/l fue la más abundante; en julio *Spirulina sp.* con 43.99% de frecuencia equivalente a 15,556 c/l fue la más abundante

**Tabla 11. Abundancia de la División Cyanophyta en Lempa, río Desagüe y Confluencia.**

Nº	Sitio	Citalá						Río El Desagüe						Punto de confluencia río Lempa-río Desagüe					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
1	<i>Agemenellum sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,334	27.8	0	0	0	0	0	0
2	<i>Anabaena constricta</i>	6,667	0.60	0	0	0	0	6,667	1.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	<i>Anacystis</i>	0	0	2,223	1.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	<i>Aphanizomenom flos- aquae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.87	0	0	0	0
5	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	2,223	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35,556	14.04	0	0	0	0
6	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	37,778	3.44	60,00	4.52	62,223	38.9	6,000	1.44	113,334	48.57	33,334	27.8	35,556	14.04	197,778	71.2	86,667	69.64
7	<i>Merismopedia elegans</i>	0	0	0	0	2,223	1.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	<i>Nodularia chucula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	<i>Nodularia spumigena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	<i>Nostoc pruniforme</i>	8,889	0.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.87	0	0	0	0
11	<i>Oscillatoria tenuis</i>	342,223	31.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,444	1.75	0	0	0	0
12	<i>Oscillatoria lauterbonii</i>	342,223	31.24	0	0	0	0	273,334	65.88	0	0	0	0	75,556	29.83	0	0	0	0
13	<i>Oscillatoria limosa</i>	342,221	31.24	66,666	50.25	28,889	18.10	91,111	21.96	77,778	33.33	20,000	16.17	75,556	29.83	44,444	16	13,333	10.71
14	<i>Phormidium retzii</i>	0	0	0	0	0	0	2,222	0.56	6,666	2.85	0	0	4,444	1.75	0	0	0	0
15	<i>Phormidium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>Rivularia sp.</i>	2,222	0.20	4,444	3.35	0	0	28,888	6.96	2,222	0.95	0	0	13,333	5.27	2,222	0.8	0	0
17	<i>Spirulina sp.</i>	11,111	1.03	53,333	40.21	66,667	41.7	6,667	1.60	33,333	14.30	33,334	27.8	4,444	1.75	33,334	12	24,445	19.65
18	<i>Stigonema sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>1,095,557</b>	<b>100</b>	<b>132,666</b>	<b>100</b>	<b>157,779</b>	<b>100</b>	<b>414,889</b>	<b>100</b>	<b>233,333</b>	<b>100</b>	<b>86,668</b>	<b>100</b>	<b>253,335</b>	<b>100</b>	<b>277,778</b>	<b>100</b>	<b>124,445</b>	<b>100</b>

Simbología: c/l. Células por litro,  
F%. Frecuencia porcentual.

**Tabla 12. Abundancia de la División Cyanophyta en Lempa y Bocatoma planta Las Pavas.**

N º	Sitio	Lempa						Bocatoma Planta Las Pavas					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
1	<i>Agemenellum sp.</i>	4,445	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Anabaena constricta</i>	0	0	4,445	1.22	0	0	13,334	17.65	4,445	1.62	2,223	4
3	<i>Anacystis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.81	0	0
4	<i>Aphanizomenom flos-aquae</i>	8,889	1.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	<i>Coelasphaerium kuetzianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	15,555	3.17	237,778	65.24	8,889	7.54	2,223	2.94	120	43.9	8,889	16.00
7	<i>Merismopedia elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	<i>Nodularia chucula</i>	0	0	0	0	0	0	2,223	2.94	0	0	0	0
9	<i>Nodularia spumigena</i>	0	0	0	0	0	0	4,445	5.88	0	0	0	0
10	<i>Nostoc pruniforme</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	<i>Oscillatoria tenuis</i>	4,444	0.93	0	0	0	0	6667	8.82	0	0	2,223	4.00
12	<i>Oscillatoria lauterbonii</i>	220	44.80	0	0	0	0	20000	26.47	46,667	17.07	0	0
13	<i>Oscillatoria limosa</i>	220	44.80	20	5.48	11,111	9.43	20000	26.47	46,667	17.07	15,556	28.00
14	<i>Phormidium retzii</i>	0	0	44,444	12.20	0	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Phormidium sp.</i>	0	0	0	0	2,223	1.88	0	0	13,333	4.87	2,223	4.00
16	<i>Rivularia sp.</i>	15,555	3.17	0	0	55,556	47.17	0	0	2,222	0.81	0	0
17	<i>Spirulina sp.</i>	2,222	0.45	55,556	15.24	40	33.98	6667	8.83	37,778	13.85	24,444	44.00
18	<i>Stigonema sp.</i>	0	0	2,222	0.62	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>48,6665</b>	<b>100</b>	<b>364,445</b>	<b>100</b>	<b>117,779</b>	<b>100</b>	<b>75,559</b>	<b>100</b>	<b>273,335</b>	<b>100</b>	<b>55,558</b>	<b>100</b>

Simbología: c/l. Células por litro, F%. Frecuencia porcentual.

### 5.3.3 Abundancia (células/ litro, frecuencia porcentual) de Crisophyta.

#### Punto de entrada del río Lempa proveniente de Honduras hacia El Salvador. (Citalá)

En mayo *Tabellaria sp.* con frecuencia de 29.3% equivalente a un total de 508,889 c/l, fue la especie que registró mayor abundancia; mientras que en junio *Tabellaria sp.* con 18.11% equivalente a 380,000 c/l; en julio *Navicula gracilis* con 16.06% de frecuencia equivalente a 166,667 c/l registró la mayor abundancia.

### **Río El Desagüe.**

Las especie más abundante para mayo fue *Gomphonema parbalum* con una frecuencia de 21.16% equivalente a un total de células por litro de 593,333; en junio las especie más abundantes fue *C. placentula* con una frecuencia de 18.14% equivalente a 633,334 c/l; en julio *Fragilaria brevistriata* y *Fragilaria capuccina* con una frecuencia de 15.93% equivalente a un total de células por litro de 500,000 fueron las especies con mayor abundancia.

### **Punto de Confluencia río Lempa-río El Desagüe.**

*Tabellaria* sp. Presentó la mayor abundancia para los meses de mayo y junio con frecuencia de 52.01% y 21.79% respectivamente equivalente a un total de células por litro para cada mes de 804,444 y 271,111 respectivamente mientras que en julio la especie que presentó mayor abundancia fue *Navicula gracilis* con una frecuencia de 17.75%, equivalente a un total de células por litro de 242,222 c/l.

### **500 metros arriba del punto de Confluencia río Lempa-río Desagüe. (Lempa).**

Durante el mes de mayo *Tabellaria* sp. mostró la mayor frecuencia con 37.45% equivalente a 586,667 c/l y para junio nuevamente la especie *tabellaría* sp. mostró la mayor abundancia con 18,63% de frecuencia equivalente a un total de células por litro de 193,334; *Melosyra granulata* con una frecuencia de 14.78% equivalente a 146,666 c/l presentaron la mayor abundancia durante el mes de julio.

### **Bocatoma Planta Las Pavas.**

Para el mes de mayo fue *tabellaría* con 48.99% de frecuencia equivalente a 488,889 c/l la más abundante al igual que junio con una frecuencia de 37.25% equivalente a 380,000 c/l; en julio *Gomphonema oliveaceum* con un 13.72% de frecuencia equivalente a 257,778 c/l fue las más abundante.

**Tabla 13. Abundancia de la División Crisophyta en Citalá, río Desagüe y Confluencia.**

Nº	Sitio	Citalá						Río Desagüe						Punto de Confluencia río Lempa-río Desagüe					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
1	<i>Achnanthes exigua</i>	8,149	0.5	44,446	2.11	2,223	0.21	0	0	46,667	1.33	0	0	0	0	24,445	1.96	26,667	1.95
2	<i>Amphipleura lindheimeri</i>	0	0	0	0	0	0	20,000	0.71	6,667	0.19	0	0	2,223	0.14	2,223	0.38	4,445	0.32
3	<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	0	2,223	0.21	0	0	13,334	0.38	0	0	0	0	0	0	0	0
4	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	33,334	1.9	6,667	0.31	6,667	0.64	0	0	26,667	0.76	0	0	0	0	0	0	0	0
5	<i>Asterionella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	193,334	6.8	0	0	0	0	8,889	0.57	0	0	0	0
6	<i>Breissonia sp.</i>	35,556	2	6,667	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.14	0	0	0	0
7	<i>Caloneis amphisbaena</i>	6,667	0.4	0	0	0	0	6,667	0.23	0	0	0	0	4,445	0.28	0	0	0	0
8	<i>Cocconeis placentula</i>	80,000	4.6	280,000	13.35	11,112	1.07	540,000	19.26	<b>633,334</b>	<b>18.14</b>	240,000	7.64	48,889	3.16	120,000	9.64	0	0
9	<i>Cyclotella sp.</i>	0	0	22,223	1.05	57,779	5.56	73,334	2.61	226,667	6.49	293,334	9.34	6,667	0.43	13,334	1.28	2,223	0.16
10	<i>Cymatopleura solea</i>	2,223	0.1	6,667	0.31	6,668	0.64	6,667	0.23	0	0	0	0	0	0	6,667	0.53	13,334	0.97
11	<i>Cymbella cistula</i>	60,000	3.4	35,556	1.69	31,112	2.99	160,000	5.70	126,667	3.62	0	0	53,335	3.44	57,778	4.64	26,667	1.95
12	<i>Cymbella tumida</i>	13,334	0.8	88,889	4.23	11,112	1.07	0	0	0	0	0	0	0	0	8,889	0.71	24,445	1.79
13	<i>Cymbella ventricosa</i>	2,223	0.1	0	0	8,889	0.85	0	0	8,889	0.25	0	0	4,443	0.28	0	0	2,223	0.16
14	<i>Denticula sp.</i>	2,223	0.1	13,334	0.63	31,111	2.99	200,000	7.13	93,334	2.67	0	0	4,445	0.28	8,890	0.71	2,223	0.16
15	<i>Diatoma vulgare</i>	68,890	4	173,334	8.26	57,777	5.56	60,000	2.13	93,333	2.67	20,000	0.63	28,889	1.86	68,890	5.53	40,000	2.93
16	<i>Diploneis sp.</i>	2,222	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Epithemia turgida</i>	0	0	6,668	0.31	0	0	4,445	0.15	0	0	0	0	4,445	0.28	0	0	0	0
18	<i>Eunotia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4,444	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Fragilaria alpestri</i>	24,446	1.4	28,889	1.37	42,228	4.06	60,000	2.13	266,666	7.63	20,000	0.63	37,778	2.44	2,223	0.17	17,778	1.3
20	<i>Fragilaria brevistriata</i>	95,557	5.5	8,889	0.42	35,556	3.42	40,000	1.46	200,000	5.72	500,000	15.93	4,445	0.28	8,889	0.71	<b>155,556</b>	<b>11.4</b>

Simbología: c/l. Células por litro,  
F%. Frecuencia porcentual.

Cont. Tabla 13. Abundancia de la División Crisophyta, en Citalá, río Desagüe y Confluencia.

Nº	Sitio	Citalá						Río Desagüe						Punto de Confluencia río Lempa-río Desagüe					
		Mes						MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
		Nombre Científico						c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
21	<i>Fragilaria capuccina</i>	71,110	4.10	157,778	7.52	0	0	0	0	6,667	0.19	500,000	15.93	86,666	5.60	91,112	7.32	46,666	3.42
22	<i>Geissleria sp.</i>	31,112	1.80	0	0	0	0	6,667	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	<i>Gomphonema herculiana</i>	0	0	11,111	0.53	4,445	0.42	0	0	13,333	0.38	0	0	0	0	6,668	0.53	8,889	0.65
24	<i>Gomphonema acuminatum var. Brebisoni</i>	217,776	12.50	62,223	2.96	0	0	273,334	9.74	206,667	5.92	0	0	57,778	3.73	42,222	3.39	0	0
25	<i>Gomphonema oliveaceum</i>	71,111	4.10	186,667	8.89	135,555	13.06	40,000	1.42	6,667	0.19	13,333	0.42	4,445	0.28	24,444	1.96	<b>166,667</b>	<b>12.21</b>
26	<i>Gomphonema parbalum</i>	151,111	8.70	122,222	5.82	6,667	0.64	593,333	21.16	113,334	3.24	0	0	73,333	4.78	75,556	6.07	88,889	6.51
27	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	28,889	1.70	0	0	0	0	0	0	6,667	0.19	0	0	28,889	1.86	6,667	0.53	0	0
28	<i>Hantzschia amphioxys</i>	2,223	0.10	0	0	6,667	0.64	0	0	0	0	6,667	0.21	0	0	6,667	0.53	22,222	1.62
29	<i>Leptocylindrus</i>	0	0	0	0	31,111	2.99	2,222	0.07	257,778	7.38	953,333	30.38	0	0	8,889	0.71	137,778	10.36
30	<i>Melosyra granulata</i>	17,777	1.00	11,111	0.53	26,667	2.57	62,222	2.21	393,334	11.27	380,000	12.11	11,112	0.71	13,333	1.28	71,111	5.21
31	<i>Navicula exigua var. Capitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	<i>Navicula gracilis</i>	84,444	4.90	126,667	6.03	166,667	16.06	13,333	0.47	95,556	2.73	46,667	1.48	2,223	0.14	44,445	3.57	<b>242,222</b>	<b>17.75</b>
33	<i>Navicula graciloides</i>	26,667	1.50	22,223	1.05	155,555	14.99	15,556	0.55	100,000	2.86	15,556	0.49	17,778	1.14	57,778	4.64	11,111	0.81
34	<i>Navicula pertersenii</i>	2,222	0.10	4,445	0.21	8,889	0.85	2,222	0.07	4,444	0.12	2,222	0.07	2,222	0.14	8,889	0.71	4,444	0.32
35	<i>Navicula radiosa</i>	6,667	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,445	0.35	0	0
36	<i>Navicula sp.</i>	0	0	164,444	7.83	117,777	11.35	42,222	1.5	137,778	3.94	80,000	2.55	4,444	0.28	82,222	6.60	97,778	7.16
37	<i>Nitzschia palea</i>	20,000	1.10	24,444	1.16	0	0	97,778	3.48	13,334	0.38	0	0	42,223	2.73	0	0	0	0
38	<i>Nitzschia planea</i>	2,222	0.10	0	0	0	0	8,889	0.31	4,444	0.12	0	0	42,222	2.73	0	0	0	0
39	<i>Nitzschia sigma</i>	0	0.0	2,222	0.10	6,667	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	<i>Nitzschia sp</i>	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,667	0.53	0	0

Simbología: c/l. Células por litro, F%. Frecuencia porcentual.

Cont. Tabla 13. Abundancia de la División Crisophyta, en Citalá, río Desagüe y Confluencia.

Nº	Sitio	Citalá						Río Desagüe						Punto de Confluencia río Lempa-río Desagüe					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
41	<i>Opephora martyi</i>	24,444	1.4	2,222	0.1	0	0	2,222	0.07	35,555	1.01	6,667	0.21	2,222	0.14	6,667	0.53	11,111	0.81
42	<i>Pinnularia sp.</i>	11,111	0.6	11,111	0.53	22,222	2.14	0	0	4,444	0.12	6,667	0.21	2,222	0.14	8,889	0.71	4,444	0.32
43	<i>Pleurosigma sp.</i>	2,222	0.1	11,111	0.53	0	0	0	0	2,222	0.21	0	0	51,111	3.34	8,889	0.71	0	0
44	<i>Rhoicospheria curvata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.14	0	0	0	0
45	<i>Rhopalodia bigga</i>	0	0	0	0	0	0	13,333	0.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	<i>Stempoterobia sp.</i>	0	0	0	0	2,222	0.27	0	0	8,889	0.25	0	0	0	0	4,444	0.35	0	0
47	<i>Stephanodiscus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	6,667	0.23	0	0	0	0	2,222	0.14	0	0	0	0
48	<i>Surirella sp.</i>	13,333	0.8	6,667	0.31	4,444	0.48	46,667	1.66	133,334	3.81	26,667	0.85	46,667	3.05	71,112	5.92	51,112	3.74
49	<i>Synedra ulna</i>	11,111	0.6	68,889	3.28	8,889	0.85	15,556	0.55	6,667	0.19	8,889	0.32	46,667	3.05	71,111	5.92	22,222	1.62
50	<i>Tabellaria sp.</i>	508,889	29.32	380,000	18.11	28,889	2.78	191,111	6.84	184,444	5.28	17,778	0.6	804,444	52.06	271,111	21.79	62,222	4.56
51	<i>Terpsinoe musica</i>	0	0	0	0	0	0	6,667	0.23	8,889	0.25	0	0	4,444	0.28	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

Simbología: c/l. Células por litro,  
F%. Frecuencia porcentual.

**Tabla 14. Abundancia de la División Crisophyta, en Lempa y Bocatoma planta Las Pavas.**

N <sup>o</sup>	Sitio	Lempa						Bocatoma					
		MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
		Mes											
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
1	<i>Achnanthes exigua</i>	0	0	11,112	1.07	0	0	6,667	0.66	8,887	0.87	6,667	0.35
2	<i>Amphipleura lindheimeri</i>	4,445	0.34	4,445	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0
3	<i>Amphora ovalis</i>	0	0	2,223	0.21	2,223	0.22	0	0	0	0	6,667	0.35
4	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0	0	0	0	0	0	8,889	0.88	2,223	0.21	11,111	0.59
5	<i>Asterionella sp.</i>	82,223	5.24	0	0	0	0	82,223	8.31	0	0	0	0
6	<i>Brebissonia sp.</i>	6,667	0.42	166,667	16.06	0	0	0	0	0	0	0	0
7	<i>Caloneis amphisbaena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2,223	0.21	0	0
8	<i>Cocconeis placentula</i>	33,334	2.12	97,778	9.42	22,223	2.24	15,556	1.55	6,667	0.65	28,889	1.50
9	<i>Cyclotella sp.</i>	2,223	0.14	0	0	2,223	0.22	0	0	37,778	3.70	48,889	2.60
10	<i>Cymatopleura solea</i>	2,223	0.14	4,445	0.42	2,223	0.22	28,889	2.88	0	0	60,000	3.19
11	<i>Cymbella cistula</i>	80,000	5.10	11,112	1.07	8,889	0.89	26,668	2.66	60	5.88	66,667	3.55
12	<i>Cymbella tumida</i>	0	0	0	0	4,445	0.44	0	0	2,223	0.21	13,334	0.71
13	<i>Cymbella ventricosa</i>	8,889	0.56	0	0	20	2.01	0	0	0	0	13,335	0.71
14	<i>Denticula sp.</i>	0	0	6,668	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Diatoma vulgare</i>	26,667	1.70	53,334	5.13	6,667	0.67	2,223	0.22	42,223	4.14	33,334	1.77
16	<i>Diploneis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Epithemia turgida</i>	4,445	0.28	2,223	0.21	0	0	0	0	8,889	0.87	0	0
18	<i>Eunotia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Fragilaria alpestri</i>	4,445	0.28	0	0	40	4.03	31,111	3.11	0	0	60	3.19
20	<i>Fragilaria brevistriata</i>	20,000	1.27	55,556	5.35	44,445	4.48	64,445	6.44	40	3.92	153,334	8.16
21	<i>Fragilaria capuccina</i>	20,000	1.27	55,556	5.35	44,444	4.48	64,444	6.44	46,667	4.57	153,334	8.16
22	<i>Geissleria sp.</i>	0	0	4,445	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0
23	<i>Gomphoneis herculiana</i>	0	0	8,889	0.85	33,334	3.36	0	0	0	0	0	0
24	<i>Gomphonema acuminatum var. Brebisoni</i>	115,556	7.37	15,558	1.5	6,667	0.67	31,111	3.11	8,889	0.87	0	0
25	<i>Gomphonema oliveaceum</i>	13,333	0.85	26,667	2.57	33,333	3.36	0	0	13,333	1.30	257,778	13.72
26	<i>Gomphonema parbalum</i>	86,667	5.53	66,666	6.42	2,223	0.29	13,333	1.33	28,889	2.83	20	1.06
27	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	11,111	0.70	4,444	0.42	0	0	11,111	1.11	0	0	0	0
28	<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	17,777	1.71	2,223	0.29	2,223	0.22	0	0	13,334	0.71
29	<i>Leptocylindrus</i>	0	0	2,222	0.21	146,666	14.78	0	0	2,222	0.21	97,778	5.20
30	<i>Melosyra granulata</i>	4,444	0.28	4,444	0.42	135,556	13.66	24,444	2.44	66,667	6.53	46,667	2.48
33	<i>Navicula graciloides</i>	22,222	1.41	46,666	4.49	26,667	2.68	26,667	2.67	22,223	2.17	155,555	8.28
34	<i>Navicula pertersenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2,222	0.21	13,334	0.71
35	<i>Navicula radiosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135,556	7.21
36	<i>Navicula sp.</i>	4,444	0.28	40.00	3.85	108,889	10.98	6,667	0.67	35,556	3.48	135,556	7.21
37	<i>Nitzschia palea</i>	84,444	5.39	2,222	0.21	0	0	2,222	0.22	8,889	0.87	0	0

**Simbología:** c/l. Células por litro, F%. Frecuencia porcentual.

**Cont. Tabla 14. Abundancia de la División Crisophyta, en Lempa y Bocatoma planta Las Pavas.**

Nº	Sitio	Lempa						Bocatoma Planta Las Pavas					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
38	<i>Nitzschia planea</i>	91,111	5.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	<i>Nitzschia sigma</i>	2,222	0.14	28,889	2.78	0	0	2,223	0.22	0	0	8,889	0.47
40	<i>Nitzschia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	<i>Opephora martyi</i>	0	0	11,11	1.07	26,666	2.68	13,333	1.33	8,889	0.87	33,333	1.77
42	<i>Pinnularia sp.</i>	22,222	1.45	6,666	0.64	8,889	0.89	6,666	0.66	4,444	0.43	2,222	0.19
43	<i>Pleurosigma sp.</i>	24,444	1.55	2,222	0.21	0	0	6,667	0.66	0	0	0	0
44	<i>Rhoicospheria curvata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	<i>Rhopalodia bigga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	<i>Stempoterobia sp.</i>	0	0	2,222	0.21	0	0	0	0	2,222	0.21	0	0
47	<i>Stephanodiscus sp.</i>	4,444	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	<i>Surirella sp.</i>	13,334	0.85	35,556	3.42	66,667	6.72	11,112	1.11	68,889	6.81	8,889	0.47
49	<i>Synedra ulna</i>	13,333	0.85	11,111	1.07	6,667	0.60	11,111	1.11	68,888	6.81	0	0
50	<i>Tabellaria sp.</i>	586,667	37.45	193,334	18.63	55,555	5.90	488,889	48.89	380	37.25	28,889	1.61
51	<i>Terpsinoe musica</i>	111,111	7.09	0	0	0	0	6,667	0.66	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>775,555</b>	<b>100</b>	<b>262,221</b>	<b>100</b>	<b>164,44</b>	<b>100</b>	<b>544,445</b>	<b>100</b>	<b>533,332</b>	<b>100</b>	<b>73,333</b>	<b>100</b>

Simbología: c/l. Células por litro, F%. Frecuencia porcentual.

### 5.3.4 Abundancia (células/ litro, frecuencia relativa) de Euglenophyta

Esta división solo presentó dos especies de la cual *Phacus sp.* Fue la más abundante y la que estuvo presente en cuatro puntos de muestreo presentando la mayor abundancia en el Rio Desagüe con 524,444 c/l.

**Tabla 15. Abundancia de la División Euglenophyta, en Citalá, río Desagüe y Confluencia.**

Nº	Sitio	Citalá						Rio Desagüe						Confluencia					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
1	<i>Phacus sp.</i>	0	0	0	0	260,000	100	0	0	0	0	524,444	100	0	0	0	0	31,111	100
2	<i>Trachelomona crebea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

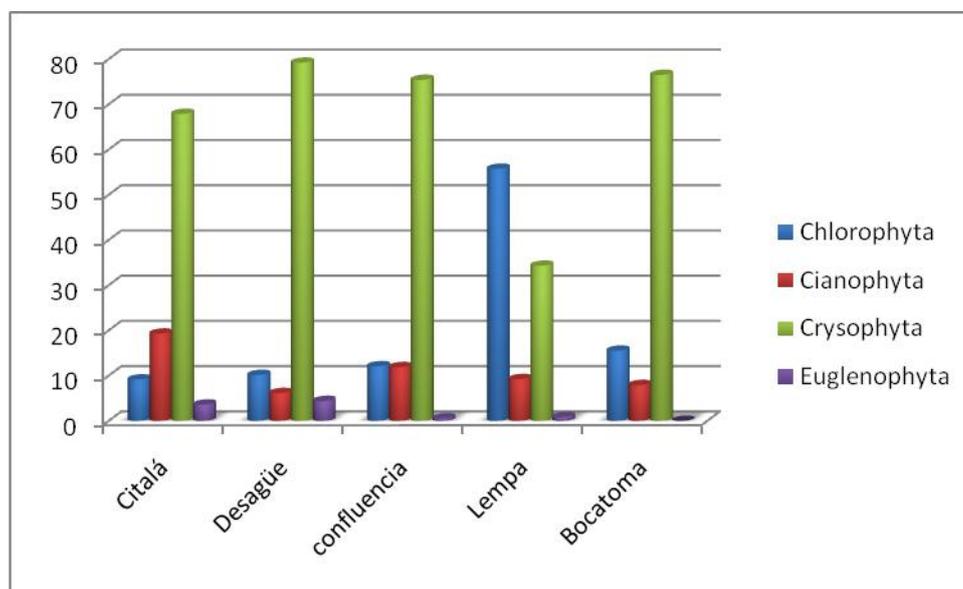
**Tabla 16. Abundancia de la División Euglenophyta, en Lempa y Bocatoma planta Las Pavas.**

Nº	Sitio	Lempa						Bocatoma planta Las Pavas					
	Mes	MAY		JUN		JUL		MAY		JUN		JUL	
	Nombre Científico	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%	c/l	F%
1	<i>Phacus sp.</i>	0	0	0	0	86667	100	0		0	0	0	0
2	<i>Trachelomona crebea</i>	2223	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Simbología: c/l. Células por litro,  
F%. Frecuencia porcentual.

**5.3.5 Abundancia de Cianophyta, Chlorophyta, Crisophyta y Euglenophyta. Para los cinco puntos durante los tres meses de muestreo (porcentaje de c/l).**

En la figura 32. Se expresa la abundancia de las microalgas, donde la División Crisophyta fue la más abundante en todos los sitios seguido de las Chlorophyta, mientras que la División Euglenophyta mostró la menor abundancia.



**Figura 32. Abundancia de las cuatro divisiones en los sitios de muestreo (porcentaje c/l)**

La División Crisophyta presentó mayor abundancia en El Desagüe, seguido de Citalá, Confluencia, Bocatoma, Lempa.

La División Chlorophyta presentó mayor abundancia en el punto ubicado 500 m arriba del punto de Confluencia seguido del El Desagüe, Bocatoma, Confluencia, Citalá.

La División Cyanophyta presentó mayor abundancia en Citalá seguido del punto ubicado 500 m arriba del punto de Confluencia, El Desagüe, Confluencia, Bocatoma.

La División Euglenophyta presentó la mayor abundancia en el río El Desagüe seguido de Citalá, Lempa, confluencia esta División no estuvo presente en la Bocatoma.

### 5.3.6 Abundancia de las cuatro Divisiones durante los tres meses de muestreo.

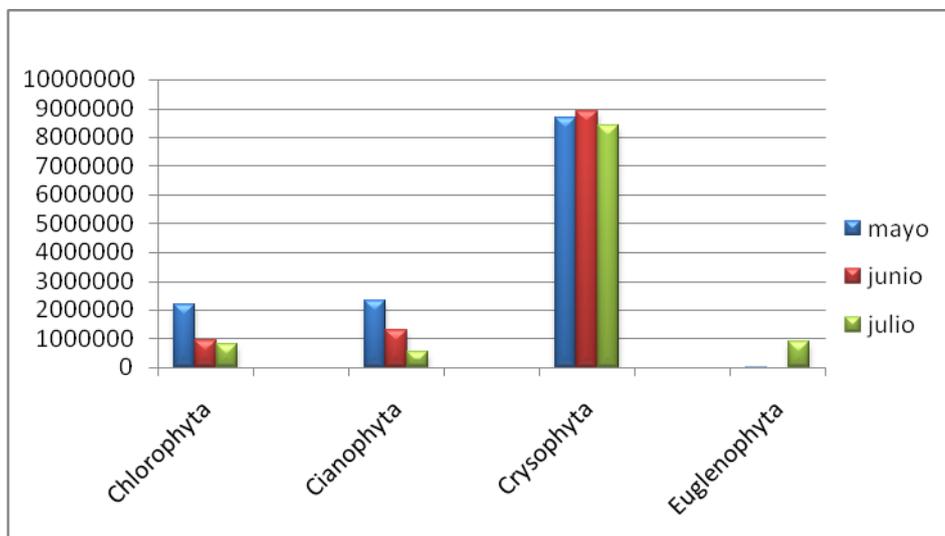


Figura 33. Abundancia de las cuatro divisiones durante mayo-julio(c/l).

En la figura 33 se puede observar la abundancia de las cuatro Divisiones durante los tres meses de muestreo, los mayores valores de Clorofitas y Cianofitas se presentaron en mayo; mientras que la División Crisophyta presentó la mayor abundancia en el mes de junio y la División Euglenofita solo tuvo presencia en el mes de julio.

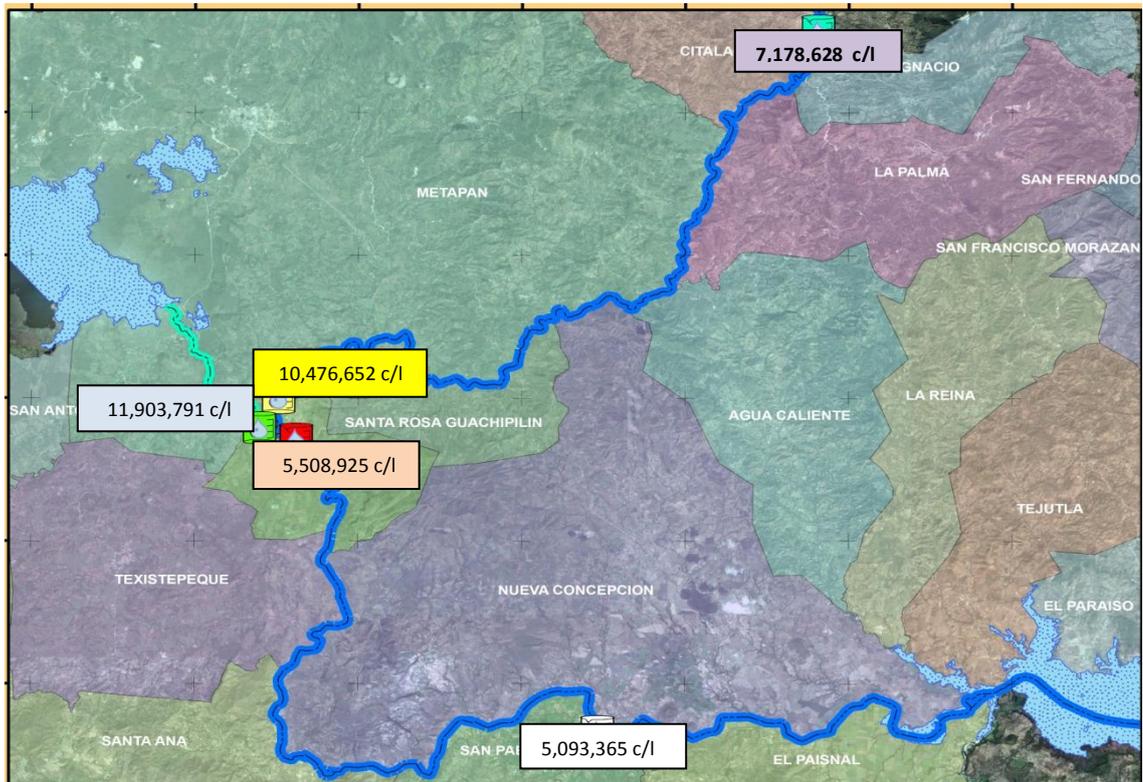


Figura 34. Cantidad de células por litro en los puntos durante los tres meses

- CITALA
- LEMPA
- CONFLUENCIA
- BOCATOMA
- DESAGÜE

En la figura 34 se muestra el comportamiento de la abundancia de microalgas en los sitios de estudio durante los tres meses. Si se le da un seguimiento al cauce del río Lempa desde el primer punto ubicado en Citalá, se observa que de este, al punto ubicado 500 m arriba del punto de confluencia aumenta luego, en la Confluencia del río Lempa-río Desagüe disminuye y en bocatoma hay un pequeño descenso de células por litro. De la misma forma la cantidad de células por litro del río Desagüe es independiente de los otros puntos de muestreo.

En la siguiente tabla se muestra un listado de microalgas y los problemas que causan en las plantas potabilizadoras de agua donde se indica su presencia y abundancia en la Bocatoma de la planta las pavas

**Tabla 17. Algas que causan problemas en las plantas potabilizadoras de agua.**

GENERO O ESPECIE	GRUPO	PROBLEMA	BOCATOMA
<i>Staurastrum paradoxum</i>	Chlorophyta	Mal olor y sabor	NO
<i>Volvox aureus</i>	Chlorophyta	Mal olor y sabor	NO
<i>Synedra ulna</i>	Crisophyta	Mal olor y sabor, obstaculiza la coagulación	SI
<i>Tabellaria sp.</i>	Crisophyta	Mal olor y sabor, obstruyen filtros	SI
<i>Hydrodictium sp.</i>	Chlorophyta	Mal olor y sabor	NO
<i>Spirogyra sp.</i>	Chlorophyta	Mal olor y sabor	SI
<i>Nostoc</i>	Cianophyta	Mal olor y sabor	NO
<i>Diatoma vulgare</i>	Crisophyta	Mal olor y sabor, obstruye filtros	SI
<i>Asterionella sp</i>	Crisophyta	Mal olor y sabor, obstaculiza la coagulación	NO
<i>Oscillatoria</i>	Cianophyta	Mal olor y sabor	SI
<i>Melosyra granulata</i>	Crisophyta	Obstruyen filtros	SI
<i>Navicula gracilis</i>	Crisophyta	Obstruyen filtros	SI
<i>Trachelomona crebea</i>	Euglenophyta	Obstruyen filtros	NO
<i>Fragilaria</i>	Crisophyta	Obstruyen filtros	SI
<i>Navicula</i>	Crisophyta	Obstruyen filtros	SI
<i>Cyclotella</i>	Crisophyta	Obstruyen filtros	SI
<i>Cymbella</i>	Crisophyta	Obstruyen filtros	SI
<i>Rivularia sp.</i>	Crisophyta	Obstruyen filtros	SI
<i>Microspora amoena</i>	Cianophyta	se adhieren a las paredes de los depósitos	NO
<i>Nostoc pruniforme</i>	Cianophyta	se adhieren a las paredes de los depósitos	NO
<i>Gomphonema oliveaceum</i>	Crisophyta	se adhieren a las paredes de los depósitos	SI
<i>Oscillatoria tenuis</i>	Cianophyta	se adhieren a las paredes de los depósitos	SI
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	Crisophyta	se adhieren a las paredes de los depósitos	NO
<i>Protococcus sp.</i>	Crisophyta	se adhieren a las paredes de los depósitos	SI
<i>Cosmarium</i>	Chlorophyta	resistentes al cloro	NO
<i>Chlorella</i>	Chlorophyta	resistentes al cloro	SI
<i>Closterium</i>	Chlorophyta	resistentes al cloro	SI

#### **5.4.1 Parámetros físico-químico (promedio mes).**

##### **Temperatura.**

**Agua:** Los menores valores de temperatura en cada uno de los sitios se registraron en el mes de julio; para el punto de entrada del río Lempa proveniente de Honduras hacia El Salvador fue de 24.9 °C; en El Desagüe 28.7 °C; Confluencia de 28 °C (esta temperatura también registrada en junio); en el punto ubicado 500 metros arriba de la Confluencia 27 °C; Bocatoma 27.5°C.

**Ambiente** Para Citalá el rango fue de 29.9 °C a 30.5 °C; en el río El Desagüe fue de 29 °C a 31.7 °C; en la Confluencia fue de 31.5 °C a 33 °C; mientras que en Lempa de 28.7 °C a 32 °C y en la Bocatoma de la Planta Potabilizadora fue de 31.3 °C a 32.8 °C.

**pH.** Para los cinco puntos de muestro, los mayores valores de pH se encontraron en el mes de mayo, oscilando estos entre 8 y 8.2, los valores de pH no tuvieron cambios significativos en los cinco sitios de muestreo y el rango fue de 7.5 a 9.2.

**Turbidez.** El mayor valor de turbidez se presentó en Lempa en el mes de mayo con 695.8 NTU<sup>4</sup>. Este valor fue variable en los puntos.

---

<sup>4</sup> NTU. Nephelometric Turbidity Unit

**Tabla 18. Parámetros físico -químicos de Citalá, Desagüe, Confluencia Lempa y Bocatoma.**

CITALA	mes	mayo		x mensual	Junio		x mensual	julio		Max	Min	
	N° MUESTREO:	1	2		1	2		1	2			x mensual
CITALA	pH	9.2	7.8	-	8.0	7.5	-	7.7	7.8	-	9.2	7.5
	TURBIDEZ(NTU)	64	181	122.5	479	105.3	292	81	200	140.5	479	64
	T° AGUA(°C)	30	29	29.5	27.6	26	26.7	25	25	25	25	30
	T° AMBIENTE(°C)	31	29	30	29.6	30	29.9	30	31	30.5	31	29.6
DESAGÜE	pH	8.5	7.8	-	8.1	7.7	-	8.0	8.0	-	8.5	7.7
	TURBIDEZ(NTU)	21	1216	618.6	12.8	248	130.4	52	22.5	74.9	1,216	12.8
	T° AGUA (°C)	30	28.3	29	30.6	27.6	29.2	28	29	28.7	30.6	27.6
	T° AMBIENTE(°C)	33	26	29	31	30.6	30.9	32	31.6	31.7	33	26
CONFLUENCIA	pH	8.8	7.7	-	7.8	7.7	-	7.8	8.0	-	8.8	7.7
	TURBIDEZ(NTU)	19	1070	544.6	328	868	597.3	451	452	451	1070	19
	T° AGUA(°C)	30	28	29	30	26	28	27	29	28	30	26
	T° AMBIENTE(°C)	30	29.6	30	32.6	30	31.5	32	34	33	34	29.6
LEMPA	pH	8.4	7.7	-	7.7	7.7	-	7.8	8.0	-	7.7	8.4
	TURBIDEZ(NTU)	15	1314.3	634.3	346	474.6	410.2	233	477	355	1.314	15
	T° AGUA(°C)	32	27.3	29.7	31	26	28.7	26	28	28.5	31	26
	T° AMBIENTE(°C)	29	26.6	28.7	34	30	32	29	32.6	32	34	26.6
BOCATOMA	pH	8.0	8.3	-	7.6	7.4	-	7.8	7.8	-	7.4	8.3
	TURBIDEZ(NTU)	52	48.7	50.3	122	1269	695.8	308	112	210.1	1269	48.7
	T° AGUA(°C)	33	31	32	28	28	28.3	26	28.6	27.5	33	26
	T° AMBIENTE(°C)	34	31	32.8	32.7	33	32.7	29	33	31.3	34	29

#### **5.4.2 Relación Temperatura, pH, Turbidez, con la abundancia de microalgas.**

En **Citalá** la mayor abundancia de la División Chlorophyta se presentó en mayo (582,226 c/l) donde se registro una temperatura de 29.5 °C , pH de 8.5 y una turbidez de 122.7 NTU de igual forma la División Cianophyta presentaron los mayores valores de abundancia en mayo (1,095,557) la División Crisophyta en el mes de junio (2,097,786) donde el pH fue de 7.8 la turbidez de 192 NTU donde se registró una temperatura de 26.7 °C.

En **Río el Desagüe** la mayor abundancia de la División Chlorophyta fue en julio (617,779) con una temperatura de 28.7 °C siendo esta la más baja que se registró en el sitio el pH fue de 8; la turbidez 74.9 NTU, siendo este el valor más bajo; la División Cianophyta presentaron la mayor abundancia en mayo (414,889) con una temperatura de 29 °C , un pH de 8.2, la turbidez fue de 618,6 NTU la División Crisophyta en junio (3,491,116) con una temperatura de 29.2 °C, un pH de 8 y una turbidez de 130.4 NTU la División Euglenophyta presente en julio, con una temperatura de 28.7°C y un pH de 8 la turbidez de 74.9 NTU.

En la **Confluencia** la mayor abundancia de la División Chlorophyta presentó en mayo (511,114) con temperatura de 29 °C mas con un pH de 8.3 y una turbidez de 544.6 NTU; la División Cianophyta presentaron la mayor abundancia en junio (277,778) donde se registró una temperatura de 28 °C, con un pH de 7.8 y turbidez de 597.8 NTU; la División Crisophyta presentaron mayores valores en mayo (1,546,673). La División Euglenophyta presentes en julio con una temperatura de de 28 °C con un valor de pH de 8 y una turbidez de 451NTU.

En **500m arriba del punto de Confluencia** la mayor abundancia de la División Chlorophyta se presentó en mayo (344,446) con temperatura de 27 °C, con un pH de 8.1 y una turbidez de 664.3 NTU; la División Cianophyta (491,110); la División Crisophyta (1,566,670) de igual forma presentaron mayor abundancia durante este mes; la División Euglenophyta presente en

mayo y julio (86,667) con una temperatura de 27 °C con un pH 7.9 y una turbidez de 355 NTU.

En la **Bocatoma** la mayor abundancia de la División Chlorophyta se presentó en junio (402,224) con una temperatura de 28.3 °C un pH de 7.5 y una turbidez de 695.8 NTU; de igual forma la División Cianophyta presentó mayor valor de abundancia en junio (273,335) la División Crisophyta en el mes de julio (1,877,786) con temperatura de 27.5 °C y un pH de 7.5 y una turbidez de 210.1 NTU.

## 5.5 Índices de diversidad.

### 5.5.1 Índice de diversidad alfa

5.5.1.1 Índice Shannon- Wiener para los cinco puntos, durante los tres meses de muestreo.

Tabla 19. Índice Shannon-wiener. Punto de entrada del río Lempa a El Salvador, río El Desagüe, Confluencia, 500 metros arriba del punto de Confluencia, y Bocatoma.

SHANNON-WIENER															
SITIO	Citalá			Río El Desagüe			confluencia río Lempa- río Desagüe			Lempa			Bocatoma		
	MES	may	jun	jul	may	jun	jul	may	jun	jul	may	jun	jul	may	jun
Chlorophyta	2.53	2.65	2.71	2.28	2.06	1.83	2.37	2.62	2.54	2.17	2.15	0.91	1.96	1.02	1.92
Cianophyta	1.91	0.76	0.68	1.66	1.24	1.07	1.88	0.85	1.07	1.75	1.47	1.21	1.81	1.69	1.4
Crisophyta	3.17	3.11	3.01	3.03	3.14	2.73	3.02	3.08	2.99	3.17	3.04	2.82	2.93	2.81	3.01
Euglenophyta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

#### Citalá

Los rangos de diversidad para los cuatro grupos de microalgas presentes en Citalá son los siguientes: Chlorophyta H (2.53 - 2.71) Cianophyta H (0.68 - 1.91) Crisophyta H (3.01- 3.17) Euglenophyta H (0)

#### Río Desagüe

Los rangos de diversidad para los cuatro grupos de microalgas presentes en río El Desagüe son los siguientes: Chlorophyta H (1.83-2.28) Cianophyta H (1.07-1.66) Crisophyta H (2.73-3.14) Euglenophyta H (0)

#### Confluencia río lempa- río Desagüe

Los rangos de diversidad para los cuatro grupos de microalgas presentes en el punto de Confluencia son los siguientes: Chlorophyta H (2.37-2.62) Cianophyta H (0.85-1.88) Crisophyta H (2.99-3.08) Euglenophyta H (0)

#### 500m arriba del punto de Confluencia río Lempa-Desagüe (Lempa).

Los rangos de diversidad para los cuatro grupos de microalgas presentes en este punto son los siguientes: Chlorophyta H (0.91-2.17) Cianophyta H (1.21-1.75) Crisophyta H (2.82-3.17) Euglenophyta H (0)

## Bocatoma.

Los rangos de diversidad para los cuatro grupos de microalgas presentes en la Bocatoma de la planta las pavas son los siguientes: Chlorophyta H (1.02-1.96) Cianophyta H (1.4-1.81) Crisophyta H (2.81-3.01) Euglenophyta H (0)

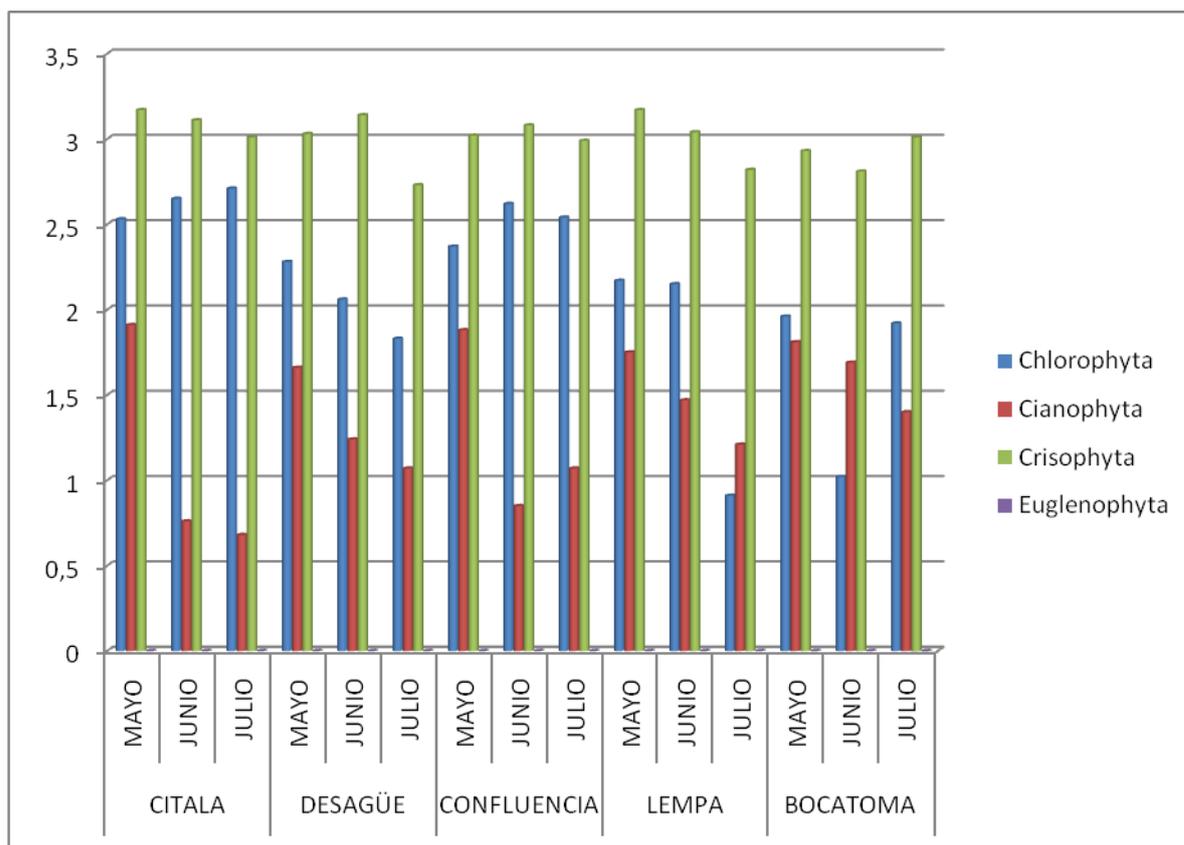


Figura 35. Índice Shannon-Wiener. De las cuatro divisiones encontrado

## 5.5.2 Índice de diversidad Beta

### 5.5.2.1 Índice de Jackard

**Tabla 20. Índice de Jackard para Citalá, Desagüe, Confluencia, 500m arriba de Confluencia, Bocatoma durante los tres meses de muestreo.**

INDICE DE JACKARD										
DIVISION	Citalá-Desagüe	Citalá-Confluencia	Citalá-Lempa	Citalá-Bocatoma	Desagüe-Confluencia	Desagüe-Lempa	Desagüe-Bocatoma	Confluencia-Lempa	Confluencia-Bocatoma	Lempa-Bocatoma
Chlorophyta	0.30	0.43	0.45	0.4	0.48	0.35	0.44	0.5	0.44	0.41
Cianophyta	0.5	0.61	0.43	0.46	0.54	0.58	0.63	0.57	0.4	0.53
Crisophyta	0.77	0.77	0.79	0.82	0.79	0.81	0.76	0.81	0.76	0.74
Euglenofita	1	1	0.5	0	1	0.5	0	0.5	0	0

En la tabla 23 se puede observar el grado de similitud entre cada uno de los cinco puntos durante los tres meses de muestreo.

División Chlorophyta: Presenta mayor valor de similitud entre la Confluencia del río Desagüe- río Lempa y el punto ubicado 500m arriba de esta con 0.5; El rango de los sitios va de 0.3 a 0.5

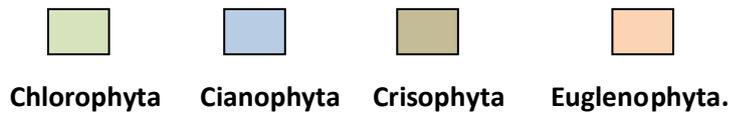
División Cianophyta: El valor más alto de similitud es entre el río El Desagüe y la Bocatoma de la Planta Las Pavas con un valor de 0.63; El rango entre los sitios va de 0.4 a 0.63

División Crisophyta: Presenta mayor valor del índice de Jackard entre Citalá y la Bocatoma de la Planta Las pavas con 0.82; El rango de los sitios va de 0.74 a 0.82

División Euglenophyta: Solo presenta dos especies de las cuales una está presente en cuatro puntos de muestreo, mientras que la otra solo en un punto.

	Citalá				Desagüe				Confluencia				Lempa			
Citalá																
Desagüe	30	50	77													
Confluencia	43	61	77	100	48	54	79	100								
Lempa	45	43	79	50	35	58	81	50	50	57	81	50				
Bocatoma	40	46	82	0	44	63	76	0	44	40	76	0	41	53	74	0

**Figura 36. Índice de Jackard en los cinco sitios de muestreo (porcentaje).**



## **6. DISCUSIÓN**

### **6.1 Clasificación taxonómica.**

Según los resultados del estudio la División Crisophyta representado por las diatomeas es la que presenta mayor número de especies, el grupo de las diatomeas son los organismos más abundantes dentro del grupo de microalgas y tienen una amplia distribución mundial. Según Davis. (1955), son los organismos más comunes de los ambientes de agua dulce, además de tener una gran importancia en la cadena trófica. Según los datos de los parámetros ambientales registrados en los sitios las condiciones son óptimas para el desarrollo de las diatomeas.

La División Chlorophyta presenta un número considerable de especies Davis (1955), afirma que estas se desarrollan mejor en aguas dulces y superficiales ya que necesitan grandes cantidades de luz, los sitios de muestreo se prestan para que estas proliferen ya que los lugares poseen ninguna o poca vegetación de modo que los rayos del sol penetran directamente al agua.

Las División Cyanophyta con menor número de especies, son propias de las aguas con abundante materia orgánica Palmer (1962), estas además se desarrollan mejor en ambientes cálidos y se desarrollan mayormente alrededor de los tubos de suministros de agua; depósitos de conservación o cisternas de agua dulce (Margalef 1983, citado por Aguillon Ortiz 1995), es por esta razón que la división presenta tan pocas especies.

La División Euglenophyta que solo presenta dos especies de acuerdo a Palmer (1962), esta división es propia de aguas altamente contaminadas con desechos orgánicos, esta se presentó en julio lo cual pudo deberse a el arrastre de nutrientes de los cultivos por las lluvias; los individuos de esta división al permanecer preservados con formalina pueden perder su color y flagelos lo cual dificulta su identificación, así que esta podría ser una de las razones por la cual la división presenta solo dos especies.

Aguillon Ortiz (1995), al citar a Murgel Blanco (1984), dice que las aguas que tienen buena calidad son aquellas en que los organismos predominantes son las diatomeas y las Clorofitas.

## **6.2 Análisis cualitativo**

En la tabla 5 se observa la distribución y la frecuencia de la **División Chlorophyta**; para **Citalá** el mes de mayo presentó la mayor cantidad de especies según Palmer (1962), estos necesitan grandes cantidades de luz, y la turbidez interfiere en la proliferación de microalgas, la mayoría de especies fueron encontradas en el primer muestreo donde se presentó el menor valor de turbidez (64.5 NTU), A partir del mes de junio la cantidad de especies encontradas disminuyo debido al aumento de las corrientes y disminución de las temperaturas, Davis (1955), dice que estas se desarrollan mejor en aguas lentas que corridas a una temperatura optima de 30 °C a 35 °C debido a esto en los siguientes meses el número de especies encontradas fue menor.

**Río Desagüe.** En cuanto a número de especies en el mes de mayo se registraron la mayor cantidad de especies, aunque en menos numero que en Citalá (14) esto debido a que existe vegetación a la orilla del río en los lugares donde se realizaron los muestreos, el pH en las primeras semanas de muestreo siempre estuvo por encima de 8; Palmer (1962), indica que el pH puede variar de 7.0 a 8.0 pero el pH óptimo es el neutro, El primer muestreo de mayo registró menor valor de turbidez que el segundo (valor más alto presentado en este lugar durante todo el muestreo), las especies disminuyeron debido a que las corrientes aumentaron.

**Confluencia.** Mayo fue el mes que mayor número de especies presentó las muestras fueron tomadas a unos metros abajo de donde se tomaron las del río El Desagüe; las condiciones físicas fueron similares, aunque no existe vegetación el pH se mantuvo igual en todos los sitios, en el primer muestreo se registró el menor valor de turbidez, luego el número de especies disminuyeron ya que las corrientes aumentaron.

**Lempa.** El número de especies en el mes de mayo se mantuvo constante al igual que los sitios anteriores las características físico- químicas del lugar no variaron; el menor valor de turbidez se registraron en el primer muestreo donde se encontró la mayoría de especies; en los siguientes meses la temperatura disminuyo, la turbidez aumento al igual que las corrientes los sustratos pasaron de ser rocosos a fangosos. Palmer (1962), afirma que al existir fango los peces al nadar en el fondo pueden mover el sustrato y aumentar así la turbidez del agua evitando así la proliferación de organismos.

**Bocatoma.** En este lugar el número de especies disminuyó a casi la mitad con respecto a Citalá, debido a que dos de las replicas fueron tomados en lugares donde existía poca luz, por la vegetación a la orilla; y en el caso de la infraestructura de entrada a la planta potabilizadora por existir techo

**División Cyanophyta.** Las temperaturas a las cuales se desarrollan en optimas condiciones va de 35 °C 40 °C y en aguas con abundante materia orgánica que son estancadas o lentas Palmer (1962), por esta razón cada sitio presentó como máximo 11 especies; el punto ubicado en Citalá presento el mayor número de especies en el mes de mayo donde las temperaturas fueron de 30 grados centígrados, la corriente del agua no estaba tan fuerte, como los otros meses donde el caudal del río incremento debido a las lluvias. Estas algas no precisan de grandes cantidades de luz así que la turbidez no disminuye mucho en su proliferación.

En El Desagüe se presentan dos especies menos, el mayor numero son registrados en mayo donde las condiciones eran mejores para su proliferación.

La Confluencia fue el sitio donde se encontró el mayor número de especies lo cual podría ser por el aporte que hace el río Lempa y el río El Desagüe, en mayo, ya que en este mes las corrientes fueron menos fuertes para los demás sitios fue similar el número de especies.

**División Crisophyta.** Se pueden encontrar casi cualquier ambiente acuático donde haya luz suficiente para mantener su actividad fotosintética y se desarrollan mejor en aguas lentas que corridas debido a esto son más abundantes en lagos que en ríos sin embargo se desarrollan normalmente en estos sistemas solo que al aumentar las corrientes estas pueden disminuir (Davis, 1955). En los sitios de muestreos a pesar de que las corrientes y la turbidez aumentaron en cada mes, se presentó un número similar de especies; de la misma manera fue el comportamiento de los sitios donde el número de especies se mantuvo constante; Las temperaturas se mantuvieron todas abajo de los 30 °C condiciones optimas para su proliferación; según Palmer (1962), uno de los factores más incidentes es la temperatura ya que limita el crecimiento. Para las diatomeas es el factor más determinante.

La Bocatoma es el sitio donde menos especies se presentan, este es además el sitio donde existen temperaturas arriba de los 30 °C en el primer mes de muestreo y el lugar donde existía menor penetración de luz en los sitios donde se tomaron las replicas.

Entre las especies que estuvieron presentes en todos los muestreos tenemos a *Scenedesmus quadricauda*, especie que es característica de aguas con grandes cantidades de materia orgánica, si se encuentra en grandes cantidades aunque estuvo presente en todos los sitios de muestreo la cantidad fue diferente en cada sitio. Palmer (1962), califica a esta especie como una de las más comunes en las aguas superficiales al ser una Clorófita necesita grandes cantidades de luz; en contraste *Hyaloteca dissiliens* presente en todos los sitios de muestreo es un alga que habita aguas con poca materia orgánica. La diferencia está en que una fue más abundante que la otra.

Para las Cianofitas, *Oscillatoria limosa* es una especie constante en el estudio, esta habita aguas con abundante materia orgánica, aunque los

nutrientes no fueron tomados en el estudio la mayoría de especies frecuentes habitan este tipo de aguas.

De las Crisofitas existen especies que son calificadas como especies de aguas con abundante materia orgánica como *Diatoma vulgare*, *Fragilaria brevistriata*, *Melosyra granulata*. Así como especie que habitan aguas con pocos nutrientes, entre las cuales tenemos *Navicula gracilis*, *Tabellaria sp.* *Surirella sp.* La diferencia está en la cantidad que cada una de las especies presenta.

### **6.3 Aspectos cuantitativos**

La División Crisophyta, presentó mayor abundancia debido que son las especies más comunes en las aguas dulces, tienen mayor cantidad de especies debido a que las condiciones físico químicas son las optimas para su proliferación; además la abundancia está determinada por el tamaño de los individuos la mayoría de las diatomeas son más pequeñas que las algas de forma filamentosas, forma que tienen algunas de las especies de las Cianofitas y Clorofitas encontradas.

En cuanto al análisis de los sitios El Desagüe, presentó la mayor cantidad de individuos en total durante toda la investigación, aunque Citalá presentó mayor número de especies uno de los factores incidentes podría ser el aporte de nutrientes que hace el Lago de Guija, aparte de los cultivos y ganado de los lugareños. Ya que estas necesitan para su proliferación Nitratos y Fosfatos altos

En el resto de los sitios los números fueron bastantes similares. Debido a las condiciones que presentan los sitios.

La División Chlorophyta, presentó mayor abundancia en el punto ubicado 500 m arriba del punto de Confluencia, donde las condiciones físicas fueron: sin vegetación, sustratos rocosos y temperaturas en junio y julio arriba de los 30 °C; Citalá a pesar de presentar el mayor número de especie, presenta la menor abundancia de células por litro, algunos factores como los

nutrientes pudieron incidir en esto ya que aunque existan las especies esto no significa que se estén reproduciendo, Davis (1955), afirma que estas solo se reproducirán cuando todas las condiciones físico-químicas y los nutrientes sean favorables.

La División Cyanophyta presentó mayor abundancia en Citalá; León (s.a), dice que cuando en un sitio disminuye la cantidad de los otros grupos de algas, las Cianofitas aumentan ya que no tienen que competir por nutrientes con los otros individuos, aunque en el caso de Citalá la abundancia de los otros grupos no disminuyó tan radicalmente; la División Chlorophyta presentó en este sitio su menor abundancia, Esto podría ser una de las razones de porque en este sitio hubo un aumento de esta división con respecto a los otros lugares.

Euglenophyta presentó la mayor abundancia en el río El Desagüe, estas especies habitan aguas con abundante materia orgánica y podría deberse el aporte de nutrientes del Lago de Güija.

Además uno de los factores que también que influye en las floraciones algales, es la predación natural y la presencia de organismos que se alimentan de un determinado grupo o especie de algas; (León, s.a).

Según las monografías del CNR, el monto pluvial anual de Citalá, oscilan entre unos 2,400 y 2,900 milímetros, siendo las más altas de los cinco lugares de muestreo factor que podría ser el que determina el hecho de que a pesar de que presenta mayor número de especies su proliferación sea menor ya que; las corrientes y la turbidez aumentan en los meses de mayor intensidad de lluvia.

Las Clorofitas y las Cianofitas presentaron mayor abundancia en mayo debido a que la turbidez es un factor muy determinante en la proliferación ya que puede limitar la penetración de luz. En el primer muestreo fueron las menores en casi todos los sitios y las corrientes eran más lentas y las temperaturas más altas.

Para las Crisofitas en el mes de junio, se presentaron los menores valores de temperatura, debido a esto podría ser que en este mes se observó un aumento en su proliferación.

Las Euglenofitas son organismos de aguas con abundante materia orgánica, un incremento de las lluvias y los usos de fertilizantes por los cultivos podrían ser las razones de estas proliferen en mayor abundancia en este mes.

La proliferación de algunas especies específicas, como *Scenedesmus quadricauda* y las tres especies de *Oscillatoria* (*O. limosa*, *O. lauterbonii*, *O. tenuis*); de acuerdo Palmer (1962), estas habitan aguas con abundante materia orgánica y podrían ser indicadores de contaminación de esta naturaleza aunque, este al citar a otros autores advierte que no es seguro tomar especies específicas ya que existen variedades que fácilmente pueden vivir en aguas limpias o contaminadas. En cuanto a *Tabellaria sp.* la Crisophyta más frecuente y también la más abundante dice que habita aguas con poca materia orgánica. Debido a esto no sería confiable decir si las aguas estudiadas tienen gran cantidad de materia orgánica o poca ya que se presentan casos de especies que habitan los dos tipos de condiciones.

Por último no sería factible decir que la población algal de los diferentes sitios en cuanto a abundancia, distribución y frecuencia es normal o que existe un problema de alta proliferación, ya que no existen estudios realizados en estos sitios Palmer (1962), dice que se necesita cierto periodo de tiempo que podrían ser de muchos años para observar cambios del entorno; así como de la abundancia y distribución de individuos de los diferentes grupos de algas, y así determinar si las proliferaciones son normales. Cada sitio tiene sus propias características físicas y biológicas y los organismos podrían comportarse de diferentes maneras, siendo el fitoplancton el inicio de la cadena trófica en los sistemas acuáticos, este depende de otros organismos así como de las actividades no solo

industriales o agrícolas que se realizan en las comunidades, sino también del comportamiento de sus habitantes.

#### **6.4 Cantidad de microalgas en los puntos de muestreo durante los seis meses.**

La cantidad de células por litro encontradas en los diferentes sitios muestra un cambio de un sitio a otro; se puede observar, que desde el primer punto al último hay una disminución de microalgas contabilizadas, lo cual significa que la cantidades independiente de un sitio a otro. Y aunque los factores físico-químicos del agua son similares la combinación de nutrientes y las actividades de los habitantes de las comunidades pueden incidir en esto; en el caso de la bocatoma de la planta las pavas es el sitio con menor cantidad de individuos contabilizados de las cuatro divisiones , aparentemente esta no se ve afectada por los otros puntos; aunque autores como palmer indican que para conocer la verdadera composición de un sitio se necesitan muchos años de estudios, por esto no se podría asegurar del todo con un periodo tan corto de investigación que no es afectada por dichos lugares, los afluentes del rio Lempa más cercanos a la bocatoma podrían tener mayor incidencia en la poblaciones algales, que los otros sitios tomados en cuenta en esta investigación.

#### **6.5 Algas que causan problemas a las plantas potabilizadoras de agua.**

Las algas son de los microorganismos que más problemas causan en las plantas potabilizadoras de agua (Palmer, 1962).

de los problemas más comunes que las algas causan están: la obstaculización de filtros cambio en pH, resistencia a los alguicidas, disminuye la eficacia de los coagulantes, producen olores y sabores desagradables, lo cual implica gastos mayores para las plantas y aunque existen muchos mecanismos de control que van desde cambiar algunas estructuras de la planta hasta limitar la penetración de la luz estas

precauciones deben ser en base a las microalgas encontradas, la forma en que opera la planta y la estructura de la misma (Palmer, 1962).

Las microalgas encontradas en el estudio se remarcan en la tabla 17, aquellas que estuvieron presentes en los cinco sitios y los problemas que causan; ya que aunque estén ausentes en bocatoma en este periodo, puede ser que en otra época podrían estar presentes, de estas las más importantes son aquellos géneros de diatomeas que obstruyen filtros, ya que según palmer (1962), estas cuando mueren a diferencia de otros grupos no se desintegran, debido a su pared celular de sílice. Cabe destacar que este grupo fue el más abundante en cuatro puntos incluyendo la bocatoma, las cianofitas producen olores y sabores desagradables esta división no fue abundante pero existen especies que presentaron una gran cantidad de células por litro; Las clorofitas presentan especies que son resistentes al cloro como alguicida; *Protococcus* sp. Presentó la mayor abundancia en mayo en bocatoma, esta se adhiere a las paredes de los depósitos. Siendo un alga verde necesita grandes cantidades de luz, podría ser por esta razón que se encuentra en el primer mes de muestreo.

### **6.6 Parámetros físico-químicos.**

Las condiciones ambientales del medio acuático son muy importantes, ya que estas pueden determinar el crecimiento del fitoplancton tal y como se describe en el marco teórico, estos parámetros limitan el crecimiento de los organismos acuáticos la temperatura, el pH, y turbidez del agua son los factores más determinantes. Esto se vio reflejado en la abundancia de los diferentes grupos de microalgas encontrados en los sitios de estudio. Según Palmer (1962), las diatomeas necesitan una temperatura optima de 18 °C a 30 °C; las Clorofitas de 30 °C a 35 °C; y las Cianofitas una temperatura de 35 °C a 40 °C, en cuanto a pH se considera que la mayoría se desarrolla en un pH neutro que puede variar de 7.5 a 8; en cuanto a la turbidez se sabe que limitan la fotosíntesis, y por lo tanto la productividad primaria biológica, la temperatura de los cinco sitios de estudio vario entre 24.9 ° C y 32 ° C,

debido a esto el grupo de diatomeas fue el más abundante, y el que presentó el mayor número de especies en cada uno de los cinco puntos de estudio, ya que las condiciones del medio eran las óptimas para su desarrollo. El mes que presentó mayor número de diatomeas, fue junio donde para cada sitio se presentaron temperaturas debajo de los 30 °C.

Seguido de las Crisofitas las Clorofitas presentan mayor número de especies e individuos, de igual forma las temperaturas eran más adecuadas para que proliferaran mejor estas, que las Cianofitas que se desarrollan en ambientes más cálidos.

#### **6.7 Diversidad alfa.**

Como se pudo observar con los datos cualitativos de y cuantitativos, el grupo de las diatomeas presentó mayores valores de riqueza y abundancia. El índice de Shannon sirvió para reforzar estos datos. Sosa-Escalante (2004), indica que este distribuye equitativamente la riqueza de especies con la abundancia de estas. En la tabla 19, se observó que el sitio de mayor diversidad para diatomeas es Citalá, que aunque no posee la mayor abundancia los valores de esta no varía mucho con respecto a otros lugares; durante los tres meses los valores del índice no cambian mucho, esto debido a todas las características indicadas en el análisis cualitativo y cuantitativo.

Las Clorofitas, son las que presentan después de las diatomeas el mayor índice de diversidad; registrado en Citalá y el rango de diversidad fue similar en los cinco sitios de estudios, no hubo una variación considerable debido a todas las características en los sitios de estudios.

El grupo de las Cianofitas presenta valores que van de 0.68 a 1.43, esto debido a que el número de especies es de 18; menos de la mitad que los otros grupos. Aunque los valores de diversidad no fueron tan bajos debido a que muchas especies presentan una abundancia alta.

Para el grupo de Euglenofitas para obtener datos más confiables es mejor trabajar con muestras frescas, ya que el valor de diversidad para todos los sitios fue de cero.

En los meses de estudio las tres divisiones registraron sus valores de índice de Shannon más altos durante el mes de mayo, debido a que el número de especie fue mayor en este mes, siendo además para las Clorofitas y Cianofitas el mes que mayores valores de células por litro presentó. Los parámetros físico-químicos de este mes son los que mejor se adaptan para la existencia de los diferentes grupos de algas.

### **6.8 Diversidad beta**

El índice de Jackard muestra la similitud de dos sitios, tomando en cuenta si las especies están presentes o no, es decir si dos ecosistemas comparten las mismas especies (Sosa-Escalante, 2004).

En cuanto al grupo de las diatomeas se puede observar que los sitios son muy similares ya que este índice otorga valores de cero a uno donde entre más alto es el valor del índice, mas similares son los sitios estudiados. Y los valores obtenidos están todos entre 0.74 y 0.82 estos valores coinciden con los datos cualitativos donde cada sitio presentaba un número similar de especies, las condiciones ambientales de cada sitio son parecidas, al no existir cambios significativos las especies que se desarrollan en un sitio pueden perfectamente desarrollarse en los otros.

Las clorofitas presentaron valores de 0.3 y 0.5 en grado de similitud de estos sitios no es tan alto, el número de especies que presentó cada lugar estuvo entre 20 y 21 de 37 especies contabilizadas en total. Diversas condiciones del medio podrían ocasionar esto. Por ejemplo los nutrientes (no tomados en cuenta en el estudio) la vegetación de los puntos de muestreo ya que algunos presentaban poca y otros carecían totalmente de

vegetación en este caso la fotosíntesis se ve limitada y disminuye la proliferación de dichas algas.

Cianofitas. Los sitios son similares entre un 0.43 y 0.63 siendo El Desagüe y la Bocatoma los sitios más similares. Y el grado de similitud no es tan alto entre los cinco puntos, probablemente por la cantidad de materia orgánica que presenta cada uno de los sitio ya que esta división depende mucho de la existencia de esta.

Euglenophyta: las especies encontradas solo tiene presencia en cuatro sitios de estudio (Citalá, Desagüe, Confluencia y Lempa) solo se presentan en julio. Esto podría haberse dado por el incremento de lluvias, lo cual produjo un mayor arrastre de nutrientes.

## 7. CONCLUSIONES.

- La División Crisophyta representada por la clase Bacillariophyceae fue el grupo más abundante y diverso para los cinco sitios de muestreo.
- La División Euglenophyta presentó la menor cantidad de especies y frecuencia.
- La menor abundancia de microalgas se registró en el mes de julio cuando aumenta el caudal de los ríos.
- *Tabellaria* sp. Perteneciente a la División Crisophyta, presentó el mayor número de células por litro durante todo el periodo de investigación.
- Las Divisiones Chlorophyta y Cyanophyta presentaron la mayor abundancia en junio, mientras que la División Crisophyta la presentó en el mes de julio.
- Según los datos obtenidos en este estudio la abundancia de microalgas de Citalá, Desagüe, Lempa y Confluencia no incide en la abundancia de microalgas de la bocatoma.
- Los datos de temperatura así como los valores de pH registrados en los diferentes sitios de muestreo son similares.
- El sitio con mayor diversidad es el punto ubicado en la entrada del río Lempa hacia El Salvador proveniente de Honduras.
- Las poblaciones fitoplanctónicas encontradas causan diferentes problemas en el proceso de potabilización del agua.
- Los mecanismos de control de microalgas empleados deben ser en base a las especies encontradas, y de la forma en que opera la planta potabilizadora de agua.

## 8. RECOMENDACIONES

- Investigar la eficiencia de la Karpa plateada como controlador biológico del fitoplancton y según los resultados emplearla en la bocatoma de la planta las pavas.
- Monitorear los sitios en estudio y emplear otras metodologías para observar si las Divisiones encontradas muestran algún cambio en cuanto a número de especies y abundancia.
- El cloro es utilizado comúnmente como alguicida al igual que el sulfato de cobre, estos deben ser proporcional al número de organismos encontrados; así que la planta Las Pavas debería tener un registro de los organismos que entran cada mes para obtener mejores resultados.
- ANDA deberá tener un registro de especies y su reacción a los alguicidas así como de otros problemas que estas les podrían causar, y así mejorar el proceso de potabilización
- Realizar monitoreos durante periodos más largos para verificar el comportamiento de la abundancia de las microalgas.
- Para fines de mejorar el proceso de potabilización de agua, enfocar los monitoreos de microalgas en la bocatoma de las plantas las pavas y de afluentes del rio lempa más cercanos a este punto.
- Realizar estudios de nutrientes para reforzar a los parámetros físico-químicos, y así facilitar la interpretación de los datos obtenidos.
- Para conocer mejor la composición de microalgas del sitio de Citalá sería necesario monitorear durante más tiempo y tomar en cuenta más puntos hasta llegar a la planta las Pavas, y así conocer si este sitio en realidad afecta a la planta.
- ANDA, por medio del montaje de un laboratorio biológico, deberá realizar monitoreos periódicos tanto de fitoplancton, zooplancton y

microbiológico con el fin de ser más eficientes en el proceso de potabilización del agua que distribuye.

- ANDA debe realizar un estudio de microalgas dentro de las instalaciones de la planta las pavas, y una evaluación de los problemas que estas le causan y en base a esto emplear los tratamientos para controlar dichas algas.

## **Referencias bibliográficas.**

1. Aguilón, G. 1995. Relación del fitoplancton con la calidad físico-química del agua en el distrito de riego de Zapotitán. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador. San Salvador. 229 pp.
2. Monografía del departamento de Chalatenango (a), documento digital s.a, Centro Nacional de Registro.
3. Monografía del departamento de La Libertad (b), documento digital s.a, Centro Nacional de Registro.
4. Monografía del departamento de Santa Ana (c), documento digital s.a, Centro Nacional de Registro.
5. Cuellar, T. y G. Mariona. 2007. Abundancia y distribución de Dinoflagelados (Dinophyceae, Desmophyceae) y Diatomeas (Bacillariophyceae) con énfasis en las especies nocivas en tres sitios de la zona costera de El Salvador. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad de El Salvador. San Salvador. 126 pp.
6. Davis. C. 1955. The marine and fresh water plankton. Western Reserve University, Michigan State. University press. Unites State of America. 820 pp.
7. Hernández R., C. Fernández y P. Baptista 2006. Metodología de la investigación. Cuarta edición. McGraw Hill. México. 895 pp.
8. León, L. S.A. floraciones algales de agua dulce: cianobacterias, cianotoxinas y su relación con la salud humana. Uruguay. 15 pp.
9. Mendoza, Y. 1998. Situación actual y alternativas al problema de potabilidad del agua en las comunidades Piedras Negras y Ojos de Agua de Texistepeque beneficiarias del proyecto UNIR, Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Católica de Occidente. El Salvador. 110 pp.

10. Ministerio de Educación de El Salvador. 1996. Historia Natural y Ecológica de El Salvador, tomo II. Offset. El Salvador. 365 pp.
11. Monterrosa, A. 1993. Caracterización de algas y protozoos e insectos acuáticos Presentes en las comunidades plantónicas y bentónicas del Lago de Ilopango, El Salvador, tesis de Licenciatura en biología, Universidad de El Salvador. 262 pp
12. Moreno, J. 2000. Fitoplancton en: De la Lanza, G. Hernández, P. Carbajal, J. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdés S. A de C.V. Estado de México. 633pp.
13. Palmer, M. 1962. Algas en los abastecimientos de agua. Primera edición. Editorial interamericana. México. 89 pp.
14. Prescott, G. W. 1970. Algae of the western great lakes area. Second edition By Otto Kuetz Science Publishers. United State of America. 634 pp.
15. Smith, M. 1955. Cryptogamic Botany. Second edition Mc Graw-Hill Book Company. United State of America. 546 pp.
16. Solomon, E. 1999. Biología. Quinta edición Mc Graw-Hill Interamerican. United State of America.
17. Sosa Escalante, J. 2004. Estudio de la Biodiversidad: Valoración y Medición, Manual de Curso. CINVESTAV, Instituto Politécnico Nacional. Unidad Mérida. Secretaria de Ecología. Gobierno del Estado de Yucatán. México. 59 pp.
18. Ville, M. 1996. Biología de Ville, tercera Edición Interamericana. Mc Graw – Hill, México D.F. 945 pp.

Sitios web consultados:

19. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). División Euglenophyta. 20.02.2012 4:00pm

20. [www.oel.org](http://www.oel.org) enciclopedia de la vida. División Crisophyta. 10.11.11, 10:00 am.
21. [www.oel.org](http://www.oel.org) enciclopedia de la vida. División Chlorophyta. 12.11.11, 10:00 am.
22. [www.oel.org](http://www.oel.org) enciclopedia de la vida. División Cianophyta, 13.11.11, 10:00 am.

# **ANEXOS**

## **Anexo 1.Recolección de datos.**



**A. Colecta en el río El Desagüe.**



**B. Colecta en los coladores de la planta las Pavas.**



**C. Traslado de las muestras a los botes plásticos**

## Anexo 2. BOLETA DE CAMPO

<b>Nombre del Colector:</b>	
<b>Fecha de colecta:</b>	<b>Hora:</b>
<b>Lugar del muestreo:</b>	
<b>Punto geográfico:</b>	
<b>Temperatura del aire:</b>	<b>Temperatura del agua:</b>
<b>Ph:</b>	
<b>Turbidez:</b>	
<b>Comentarios:</b>	
<hr/>	

Fuente elaboración propia.

### **Anexo 3. Fase de laboratorio.**

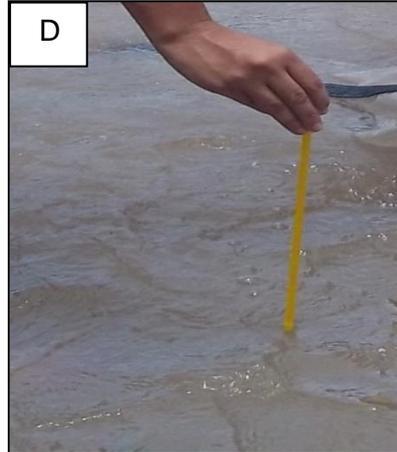
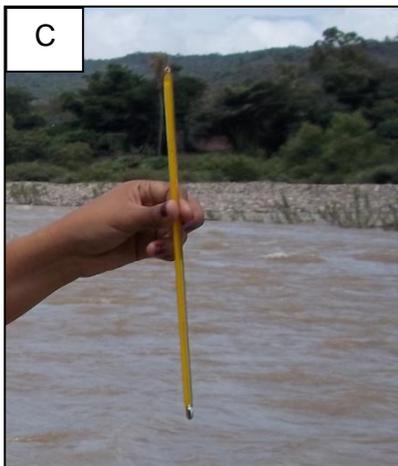
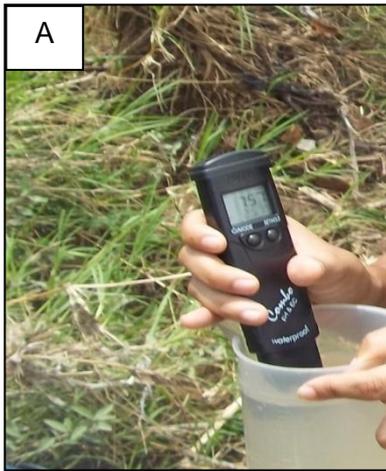


**A. Observación de muestras en el laboratorio con microscopio compuesto con cámara incorporada.**



**B. Observación de muestras en el laboratorio con microscopio compuesto sin cámara**

#### Anexo 4. Material de campo utilizado.



A. pH-metro, B. Turbidímetro, C y D. Termómetro de Hg

**ANEXO 5. Material de laboratorio utilizado.**



**Foto 8. A. Microscopio compuesto Kent a Vision, B. Microscopio compuesto Motic, C. botes plásticos de 100 ml**