

**IDENTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD PLANCTÓNICA Y DETERMINACIÓN DE
ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA EN LAS LAGUNAS CHINGAZA, EL
MEDIO Y EL ARNICAL DEL PARQUE NACIONAL NATURAL CHINGAZA**

**DIEGO FERNANO GARCIA ARIAS
ANDRÉS FELIPE TORRES CEQUERA**

**Directora:
Liliana Salazar López
BIÓLOGA ESP- MSc CIENCIAS AMBIENTALES**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2015**

**IDENTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD PLANCTÓNICA Y DETERMINACIÓN DE
ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA EN LAS LAGUNAS CHINGAZA, EL
MEDIO Y EL ARNICAL DEL PARQUE NACIONAL NATURAL CHINGAZA**

**DIEGO FERNANO GARCIA ARIAS
ANDRÉS FELIPE TORRES CEQUERA**

**Trabajo de Grado en la modalidad de Solución de un problema de Ingeniería
para optar al título de Ingeniero Ambiental**

Directora:

**Liliana Salazar López
BIÓLOGA ESP- MSc CIENCIAS AMBIENTALES**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2015**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

CONTENIDO

RESUMEN	10
1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 GENERAL	13
2.2 ESPECÍFICOS	13
3. MARCO DE REFERENCIA	14
3.1 MARCO CONTEXTUAL	14
3.1.1 Aspectos biofísicos	14
3.1.2 Aspectos socioeconómicos	16
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1 GENERALIDADES DE LOS HUMEDALES	17
4.2 GENERALIDADES DE LAS TURBERAS	20
4.3 SISTEMAS LÉNTICOS	22
4.4 EL PLANCTON	22
4.4.1 Fitoplancton	23
4.4.2 Zooplancton	25
4.5 INDICADOR BIOLÓGICO ACUÁTICO	26
4.6 BIODIVERSIDAD	27
4.6.1 ¿Cómo medir la biodiversidad?	28
5. MARCO INSTITUCIONAL	30
5.1 ENTIDAD PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA	30
6. MARCO LEGAL	31
7. METODOLOGÍA	32
7.1 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO Y PROGRAMACIÓN DE LAS SALIDAS DE CAMPO	32
7.2 TRABAJO EN CAMPO	36
7.3 TRABAJO EN LABORATORIO	39
7.4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE NSF (FUNDACIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO) PARA CALIDAD DEL AGUA	40
7.5 CONTRASTE ESTADÍSTICO DE HIPÓTESIS	40
7.6 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	41
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
8.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	42
8.2 ÍNDICE NSF	52
8.3 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD ALGAL DE CADA UNO DE LOS CUERPOS DE AGUA ESTUDIADOS	53
8.3.1 Fitoplancton	53
8.3.1.1 Laguna El Arnical	54

8.3.1.2 Laguna El Medio	57
8.3.1.3 Laguna Chingaza	61
8.3.2 Zooplankton	64
8.3.2.1 Laguna el Arnical	64
8.3.2.2 Laguna el Medio	64
8.3.2.3 <i>Laguna Chingaza</i>	65
8.4 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	71
8.4.1 <i>Laguna el Arnical</i>	71
8.4.2 <i>Laguna el Medio</i>	73
9. CONCLUSIONES	77
10. RECOMENDACIONES	78
11. BIBLIOGRAFÍA	80
11. ANEXOS	85

LISTA DE TABLAS

TABLA N°1. CLASIFICACIÓN DE LOS HUMEDALES NATURALES SEGÚN LA CONVENCIÓN RAMSAR	18
TABLA N°2. TIPOS DE PLANCTON SEGÚN SU TAMAÑO	23
TABLA N° 3. PRINCIPALES GRUPOS DE ZOOPLANCTON EN CUERPOS DULCEACUÍCOLA	26
TABLA N° 4. LISTA DE LA NORMATIVA QUE RELACIONA EL PROYECTO.	31
TABLA N° 5. PUNTOS DE MUESTREO PARA LA LAGUNA EL ARNICAL	33
TABLA N°6. PUNTOS DE MUESTREO PARA LA LAGUNA EL MEDIO	34
TABLA N°7. PUNTOS DE MUESTREO PARA LA LAGUNA CHINGAZA	35
TABLA N°8. TÉCNICAS UTILIZADAS POR EL LABORATORIO PARA LOS PARÁMETROS REQUERIDOS	39
TABLA N°9. INDICACIÓN DE LOS GÉNEROS REPRESENTATIVOS ZOOPLANCTÓNICOS PARA CADA LAGUNA	66

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA N° 1. DISTRIBUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES DURANTE EL AÑO. PARA LA ESTACIÓN CHUZA.....	15
GRÁFICA N° 2. COMPONENTES DEL VALOR TOTAL DE LOS HUMEDALES	20
GRÁFICA N° 3. CLASIFICACIÓN DE LAS TURBERAS	21
GRÁFICA N° 4. CLASIFICACIÓN DEL FITOPLANCTON.....	25
GRÁFICA N° 5 OXÍGENO DISUELTO PARA CADA LAGUNA.....	42
GRÁFICA N° 6. CONDUCTIVIDAD REGISTRADA PARA CADA CUERPO DE AGUA ESTUDIADO	44
GRÁFICA N° 7 PH REGISTRADO PARA CADA CUERPO DE AGUA ESTUDIADO	45
GRÁFICA N°8 TURBIDEZ REGISTRADA PARA CADA LAGUNA.....	47
GRÁFICA N°9. NITRATOS REGISTRADOS PARA CADA LAGUNA	49
GRÁFICA N° 10. FOSFATOS REGISTRADOS PARA CADA LAGUNA	50
GRÁFICA N° 11. DBO ₅ REGISTRADO PARA CADA LAGUNA.....	51
GRÁFICO N° 12 ÍNDICE NSF PARA DISTINTAS ÉPOCAS DEL AÑO DE LAS LAGUNAS EL ARNICAL, EL MEDIO Y CHINGAZA.	52
GRÁFICA N° 13. COMPARATIVO DE LA POBLACIÓN FITOPLANCTÓNICA PARA LOS TRES CUERPOS DE AGUA	53
GRÁFICA N°14.DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE INDIVIDUOS POR DIVISIÓN PARA LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE LA LAGUNA EL ARNICAL	54
GRÁFICA N° 15. GÉNEROS IDENTIFICADOS EN LA LAGUNA EL ARNICAL.....	55
GRÁFICA N° 16 TOTAL DE INDIVIDUOS DE LA COMUNIDAD ALGAL DE LA LAGUNA EL ARNICAL.....	57
GRÁFICA N°17. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE INDIVIDUOS POR DIVISIÓN PARA LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE LA LAGUNA EL MEDIO.....	58
GRÁFICA N° 18. GÉNEROS IDENTIFICADOS EN LA LAGUNA EL MEDIO	59
GRÁFICA N°19. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD ALGAL DE LA LAGUNA EL MEDIO ...	60
GRÁFICA N° 20 .DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE INDIVIDUOS POR DIVISIÓN PARA LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE LA LAGUNA CHINGAZA	61
GRÁFICA N° 21. GÉNEROS IDENTIFICADOS EN LA LAGUNA CHINGAZA	62
GRÁFICA N°22. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD ALGAL DE LA LAGUNA CHINGAZA	63

GRÁFICO N° 23. GÉNEROS IDENTIFICADOS EN LA LAGUNA ARNICAL	64
GRÁFICA N°24 GÉNEROS IDENTIFICADOS EN LA LAGUNA EL MEDIO	65
GRÁFICA N° 25. GÉNEROS IDENTIFICADOS EN LA LAGUNA CHINGAZA	65
GRÁFICA N° 26. ÍNDICE SHANNON- WIENER PARA LAS LAGUNAS EL ARNICAL, EL MEDIO Y CHINGAZA	66
GRÁFICO N° 27. ÍNDICE DE SIMPSON PARA LAS LAGUNAS EL ARNICAL, EL MEDIO Y CHINGAZA.....	67
GRÁFICO N° 28 ÍNDICE DE JACCARD PARA LAS LAGUNAS EL ARNICAL Y EL MEDIO.....	68
GRÁFICO N° 29 ÍNDICE DE JACCARD PARA LA LAGUNA CHINGAZA.	69

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS PARA LOS GÉNEROS DE LA LAGUNA EL ARNICAL.....	85
ANEXO B. TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS PARA LOS GÉNEROS DE LA LAGUNA EL MEDIO	86
ANEXO C. TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS PARA LOS GÉNEROS DE LA LAGUNA CHINGAZA.....	86
ANEXO D. CUADRO PRESENCIA-AUSENCIA DE LOS MICROORGANISMOS FITOPLANCTÓNICOS ENCONTRADOS.....	89
ANEXO E. CUADRO PRESENCIA-AUSENCIA DE LOS MICROORGANISMOS ZOOPLANCTÓNICOS ENCONTRADOS	90
ANEXO F. GRÁFICO DE TEMPERATURA MEDIDA PARA CADA LAGUNA.....	91
ANEXO G. TAXONOMÍA DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA DE LAS TRES LAGUNAS	92
ANEXO H TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE HIPÓTESIS T STUDENT PARA LA LAGUNA ARNICAL.....	94
ANEXO I TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE HIPÓTESIS T STUDENT PARA LA LAGUNA EL MEDIO	94
ANEXO J TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE HIPÓTESIS T STUDENT PARA LA LAGUNA CHINGAZA.....	95
ANEXO K ÍNDICE DE ABUNDANCIA SHANNON – WIENER PARA LAS LAGUNAS ARNICAL, EL MEDIO Y CHINGAZA.....	95
ANEXO L. ÍNDICE DE ABUNDANCIA SIMPSON PARA LAS LAGUNAS ARNICAL, EL MEDIO Y CHINGAZA.	96
ANEXO M ÍNDICE DE JACCARD PARA LAS TRES LAGUNAS.....	97

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se realizó el análisis y la identificación de las comunidades planctónicas y la calidad del agua para las lagunas el Medio, El Arnical y Chingaza ubicadas en el páramo de Chingaza, este proporciona cerca de 80 % del agua de Bogotá. A pesar de su importancia como fuente de agua potable y su condición de sitio protegido por la convención Ramsar, no se cuenta con información actualizada respecto al estado de estas lagunas. Se llevaron a cabo 3 muestreos en los meses de septiembre, enero y marzo los cuales corresponden a temporada húmeda, intermedia y seca respectivamente, en los cuales se emplearon redes de plancton para recolectar un total de 168 muestras que permitieran identificar la comunidad plantónica en cada cuerpo de agua. Los organismos encontrados fueron identificados hasta género, siendo *Pinullaria* el más común. Se realizaron mediciones *in-situ* y se tomaron muestras de agua para determinar parámetros físicos y químicos y biológicos, con el fin formular el índice de calidad de agua NSF, los índices biológicos de Shannon, Simpson, Jaccard. Se encontraron bajas concentraciones de oxígeno disuelto en cada laguna, una baja concentración de iones disueltos y una cantidad pequeña de nutrientes. Se realizó un análisis estadístico para determinar las variaciones de la abundancia y riqueza en las lagunas y empleando un análisis de componentes principales se determinó que las variables más determinantes en la abundancia y la riqueza de especies fueron oxígeno disuelto, conductividad, pH, nitratos y fosfatos.

Palabras clave: Bioindicación, calidad del agua, comunidad planctónica, parámetro

ABSTRACT.

In this study was carried out the analysis and the identification of the planktonic communities and water quality for el Medio, el Arnical and Chingaza lagoons. Located in the Chingaza paramo, this provides about 80 per cent of the water in Bogota. Despite its importance as a source of drinking water and its status as a protected site by the Ramsar Convention, no updated information regarding the status of these lagoons. There were 3 sampling in the months of September, January and March which correspond to dry, intermediate and humid season; in the which were used plankton nets to collect a total of 168 samples to identify the community planktonic in each water body. Where was realized the determination of the genus and the number of present individuals in every sample, in these were found as genus with more individuals the *Pinullaria*. Measurements were *done in-situ* and water samples were taken to determine physical and chemical parameters and biological, in order to make the index of water quality NSF, the biological indexes of Shannon, Simpson, and Jaccard. In the analyzed samples were found low dissolved oxygen concentrations for each lagoon, a low concentration of dissolved ions and a small amount of nutrients. A statistical analysis was realized in order to determine the variations of the abundance and wealth in the lagoons and using an analysis of principal components was determined that the most influential variables in the ecosystem were dissolved oxygen, conductivity, pH, nitrates and phosphates.

Key words: Bioindication, water quality, planktonic community, parameter.

1. INTRODUCCIÓN

Los lagos de alta montaña, como los de latitudes extremas, se encuentran sometidos a condiciones climáticas rigurosas que, en buena medida, condicionan las características de sus aguas y por lo tanto la naturaleza de sus comunidades. Por su singularidad han sido objeto de un especial interés en limnología y son considerables los estudios que, desde muy diferentes aproximaciones se han llevado a cabo en ellos

La presente investigación se fundamenta en la identificación de la estructura, composición y abundancia de la comunidad planctónica y en la determinación de índices de calidad del agua en 3 lagunas del PNNCH, siendo estas: La laguna Chingaza, El medio y El Arnical, las cuales se seleccionaron de acuerdo con condiciones estructurales y sus variaciones altitudinales. Colombia hace parte de la convención Ramsar sobre los humedales de importancia internacional, llamada la convención Ramsar, este tratado intergubernamental tiene la finalidad de conservar y dar un uso racional de los humedales, Colombia al estar inscrito en esta convención debe comprometerse a propiciar el mantenimiento ecológico de los humedales y a continuar usando de manera racional el principal recurso natural con el que cuenta el país, el agua.

Uno de los ecosistemas que Colombia tiene inscrito en la convención Ramsar es Chingaza, a pesar de su vital importancia para la economía nacional, existen pocos estudios que caracterizan la comunidad planctónica de este humedal, así mismo también son escasos los estudios que relacionan la calidad del agua de esta zona.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Identificar la comunidad planctónica y determinar los índices de calidad del agua en las lagunas Chingaza, El Medio y el Arnical del Parque Nacional Natural Chingaza

2.2 Específicos

- Establecer la estructura, composición y abundancia de las comunidades planctónicas: fitoplancton y zooplancton de las lagunas: Chingaza, El medio y El Arnical localizadas en el Parque Nacional Natural Chingaza
- Determinar las condiciones fisicoquímicas de calidad del agua de las lagunas: Chingaza, El medio y El Arnical
- Establecer índices biológicos la estructura de la comunidad planctónica en cada una de las lagunas
- Relacionar los índices Fisicoquímicos de calidad del agua y los Índices Biológicos dentro de cada laguna y entre ellas

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Marco contextual

El Parque Nacional Natural Chingaza es caracterizado como reservorio hídrico y sus ecosistemas son esenciales en la generación de agua potable. El agua contenida por su vegetación es acumulada y lentamente permeada por el suelo hacia los cuerpos de agua de los que se compone el parque, también es una de las áreas que más servicios ambientales presta, pues abastece a más del 80% de agua potable para la capital del país. Por otro lado es un área protegida con fines de conservación de flora y fauna dentro del territorio nacional, este fue creado por medio de la resolución N° 154 de Junio de 1977. Es un área silvestre ubicada en el departamento de Cundinamarca, este es uno de los Parques Nacionales Naturales que genera mayores beneficios económicos. Actualmente la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá toma un estimado de 14 m³/s para abastecer parte de la demanda del recurso hídrico para la ciudad [1]

Imagen 1. Parque Nacional Natural Chingaza. Laguna Chingaza

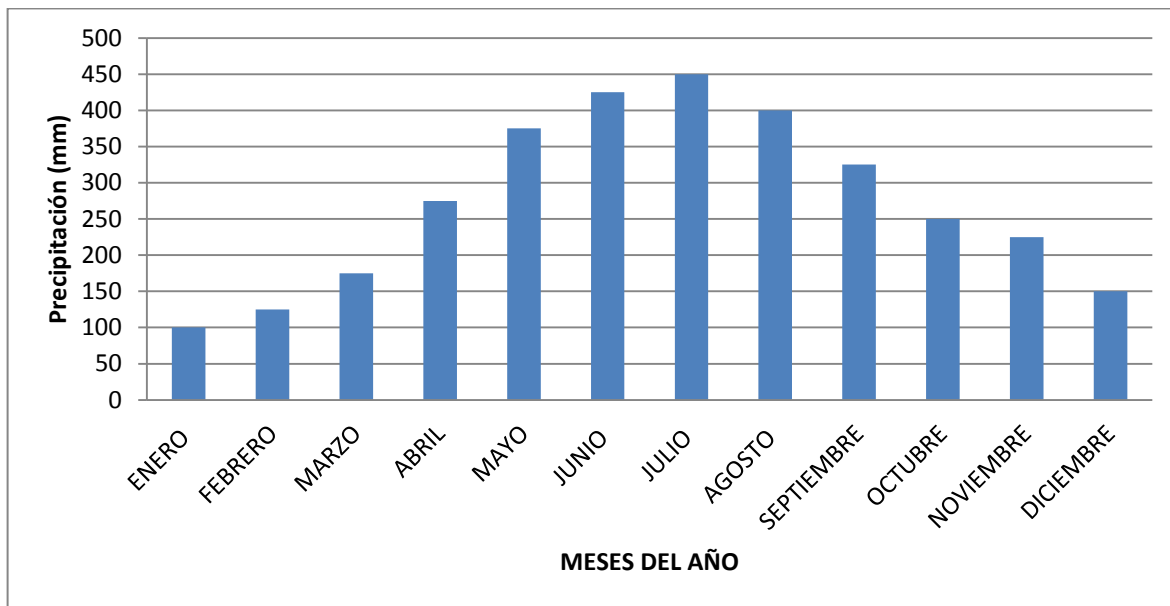


Fuente: Foto tomada por Diego García

3.1.1 Aspectos biofísicos

El clima del Parque Nacional Natural Chingaza está influenciado por el dominio de los vientos alisios del suroriente y cambian según su elevación con temperaturas medias anuales alrededor de 4.5 °C.

Gráfica N° 1. Distribución de las precipitaciones durante el año. Para la estación Chuza



Tomado de: PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Chingaza. Compendio, Informe. Bogotá. 2005-2009

El páramo Chingaza es húmedo y sus precipitaciones tienen un comportamiento monomodal – biestacional. Igualmente la distribución de las precipitaciones medias anuales muestra un solo pico de lluvias intensas, en el período comprendido para los meses de mayo a agosto, en este lapso de tiempo se presenta un poco menos del 60% de las lluvias totales del año (1650 mm). Para los meses de diciembre, enero y febrero los valores de precipitación solamente aportan entre un 9 y 13% al total anual. [2]

Así mismo, la pluviosidad tiene un promedio anual de 1680 mm en el área comprendida del cuerpo de agua más representativo del parque (laguna Chingaza). Los suelos de este territorio se consideran ácidos en un rango de pH de 4.3-4.9 unidades de pH, tienen una capacidad de intercambio catiónico alto, también estos suelos contienen bastante calcio y aluminio y por el contrario en este tipo de suelos el potasio es escaso. [3]

La humedad relativa en la estación Chingaza es de un promedio de 82.8%, el valor más alto se presenta en el mes de Julio (86%) y el mes más bajo se presenta en Enero (76%). Igualmente el brillo solar de esta zona se caracteriza por tener un promedio mensual de 88.6 h.m; el período de alta luminosidad está comprendido entre los meses de Octubre a Febrero, por el contrario los meses de baja luminosidad comprende los meses de marzo a Octubre. La evaporación de este lugar tiene un promedio mensual de 43.4 mm. [4]

En lo que concierne a la geomorfología: “Los procesos de sedimentación marina del cretácico y terciario inferior, dieron paso a la orogénesis (formación de las montañas) de la cordillera y los andes en general en el mioceno y plioceno. Posteriormente tuvo lugar el plegamiento de las rocas sedimentarias que dieron la forma hoy conocida, predominando un sistema de valles de depósito cuaternarios fluvioglaciares, donde las cuchillas ganan altura respecto a los valles y controlan el tipo y forma de la distribución de los sedimentos, pasando de piedemonte aluvial en sus áreas próximas a llanura aluvial” [5]

Del mismo modo las geoformas son el producto de la formación de la cordillera oriental, entre estas están las masas de hielo, que envolvieron esta región durante muchos años, entre estas masas de hielo estuvieron presentes los cañones bordeados por paredes escarpadas con piedras pulidas debido a las corrientes glaciares de la época. Los suelos que se formaron bajo estas condiciones y geoformas son superficiales y ligeramente profundos, ricos en materia orgánica y ácidos. En este sentido, en el parque nacional natural Chingaza se pueden encontrar tipos de suelos tales como andisoles, inceptisoles y entisoles. Además se han determinado suelos orgánicos más específicamente de tipo Histosol en lugares cóncavos, básicamente en lugares cercanos a las lagunas del parque, y en depresiones. Vale la pena mencionar que la fertilidad del suelo es baja a pesar de la presencia de cenizas volcánicas. [6]

Igualmente, existen distintas especies de flora en el Parque Natural Nacional Chingaza las cuales están asociadas en gran medida a las variaciones altitudinales presentes en el área que comprende el parque. En la parte occidental del parque prepondera el páramo pero debido a las variaciones de altitud presentes en la zona se puede encontrar Selva andina y Subandina. En la zona de páramo se encuentran un gran número de lagunas, de las cuales, la laguna más representativa de la zona es conocida como la laguna Chingaza en donde se han podido identificar más de 380 especies de flora y de acuerdo a estudios se cree que el número total de especies presentes en el parque puede sobrepasar las 2000. También existe una variedad de plantas nativas como lo son 8 especies de musgos los cuales tienen una gran capacidad de conservar la humedad presente en el ambiente, ya que pueden absorber hasta 40 veces su peso en agua. El parque asimismo cuenta con especies endémicas como el frailejón el cual no solo crece en la zona de páramo sino a su vez en los bosques. Además podemos encontrar especies como el encenillo, comunidades en la zona de turbera, el pino colombiano, la valeriana y el chusque. [7]

3.1.2 Aspectos socioeconómicos

En la zona cercana al parque se presentan distintas actividades productivas, tales como actividades agropecuarias forestales y agroindustriales. La zona circundante al parque nacional natural Chingaza se encuentra dividida en varios lotes o fincas en las cuales se desarrollan las distintas actividades económicas, como la

producción de leche, la ganadería, la producción de hortalizas y el cultivo de papa entre otras. Las actividades no solo se limitan a las áreas exteriores del parque, ya que en este podemos encontrar algunas vacas y caballos. A pesar de las distintas actividades de la región y de los recursos con los que cuentan, el crecimiento en la zona aledaña al parque es muy desigual; debido a la cercanía a las ciudades de los pueblos y municipios de la zona se someten a una gran presión y agotamiento del recurso para abastecer las demandas de alimento y otros recursos por parte de las ciudades convirtiéndose en despensas de estas. Un ejemplo de esto son los grandes problemas que se presentan en algunos de estos municipios con la distribución de agua que es captada en el Parque Natural Chingaza por el acueducto. [8]

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Generalidades de los humedales

“La convención sobre los humedales, conocida generalmente como convención Ramsar, localidad iraní donde se aprobó en 1971, fue el primero de los modernos tratados intergubernamentales mundiales sobre conservación y uso racional de los recursos naturales. La misión de la Convención Ramsar es la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción a nivel nacional y mediante la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo” [9]

Según el manual de la convención RAMSAR, un humedal se define como: “La extensión de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros”. [10]

La convención Ramsar acogió un método de niveles de clasificación de los tipos de humedales, esta es la siguiente:

- **Ámbito:** “Es la naturaleza ecosistémica más amplia en su origen y funcionamiento ”
- **Sistema:** “Los humedales naturales se subdividen según la influencia de factores hidrológicos, geomorfológicos, químicos o biológicos. Los artificiales se separan con base en el proceso que los origina ”
- **Subsistema:** “Los humedales naturales se subdividen dependiendo del patrón de circulación del agua”
- **Clase:** “Se define con base en descriptores de la fisionomía del humedal, como formas de desarrollo dominantes o características del sustrato, tales como textura y granulometría en caso de no estar cubierto por plantas”

- Subclase: “Depende principalmente de aspectos biofísicos particulares de algunos sistemas o de la escultura y composición de las comunidades bióticas presentes” [11]

Tabla N°1. Clasificación de los humedales Naturales según la convención Ramsar

AMBITO	SISTEMA	SUBSISTEMA	CLASE	SUBCLASE
Marino y costero	Marino	Submareal		Aguas marinas someras
			Lecho acuático	Lecho marino
			Arrecife	Arrecifes de coral
		Intermareal	Roca	Playas rocosas
			No consolidado	Playas de arena y grava
	Estuarino	Submareal	Aguas estuarinas	
		Intermareal	No consolidado	Planos lodosos intermareales
			Emergente	Pantanos salados
			Boscoso	Manglares
	Lacustre/palustre	Permanente/estacional		Lagunas salinas y salobres
				Lagunas costeras dulces
Interior	Fluvial	Perenne		Ríos/arroyos permanentes
			Emergente	Deltas interiores
				Ríos/arroyos intermitentes
		Intermitente	Emergente	Planicies inundables
	Lacustre	Permanente		Lagos dulces permanentes
		Estacional		Lagos dulces estacionales
	Palustre	Permanente/estacional		Lagos y pantanos salinos permanentes/estacionales
		Permanente	Emergente	Pantanos y ciénagas dulces permanentes
				<u>Turberas abiertas</u>
				Humedales alpinos y de tundra
			Arbustivo	Pantanos arbustivos
			Boscoso	Bosque pantanoso dulce

				Turbera boscosa
		Estacional	Emergente	Ojos de agua, oasis
				Ciénaga estacional dulce
	Geotérmico			Humedales geotérmicos

Tomado de: [11] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, "Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia" Informe, compendio, primera edición, Bogotá, Colombia, 2002, p 6.

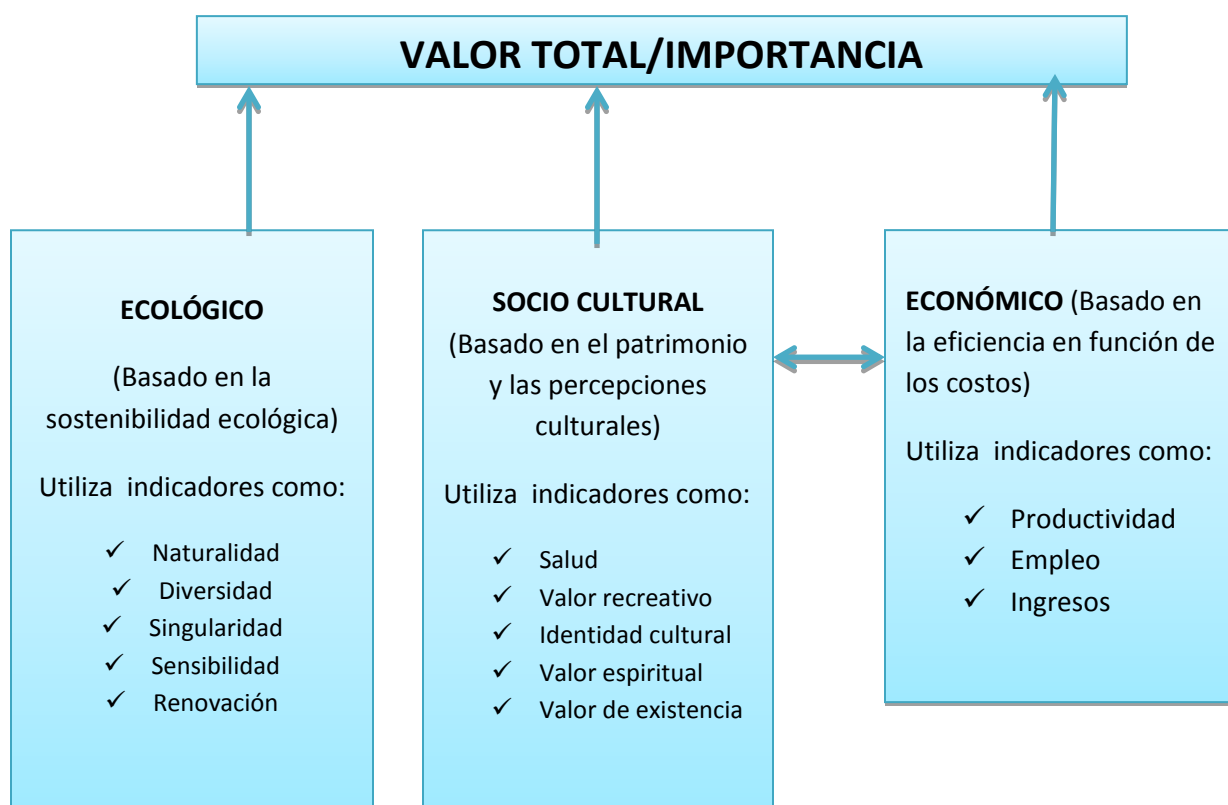
Los humedales son un tipo de ecosistema que ofrecen varios servicios a la sociedad. Entre los cuales se encuentran

- Defensa contra tormentas, inundaciones y huracanes: Los humedales son esenciales en zonas de descarga, ya que aglomeran grandes cantidades de agua generada por filtraciones y escurrimientos derivados en tierras más altas, estas se denominan áreas de captación. [12]
- Protección de los mantos freáticos costeros: La existencia de masas de agua dulce se debe generalmente a la presencia de humedales costeros, al explotar de una forma indiscriminada dichas masas de agua dulce se facilita la salinización de agua dulce en el manto freático. Cuando esto ocurre se afecta de manera permanente la calidad del agua dulce subterránea [13]
- Dilución de contaminantes y protección de la calidad del agua: La reducción de humedales en el planeta ha generado graves consecuencias como enfermedades gastrointestinales, necesidad de purificar el agua a través de plantas de tratamiento, reducción de la cantidad de agua disponible para actividades industriales, urbanas y agropecuarias [14]
- “ La degradación de los humedales que quedan puede producir pérdidas de biodiversidad, cambios en las funciones ecológicas y cambios en los flujos de los servicios ecosistémicos, con impactos posteriores en la salud, los medios de subsistencia y el bienestar de las comunidades y en la actividad económica” [15]

Por otro lado la diversidad biológica de los humedales es bastante variada, ya que generalizar la biodiversidad en este tipo de ecosistemas no es posible, pues no todos tienen las mismas condiciones; igualmente la presencia de humedales en un determinado territorio genera una mayor cantidad de hábitats, haciendo que esta área aumente la biodiversidad a comparación a otro que no lo tuviese, lo que quiere decir que la destrucción de un humedal involucra la destrucción de un núcleo de diversidad biológica. También, vale la pena aclarar que la mayor biodiversidad de estos ecosistemas se halla en el suelo, este está formado por n conglomerado bastante considerable de microorganismos que hacen posible el funcionamiento de este. Del mismo modo las características hidrológicas de estas áreas definen en la mayoría de los casos la biodiversidad del humedal; la

cantidad de biodiversidad entre un tipo de humedal y otro se explica en función del desarrollo de cada humedal y su historia evolutiva de las comunidades que contiene, sin olvidar que las condiciones ambientales favorables permiten un mayor desarrollo de individuos, dadas estas condiciones la diversidad de las cadenas tróficas de estas áreas contribuyen a un aumento significativo de la biodiversidad.[16]

Gráfica N° 2. Componentes del valor total de los humedales



Fuente: [17] VALORACIÓN DE LOS HUMEDALES, "Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales" {25 Febrero de 2015} disponible en: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_rtr03_s.pdf

4.2 Generalidades de las turberas

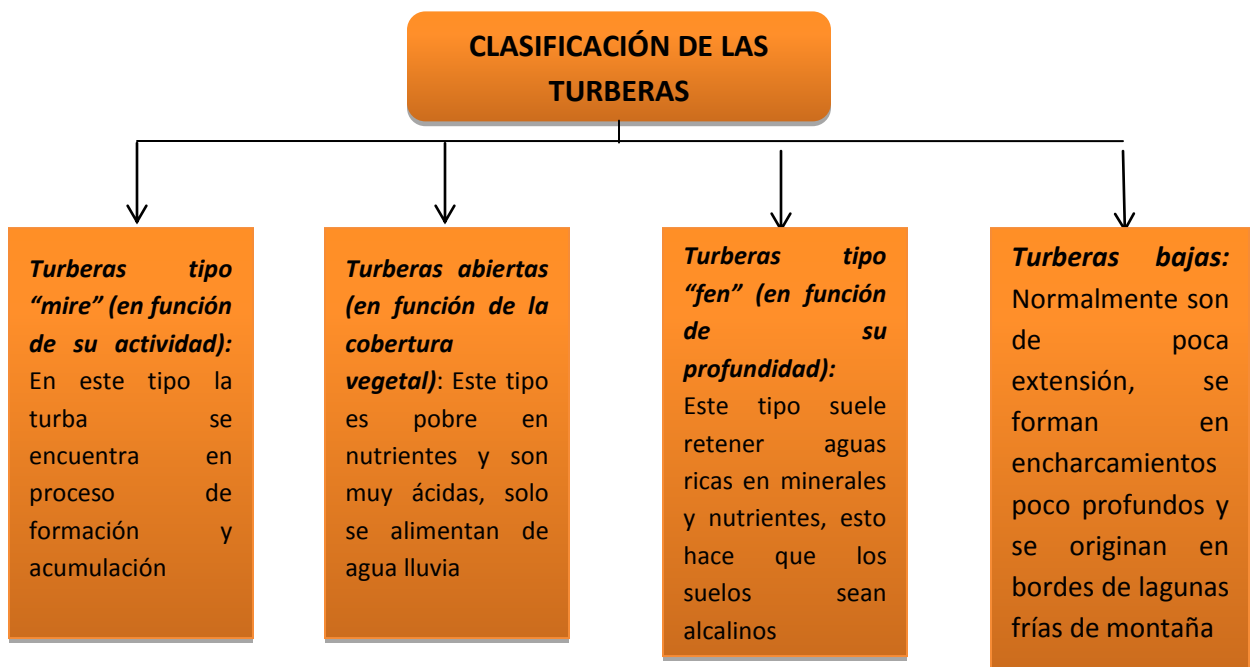
Las turberas son humedales constituidos por acoplamiento de turba, este es un material producto de la descomposición de remanentes orgánicos que generalmente son de origen vegetal, esto se debe a la generación de factores que restringen la mineralización de la materia orgánica, como por ejemplo la baja cantidad de oxígeno disponible por encharcamiento, las bajas temperaturas o la existencia de substratos carentes de nutrientes, debido a dichas condiciones las

turberas se localizan en terrenos de constante precipitación, y áreas donde la capa freática se sostiene próxima de la superficie del terreno durante varios meses. [18] Las turberas representan cerca del 50% de todos los humedales y se extienden por todos los 5 continentes. [19] Se considera que el 90% de una turbera es agua, es por esto que son esenciales en el suministro de este vital líquido, así mismo se evalúa que este tipo de humedales encierran cerca de 1/3 de todo el carbono que se localiza en el suelo del planeta a ello se suma que solamente ocupan del 4 al 5% de la superficie terrestre. [20]

Por otro lado la situación actual de este tipo de humedales no es la mejor, ya que se encuentran amenazados por actividades como la creación de drenajes destinados a producir más tierras para la agricultura y la forestación en Europa, Asia y Norteamérica, sin importar la trascendencia como sumidero de carbono y fuente de recurso económico. [21]

Las turberas se clasifican y se subdividen en categorías muy diversas en función de su actividad, cobertura vegetal, profundidad, localización, tipos de suelo sobre los que se asientan:

Gráfica N° 3. Clasificación de las turberas



Fuente: [22] FUNDACIÓN SANTANDER CENTRAL HISPANO. Compendio, Manual. España. Fundación Global nature. 2006

Además de su importancia para la biodiversidad, este tipo de humedal en muchos lugares del mundo es considerado el más importante para el patrimonio cultural, pues tiene la característica de que conserva restos arqueológicos y registros paleobiológicos con desoxigenación. Esto ha sido aceptado por el consejo

Arqueológico Europeo, en su programa para la gestión del patrimonio de los humedales, en este programa se dio a conocer la importancia de estos elementos culturales, igualmente se consideró que se encontraron varias opiniones en común a la biodiversidad de los humedales y la gestión del patrimonio cultural de las turberas. [23]

4.3 Sistemas lénticos

Los sistemas lenticos se definen como un conjunto de cuerpos de agua donde su contenido de agua se desplaza fundamentalmente dentro de la profundidad del área donde se hallan, y lo hace esencialmente con desplazamientos convectivos con un recambio de aguas más o menos limitado. [24]

Los sistemas lénticos comprenden cuerpos de agua como embalses, los estuarios, los planos inundables, las ciénagas y lagos. En este tipo de sistemas se extienden algunas comunidades bióticas determinadas como por ejemplo microorganismos errantes o comunidades planctónicas, que se distinguen de las que se generan en ecosistemas lóticos o mejor llamados ecosistemas de aguas corrientes, factores como una baja turbidez admiten el paso de la luz en la columna de agua, beneficiando el crecimiento del fitoplancton en la zona fótica de estos humedales. [25]

4.4 El Plancton

El plancton se define como un conglomerado de organismos de diminuto tamaño (comúnmente menor a los centímetros) que poseen la particularidad de habitar en una columna de agua con una restringida capacidad de contrarrestar las corrientes de agua. Cualquier organismo que cumpla esta particularidad será parte de esta comunidad acuática. Este término proviene del griego que significa errante, así mismo fue acuñado en 1887 por Victor Hensen con la finalidad de caracterizar a los organismos que están asociados con las corrientes marinas y dulceacuícolas. [26]

El plancton se divide en fitoplancton (plantas) y zooplancton (animales). Aunque también se encuentran otros tipos como por ejemplo el bacterioplancton (bacterias) o el ictioplancton (larvas de peces). El plancton hace parte de la base alimentaria del ecosistema marino. El fitoplancton se encarga de la producción primaria, por medio de procesos como la fotosíntesis, utilizando nutrientes, CO₂ y por supuesto la energía solar. Por su parte el zooplancton tiene la función de encaminar y transmitir el carbono capturado por el fitoplancton hacia los niveles tróficos superiores. A causa de esto, es válido afirmar que todo el carbono orgánico que se reutiliza en el ecosistema marino ha sido capturado por el fitoplancton y transmitido por el zooplancton, por medio de canales como virus, bacterias y microheterótrofos. [27]

La proporción de plancton que se localiza en las aguas continentales de estanques, ríos y lagos es menor que la de los océanos, logrando cantidades de más de tres millones de individuos. Por otro lado varios autores sugieren el cambio del término plancton por un término más general y plantearon el de sexton o seston para distinguir a toda la materia orgánica; ya sea viva o muerta que se mantiene sobre las aguas designando a la fracción muerta de plancton como tripton o criptón. Además el plancton se puede clasificar por su tamaño, ubicándolos en diferentes categorías; lo más diminutos representan medidas inferiores a las 5 micras, como por ejemplo pequeños flagelados y algunas bacterias, así mismo la medida promedio de los organismos planctónicos está en 60 micras. [28]

Tabla N°2. Tipos de Plancton según su tamaño

TIPO DE PLANCTON	TAMAÑO	EJEMPLOS	MÉTODO DE COLECTA
Ultraplacnton	5 µm	Bacterias y pequeños flagelados	Sedimentación y filtros
Nanoplancton	5-60 µm	Cocolitofóridos y pequeñas diatomeas	Centrifugación
Microplancton	60 µm-1mm	Diatomeas, dinoflagelados, larvas de moluscos	Redes de plancton
Mesoplancton	1mm-5mm	Larvas de peces	Redes de plancton
Macroplancton	5mm-10cm	Algunas meduzas	Redes
Megaloplancton	10cm	Meduzas muy grandes	Coladeras y frascos

Fuente: CIFUENTES Juan., TORRES Pilar., FRIAS Marcela. El océano y sus recursos: V El Plancton. {En línea}. 24 de Febrero de 2015. Disponible en: <http://www.iesmaritimopesquerolp.org/asignaturas/BIOLOGIA/Biologia%20%96%20El%20Oceano%20Y%20Sus%20Recursos%2005%20Plancton.pdf>

4.4.1 Fitoplancton

Este tipo de plancton se define como el conglomerado de organismos fotosintetadores que se encuentran suspendidos en una columna de agua, está compuesto en su gran mayoría por microorganismos. A su vez, se compone de algunos grupos taxonómicos como diatomeas y cianofíceas, se distinguen esencialmente por la presencia en estos de pigmentos fotosintéticos y de sustancias de reserva en su pared celular, también algunos microorganismos fitoplanctónicos tienen flagelos. [29]

El fitoplancton se compone tanto de especies eucariotas y procariotas, también coloniza la parte superior de la columna de agua, hasta el límite de penetración de la luz. La estructura y abundancia de las poblaciones de fitoplancton son

controladas principalmente por nutrientes inorgánicos tales como nitrógeno, fósforo, sílice y hierro. El fitoplancton por lo general experimenta un ciclo anual bastante predecible, pero algunas especies se pueden desarrollar de una forma bastante acelerada. [30]

La composición y abundancia del fitoplancton en lagos y embalses depende de los siguientes factores:

- Condiciones físicas e hidrológicas; como por ejemplo luz, temperatura, turbulencia/estabilidad del agua, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton
- Composición química del agua; como por ejemplos nutrientes y materia orgánica, mineralización y pH
- Factores biológicos; como por ejemplo depredación por parte de filtradores planctófagos o el parasitismo fúngico

El fitoplancton se ha utilizado como indicador del estado trófico de las masas de agua, así mismo es adecuado para determinar las presiones físico-químicas relacionadas con:

- Contaminación térmica
- Cambios en la mineralización del agua
- Eutrofización
- Contaminación orgánica [31]

Los grupos de algas que predominan en los cuerpos de agua dulce tropicales pertenecen a las siguientes divisiones:

Gráfica N° 4. Clasificación del Fitoplancton



Fuente: [32] RODRIGUEZ, Laura. Determinación del estado trófico de tres sistemas lénticos de la sabana de Bogotá con base al fitoplancton, en dos periodos climáticos contrarrestantes. Bogotá, 2012, 116. Trabajo de grado. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ciencias básicas.

4.4.2 Zooplancton

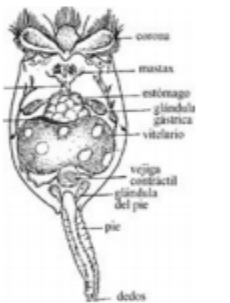
El zooplancton se define como un conjunto muy variado de organismos heterótrofos, que tiene lugar en los primeros niveles de la trama trófica, estos organismos pueden ser carnívoros, detritívoros, herbívoros y omnívoros; así mismo se nutren de fitoplancton, residuos orgánicos y organismos descomponedores. Muchas veces los organismos zooplanctónicos son confundidos con organismos fitoplanctónicos, pues algunas de sus características son similares. Estos organismos son vitales, pues sirven para la alimentación de larvas y peces, “de modo tal que su dinámica poblacional, ciclos reproductivos, crecimiento, y tasa de sobrevivencia son factores importantes para la disponibilidad de recursos pesqueros”. [33]

“Estos organismos pueden ser indicadores de la calidad ambiental y la variabilidad climática, así mismo presentan una alta variabilidad espacial y temporal. Sus características taxonómicas, como la descripción de especies, ciclos de vida y algunos análisis ecológicos de variabilidad han sido obtenidos, aun así se requiere mucho tiempo y esfuerzo para analizar en detalle los patrones espacio-temporales de estas comunidades”. [34]

Igualmente este tipo de plancton es esencial en la transferencia de carbono en las redes tróficas marinas y en el flujo vertical de la columna de agua. El zooplancton

traspasa una cantidad de carbono capturado de la atmósfera por el fitoplancton “y lo transporta dentro de la zona eufótica y hacia estratos más profundos a través de una compleja red trófica”, luego de que el carbono del fitoplancton pasa al zooplancton, este pasa por varios caminos que son difíciles de expresar numéricamente, pues existen unas complejas relaciones tróficas, como procesos de asimilación y de excreción, la distinción entre especies, etc. [35]

Tabla N° 3. Principales grupos de zooplancton en cuerpos dulceacuícola

ROTÍFEROS	CLADÓCEROS	COPEPODOS
		

Fuente: Para el rotífero [36] Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Zooplancton. {En línea}. 20 de Febrero de 2015. Disponible en: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/. Para el cladóceros y el copépodo las fotos fueron tomadas en el laboratorio de biología de la universidad Santo Tomás

4.5 Indicador biológico acuático

“Todo organismo es indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla, ya que su existencia responde a su capacidad de adaptarse a los diferentes factores ambientales. Un indicador biológico acuático es considerado como aquella cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita, en especial si tales fenómenos constituyen un problema de manejo del recurso hídrico. Es pertinente aclarar que un indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora o al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora”. [37]

El uso de especies para detectar procesos y factores en los ecosistemas acuáticos tiene varias ventajas, entre las que se destacan:

- Las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis físico-químicos no detectan
- La vigilancia biológica evita la determinación regular de un número excesivo de parámetros químicos y físicos, ya que en los organismos se sintetizan o confluyen muchas de estas variables.

- Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados.
- Puesto que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos, su concentración en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental.
- Como no es posible tomar muestras de toda la biota acuática, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de la valoración sobre el estado del ecosistema, a la vez que se obtiene solo la información pertinente, desechando un cúmulo de datos difícil de manejar e interpretar. [37]

El principal uso que se le ha dado a los indicadores biológicos ha sido la detección de sustancias contaminantes, ya sean estos metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización), o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases con miras a establecer la calidad del agua. En adición a esta utilización primordial, existen otra serie de fenómenos que no son de origen cultural y que se pueden determinar mediante bioindicadores como son por ejemplo: [38]

- Turbulencia del agua
- Torrencialidad
- Proceso de mezcla entre el hipolimnio y el epilimnio en cuerpos lentos
- Eutrofización natural
- Grado de mineralización del agua
- Presencia de determinados elementos como hierro, sílice y calcio
- Fenómenos de sedimentación

Los organismos o grupos de organismos más utilizados como indicadores de contaminación son:

- Bacterias
- Protozoos
- PLANCTON
- FITOPLANCTON
- ZOOPLANCTON
- Macrófitas
- Peces
- Macroinvertebrados

4.6 Biodiversidad

La biodiversidad de una región va desde los organismos hasta los ecosistemas presentes en esta, esto representa el capital natural perteneciente a una región. La biodiversidad de una zona no solo se mide en la variedad de especies sino

también esta tiene en cuentas las diferencias entre las mismas especies o entre sus individuos. [39]

4.6.1 ¿Cómo medir la biodiversidad?

En la medición de la biodiversidad se tiene en cuenta las comunidades que pertenecen a un paisaje y la variación de las estas con respecto a la estructura del paisaje; por tanto se debe entender los componentes alfa, beta y gama para saber el cambio de las comunidades biológicas a lo largo de un territorio. El componente alfa hace referencia a la cantidad o riqueza de organismos en un determinado ecosistema, el componente beta determina la variabilidad de las especies en los ecosistemas pertenecientes a un mismo paisaje y el componente gama que relaciona tanto la riqueza de las especies en total del paisaje como la variabilidad de las especies a lo largo de este. [40]

✓ Medición de la diversidad alfa.

La diversidad alfa muestra la riqueza de especies, para este fin existen 2 principales metodologías para hacerlo. La primera busca cuantificar el número de individuos presentes en una comunidad (riqueza específica); la segunda está basada en cómo está conformada la comunidad y tiene en cuenta el valor de importancia de cada especie analizada (estructura). La importancia de la medición de alfa recae en que esta permite saber cuáles especies son más sensibles a las perturbaciones ambientales debido a su bajo número en el ecosistema. En cuanto a riqueza específica las principales formas de medir son los índices (Riqueza de especies, margalef, menhinick, Alfa de williams.), rarefacción, funciones de acumulación y métodos no paramétricos entre otros. En cuanto a estructura se puede determinar mediante modelos paramétricos como series geométricas, distribución log – normal, serie logarítmica etc, modelos no paramétricos como Chao 1 o índices de abundancia proporción como son los índices de dominancia o de equidad. [40]

✓ Estructura.

La estructura permite tener en cuenta la importancia de cada especie en el entorno o comunidad, para esto en el presente trabajo se emplearon índices de abundancia proporcional, en específico se emplearon índices de dominancia los cuales tienen en cuenta para hacer los análisis las especies más representativas en la comunidad. Los índices de dominancia más representativos son el índice de Simpson y Berger-Parker. [38]

- Índice de Simpson: El índice de Simpson es uno de los índices más empleado por los científicos e investigadores. Este índice muestra la probabilidad que 2 individuos tomados al azar de una muestra sean de distinta especie.[40]

$$\pi = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Pi: abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

$$p_i = \frac{n}{N}$$

n = Número de individuos de una especie

N = Número total de especies s .

- Índice de Shannon – Wiener: Este índice se basa en la teoría de la información, este mide el contenido de información por individuo obtenidos al azar de una comunidad de la cual se conoce el número total de especies. Adquiere valor de ser 1 cuando solo existe una especie y logaritmo de S cuando todas las especies tiene el mismo número de especies.[40]

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

✓ Medición diversidad beta

La diversidad beta nos muestra los cambios entre las comunidades a través de distintos hábitats de una misma región. Este índice se basa en proporciones o diferencias los cuales pueden medirse con índices de similitud, disimilitud o de distancia entre datos cualitativos o cuantitativos. Los índices de similitud/ disimilitud expresan el grado en que dos muestras son semejantes por tanto son inversas a beta quien muestra la variación de las especies a lo largo del paisaje. En los índices que utilizan datos cualitativos como Jaccard, Sorenson, Braun – Blanquet, Ochiai- Barkman, se tiene en cuenta no solo el número de especies sino también si las especies se encuentra 2 veces en distintos lugares. [41]

• Índice de reemplazo de especies.

Este índice se basa en el reemplazamiento de especies en una zona, este emplea información presencia- ausencia por tanto es necesario contar con la identificación y el número de especies. Entre los índices más importantes encontramos el índice de Whittaker, índice de Cody, Routledge, Wilson – Schmida. [41]

- Índice Whitakker: Mide la variación de especies entre hábitats de una determina área de una determinada comunidad alfa.[41]

$$\beta = \left(\frac{S}{\alpha} \right)$$

S= Número de especies en el sistema
α= Número de especies promedio en las muestras

- Índice de Cody (1975):

$$\beta = \frac{g(H) + p(H)}{2}$$

Dónde:

g(H)= Número de especies ganadas a través de un gradiente de comunidades

p(H)= Número de especies perdidas a través del mismo gradiente

- Índice de Cody (1993)

$$\beta = 1 - \frac{c(a + b)}{2ab}$$

Dónde:

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 A y B

- Índice de Routledge.

$$\beta = 1 - \frac{S^2}{2r + S} + 1$$

Dónde:

S= Número de pares de especies con distribuciones solapadas, si son dos sitios r es el número de especies comunes a los dos sitios (r = c).

✓ Medición de la diversidad gamma.

La diversidad gamma mide la riqueza de especies en un grupo de hábitats teniendo en cuenta el grado de diferenciación de estas. La diversidad gama es una diversidad de carácter regional, es una diversidad a gran escala la cual involucran varios ecosistemas de un mismo paisaje. [42]

Según whitakker podemos medir gamma:

$$Gama = \alpha \text{ promedio} * \beta * d$$

Dónde:

α: Número promedio de especies en una comunidad

β: Inversión de la dimensión específica, 1/promedio de comunidades ocupadas por una especie

d: Número total de comunidades

5. MARCO INSTITUCIONAL

5.1 Entidad parques nacionales naturales de colombia

Parques Nacionales Naturales de Colombia, es un organismo que forma parte de sistema del ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, tiene una autogestión financiera y administrativa, tiene como funciones el manejo y administración del sistema de Parques Nacionales y de la coordinación del Sistema Nacional de

Áreas Protegidas (SINAP). Entre otras de sus funciones se encuentra la conservación in situ de la diversidad biológica y ecosistémica más importante de Colombia, en este orden de ideas también debe mantener bienes y servicios ambientales, protegiendo el patrimonio cultural y el hábitat natural, aportando así al desarrollo sostenible, teniendo en cuenta principios como transparencia, solidaridad, participación y respeto a la diversidad cultural [43]

6. MARCO LEGAL

Las disposiciones técnicas de la convención RAMSAR dan a conocer las etapas para la conservación y uso racional de los humedales en un determinado territorio. La primera etapa es la elaboración de un inventario nacional de humedales, reuniendo información básica para el monitoreo de estos ecosistemas. La segunda etapa identifica el valor, estado y amenazas de los humedales por medio del inventario. La última etapa es la de manejo apoyado en hipótesis derivadas de la evaluación, para poder tomar decisiones y ejecutar acciones para su conservación. Desafortunadamente el trabajo del gobierno nacional colombiano se encuentra en la primera etapa de inventario y caracterización, ya que los problemas jurídicos y el régimen de uso tienen consecuencias para la realización de las etapas posteriores. [44]

Tabla N° 4. Lista de la normativa que relaciona el proyecto.

Norma.	Contenido.
Decreto – ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 1541 de 1978	Tiene por finalidad reglamentar las normas relacionadas con el recurso de aguas no marinas en todos sus estados.
Decreto 1594 de 1984	Se establecen usos del agua y la calidad de agua admisible para la preservación de flora y fauna
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el ministerio de ambiente, en el cual en su primer artículo recalca que los páramos y zonas de nacimientos de agua como objetos de protección especial.
Ley 165 de 1994	Se aprueba el convenio de diversidad biológica, el cual pretende el uso sostenible de los recursos para su conservación
Ley 357 de 1997	Se aprueba la convención relativa a los humedales de importancia internacional y se dictaminan acciones específicas que apuntan a evitar la pérdida de humedales y a regular las actividades que causen un impacto sobre los humedales.

Resolución 0769 de 2002	Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos.
Resolución 0839 de 2003	Se establecen los términos de referencia para la elaboración del estudio sobre el estado actual de páramos y del plan de manejo ambiental de los páramos.
Resolución 196 de 2006	Se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia.
Ley 1382 de febrero de 2010	Reforma el Código de Minas y fija la prohibición de actividad minera en áreas protegidas nacionales y regionales, reservas forestales protectoras, humedales de importancia internacional Ramsar y, en ecosistemas de páramos
Ley 1450 de 2011	Se expide el plan nacional de desarrollo 2010-2014, en el cual se dictamina que no se podrán realizar actividades agropecuarias, ni de exploración de hidrocarburos y minerales.
Decreto 2372 de 2010	Reglamentar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman en el cual está contemplado lo paramos como área especial.
Resolución 157 de 2004	Por la cual se reglamentan el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales, y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en aplicación de la Convención Ramsar.

7. METODOLOGÍA

El proceso metodológico para el desarrollo de la investigación se basó en el desarrollo de las siguientes etapas:

7.1 Determinación de los puntos de muestreo y programación de las salidas de campo

Con la finalidad de determinar el comportamiento y grado de variación de las tres lagunas (El Arnical, El Medio y Chingaza) y gracias al convenio que existe entre la Universidad Santo Tomás y la entidad Parques Nacionales Naturales de Colombia, además de algunas autorizaciones con la entidad, se programaron 4 salidas de campo: La primera salida de campo se realizó el día viernes 18 de Julio de 2014 y concluyó el día martes 22 de julio de 2014, esta salida únicamente se efectuó como reconocimiento a los cuerpos de agua que se analizaron , el

establecimiento y acceso en campo de los puntos de muestreo, según la (directiva marco del agua, 2005) [45].

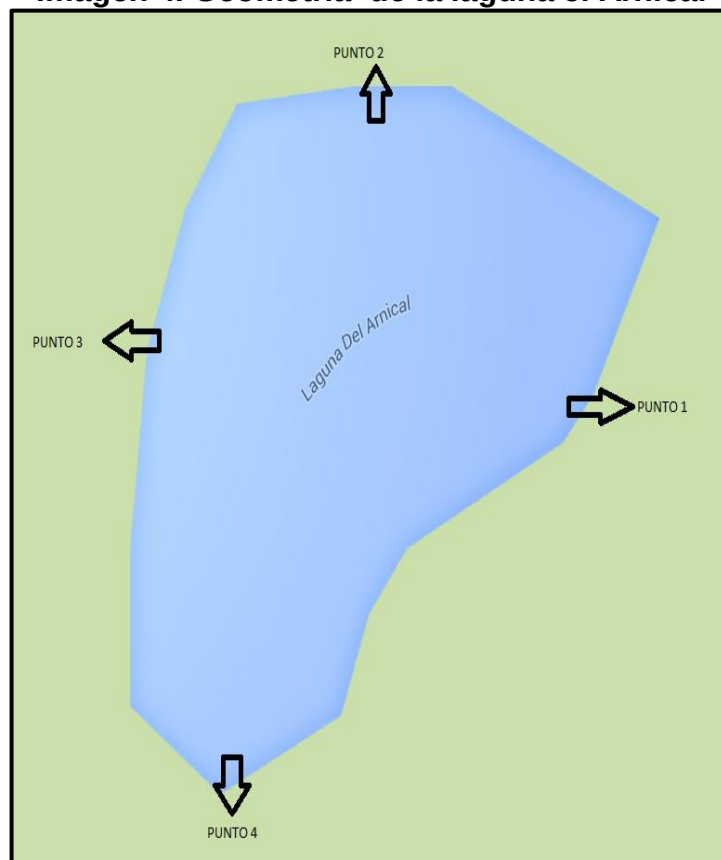
La determinación del número de muestras depende del área del cuerpo analizado, para el caso de las lagunas el Arnical y el Medio se tomaron 4 puntos de muestreo ya el área de dichos cuerpos de agua es menor a 50 hectáreas, para el caso de la laguna Chingaza [45]. Las siguientes tres salidas de campo se hicieron en tres períodos diferentes el primero fue un período de lluvia (mes de septiembre), el segundo fue un período de transición (mes de enero) y el tercero fue un período de época seca (mes de marzo); con los puntos de muestreo definidos se procedió a realizar la recolección de las muestras a las tres lagunas, para así poder determinar los índices de calidad del agua (por medio de la toma de parámetros físico-químicos), e índices de biodiversidad de Shannon y de Simpson (por medio de la captura de microorganismos).

Tabla N° 5. Puntos de muestreo para la laguna El Arnical

Ubicación	Punto	Descripción
4°30'4.76"N 73°46'13.70"O	1	Zona litoral con baja presencia de encenillo
4°30'0.98"N 73°46'12.17"O	2	Zona pantanosa. Área del efluente de la laguna
4°30'0.10"N 73°46'15.52"O	3	Zona litoral con presencia de frailejón
4°30'4.90"N 73°46'16.57"O	4	Zona pantanosa despejada y desembocadura de la laguna

Fuente: Propia. Los datos fueron tomados en campo con un GPS prestado por la Universidad Santo Tomás

Imagen 4. Geometría de la laguna el Arnical



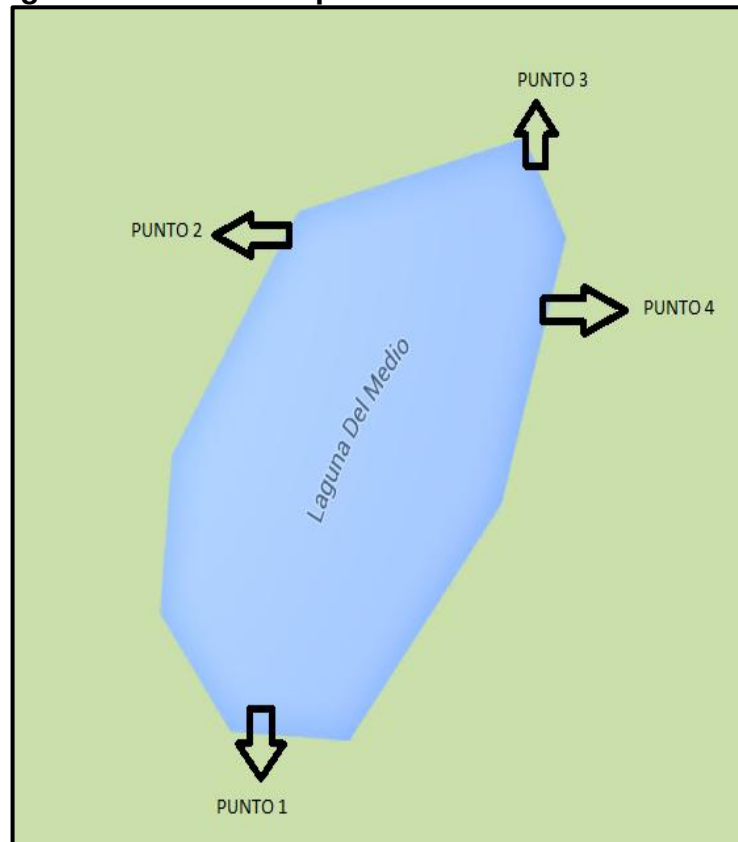
Fuente: Google Earth 2015, “Laguna del Arnical – Localización Puntos de Muestreo” .., Colombia, Febrero 2015.

Tabla N°6. Puntos de muestreo para la laguna El Medio

Ubicación	Punto	Descripción
4°30'26.49"N 73°44'20.74"O	1	Zona bastante pantanosa. Área del efluente de la laguna
4°30'20.24"N 73°44'18.33"O	2	Área de influencia, desembocadura de la laguna
4°30'17.82"N 73°44'20.03"O	3	Zona litoral, con presencia de musgo y ciperáceas
4°30'12.78"N 73°44'22.86"O	4	Zona pantanosa con presencia de achupallas y ciperáceas

Fuente: Propia. Los datos fueron tomados en campo con un GPS prestado por la Universidad Santo Tomás

Imagen 5. Imagen satelital de los puntos de muestreo de la laguna el Medio



Fuente: Google Earth 2015, "Laguna El medio – Localización Puntos de Muestreo"..., Colombia, Febrero 2015.

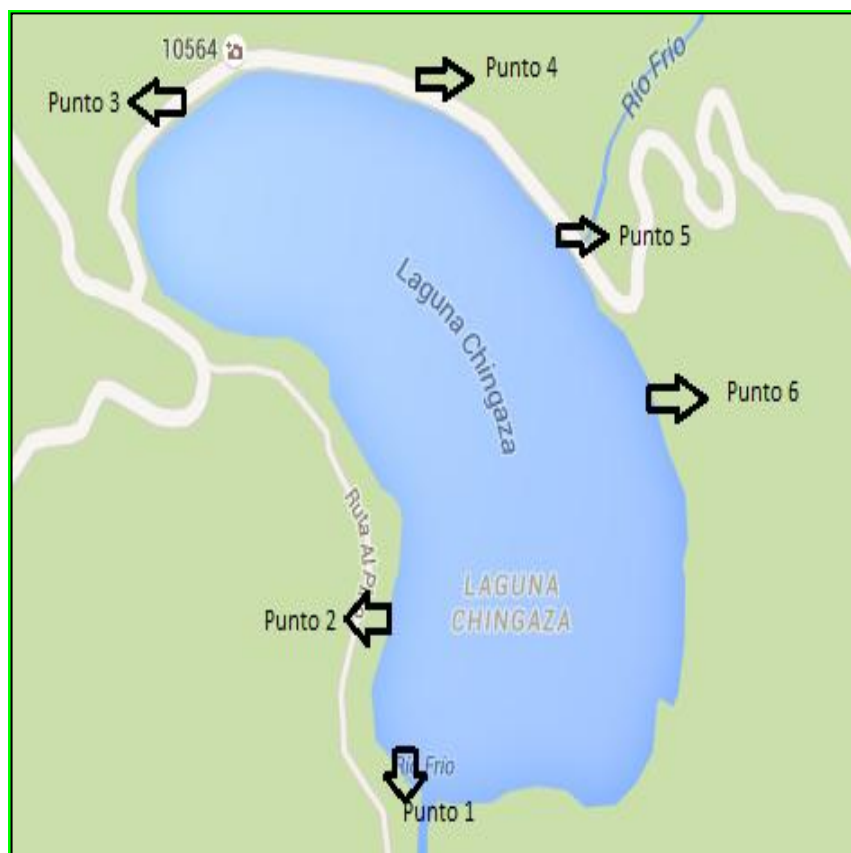
Tabla N°7. Puntos de muestreo para la laguna Chingaza

Ubicación	Punto	Descripción
4°31'19.04"N 73°45'5.66"O	1	Área del efluente de la laguna
4°31'38.67"N 73°45'13.63"O	2	Zona litoral despejada con camino empedrado
4°31'52.71"N 73°45'31.64"O	3	Zona pantanosa, poco despejada con presencia de bromelias

4°32'2.17"N 73°45'16.99"O	4	Zona litoral despejada con camino empedrado
4°31'57.20"N 73°45'2.19"O	5	Área de influencia de la desembocadura del río frío
4°31'49.18"N 73°44'53.72"O	6	Zona pantanosa con batante presencia de ciperáceas

Fuente: Propia. Los datos fueron tomados en campo con un GPS prestado por la Universidad Santo Tomás.

Imagen 6. Imagen satelital de los puntos de muestreo de la laguna Chingaza



Fuente: Google Earth 2015, "Laguna Chingaza – Localización Puntos de Muestreo"..., Colombia, Febrero 2015

7.2 Trabajo en campo

Desde Septiembre de 2014 hasta marzo de 2015 analizaron 168 muestras de la comunidad planctónica, 84 para fitoplancton y 84 para zooplancton; además de 18

muestra para las variables físico-químicas que se analizaron como: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Oxígeno disuelto (mg/l), conductividad ($\mu\text{s/cm}$), pH (unidades de pH), Nitratos (mg/L N-NO_3), Fosfatos (mg/l P-PO_4^{3-}), DBO_5 (mg/l O_2) y turbidez (unidades nefelométricas). Vale la pena destacar que los parámetros temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, pH y turbidez se tomaron en campo, gracias a una sonda multiparamétrica marca Quanta prestada por la entidad parques nacionales naturales de Colombia. Por el contrario, los parámetros Nitratos, fosfatos y DBO_5 se midieron en laboratorio ANTEK S.A., el material de los recipientes y el volumen solicitado, teniendo en cuenta los Métodos estándar para el análisis de aguas y aguas residuales [46].

Para Nitratos y fosfatos, se realizó una muestra superficial con un recipiente de polietileno, translúcido con tapa de seguridad blanca y de una capacidad de 2 litros, como estos recipientes fueron solicitados al laboratorio ANTEK S.A, teniendo en cuenta el protocolo de toma muestras enviado por el laboratorio se tiene en cuenta procedimientos de descontaminación contemplados por la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) [47]. Se registró la profundidad y la distancia de la zona de costa al punto de muestreo y se determinó que para cada punto la profundidad fue 20 cm y la distancia de la zona de costa al punto de muestreo fue de 1.5 metros, esto con la finalidad de dar cumplimiento al muestreo compuesto realizado en la zona [48]. Por otro lado, no se tomaron réplicas de cada una de las muestras pues su transporte en las condiciones de refrigeración que exige el laboratorio para su análisis dificultaba el recorrido y el trabajo de campo.

Para la medición de DBO_5 , (Demanda Bioquímica de oxígeno) se realizó una muestra superficial con dos recipientes de vidrio color ámbar, boca angosta con tapa de rosca blanca con una capacidad de cada recipiente de 500 ml. Así mismo se tuvo en cuenta la profundidad y la distancia de la zona de costa al punto de muestreo y se determinó que para cada punto su profundidad también fue de 20 cm y a su vez la distancia de la zona de costa al punto de muestreo fue de 1.5 metros [49]. Igualmente, no se tuvieron en cuenta réplicas para este procedimiento, ya que una mayor cantidad de botellas ocupaban una mayor cantidad de volumen dentro de la nevera y su transporte dificultaba el trabajo y recorrido en la zona.

Imagen N° 7. Toma de las muestras de agua para los parámetros físico-químicos



Fuente: Foto tomada por Diego Fernando García y Andrés Felipe Torres

Por otro lado, en cada uno de los puntos de muestreo anteriormente mencionados, la colecta de microorganismos fitoplanctónicos se hizo con una red cónica con un tamaño de poro de $23\ \mu\text{m}$, y para la colecta de microorganismos zooplanctónicos se usó una red cónica con tamaño de poro de $56\ \mu\text{m}$. La idea inicial era poder contar con una lancha para poder llegar a las zonas limnéticas de cada una de las lagunas, pero lastimosamente por disposición de la entidad, esto no fue posible; por esto se tomó en cuenta las recomendaciones de la metodología para el establecimiento el estado ecológico según la directiva marco del agua, y; así pues, por medio de la colecta de 60 litros de agua, medidos con un galón de capacidad de 20 litros (ver imagen 6), se procedió a realizar arrastre, para lo cual se lanzó el galón a una distancia entre 10 y 12 metros con la finalidad de que se sumerja en su totalidad, luego dicho galón se arrastró hasta la costa y así se introdujo todo su contenido dentro de la red, este procedimiento se realizó tres veces por cada muestra (hasta completar los 60 litros), este muestreo es semi-cuantitativo y la cantidad está dada por el doble del volumen de las botellas normalmente usados en los muestreos de plancton que es de 30 litros [50] con el fin de tener una muestra más concentrada. Después de filtrar esta cantidad de agua en las redes, se procedió a quitar el filtro inferior de estas para sacudirlo un poco, pues había presencia de pequeñas plantas que estaban dentro del filtro, una vez se retiraban se procedía a medir 20 ml contenidos en el filtro para su posterior preservación en frascos plásticos previamente rotulados de capacidad de 30 ml, los 10 ml restantes se componían de solución transeau, este preservante se compone de agua, etanol al 90% y formol al 40%, en proporciones 6:3:1 respectivamente [51]. Las muestras de zooplancton tuvieron el mismo procedimiento a diferencia de que a estas se agregaron 3 gotas de glicerina con la ayuda de un gotero, esto es porque la glicerina ayuda a degradar restos de origen vegetal ayudando así a una mejor identificación de los organismos zooplanctónicos.

Imagen N° 8. Algunos elementos utilizados en la fase de campo



Fuente: Foto tomada por Diego Fernando García y Andrés Felipe Torres

7.3 Trabajo en laboratorio

El trabajo en laboratorio para los parámetros físico-químicos fue realizado por el laboratorio, cumpliendo cada uno de los requerimientos exigidos por el mismo. Estos análisis se realizaron mediante técnicas analíticas que se especifican en la siguiente tabla:

Tabla N°8. Técnicas utilizadas por el laboratorio para los parámetros requeridos

PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA
Fosfatos	mg/L P-PO ₄ -3	Ácido ascórbico
Nitratos	mg/L N-NO ₃	Espectrofotométrico UV
DBO ₅	mg/L O ₂	Incubación 5 días – electrodo de membrana

Fuente: Resultados de laboratorio Antek S.A

Para la identificación de los microorganismos planctónicos, se utilizaron los microscopios del laboratorio de biología de la Universidad Santo Tomás; el análisis taxonómico se realizó por observación directa al microscopio, el conteo de individuos se hizo por método descrito en la metodología para el establecimiento el estado ecológico según la directiva marco del agua. Los volúmenes de cada alícuota fueron de 1 ml medidos en una pipeta, luego se procedió a realizar barridos para observar el total de la muestra, los resultados del conteo se expresan como concentración de células por litro; teniendo en cuenta el volumen filtrado, el volumen de la muestra y el volumen revisado. A continuación, mediante

claves taxonómicas como el manual de algas de agua dulce de carolina del norte y el atlas de los microorganismos de agua dulce. [51] [52]

7.4 Determinación del Índice NSF (Fundación Nacional de Saneamiento) para calidad del agua

El índice NSF es una herramienta que permite determinar la calidad del agua basado en una escala numérica que indica el valor de la calidad del agua en una zona. Este índice es un índice fácil de implementar y solo requiere como valores de entrada 9 parámetros físicos, químicos y biológicos; tomados debidamente en la zona a analizar la calidad del agua. Para realizar e implementar este índice en el páramo de Chingaza específicamente en las lagunas Arnical, el Medio y Chingaza. Se empleó la sonda multiparamétrica marca QUANTA para medir parámetros in-situ como temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales, turbiedad; para los parámetros químicos (nitratos y fosfatos) y biológico DBO5 se tomaron las muestras y se conservaron a una temperatura de 4 C⁰ y se transportaron al laboratorio ANTEK S.A para el respectivo análisis. Con todos estos datos se calculó el índice para cada laguna en cada uno de los muestreos realizados en la temporada húmeda, intermedia y seca correspondiente en su orden a los meses septiembre, enero y marzo. El índice tiene un factor ponderado para cada parámetro que corresponde a la importancia relativa de cada parámetro para la calidad del agua, también cuenta con un valor (Q) que corresponde a un número que se le da al valor de cada parámetro. La fórmula para hallar el índice es la siguiente [53]:

$$INSF = \sum_{i=1}^9 QI_i * Wi$$

Dónde: QI_i es el número Q correspondiente a cada valor de los parámetros usados en índice, Wi es el factor ponderado para cada parámetro. Para hallar este índice se convirtió el oxígeno disuelto a oxígeno disuelto en porcentaje de saturación que es el máximo oxígeno disuelto que se podría encontrar a esa temperatura en el agua. Este cálculo se realizó basándose en esta fórmula [53]:

$$O.D \% SAT = \frac{O_i}{O_m} * 100$$

Dónde: O_i es el oxígeno encontrado y O_m es el oxígeno máximo.

El índice fue calculado en el programa ICATEST V 1.0 el cual como valores de entrada recibe el valor de cada subíndice o parámetro y como salida da el valor correspondiente a la calidad del agua según el índice NSF.

7.5 Contraste estadístico de Hipótesis

Un contraste estadístico de hipótesis consiste en evaluar una población a través de una muestra aleatoria de la misma, con objeto de determinar si existen

evidencias para que una hipótesis formulada sobre la población deba ser rechazada o no pueda ser rechazada.

Según la aplicación se puede dividir en dos partes: contrastes de un valor concreto de un parámetro del modelo o contrastes para validar la función de distribución que se supone ha generado los datos. Un contraste de hipótesis establece la generación de una hipótesis previa denominada hipótesis nula y compararla con otra denominada hipótesis alternativa [54]; para este caso de estudio la hipótesis nula estará definido como la similitud entre la abundancia de dos puntos de un cuerpo de agua determinado, la hipótesis alternativa será una diferencia significativa entre la abundancia de géneros entre dos puntos determinados. Para determinar si este resultado está acorde con la hipótesis se tendrán en cuenta algunas medidas estadísticas tales como, la media, la desviación estándar, la varianza y el tamaño de la muestra. Es test t está definido por la siguiente fórmula

$$t = \frac{\bar{x}_{e1} - \bar{x}_{e2}}{s_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

$\bar{x}_{e1}$ = promedio de los valores del total de cada género para la estación 1 de una laguna

$\bar{x}_{e2}$ = promedio de los valores del total de cada género para la estación 2 de una laguna

n_1 = Número de datos por la estación 1, para este caso 3, (septiembre, Enero, Marzo)

n_2 = Número de datos por la estación 2, para este caso 3, (septiembre, Enero, Marzo)

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

7.6 Análisis de Componentes Principales

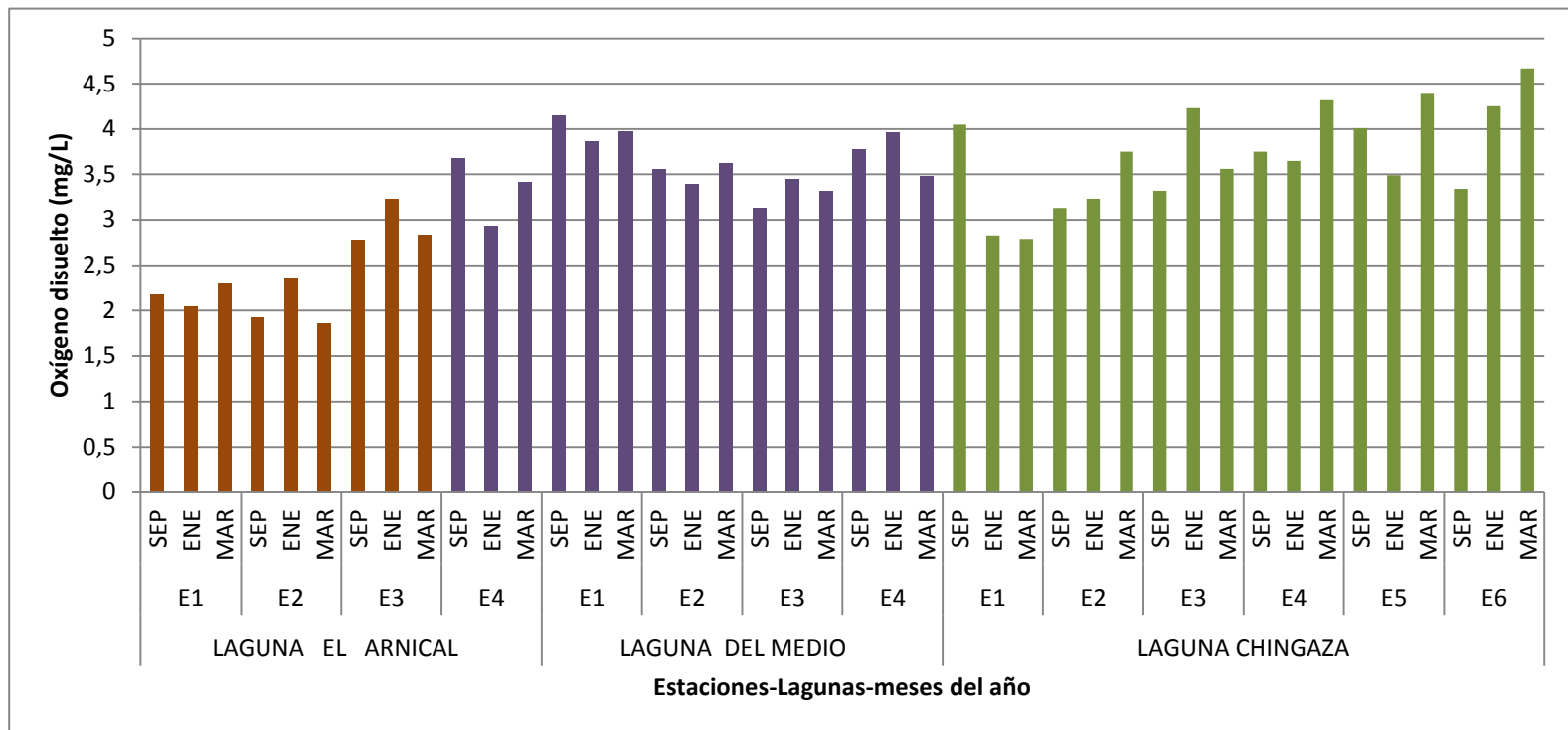
Este análisis es una medida estadística que busca un compendio de la información, o disminución de la dimensión del número de variables. En otras palabras su finalidad es la reducción de variables, descuidando la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o mejor llamados factores, serán una combinación lineal de las variables originales y así mismo serán independientes entre sí. La interpretación de sus factores no es sencilla, ya que no viene dada a priori, esta tendrá que ser analizada al observar la relación de los factores con las variables iniciales. [55]

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Parámetros Físico-Químicos

Los parámetros fisicoquímicos que se midieron en las tres salidas hechas a los tres cuerpos de agua localizados en el Parque Nacional Natural Chingaza fueron Oxígeno disuelto, temperatura, conductividad, pH, turbidez, nitratos, fosfatos, DBO₅. A continuación se mostraran los resultados para cada parámetro y su respectivo análisis. El parámetro temperatura fue tenido en cuenta únicamente en la sección de anexos, ya que su rango de variabilidad no fue significativo para tenerlo en cuenta.

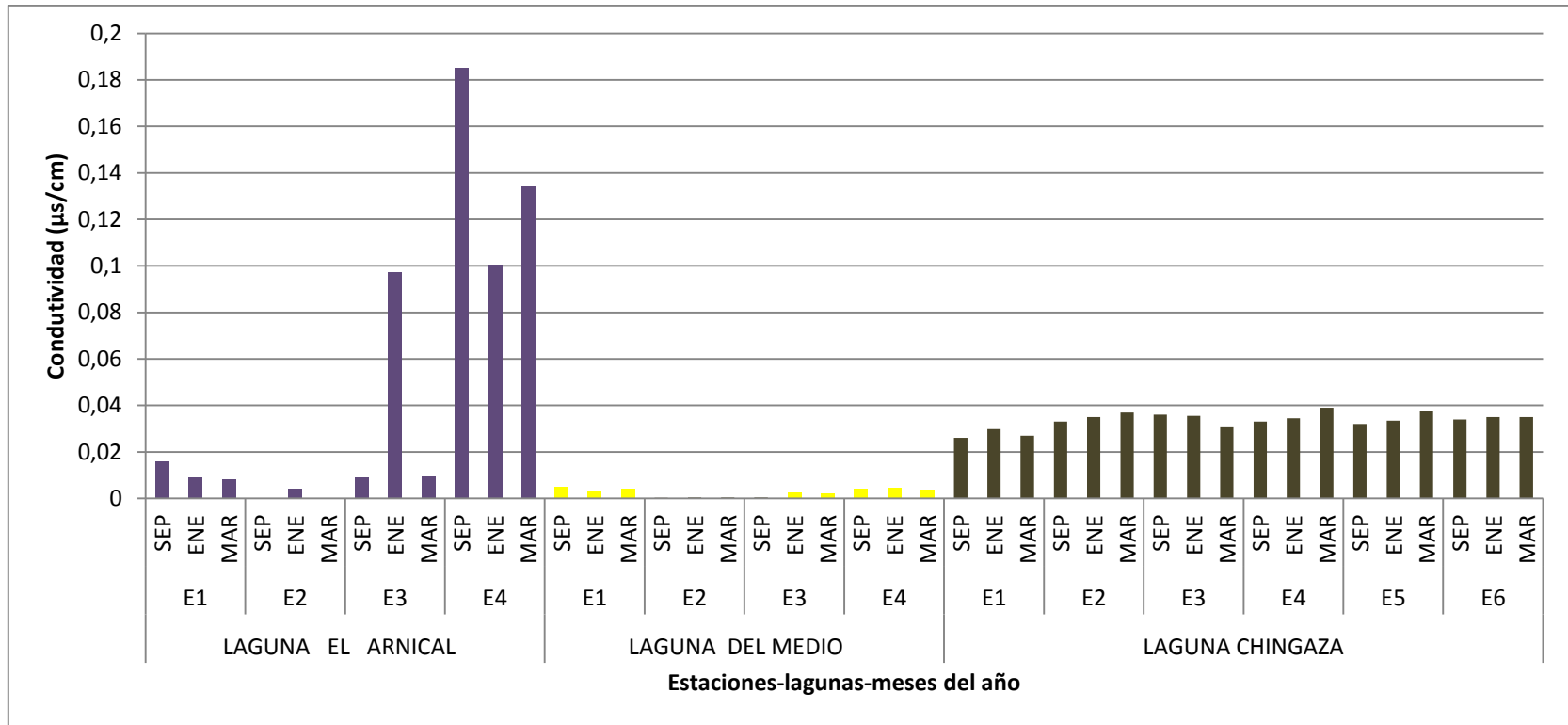
Gráfica N° 5 Oxígeno disuelto para cada laguna



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Este parámetro tuvo una media de 3.38 mg/L para cada uno de los cuerpos de agua estudiados, su registro más alto se presentó en la laguna Chingaza con un registro de 4.67 mg/l, por otro lado el registro más bajo se presentó en la laguna la segunda estación de la laguna el Arnical con un valor de 1.86 mg/l, como sabemos este elemento es necesario para todas las formas de vida, un valor adecuado de este parámetro ofrece una buena calidad del agua, los niveles de oxígeno que permanecen bajo 1-2mg/l no son un buen indicador para la vida acuática.[56]. Este rango de valores indica que se debe tener especial atención en la laguna el Arnical, ya que pueden existir diferentes factores ambientales, como la materia orgánica o el crecimiento del fitoplancton que puede afectar este parámetro físico-químico tan importante y vital para la vida acuática. Para este caso la materia orgánica no es un factor que haya afectado a la concentración del oxígeno debido a que esta es mínima como demostró los valores de bajos de la DBO₅ encontrado en los muestreos; por otra parte la actividad del fitoplancton ya sea reproducción o respiración podría causar los valores de oxígeno disuelto registrados

Gráfica N° 6. Conductividad registrada para cada cuerpo de agua estudiado

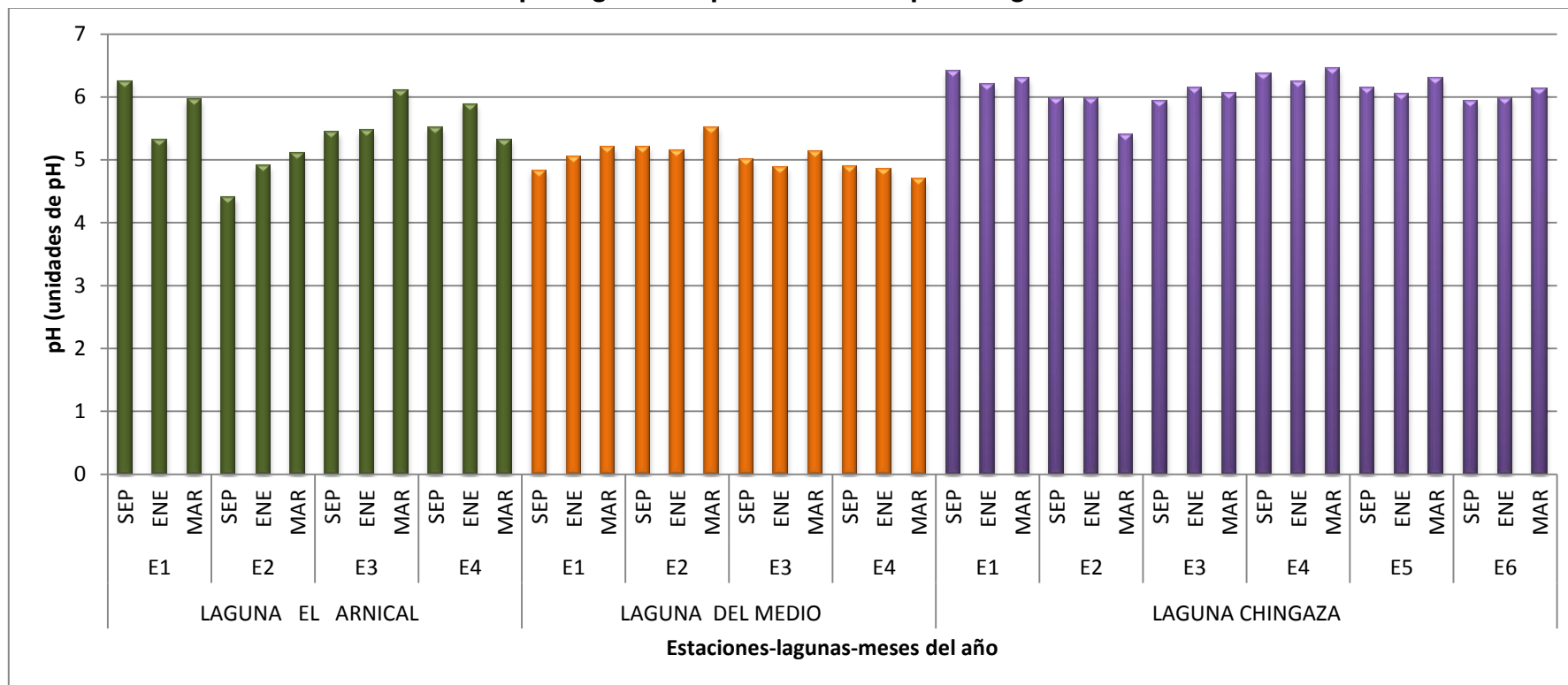


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Los valores para este parámetro fueron bastante bajos, como se observa en varias estaciones su valor fue de 0 $\mu\text{s/cm}$, por otro lado el valor más alto fue de 0.18 $\mu\text{s/cm}$, registrado en la laguna el Arnical. Se puede concluir que los valores de conductividad en cada uno de estos cuerpos de agua son insignificantes, pues el rango de valores que clasifica el agua como destilada está entre 0.055 $\mu\text{s/cm}$ y 0,5 $\mu\text{s/cm}$ y en algunos casos ultra pura menor a estos. Uno factor que afecta los valores muy bajos puede ser la precisión de la sonda multiparametrica que tiene una resolución de 4 dígitos lo cual no

muestra valores muy pequeños y los interpreta como 0. Aunque en general las lagunas de alta montaña tienen una conductividad menor a 1 y cuando tienen poca intervención antrópica las variables a considerar que pueden afectar la medición son la precisión del equipo, la temperatura y la actividad microbiana. [57]

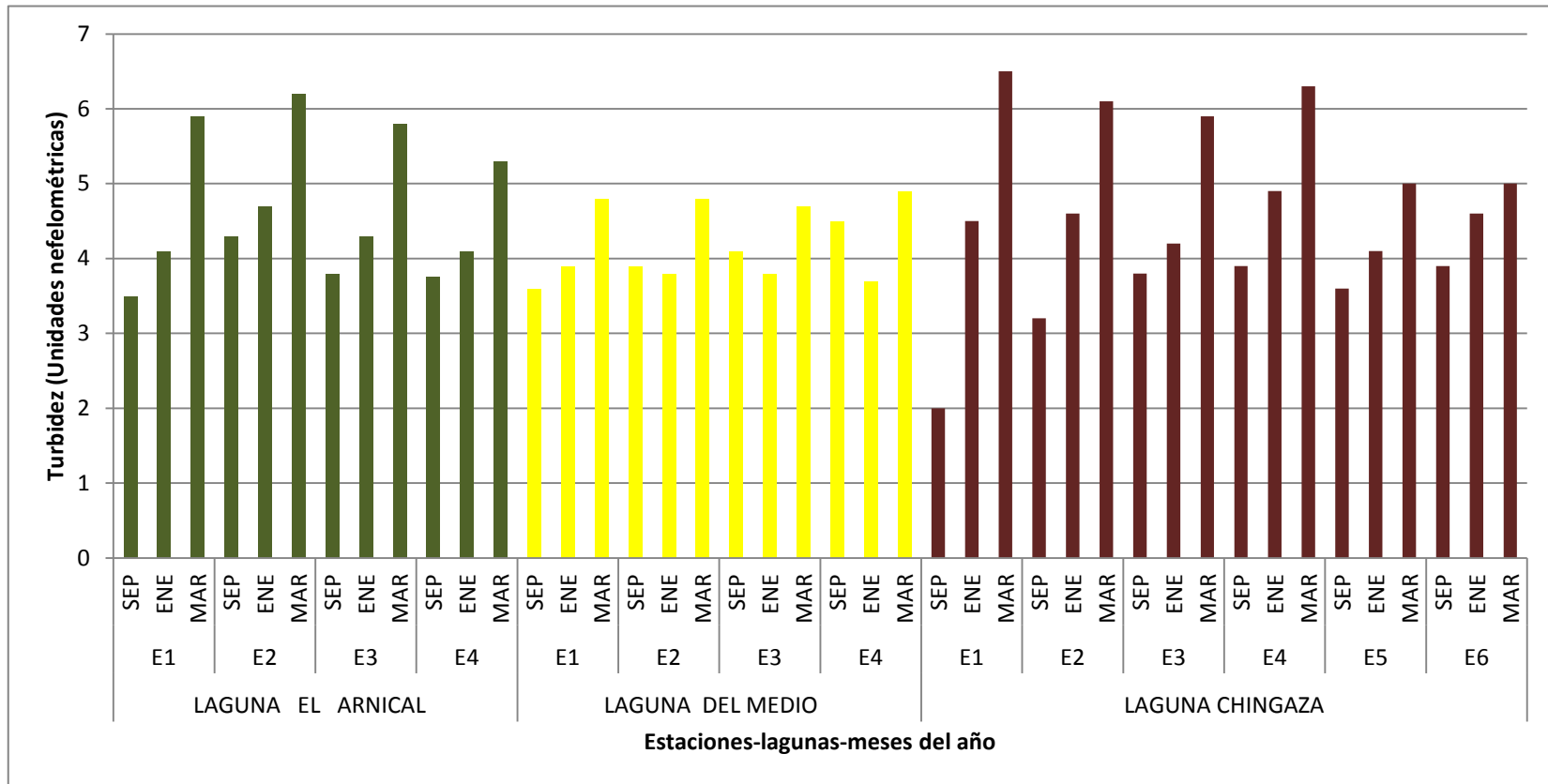
Gráfica N° 7 pH registrado para cada cuerpo de agua estudiado



El registro más bajo se registró en la laguna el Arnical con una valor de 4.4 unidades de pH, por el contrario el valor más alto de este parámetro fue de 6.47 registrado en la laguna chingaza. Igualmente el pH del agua influye en las funciones fisiológicas de los organismos acuáticos, dichos procesos se presentan en la mayoría de la biota acuática con un amplio margen de pH, este está entre las 6 a 9 unidades de pH; aunque vale la pena aclarar que no hay un rango definitivo

dentro del cual toda la vida acuática deba estar relacionado es el caso específico que ocurre en varias estaciones de muestreo ubicadas en las lagunas el Arnical y en la laguna el medio. Igualmente Robertson afirma que ciertas especies de algas pueden vivir en condiciones de pH inferior a 2 unidades y otras a un pH mayor a 10. Esto indica que la mayoría de los puntos de muestreo el pH en general muestra una buena calidad del agua para cada laguna estudiada. Ya que para los individuos dominantes de plancton en las lagunas se requiere un pH ácido para su crecimiento. El método utilizado para registrar el pH pudo haber afectado los datos ya que cada dato se tomó a distintas horas del día, a lo largo de esto la temperatura vario un poco lo que pudo afectar el pH también el tipo de terreno y la actividad microbiana que pudo ser mayor o menor a determinada hora del día [58].

Gráfica N°8 Turbidez registrada para cada laguna

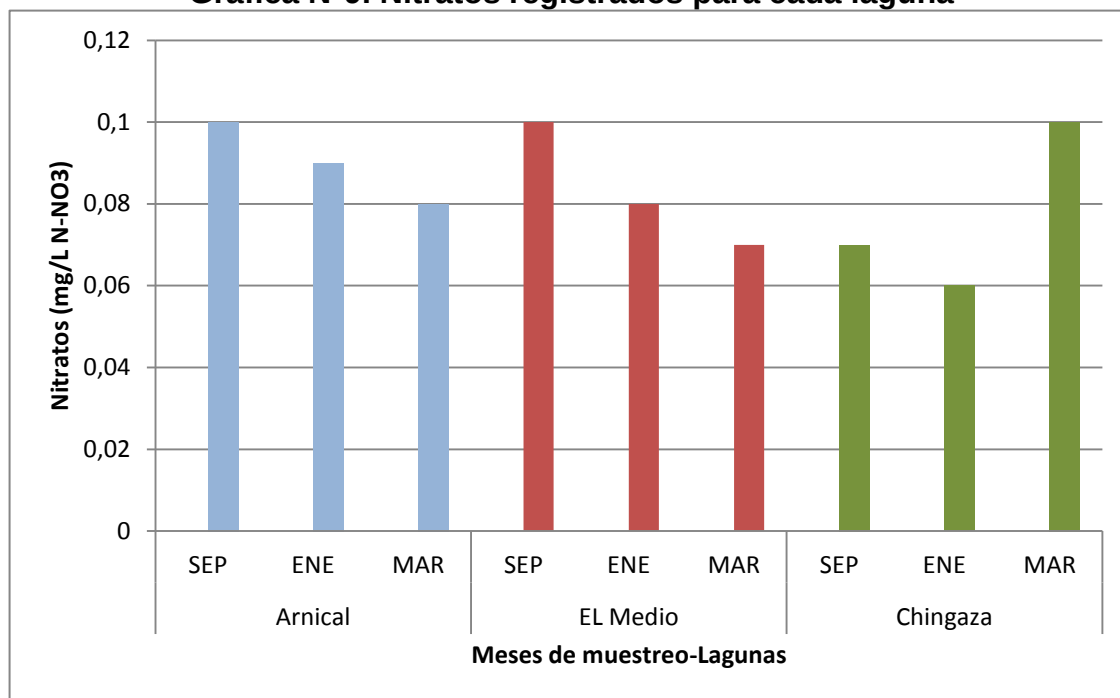


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

La presencia de partículas en suspensión de estos cuerpos de agua es de naturaleza orgánica, pues en estas se encuentran bacterias, parásitos y muchos tipos de algas. El valor más alto para este parámetro se presentó en la laguna Chingaza 6.5 NTU, el promedio de este parámetro fue de 4.48 NTU, así mismo su valor más bajo fue de 2 NTU, también

registrado en la laguna Chingaza. Con estos valores se pueden concluir que son de buena calidad, ya que ninguno sobrepasa el límite asignado para la conservación de flora y fauna del artículo 36 decreto 1594 de 1984 que es de 10 NTU. Los valores más altos se presentaron en el mes de marzo en la temporada seca, para la laguna Chingaza en donde se presentó el valor más alto que corresponde al dato tomado en la estación 1; en la medición pudo haberse presentado alteraciones debido a el manejo de la sonda al sumergirse, debido a que en ciertos puntos al introducir la sonda se levantaba un poco de material en suspensión y en otros topaba con la vegetación. Esto pudo causar alteración debido a que la turbidez se ve afectada por la cantidad de sólidos en suspensión [59]. Otro factor que pudo haber causado alteraciones en la turbidez fue los deslizamientos; ya que en algunas zonas de la laguna Chingaza se encontraron que ciertos lugares presentaban pequeños derrumbes aportando sólidos al agua.

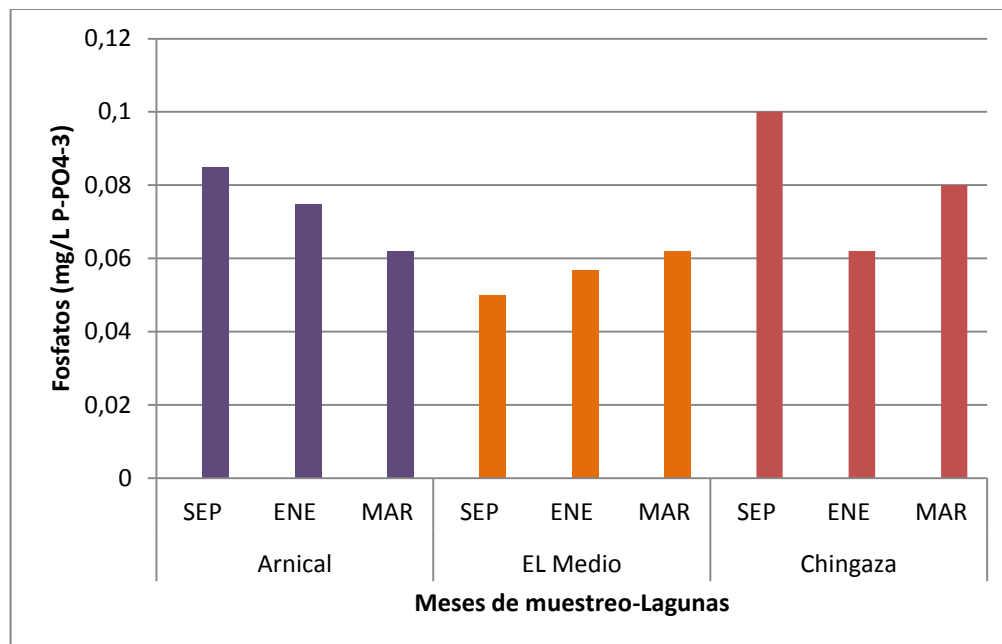
Gráfica N°9. Nitratos registrados para cada laguna



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

En la anterior grafica se muestra los datos de nitratos para las tres lagunas durante los 3 periodos de muestreo. El nitrógeno es uno de los más importantes nutrientes, es necesarios para el desarrollo algal, en este tipo de ecosistemas el comportamiento de este parámetro es de un bajo valor, debido a que no posee gran cantidad de materia orgánica y en el caso de las tres lagunas muy poca o casi nula contribución de estos por el ser humano. Los nitratos aumentaron en la época lluviosa de las lagunas el Arnical y el medio, en período seco este valor aumenta solamente en la laguna Chingaza (0.1 mg/L N-NO₃). La principales fuentes de nitrógeno en el agua son los residuos agrícolas, las actividades industriales y la contaminación orgánica [60] pero debido al estado de conservación de las lagunas se pudo determinar que en estas las cantidades son mínimas de nitratos y posiblemente las razón para que en Chingaza allá aumentado la cantidad de nitrato en la temporada seca se debió al sedimento que se precipita por la ladera de la laguna.

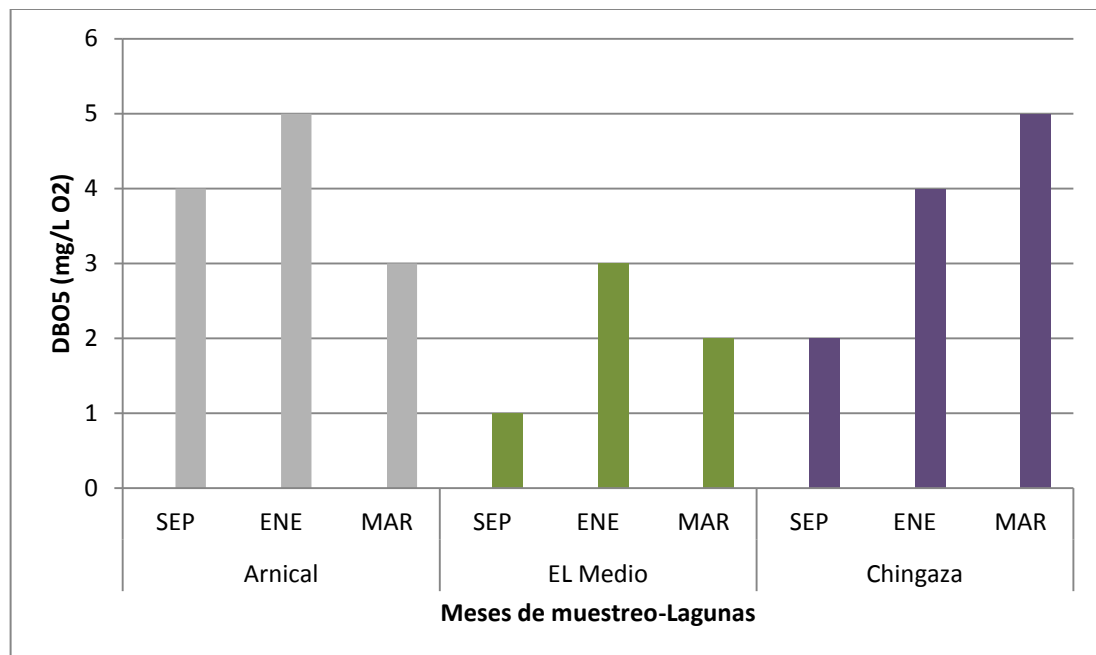
Gráfica N° 10. Fosfatos registrados para cada laguna



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

En la anterior grafica se muestra los datos de fosfatos para las tres lagunas durante los 3 periodos de muestreo, como en el caso del nitrógeno este también es uno de los nutrientes más importantes y esenciales en el desarrollo algal, así mismo por las características del ecosistema estudiado este parámetro tiene un registro similar al del parámetro anterior, que varió en un rango de valores entre 0.05 (mg/L P-PO₄-3) y 0.1 (mg/L P-PO₄-3). Estos valores son bajos debido a que no existe vertimientos o actividades antrópicas que varíen las condiciones de este nutriente en los cuerpos de agua, la principal fuente es la materia orgánica que se deposita en las lagunas provenientes de la vegetación alrededor de las lagunas y los sedimentos que se depositan provenientes de las laderas de los cuerpos de agua y que se transformados por las comunidades de organismos en el agua en distintos procesos biológicos.

Gráfica N° 11. DBO₅ Registrado para cada laguna

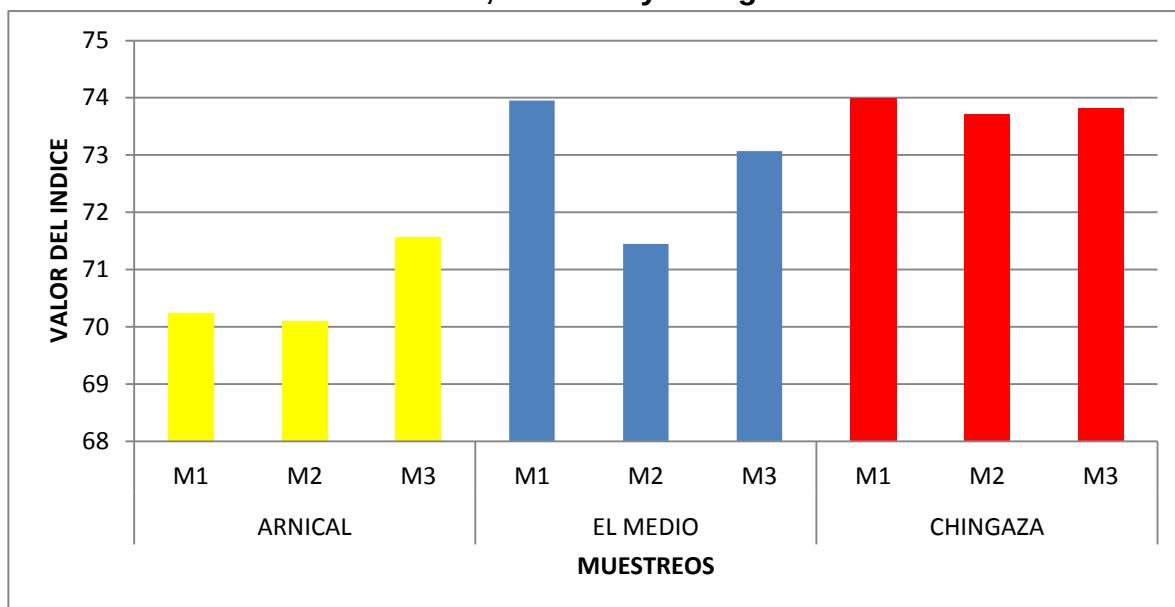


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

En la anterior grafica se muestra los datos de fosfatos para las tres lagunas durante los 3 periodos de muestreo, los valores más altos de este parámetro se presentaron en la época de transición de la laguna el Arnical (mes de enero), y la época seca de la laguna Chingaza (mes de marzo) obteniendo valores de 5 mg/L O₂, el menor valor obtenido fue en el mes de Septiembre para la laguna el medio con valor de 1 mg/L O₂. La metodología para la toma de muestras para la determinación de la DBO₅ pudo causar que los valores de esta se distorsionaran un poco debido a que en el momento de realizar la toma de muestras y sumergir la botella se pudo haber causado que partículas en el suelo o en la vegetación alrededor del punto de muestreo se resuspendieran y aumentaran los sólidos y materia orgánica en las muestras.

8.2 Índice NSF

Gráfico N° 12 Índice NSF para distintas épocas del año de las lagunas el Arnical, el Medio y Chingaza.



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

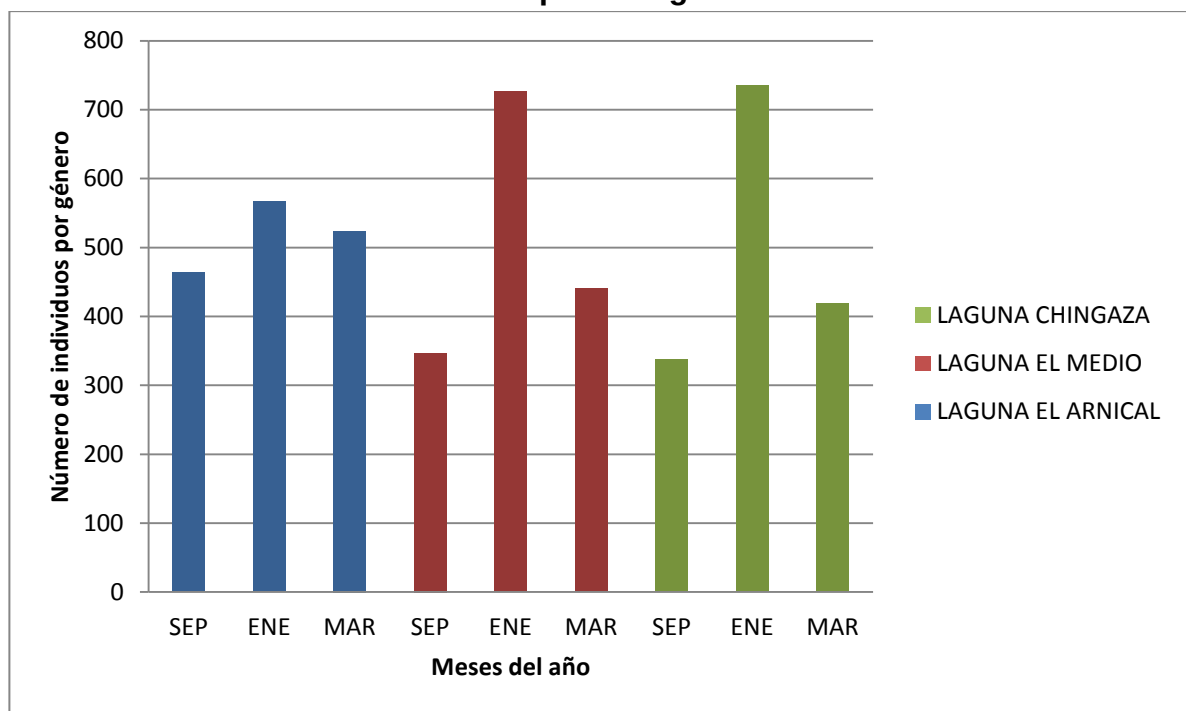
El Índice NSF es una herramienta que permite saber la calidad del agua para el consumo humano de un cuerpo de agua en el cual se haya realizado un estudio e identificado los parámetros para formular el índice. En la laguna del Arnical se determinó que la calidad del agua está en el rango de 71 a 90 que corresponde a la clasificación de aceptable para el consumo humano debido a que los valores de las variables como nitratos y fosfatos son muy bajos cercanos a cero y los demás parámetros presentes en la laguna tiene un valor normal – bajo, correspondiente a cuerpos de agua de alta montaña y con poca intervención del hombre, debido a esto se puede decir que la calidad de agua para el consumo de animales y plantas es bastante buena, ya que no presenta cantidades muy grandes de fosfatos y nitratos que puede causar procesos de eutrofización, ni tampoco valores atípicos de las demás variables, además no se encontró gran variación entre los valores encontrados en los muestreos realizados en la laguna el Arnical con un valor medio de 70.63 y una variación con respecto a esta (desviación estándar) de 0.66 de lo cual se infiere que no existe un factor en la zona que afecte en gran medida la calidad del agua. El comportamiento de la calidad del agua para las lagunas Chingaza y el Medio es muy similar al Arnical, también se encuentran clasificadas según el índice NSF como cuerpos de agua con calidad de agua aceptable. La laguna Chingaza presenta un valor medio del índice NSF ligeramente mayor que

el Medio (72.82) y Arnical (72.63) y fue de los 3 el que menos variación presento en cuanto a este índice a lo largo de los 3 muestreos con una variación estándar de 0.11. Se puede observar que para todos los muestreos en todas las lagunas se presenta una calidad del agua apta para la preservación de flora y fauna, ya que al cumplir los requerimientos mínimos para el consumo humano tiene la calidad suficiente para no causar alteraciones en el ecosistema. La poca variación del índice entra lagunas radica principalmente en la poca intervención por parte del ser humano debido tanto a que se encuentran en un área protegida y al acceso a estas; otro factor que determina esta baja variación es que la temperatura y oxígeno disuelto no presentaron un gran cambio entre lagunas con una desviación estándar de tan solo 1.13 y 0.52 respectivamente. En cuanto a exactitud de la toma de datos la temperatura fue la única que se vio afectada ya que no se realizó exactamente a la misma hora en cada punto ya que las condiciones de acceso y desplazamiento en el parque dificultaron esto.

8.3 Estructura de la Comunidad Algal de cada uno de los Cuerpos de Agua estudiados

8.3.1 Fitoplancton

Gráfica N° 13. Comparativo de la población fitoplanctónica para los tres cuerpos de agua

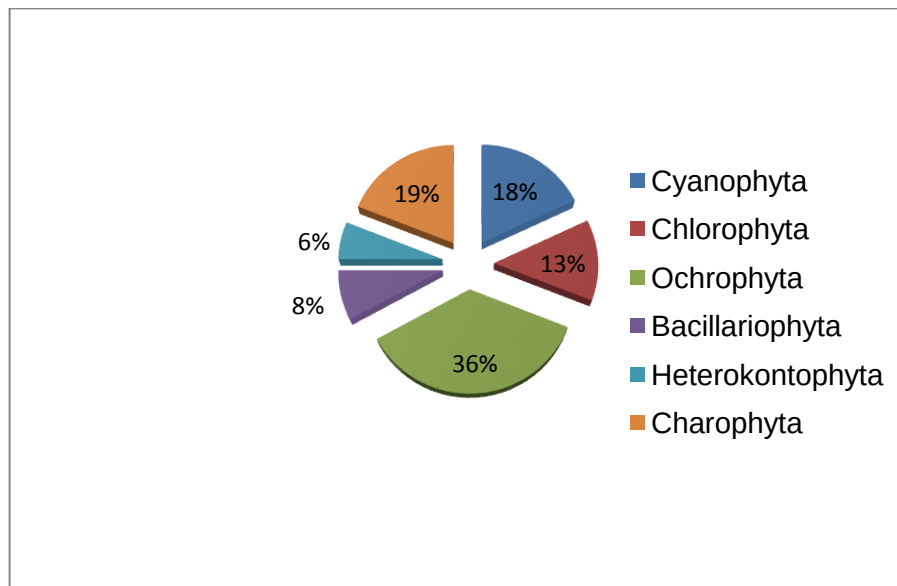


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

La anterior gráfica muestra la estructura de la comunidad fitoplanctónica en los cuerpos de agua que se analizaron dentro del parque, como se puede observar el mes de septiembre fue el mes donde se presentó la menor abundancia de microorganismos fitoplanctónicos, a pesar de estudios como los presentados por (Donato 1991) [61] que muestran que en los períodos de lluvia la mayor cantidad de microorganismos se presentan en los meses de lluvia, el comportamiento de la anterior gráfica no está acorde al estudio de Donato, este comportamiento puede estar fundamentado por estudios como los de (García 2007) [62], donde manifiesta que los organismos planctónicos son muy sensibles a las alteraciones de tipo climático, dichas alteraciones afectan factores físico-químicos como la temperatura, ya que su aumento se correlaciona con un menor crecimiento del fitoplancton, el fitoplancton necesita de luz y alimento para crecer, pero cuando más se calienta el agua, se reduce la cantidad de alimentos que logran alcanzar en la superficie; fenómenos climáticos como El niño podrían tener una gran incidencia sobre el descenso de la comunidad fitoplanctónica en esta época del año.

8.3.1.1 Laguna El Arnical: La caracterización de la comunidad fitoplanctónica de esta laguna se encuentra representada así: 29 géneros distribuidos en 7 divisiones, estas son: Ochrophyta, Cyanophyta, Charophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Heterokontophyta y Ciliophora

Gráfica N°14. Distribución porcentual de individuos por división para la comunidad fitoplanctónica de la laguna el Arnical

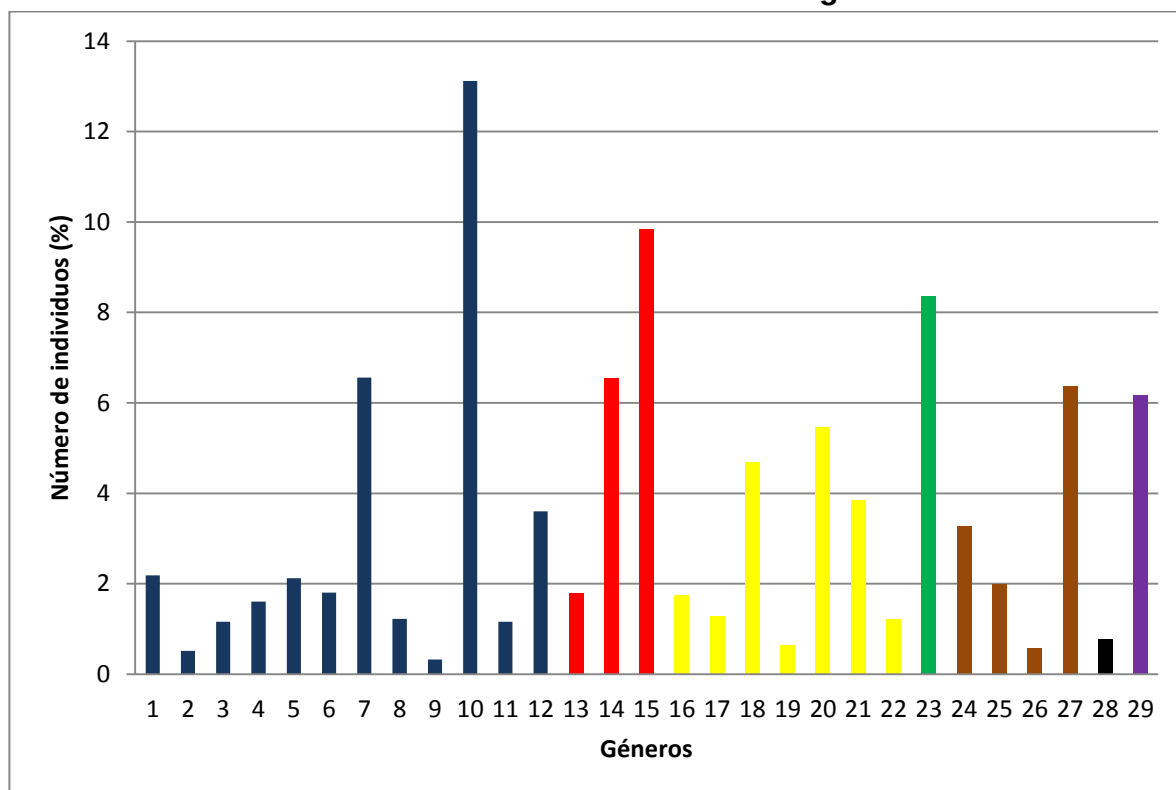


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

En la anterior grafica se representa la distribución porcentual de totas las divisiones de los individuos encontrados en los 3 muestreos realizados en la laguna Arnical. En este diagrama se puede analizar que la división a la cual

pertenecen más géneros de fitoplancton es la división Ochrophyta y la que tiene menos géneros pertenece Heterokontophyta. En la división Ochrophyta se encuentra la familia Pinnulariaceae en la cual se encuentra el género Pinnularia, que fue el género que más individuos reportó para este cuerpo de agua. Esto quiere decir a grandes rasgos que según lo planteado por Pinilla [1998] este tipo de microorganismos se encuentran en aguas litorales frías con una baja conductividad y son ácidas, lo que tiene una fuerte relación con los datos de conductividad y pH tomados en campo para este cuerpo de agua.

Gráfica N° 15. Géneros Identificados en la laguna el Arnical



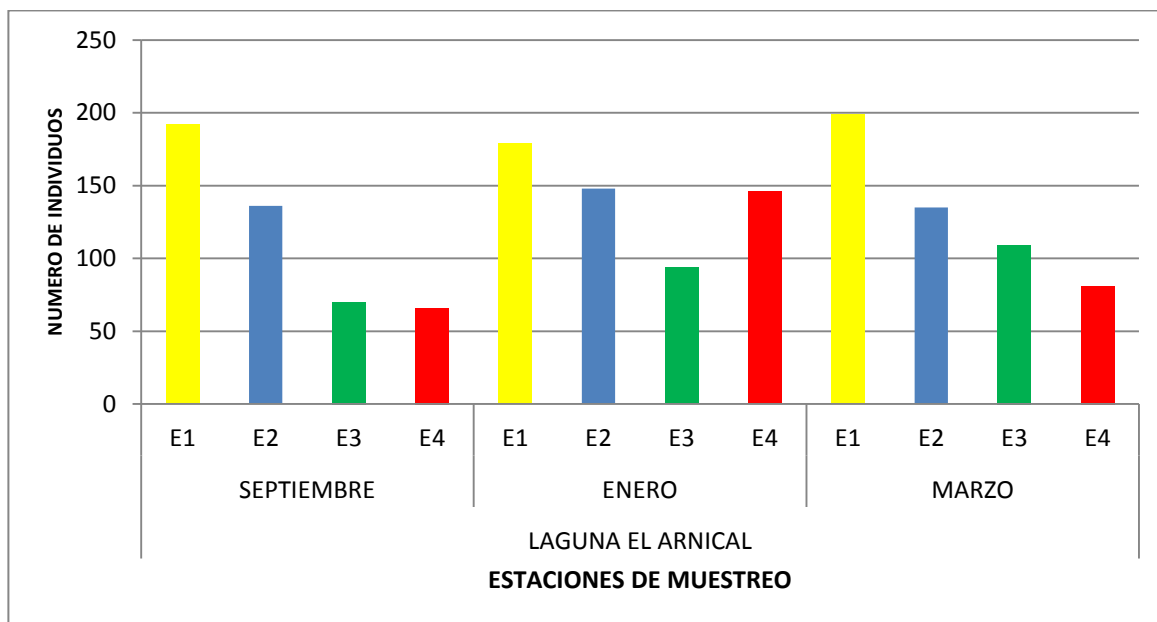
Leyenda: Divisiones: ■ Ochrophyta, ■ Cyanophyta, ■ Charophyta, ■ Bacillariophyta, ■ Chlorophyta, ■ Ciliophora, ■ Heterokontophyta. Géneros: 1. Achnanthes, 2. Amphora, 3. Bumulleria, 4. Cymatopleura, 5. Cymbella, 6. Eunotia, 7. Fragillaria, 8. Melosira, 9. Ophiocytium, 10. Pinnularia, 11. Stauroneis, 12. Tabellaria, 13. Anabaena, 14. Lingbya, 15. Stigonema, 16. Bambusina, 17. Closterium, 18. Cosmarium, 19. Desmidium, 20. Mougeotia, 21. Pleurotaenium, 22. Staurastrum, 23. Frustulia, 24. Microspora, 25. Oegodonium, 26. Pediatrum, 27. Ulothrix, 28. Vorticella, 29. Navicula.

Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

La anterior gráfica muestra los géneros identificados en la laguna el Arnical, la información del número de individuos se presentó en porcentaje para poder determinar la mayor proporción de la población fitoplanctónica para este cuerpo de agua, este procedimiento se realizó encontrando la frecuencia relativa del número de individuos de cada género. Los géneros que presentaron una mayor proporción de población con un total de 65.67% fueron: Fragillaria (6.55%), Frustulia (8.36%), Lingbya (6.55%), Microspora (3.28%), Mougeotia (5.46%), Navicula (6.17%),

Pinnularia (13.11%), Stigonema (9.83%), Ulothrix (6.36%). Según (Spaulding y Edlund 2008) [63] la presencia de Fragilaria tiene una distribución a nivel mundial y generalmente se encuentra en cuerpos de agua oligotróficos. La presencia del género Frustulia indica según (Vargas, 2014) que este microorganismo está localizado en aguas poco ácidas y en cuerpos de agua oligotróficos, y menciona que se relaciona con valores promedio de pH de 4.8, el promedio registrado para este estudio fue un pH de 5 un valor muy cercano al que menciona Vargas en su estudio. El género Lingbya se encuentra por lo general en aguas tropicales y en condición de eutrofia, con valores de pH alcalinos, los tipos de microorganismos que pertenecen a este género tienen tolerancia a la contaminación con petróleo, así mismo tienden a encontrarse en aguas muy frías y en condición de oligotrofia (Pinilla 1998). El género denominado Microspora se encuentra en masas de agua de corrientes limpias y por lo general sus aguas son de origen oligotrófico según (Heinz, 2006). Así mismo Heinz en su libro describe que el género Mougeotia se encuentra en aguas de turbera, lo que concuerda con el tipo de ecosistema estudiado además este género también se relaciona con cuerpos de agua en condición de eutrofia. Otro de los géneros con mayor población fue Navicula, que según (Maidana, 2011) [64] este género se encuentra en aguas con pH neutro o ligeramente ácido y en condición de baja eutrofia, una baja turbiedad, además presentan una baja concentración de calcio, y una alta relación nitrógeno fósforo, siendo esta otra característica que se presentó en las mediciones de Nitratos y Fosfatos para esta laguna ya que la variación que se presentó para estos dos parámetros fue de 0.016, lo que quiere decir que su relación es bastante alta. El Género Pinnularia fue el que mayor cantidad de población tuvo en los 3 cuerpos de agua, y según en el estudio presentado por (Linares, 2007) [65] este género se encuentra en aguas litorales, en condición de oligotrofia, con una baja conductividad y se encuentra en aguas ligeramente ácidas y muy frías, lo que perfectamente concuerda con las condiciones vistas en la laguna. Otro de los géneros con mayor población fue Stigonema, según (Heinz, 2006) este género perteneciente a las cianobacterias se encuentra en regiones tropicales en ecosistemas como turberas de alta montaña, páramos y pantanos, en rocas y piedras húmedas, suelos húmedos y en brezales. El género Ulothrix según (Heinz, 2006) se encuentra en charcos y aguas de turbera, arroyos muy fríos y en lagos ricos en oxígeno, característica de aguas limpias.

Gráfica N° 16 Total de individuos de la comunidad algal de la laguna el Arnical

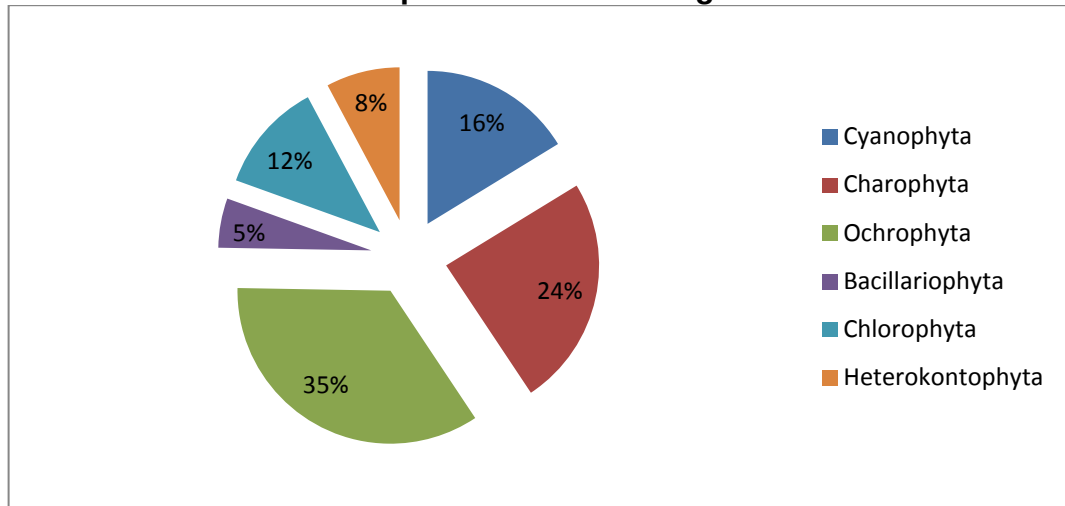


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Como se explicó anteriormente el procedimiento para la comparación entre estaciones se hizo por medio del contraste estadístico de hipótesis, utilizando la función de probabilidad de para muestras pequeñas con un porcentaje de confiabilidad del 90%, para todos los cuerpos de agua, los grados de libertad son 4, $v = n_1 + n_2 - 2 = 4$ ($n = 3$ *epocas que se tomaron las muestras*), entre las estaciones 1 y 2, 1 y 3, 1 y 4, 2 y 3 2 y 4, estos valores ver la tabla de anexo de resultados prueba t student, indica que para estas estaciones se rechaza la hipótesis nula de que no existe diferencia entre la población entre un punto y otro, y se acepta la hipótesis alternativa de que existe una diferencia significativa entre estas poblaciones, esto puede deberse a que para este tipo de lagunas con poca área superficial y las interferencias del relieve, hacen que el esfuerzo cortante del viento, se interfiera y no se presente una mezcla completa, y teniendo en cuenta el perfil de temperaturas, da una explicación razonable a este comportamiento de diferencia entre la población fitoplanctónica entre una estación y otra

8.3.1.2 Laguna El Medio: La caracterización de la comunidad fitoplanctónica de esta laguna se encuentra representada así: 25 géneros distribuidos en 7 divisiones, estas son: Cyanobacteria, Charophyta, Ochrophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta y Heterokontophyta

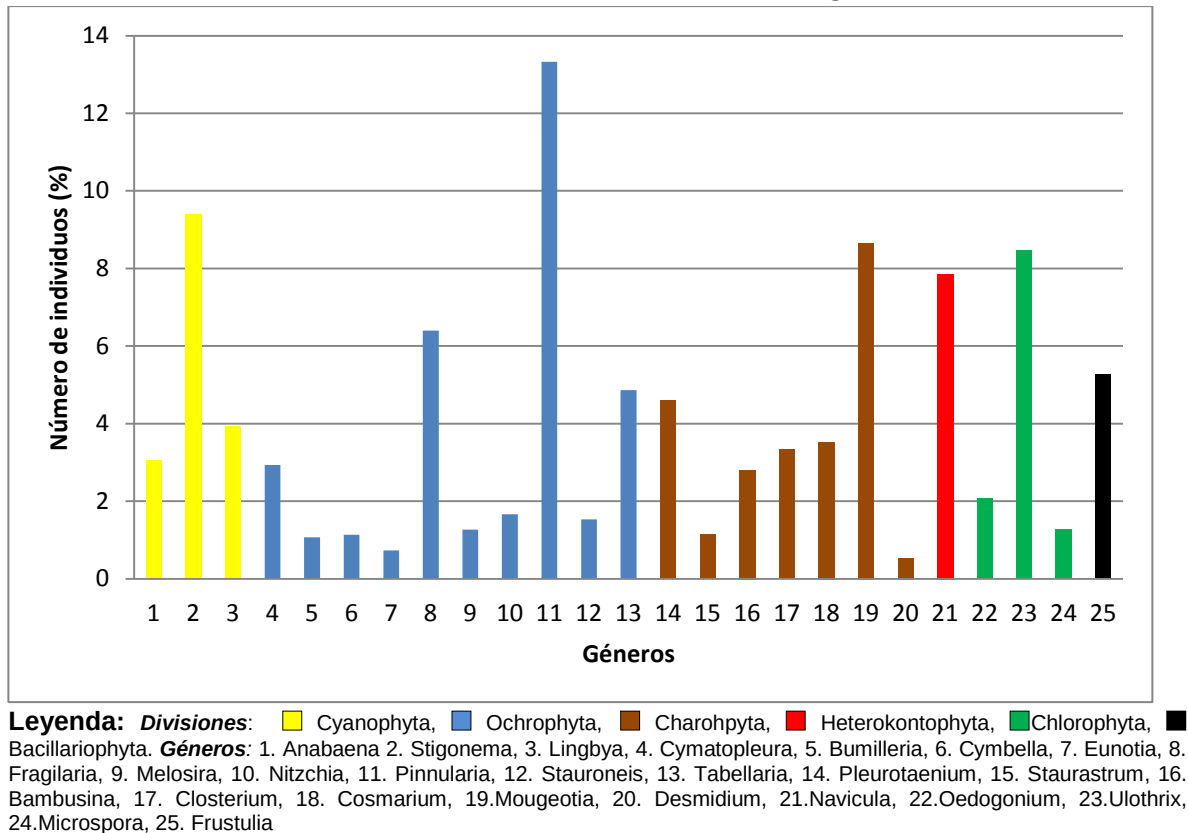
Gráfica N°17. Distribución porcentual de individuos por división para la comunidad fitoplanctónica de la laguna el medio



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

El anterior gráfico de pastel muestra la distribución porcentual de las divisiones de los individuos encontrados en los 3 muestreos realizados en la laguna del Medio. Al igual que para la laguna el Arnical en esta laguna se encuentra que la división con más individuos es la división Ochrophyta con un total del 35%, pero en este caso la que menos tiene géneros es la división Bacillariophyta con un total de 5%, la división Ochrophyta está representada por géneros como Cymatopleura, Bumilleria, Cymbella, Pinnularia, entre otros. Según lo planteado por Pinilla [1998] a grandes rasgos este tipo de microorganismos encontrados en este cuerpo de agua tienen un pH levemente ácido, con una baja turbidez, agua en condición de baja eutrofia, con bajas concentraciones de calcio y con una relación alta de Nitrógeno Fósforo. Los datos de pH concuerdan con los tomados en campo con el multiparámetro, pues estos están en un rango donde se considera que es de condición ligeramente ácida, así mismo las condiciones de eutrofia son bajas en la laguna el medio ya que no existe una abundancia anormal de nutrientes en este ecosistema, por otro lado según Donato (1991) en este tipo de lagunas de alta montaña las concentraciones de Calcio son bastante bajas.

Gráfica N° 18. Géneros Identificados en la laguna el Medio

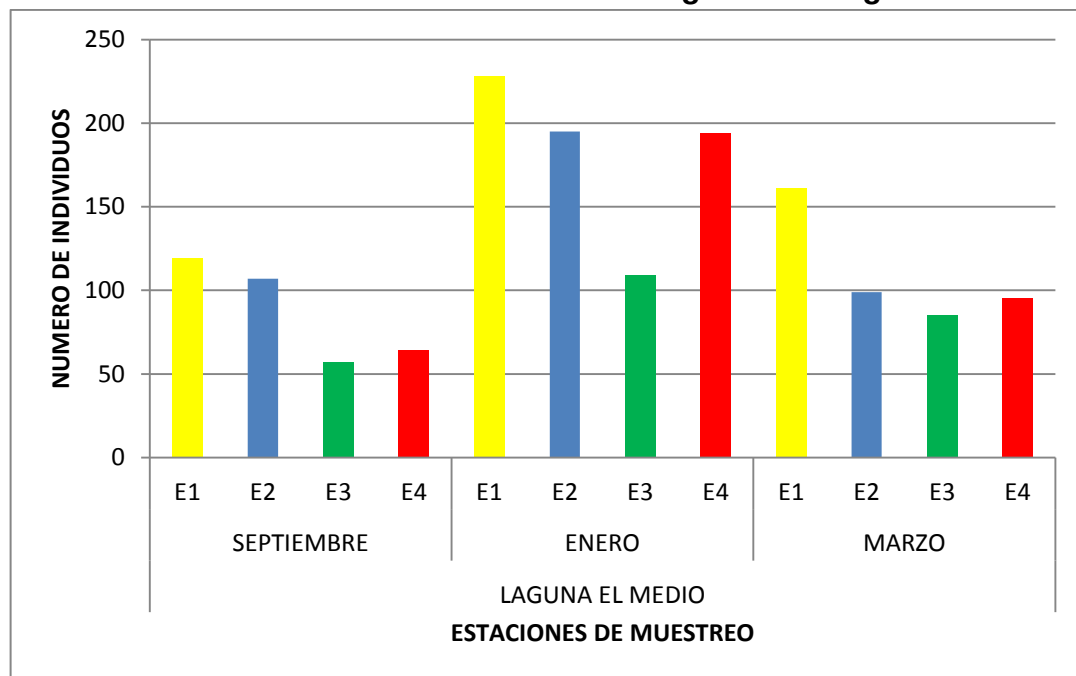


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Los géneros identificados para este cuerpo de agua en su mayoría son similares con respecto a la laguna el Arnical, así mismo se presentó la información del número de individuos en porcentaje hallando la frecuencia relativa del conjunto de datos y así identificar la mayor proporción de población de géneros de fitoplancton. Los géneros que más tuvieron individuos en este ecosistema fueron con un total de 64.22% fueron los siguientes: Pinnularia (13.32%), Stigonema (9.39%), Mougeotia (8.66%), Ulothrix (8.46%), Navicula (7.86%), Fragilaria (6.40%), Frustulia (5.26%), Tabellaria (4.86%). El género Pinnularia indica que se encuentra en aguas en condición de oligotrofia, muy frías, con una baja conductividad y se encuentra en aguas levemente ácidas, estas características señaladas por (Linares, 2007) está acorde con las mediciones que se hicieron durante los muestreo, el segundo género que presentó mayor abundancia fue Stigonema, según (Heinz, 2006) este se encuentra en regiones tropicales en ecosistemas de páramos, pantanos y de alta montaña, en suelos y piedras húmedos. (Heinz, 2006) en su libro también estudió el género Mougeotia, especificando que este género se encuentra en ecosistemas de turbera y que se encuentra en lagunas en condición de baja eutrofia. Ulothrix, es un género que se encuentra en charcos y aguas de turbera, arroyos muy fríos y lagos con grandes cantidades de oxígeno (Heinz, 2006).

Otro de los géneros con mayor población fue Navicula, este género se distingue por encontrarse en aguas con pH ligeramente ácido, baja turbiedad, a su vez estas aguas tienen una relación alta de nitrógeno-fósforo, su variación esta vez fue de 0.028, pero el comportamiento de las gráficas sigue siendo el mismo. Según (Spaulding y Edlund 2008) El género Fragilaria tiene una distribución general a nivel mundial y señala que su presencia generalmente es de cuerpos de agua oligotróficos. La existencia del género Frustulia en este ecosistema según (Vargas, 2014) indica que se encuentra en aguas poco ácidas, aguas en condición de oligotrofia. La presencia del género Tabellaria según (Donato,1991) indica que se encuentra en la lagunas en condición de mesotrofia y algunas veces de eutrofia, o de oligotrofia.

Gráfica N°19. Estructura de la comunidad algal de la laguna El medio

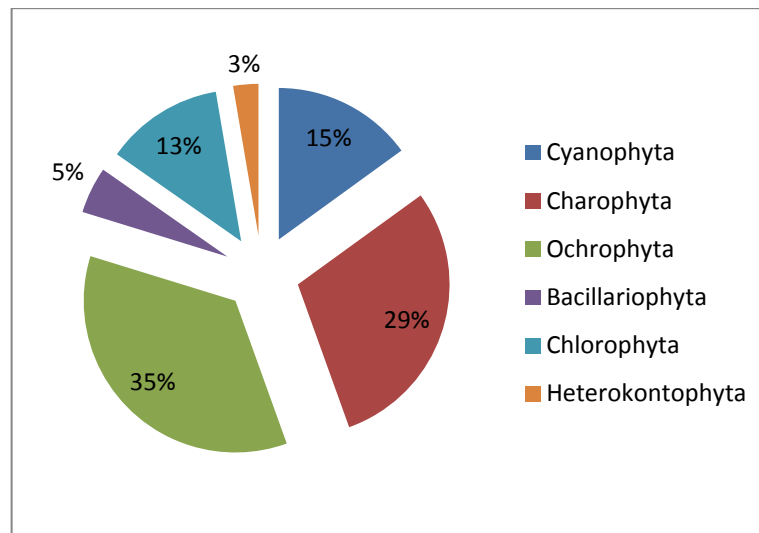


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Como se explicó anteriormente el procedimiento para la comparación entre estaciones se hizo por medio del contraste estadístico de hipótesis, utilizando la función de probabilidad de para muestras pequeñas con un porcentaje de confiabilidad del 90%, para todos los cuerpos de agua, los grados de libertad son 4, $v = n_1 + n_2 - 2 = 4$ ($n = 3$ *epocas que se tomaron las muestras*), entre las estaciones 1 y 3, revisar tabla de anexos, señala que para estas dos estaciones se rechaza la hipótesis nula de que no existe diferencia entre la población entre la abundancia entre una estación y otra, esto quiere decir que se acepta la hipótesis alterna que indica que existe una diferencia importante entre estas poblaciones, el área superficial y factores como la interferencia del relieve, hacen que el esfuerzo cortante del viento interfiera y no se presente una mezcla completa en este ecosistema.

8.3.1.3 Laguna Chingaza: La caracterización de la comunidad fitoplanctónica de esta laguna se encuentra representada así: 25 géneros distribuidos en 6 divisiones, estas son: Cyanophyta, Charophyta, Ochrophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta y Heterokontophyta

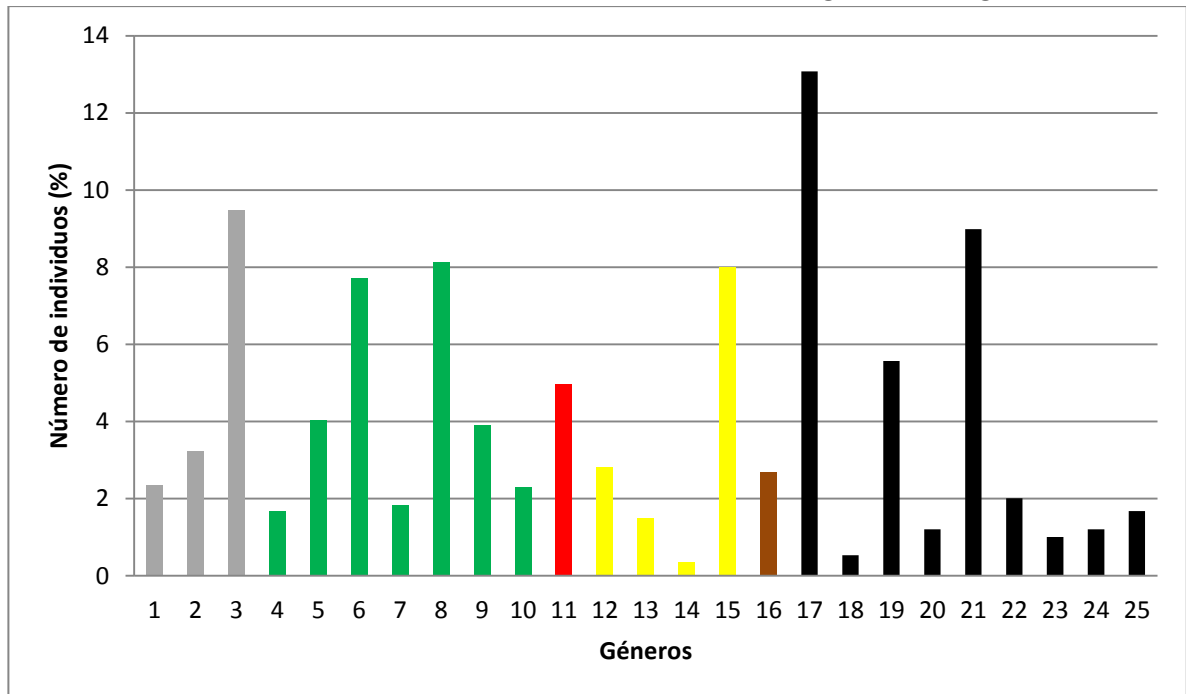
Gráfica N° 20 .Distribución porcentual de individuos por división para la comunidad fitoplanctónica de la laguna Chingaza



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

El anterior gráfico circular da a conocer la distribución porcentual de las divisiones de los individuos encontrados en los muestreos realizados en la laguna Chingaza. Al igual que para las anteriores lagunas, el género representativo fue *Pinnularia*, este comportamiento se debe a que el único factor que varió en cada una de las lagunas fue la altitud, y esta variable solamente cambia factores como la temperatura y presión, determinando así que estos dos factores no afectan de una forma significativa la composición de la comunidad planctónica. Según describe (Donato, 1991) la laguna Chingaza presenta un ritmo monomodal en la abundancia del fitoplancton, coincide con el máximo número de organismos con el período de lluvias y el mínimo con el período seco, las mediciones que se hicieron en campo arrojaron un resultado contrario a lo explicado por Donato, ya que el máximo número de microorganismos se presentó en el período de transición y el mínimo en el período seco, esta alteración del comportamiento descrito por Donato se debe a dos fenómenos, el primero descrito por (García, 2007) las alteraciones de tipo climático cambian medidas como la temperatura afectando así el crecimiento del fitoplancton, el segundo fenómeno podría estar relacionado con una reducción de nutrientes durante esta época del año.

Gráfica N° 21. Géneros Identificados en la laguna Chingaza



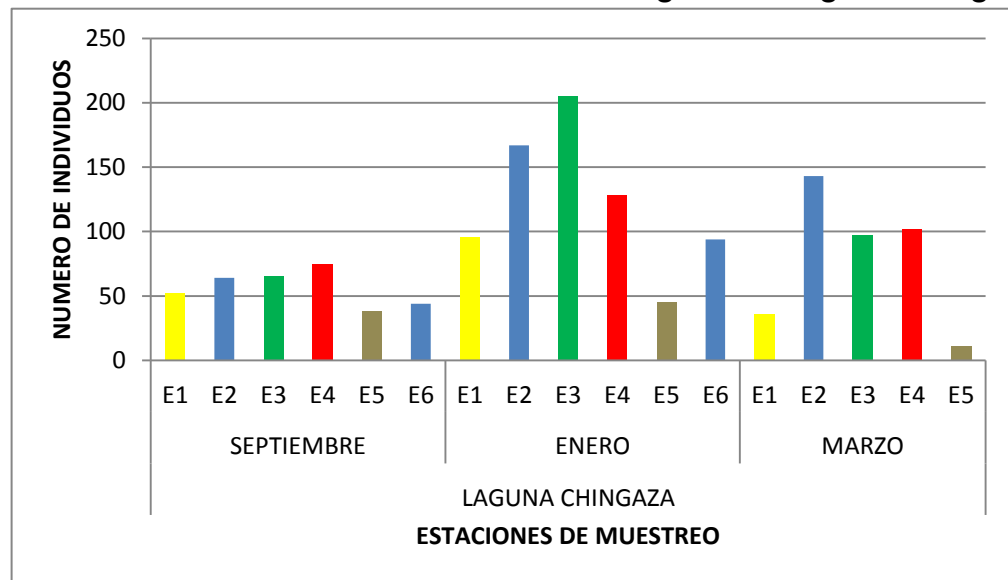
Leyenda: Divisiones: ■ Cyanophyta, ■ Charophyta, ■ Bacillariophyta., ■ Chlorophyta, ■ Heterokontophyta, ■ Ochrophyta. **Géneros:** 1. Anabaena 2. Lingbya, 3 Stigonema., 4. Bambusina, 5. Closterium, 6. Cosmarium, 7. Desmidiium 8. Mougeotia, 9. Pleurotaenium, 10. Staurastrum, 11. Frustulia, 12. Microspora, 13. Oedogonium, 14. Pediastrum. 15. Ulothrix., 16. Navicula, 17. Pinnularia, 18. Surirella, 19. Tabellaria, 20. Melosira, 21. Fragilaria, 22. Eunotia., 23. Cymbella, 24. Cymatopleura, 25. Bumilleria

Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Los géneros identificados para este cuerpo de agua en su mayoría son similares con respecto a las lagunas anteriores, así mismo se presentó la información del número de individuos en porcentaje hallando la frecuencia relativa del conjunto de datos y así identificar la mayor proporción de población de géneros de fitoplancton. Los géneros que más tuvieron individuos en este ecosistema fueron con un total de 64.92% fueron los siguientes: Pinnularia (13.32%), Stigonema (9.46%), Mougeotia (8.11%), Fragilaria (8.99%), Ulothrix (7.98%), Cosmarium (7.71%), Tabellaria (5.57%), Closterium (4.02%). El género Pinnularia indica que se encuentra en aguas en condición de oligotrofia, muy frías, con una baja conductividad y se encuentra en aguas levemente ácidas, estas características señaladas por (Linares, 2007), los valores de conductividad son muy cercanos a cero según la gráfica N°6 (Conductividad registrada para cada cuerpo de agua estudiado), así mismo la gráfica N° 7 (pH registrado para cada cuerpo de agua estudiado) muestra que los valores de pH fueron muy poco ácidos y cercanos a neutro. Las características de los géneros Stigonema y Mougeotia según (Heinz, 2006) como que se encuentra en turberas, suelos húmedos de páramo, y en condición de baja eutrofia son las mismas características que se presentan en la laguna chingaza. Según (Spaulding y Edlund 2008) El género Fragilaria tiene una distribución general a nivel mundial y señala que su presencia generalmente es de

cuerpos de agua oligotróficos y de alta montaña. Ulothrix, es un género que se encuentra en charcos y aguas de turbera, arroyos muy fríos y lagos con grandes cantidades de oxígeno (Heinz, 2006). El género Cosmarium y closterium según (Pinilla, 2005) [66] está ampliamente distribuido a nivel mundial, y se encuentra en zonas de turbera, zonas de pradera y zonas pantanosas. Ulothrix, es un género que se encuentra en charcos y aguas de turbera, arroyos muy fríos y lagos con grandes cantidades de oxígeno (Heinz, 2006).

Gráfica N°22. Estructura de la comunidad algal de la laguna chingaza



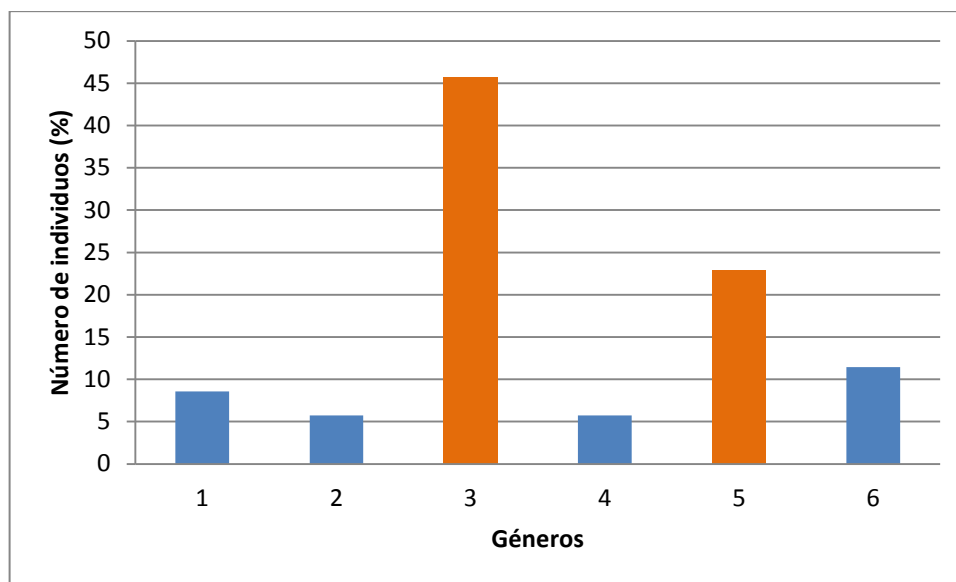
Fuente: Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

El procedimiento para la comparación entre estaciones se hizo por medio del contraste estadístico de hipótesis, utilizando la función de probabilidad para muestras pequeñas con un porcentaje de confiabilidad del 90%, para todos los cuerpos de agua, los grados de libertad son 4, $v = n_1 + n_2 - 2 = 4$ ($n = 3$ *epocas que se tomaron las muestras*), entre las estaciones 1 y 5, 2 y 5, 3 y 5, 4 y 5 revisar tabla de anexos, señala que para estas comparaciones de la abundancia de estas estaciones se rechaza la hipótesis nula de que no existe diferencia entre la población entre la abundancia entre una estación y otra, esto quiere decir que se acepta la hipótesis alterna que indica que existe una diferencia importante entre estas poblaciones, a diferencia de las otras lagunas, la cantidad de materia orgánica o la disponibilidad de nutrientes son los factores que más pueden incidir en la riqueza y abundancia entre cada una de las estaciones comparadas, la estación 5 de esta laguna es la zona de desembocadura del río frío y el movimiento constante del flujo de agua pudo haber sido otro factor que afectara la abundancia entre este punto con los demás.

8.3.2 Zooplancton

8.3.2.1 Laguna el Arnical: La caracterización de la comunidad zooplanctónica de esta laguna se encuentra representada así: 6 géneros distribuidos en 2 divisiones, estas son: Amoebozoa y Arthropoda

Gráfico N° 23. Géneros identificados en la laguna Arnical



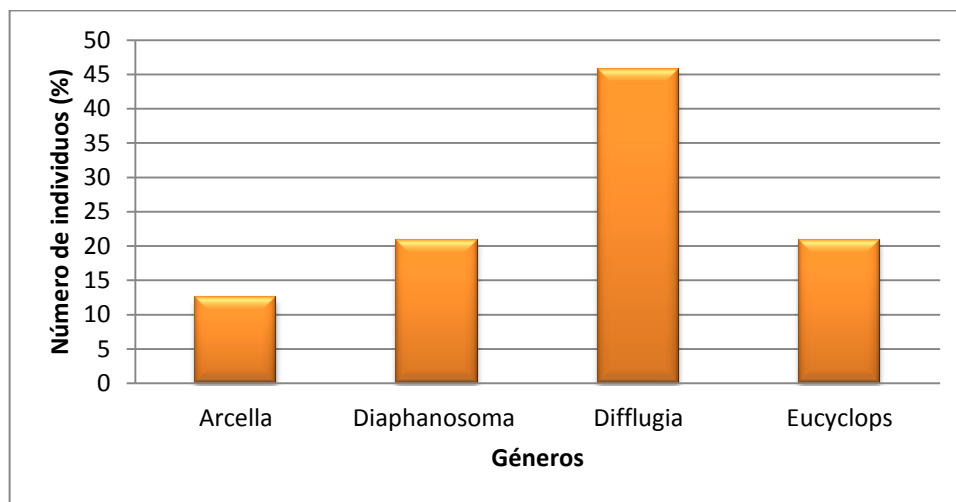
Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Leyenda: Géneros: 1. Arcella 2. Diaphanosoma, 3. Diffugia., 4. Eucyclops, 5. Leptodiptomus, 6. Quadruella

La barra naranja representa los géneros que más se destacaron en la laguna, estos son Diffugia y Leptodiptomus; esto se hizo hallando la frecuencia relativa del conjunto de datos total, el resultado de la sumatoria de los porcentajes fue de 68.56%, resultado que consideramos que es contundente para determinar que estas son las que más se encuentran en la laguna. Para una información más detallada en lo que se refiere al número total de individuos colectados se puede consultar el anexo F, para conocer con mayor detalle la bioindicación de cada género favor consultar la tabla 10 (Indicación de los géneros representativos zooplanctónicos para cada laguna)

8.3.2.2 Laguna el Medio: La caracterización de la comunidad zooplanctónica de esta laguna se encuentra representada así: 4 géneros distribuidos en 2 divisiones, estas son: Amoebozoa y Arthropoda

Gráfica N°24 Géneros identificados en la laguna el medio

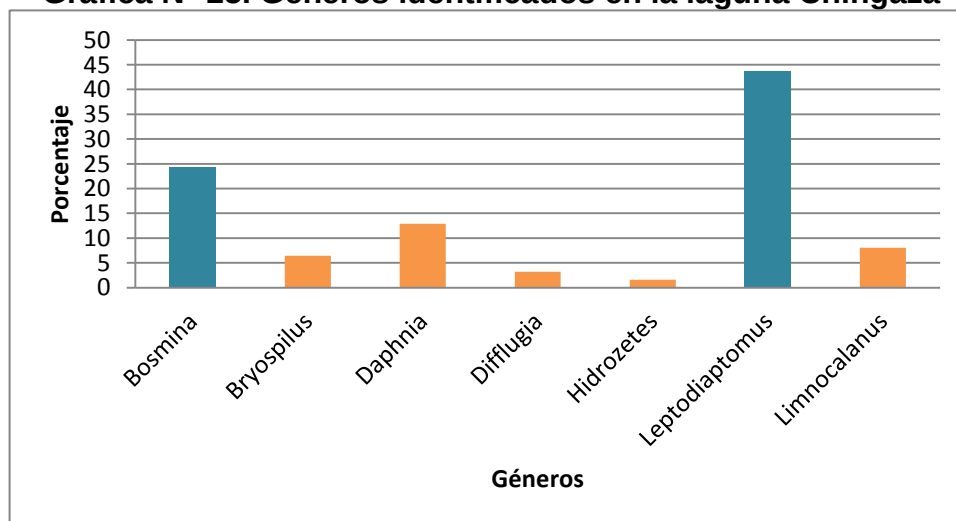


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Los géneros que más se destacaron en la laguna el medio fueron Diffugia, Diaphanosoma y Eucyclops; una vez más por medio de la frecuencia relativa del conjunto de datos total. Para conocer con mayor detalle la bioindicación de cada género favor consultar la tabla 10 (Indicación de los géneros representativos zooplanctónicos para cada laguna)

8.3.2.3 Laguna Chingaza: La caracterización de la comunidad zooplanctónica de esta laguna se encuentra representada así: 7 géneros distribuidos en 2 divisiones, estas son: Amoebozoa y Arthropoda

Gráfica N° 25. Géneros identificados en la laguna Chingaza



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

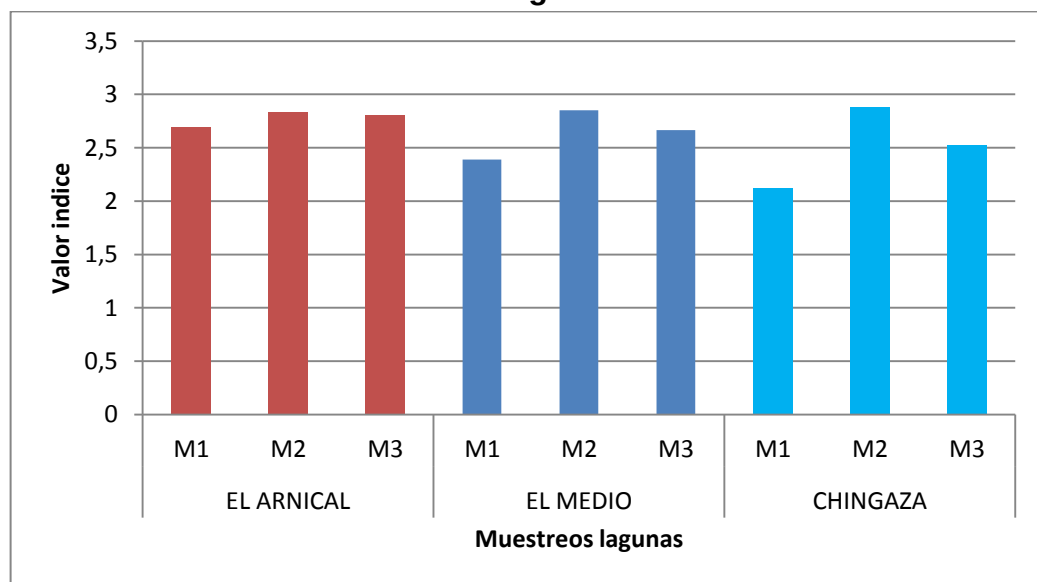
Los géneros que más se destacaron en la laguna Chingaza fueron *Diffugia*, *diaphanosoma* y *eucyclops*; para llegar a esta conclusión el método de nuevo fue hallar la frecuencia relativa para el conjunto de datos. Para una información más detallada en lo que se refiere al número total de individuos colectados se puede consultar el anexo F, para conocer con mayor detalle la bioindicación de cada género favor consultar la tabla 10 (Indicación de los géneros representativos zooplanctónicos para cada laguna)

Tabla N°9. Indicación de los géneros representativos zooplanctónicos para cada laguna

GÉNERO REPRESENTATIVO	INDICACIÓN
Arcella	Zonas de agua dulce y limpias, zona de turberas con presencia de musgo.
Bosmina	Agua con corrientes leves con abundante plancton.
Diffugia	Agua dulce, desde aguas oligotróficas a aguas eutróficas.
Leptodiptomus	Zonas de agua dulce y limpias.

Fuente: HEINZ, Streble. Atlas de los microorganismos de agua dulce: La vida en una gota de agua. 26. Barcelona: Omega, 2006.

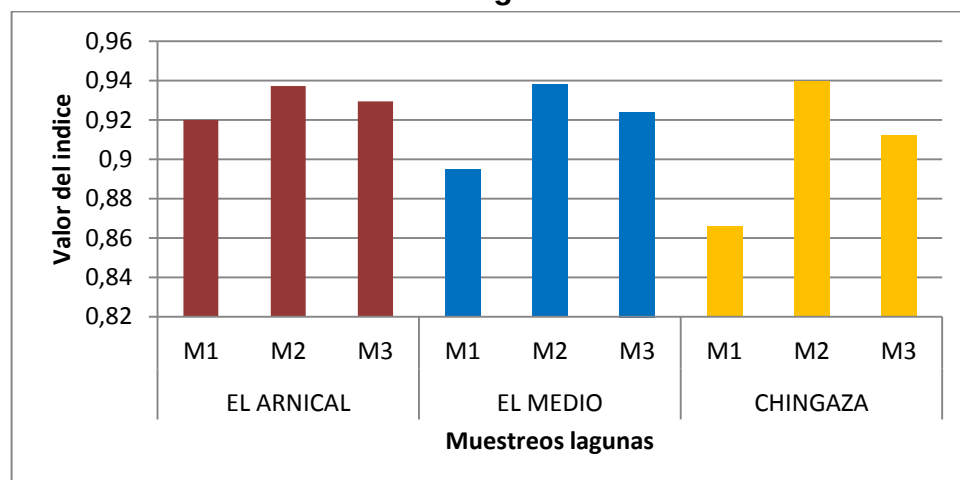
Gráfica N° 26. Índice Shannon- Wiener para las lagunas el Arnical, el Medio y Chingaza



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

Para la laguna Arnical se encontró que el índice de Shannon-Wiener tiene un valor medio de 2.8 el cual se puede interpretar como un valor medio de diversidad y cercano a ser considerado como un ecosistema diverso, el cual es a partir de un valor de 3. En los 3 muestreos realizados en los meses de septiembre, enero y marzo no se encontró gran variación entre los valores del índice con desviación estándar de tan solo 0.0631 que refleja la poca dispersión de los datos con respecto al valor promedio de Shannon en este sitio. En la laguna del Medio se encontró un valor más bajo del índice con una media de 2.635 lo cual representa un valor un poco menor de diversidad se Shannon-Wiener pero sigue presentando una diversidad media y una variación relativamente baja entre los muestreos con una desviación estándar de 0.19. Chingaza al igual que las otras 2 lagunas presento un comportamiento muy parecido y aunque presenta la desviación estándar más alta (0.30) y una variación de 0.4 en el índice en los meses de septiembre y marzo sigue clasificándose como un ecosistema con una diversidad media. Como lo demuestra los anteriores análisis las lagunas no presentan una variación muy alta entre los meses de muestreo en cada laguna y tampoco entre ellas ya entre el conjunto de valores encontrados para índice Shannon- Wiener en todas las lagunas existió una variación baja dado por una desviación estándar de los datos de tan solo 0.23; lo que demuestra que las lagunas en la zona de estudiada son cuerpos de agua con una diversidad media.

Gráfico N° 27. Índice de Simpson para las lagunas el Arnical, el Medio y Chingaza

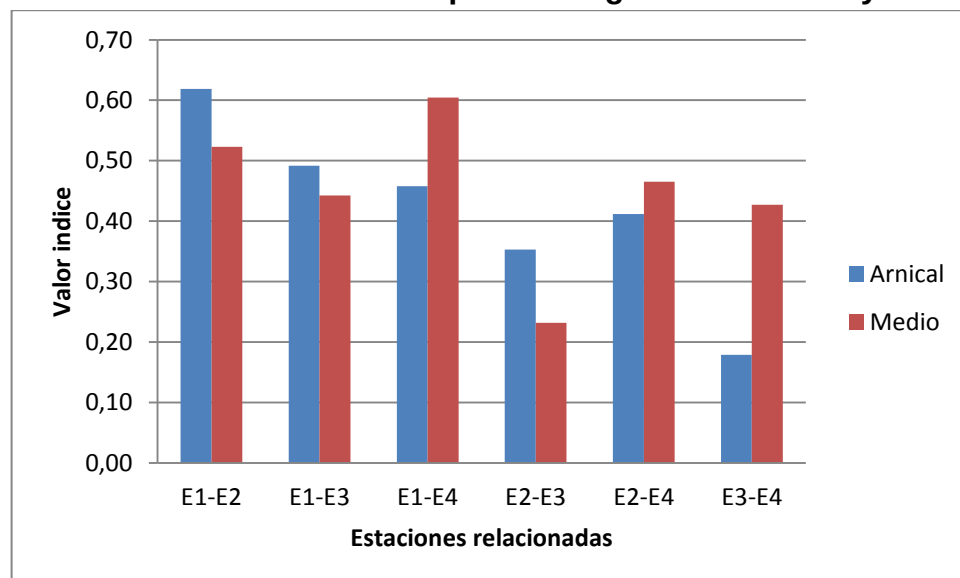


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

En la anterior grafica se muestra los valores del índice de Simpson en cada una de las tres lagunas el Medio, el Arnical y Chingaza a lo largo de 3 muestreos

realizados en los meses de Septiembre, enero y marzo. Para la laguna Arnical se encontró que el índice muestra un valor medio de 0.92 lo que hace referencia que existe un probabilidad de más del 90 % de encontrar un mismo individuo de los géneros dominantes encontrados en los muestreos, entre los distintos muestreos no se encontró una diferencia significativa con un valor muy bajo de desviación estándar menor al 0.01. Para las otras 2 lagunas se presentó un comportamiento parecido en el cual se observa que al igual que la laguna Arnical hay una gran posibilidad de encontrar en 2 muestreos aleatorios individuos dominantes. En general el comportamiento de las lagunas fue muy parecido con una media del más del 90 % del índice de Simpson lo cual muestra que la mayoría de individuos en las lagunas se concentra en un grupo de géneros los cuales agrupan la mayoría de individuos del total muestreado, entre lagunas las variaciones fueran mínimas con un valor de desviación respecto a la media de 0.02.

Gráfico N° 28 Índice de Jaccard para las lagunas el Arnical y el medio.

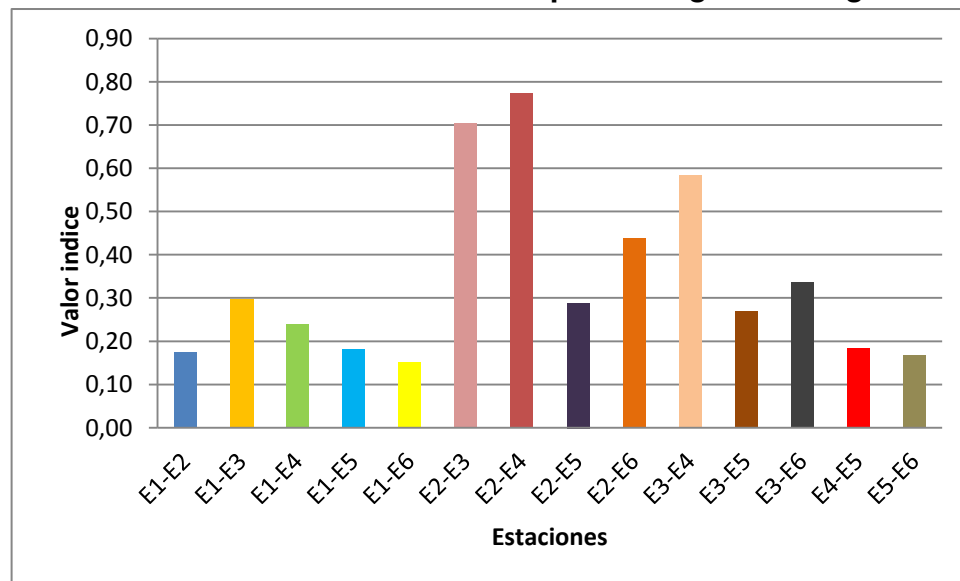


Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

En la anterior grafica se muestra el valor del índice de Jaccard en las lagunas el Medio y Arnical para cada uno de las estaciones de muestreo y las estaciones con las cuales cada uno se relacionó. Se puede observar que en la laguna el Arnical que la estación de muestreo 1 presenta el valor de índice mayor debido a que en este punto se encontró gran variedad de distintos identificados y estos a su vez presentaban gran dominancia en cuanto al número total de individuos colectados e identificados. Por el contrario las estaciones 3 y 4 de esta laguna presentan las relaciones con menos individuos en común por tanto el menor valor del índice de Jaccard. Para la laguna el medio no se identifica un estación que tienda a tener

más individuos del mismo género en común, debido esto se puede inferir que los organismos en común están en gran parte limitados a organismos dominantes los cuales se encontraron en la mayoría de las estaciones y que en estos puntos se pueden encontrar géneros no muy comunes entre puntos o que simplemente la cantidad de individuos en común fueron pocos y no se identificaron gran variedad de individuos distintos.

Gráfico N° 29 Índice de Jaccard para la laguna Chingaza.



Fuente: Gráfica elaborada por Diego Fernando García y Andrés Torres

En la anterior grafica se muestras el valor representativo de índice de Jaccard para cada uno de las estaciones relacionadas en la laguna Chingaza. Se observó que al determinar el índice de Jaccard para las distintas parejas de estaciones estudiadas no se encontró que estas compartieran un gran número de individuos en común; esto se debe a que en muchas ocasiones los únicos individuos en común pertenecían a los géneros dominantes y presentaban otros que solo fueron identificados en pocas estaciones de muestreo los cuales no representaban un porcentaje muy grande en cuanto al total de individuos hallados en el estudio realizado en la laguna Chingaza. En los únicos puntos que se encontró un valor mayor a 0.60 en el índice fueron en los puntos E2- E3 y E2-E4 ya que se encuentran casi las mismos géneros de individuos compartidos a excepción de géneros como Cosmarium que no se encontró en el punto E3.

Los nutrientes como el fósforo y el nitrógeno son uno de los factores limitantes para el crecimiento del fitoplancton, debido a que es usado por este para distintos procesos biológicos. Aunque su cantidad es un determinante en la reproducción del fitoplancton debido a la poca variación que presentan el nitrato y el fosfato en cada laguna no se encontró que exista una relación entre la cantidad de los nutrientes y el crecimiento. En algunos casos cuando aumentaban los nutrientes disminuía la cantidad de individuos de plancton o cuando disminuían los nutrientes aumentaba la cantidad de plancton. Esto se puede deber a distintos factores, entre esta el régimen de lluvias ya que si aumentaba el nivel del agua de la laguna disminuiría la concentración de nutrientes en el agua; también se pudo ver afectado la relación nutrientes - plancton debido a otras sustancias en el agua que no se midieron debido que no era el objeto de estudio del presente proyecto, a la cantidad de luz solar en distintas épocas y distintas horas del día. Otro factor a considerar es el tipo de muestreo ya que este se realizó con lanzamientos de una botella para recolectar las muestras y en la orilla para tomar físicoquímicos, no se tuvo en cuenta las zonas medias de la laguna debido que para tomarlas se necesitaba una embarcación y por causa de la accesibilidad al terreno y a que en algunas ocasiones la visibilidad debido a la neblina era casi nula no se hubiera podido realizar.

8.4 Análisis de Componentes Principales

Como se describió anteriormente se realizó un análisis de componentes principales, gracias a la transformación de variables, este procedimiento se efectuó para cada cuerpo de agua con la finalidad de definir que grupo de variables fisicoquímicas son las más relevantes en el comportamiento de cada cuerpo de agua

8.4.1 Laguna el Arnical

Matriz de correlaciones ^a								
		TEMPERATURA	OXIGENO DISUELTO	CONDUCTIVIDAD	pH	TURBIDEZ	NITRATOS	FOSFATOS
Correlación	TEMPERATURA	1,000	,465	,474	-,484	-,521	,469	,522
	OXIGENO DISUELTO	,465	1,000	,880	,270	-,198	-,009	,027
	CONDUCTIVIDAD	,474	,880	1,000	,124	-,269	,139	,102
	pH	-,484	,270	,124	1,000	-,005	-,263	-,187
	TURBIDEZ	-,521	-,198	-,269	-,005	1,000	-,888	-,922
	NITRATOS	,469	-,009	,139	-,263	-,888	1,000	,965
	FOSFATOS	,522	,027	,102	-,187	-,922	,965	1,000

La anterior tabla muestra el coeficiente de correlaciones entre cada una de las variables, para determinar que la asociación lineal entre variables sea muy fuerte debe existir una extracción de más de 90 %. Esto quiere decir que la temperatura no tiene una asociación fuerte con ninguna de las variables, la relación que existe entre el oxígeno disuelto y la conductividad es bastante alta, fue de un 88% pero no se considera muy fuerte por lo que se dijo anteriormente. Así mismo la turbidez tiene una asociación lineal fuerte con los nitratos (88%) y muy fuerte con los fosfatos (92.2%), los nitratos y los fosfatos tienen una relación muy fuerte ya que su asociación lineal fue de 96.5%

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3,436	49,091	49,091	3,436	49,091	49,091	2,991	42,728	42,728
2	1,991	28,448	77,539	1,991	28,448	77,539	2,206	31,512	74,240
3	1,178	16,827	94,366	1,178	16,827	94,366	1,409	20,126	94,366
4	,253	3,611	97,977						
5	,081	1,160	99,137						
6	,047	,667	99,804						
7	,014	,196	100,000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Se Puede detallar que las tres primeras componentes son las más significativas para poder explicar los datos, la primera explica un 49.091% la segunda un 28.448%, y la tercera un 16.827%, lo que da como resultado un total del 94.366% que es un porcentaje muy bueno para explicar el modelo.

Matriz de componente rotado

	Componente		
	1	2	3
TEMPERATURA	,425	,541	-,645
OXIGENO DISUELTO	,011	,973	,101
CONDUCTIVIDAD	,096	,945	-,001
pH	-,057	,181	,963
TURBIDEZ	-,959	-,199	-,020
NITRATOS	,958	,000	-,186
FOSFATOS	,980	,020	-,144

Método de extracción: análisis de componentes principales.

La anterior tabla muestra los componentes rotados para la laguna el Arnical, un componente rotado es la agrupación de algunas variables que se están analizando, de todas las variables analizadas, la primera componente está representada por las variables Turbidez, Nitratos y Fosfatos, esto indica que a una menor turbidez se tendrá un menor grado de nitratos y fosfatos, ya que los resultados indican que un buen porcentaje de los nutrientes de la laguna provienen de los sólidos suspendidos

El componente 2 esta relacionando las variables Oxígeno disuelto y conductividad, esta concordancia muestra que la actividad planctónica fue bastante alta, esto se puede comprobar con la cantidad de microorganismos que se encontraron, y es evidente que se registren altos niveles de oxígeno por el tipo de ecosistema analizado, además esto se complementa con los organismos planctónicos encontrados en la zonas que indican que se encuentran en lagunas ricas en oxígeno; no hay mucha presencia de materia orgánica que se degrade, por lo tanto las fuentes de sales de nitratos corresponden a sales disueltas, por eso se destaca la conductividad en este cuerpo de agua, sin esto no podría haber función de actividad planctónica.

8.4.2 Laguna el Medio

Matriz de correlaciones ^a								
		TEMPERATURA	OXIGENO DISUELTO	CONDUCTIVIDAD	pH	TURBIDEZ	Nitratos	Fosfatos
Correlación	TEMPERATURA	1,000	,195	,690	-,624	,152	-,021	,020
	OXIGENO DISUELTO	,195	1,000	,735	-,137	-,196	,067	-,074
	CONDUCTIVIDAD	,690	,735	1,000	-,655	,013	-,039	,041
	pH	-,624	-,137	-,655	1,000	,277	-,250	,270
	TURBIDEZ	,152	-,196	,013	,277	1,000	-,543	,609
	Nitratos	-,021	,067	-,039	-,250	-,543	1,000	-,996
	Fosfatos	,020	-,074	,041	,270	,609	-,996	1,000

La anterior tabla muestra el coeficiente de correlaciones entre cada una de las variables, para la laguna el medio. Las únicas dos variables que tuvieron una correlación muy fuerte fueron Nitratos y fosfatos con un porcentaje de 99.6%, la presencia de estos nutrientes aunque fue muy poca, se puede concluir que no provienen de materia orgánica que esté contaminando el agua sino que proviene de los mismos ciclos naturales, y debido a esto los organismos planctónicos obtienen las cantidades suficientes de estos nutrientes para poder sobrevivir.

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	2,766	39,513	39,513	2,766	39,513	39,513	2,546	36,366	36,366
2	2,357	33,671	73,184	2,357	33,671	73,184	2,112	30,172	66,538
3	1,035	14,790	87,973	1,035	14,790	87,973	1,500	21,435	87,973
4	,577	8,241	96,214						
5	,253	3,609	99,823						
6	,012	,169	99,992						
7	,001	,008	100,000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Se Puede detallar que las cuatro primeras componentes son las más significativas para poder explicar los datos, la primera explica un 35.513% la segunda un 33.671%, la tercera un 14.790%, y el ultimo componentes un 8.241% lo que da como resultado un total del 96.214% que es un porcentaje muy bueno para explicar el modelo.

Matriz de componente rotado

	Componente		
	1	2	3
TEMPERATURA	,128	,908	,101
OXIGENO DISUELTO	-,089	,094	,982
CONDUCTIVIDAD	,078	,709	,688
pH	,278	-,870	-,069
TURBIDEZ	,783	,070	-,202
Nitratos	-,944	,083	-,062
Fosfatos	,966	-,084	,050

Método de extracción: análisis de componentes principales.

La anterior tabla muestra los componentes rotados para la laguna el medio, un componente rotado es la agrupación de algunas variables que se están analizando, de todas las variables analizadas, la primera componente está representada por las variables Nitratos y Fosfatos, lo que quiere decir que la matriz de componente rotado concuerda con la matriz de correlaciones igualmente su incidencia dentro de este tipo de ecosistemas es importante pues sin este tipo de nutrientes no habría presencia de organismos fitoplanctónicos. El componente número 2 está totalmente representado por la temperatura y el pH, a una mayor temperatura menor pH habrá en estos ecosistemas, lo que quiere decir que los

iones hidronio se volatilizan mucho más rápido, al ser ecosistemas con bajas temperaturas el pH no se ve afectado por esta variable

8.4.2 Laguna Chingaza

Matriz de correlaciones ^a								
		TEMPERATURA	OXIGENO DISUELTO	CONDUCTIVIDAD	pH	TURBIDEZ	Nitratos	Fosfatos
Correlación	TEMPERATURA	1,000	,298	,120	,112	,173	,055	-,021
	OXIGENO DISUELTO	,298	1,000	,753	-,200	,394	,203	-,096
	CONDUCTIVIDAD	,120	,753	1,000	-,306	,311	,136	-,195
	pH	,112	-,200	-,306	1,000	-,133	-,009	,053
	TURBIDEZ	,173	,394	,311	-,133	1,000	,664	-,418
	Nitratos	,055	,203	,136	-,009	,664	1,000	,211
	Fosfatos	-,021	-,096	-,195	,053	-,418	,211	1,000

La anterior tabla muestra el coeficiente de correlaciones entre cada una de las variables, para la laguna Chingaza. Las variables Conductividad y Oxígeno disuelto tuvieron una correlación del 75.3%, esta no es muy alta, esta relación muestra la concordancia entre la actividad planctónica y altos niveles de oxígeno, por ende se puede decir que no existe materia orgánica que se degrade, por lo tanto las únicas fuentes de sales y nitratos corresponden a sales disueltas, lo que da a entender que esto se presenta por procesos naturales y no por una posible intervención de algún turista que visite el parque, sin importar que este sea el ecosistema más visitado del parque.

Varianza total explicada									
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	2,458	35,115	35,115	2,458	35,115	35,115	1,984	28,344	28,344
2	1,314	18,772	53,887	1,314	18,772	53,887	1,640	23,422	51,766
3	1,118	15,972	69,859	1,118	15,972	69,859	1,239	17,694	69,460
4	1,109	15,840	85,699	1,109	15,840	85,699	1,137	16,239	85,699
5	,689	9,850	95,548						
6	,225	3,214	98,762						
7	,087	1,238	100,000						

Se Puede detallar que las cuatro primeras componentes son las más significativas para poder explicar los datos, la primera explica un 35.115% la segunda un 18.772%, la tercera un 15.972%, y el ultimo componentes un 9.850% lo que da como resultado un total del 85.699% que es un porcentaje aceptable para explicar el modelo.

Matriz de componente rotado

	Componente			
	1	2	3	4
TEMPERATURA	,305	,029	,000	,817
OXIGENO DISUELTO	,880	,185	-,029	,189
CONDUCTIVIDAD	,889	,089	-,122	-,048
pH	-,502	,011	,005	,654
TURBIDEZ	,254	,830	-,440	,050
Nitratos	,059	,953	,231	,006
Fosfatos	-,081	,012	,988	,008

Método de extracción: análisis de componentes principales.

La anterior matriz de componente rotado tuvo un comportamiento similar al segundo componente de la matriz de la laguna el Arnical, al relacionar las variables Oxígeno disuelto y Conductividad, esto hace pensar que la existencia de materia orgánica sea muy poca y los microorganismos fitoplanctónicos usen estas cantidades para su supervivencia, por lo tanto las fuentes de sales de nitratos corresponden a sales disueltas, por eso se destaca la conductividad en este cuerpo de agua, sin esto no podría haber función de actividad plancntónica.

9. CONCLUSIONES

- A través de los estudios realizados en las 3 lagunas se pudo determinar que la cantidad de oxígeno disuelto tiene un comportamiento similar en estas, presenta un valor bajo pero lo suficiente como para el desarrollo de fitoplancton y zooplancton en estas. Esto se pudo comprobar mediante el índice de Shannon-Wiener ya que según los valores del índice de Shannon existe una abundancia media de individuos en las lagunas.
- En las lagunas analizadas se encontró que existe una baja cantidad de sustancias disueltas en el agua como se pudo observar en la determinación de la conductividad para estas. A su vez la cantidad de materia orgánica también fue baja lo que indica que no existe contaminación de origen antrópico en los cuerpos de agua, la cantidad de materia orgánica que se presenta está dada por el ciclo natural que hay en cada cuerpo de agua.
- La calidad del agua de las tres lagunas estudiadas es apta para la conservación de especies de flora y fauna como se demostró mediante el índice NSF, esto se debe a la poca intervención humana y que las variables fisicoquímicas presentaron valores bajos propios de cuerpo de agua no contaminados.
- Se encontró que en las lagunas más del 60% de los individuos de fitoplancton corresponde a 9 géneros los cuales fueron dominantes como lo comprobó la determinación del Índice de Simpson que demostró que en la mayoría de los muestreos existía una probabilidad alta de encontrar estos nueve géneros en las muestras analizadas.
- Los nutrientes fósforo y nitrógeno mostraron una relación significativa en cuanto al crecimiento del plancton, debido que su comportamiento fue muy similar en cada punto, para cada variable en los muestreos y con un valor bajo. Lo que indica que los géneros de plancton encontrados en las lagunas requieren baja cantidad de nutrientes y se pueden considerar como organismos cosmopolita adaptables a distintas condiciones de agua.
- Los organismos encontrados en las lagunas son propios de aguas con baja cantidad de nutrientes y ligeramente ácidas, esto se pudo comprobar con las mediciones de pH las cuales mostraron que en la mayoría de puntos los valores eran menores a 7, lo que corresponde a las lagunas.

estudiadas que son consideradas turberas las cuales son ligeramente acidas.

- Las variables oxígeno disuelto y conductividad tuvieron concordancia para las lagunas Arnical y Chingaza según el análisis de componentes principales, esto ayudo a ratificar que, la presencia de materia orgánica es generada por el ciclo normal de nutrientes y no por actividades antrópicas

10. RECOMENDACIONES

Existen escasos estudios limnológicos para las lagunas el Medio y el Arnical, la recomendación fundamental que hacen los autores de esta investigación es la continuación de los estudios de calidad del agua e identificación microbiológica de cada uno de los cuerpos de agua que se estudiaron, en especial de los dos primeros nombrados, teniendo en cuenta que la laguna el Medio alimenta a la laguna Chingaza principal proveedor del vital líquido al río Frio que posteriormente se comunica con el embalse San Rafael para la distribución de este servicio a la capital del país.

Una ayuda un poco más interesada por parte de la entidad Parques Nacionales Naturales de Colombia es de vital importancia en cada una de las investigaciones que se realizan dentro de este, la entidad no cuenta con los equipos necesarios para un adecuado análisis limnológico, no cuenta con una lancha que fue un inconveniente para haber desarrollado la metodología de una manera más adecuada.

El sitio web parques nacionales naturales de Colombia para el parque nacional natural Chingaza es muy pobre en información, la información es bastante general y realmente los estudios que se realizan dentro del parque deberían ser tenidos en cuenta en este sitio web como base a futuras investigaciones dentro del mismo

Así mismo sería muy recomendable que la universidad santo Tomas en su laboratorio tuviera los reactivos necesarios para la medición de los parámetros físico-químicos, además tampoco cuenta con los instrumentos necesarios para su medición

GLOSARIO

Calidad del agua: La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos.

DBO₅: Se define como la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua en 5 días y a 20°C

Fósforo: El Fósforo es un elemento esencial para la vida como un factor clave limitador de nutrientes, sin embargo contribuye junto con el Nitrógeno a la eutrofización de lagos y otros cuerpos de agua.

Nitrógeno: El nitrógeno total es una medida de todas las varias formas de nitrógeno que se encuentran en una muestra de agua. El nitrógeno es un nutriente necesario para el crecimiento de plantas acuáticas y algas. No todas las formas de nitrógeno pueden ser utilizadas fácilmente por las plantas acuáticas y las algas, especialmente el nitrógeno vinculado con materia orgánica disuelta o partículas. El símbolo químico para el nitrógeno es N, y el símbolo para el nitrógeno total es TN

Oxígeno disuelto: Cantidad efectiva de Oxígeno gaseoso (O₂) en el agua, expresada en términos de su presencia en el volumen de agua (miligramos de O por litro) o de su proporción en el agua saturada (%)

Parámetro: Dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva

Sistema léntico: concepto aplicado a las aguas estancadas, como pantanos, estanques, lagos y los humedales, que son cuerpos de agua somero

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] VARGAS RIOS, Orlando., PEDRAZA Paola. Parque Nacional Natural Chingaza: El sistema Chingaza de la E.A.A.B. 1. Bogotá: 2004. 15p.
- [2] PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Chingaza. Compendio, Informe. Bogotá. 2005-2009
- [3] CARDENAS, Gladys “Rasgos de historia de especies en una comunidad vegetal alterada en un páramo húmedo (Parque Nacional Natural Chingaza)” {En línea}. {27 Febrero de 2015} disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/37371/1/39168-174294-1-PB.pdf>
- [4] FORERO, Hugo “Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008” {En línea}. {27 Febrero de 2015} disponible en: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/CO1782RIS.pdf>
- [5] EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ (E.A.A.B) “Corredor de conservación Chingaza-Sumapaz-Guerrero” {En línea}. {27 Febrero de 2015} disponible en: <http://www.conservacion.org.co/articulos/corredor-de-conservacion-chingaza-sumapaz-guerrero/>
- [6] MECANISMO DE INFORMACIÓN DE PÁRAMOS “Atlas de páramos de Colombia-Complejo Chingaza” {En línea}. {28 Febrero de 2015} disponible en: <http://www.paramo.org/node/1675>
- [7] MINISTERIO DEL AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Información general Parque Nacional Natural Chingaza para guardabosques voluntarios. Compendio, Informe. 2010
- [8] PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Chingaza. Compendio, Informe. Bogotá. 2005-2009
- [9] BARBIER, Edward. ACREMAN, Mike, KNOWLER Duncan., Valoración económica de los humedales: Acerca de la convención Ramsar. Reino Unido: 1997. 8p.
- [10] SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. Manual de la Convención Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales. Cuarta edición. Ramsar: 2006.p8
- [11] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, “Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia” Informe, compendio, primera edición, Bogotá, Colombia, 2002, p 6.
- [12] EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO, “Ecosistemas y bienestar humano: Agua y humedales”. {En línea}. {28 Febrero de 2015} disponible en: www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/document.358.aspx.pdf
- [13] PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE OFICINA REGIONAL PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, “Geo juvenil para América Latina y el Caribe”. {En línea}. {28 Febrero de 2015} disponible en: http://www.pnuma.org/deat1/pdf/juvenil_alc_esp.pdf
- [14] COMO TRABAJAN LOS HUMEDALES, “Beneficio de los Humedales”. {En línea}. {28 Febrero de 2015} disponible en: <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/wetland1.htm>

- [15] TEN BRINK, RUSSI D., FARMER A., BADURA T., COASTES D., FOSTER J., KUMAR R. y DAVIDSON N., La economía de los ecosistemas y la biodiversidad relativa al agua y los humedales. Resumen ejecutivo. Ramsar: 2013. 7p.
- [16] REQUES, Ricardo. Conservación de la Biodiversidad de los humedales de Andalucía. Funciones de los humedales. 1. Andalucía: Orni Tuor, 2003.
- [17] VALORACIÓN DE LOS HUMEDALES, "Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales" {En línea} {25 Febrero de 2015} disponible en: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_rtr03_s.pdf
- [18] "Turberas, turberas bajas y áreas pantanosas". {En línea} {20 Febrero de 2015} disponible en: http://www.jolube.es/Habitat_Espana/documentos/intro7.pdf
- [19] SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales. Ramsar: 2004.
- [20] GORHAM E., Turberas del norte: El papel del ciclo del carbono y las respuestas probables al calentamiento global. 1. p182
- [21] WADDINGTON J., ROCHEFORT y CAMPEAU S. Ecología y manejo de humedales: Producción y descomposición de Sphagnum en una turbera. 11. p85
- [22] FUNDACIÓN SANTANDER CENTRAL HISPANO. Compendio, Manual. España. Fundación Global nature. 2006
- [23] SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. Compendio, Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales. 2° edición. Gland (Suiza), 2004
- [24] SANCHEZ, Oscar. Ecosistemas acuáticos: Diversidad, procesos, problemática y conservación. Mexico: s.f. 17p
- [25] RAMIREZ, Alberto y VIÑA, Gerardo,. Limnología Colombiana aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. s.f.1. panamericana. p293
- [26] SOCIEDAD MEXICANA DE PLANCTOLOGÍA. ¿Qué es el plancton? {En línea}. {22 de julio de 2014} disponible en: <http://www.sompac.org/que-es-el-plancton>
- [27] ESCRIBANO, Rubén., CASTRO, Leonardo. Biología marina y oceanografía: Plancton y productividad. Guatemala: s.f. 289p.
- [28] CIFUENTES Juan., TORRES Pilar., FRIAS Marcela. El océano y sus recursos: V El Plancton. {En línea}. 24 de Febrero de 2015. Disponible en: <http://www.iesmaritimopesquerolp.org/asignaturas/BIOLOGIA/Biologia%20%96%20El%20Oceano%20Y%20Sus%20Recursos%2005%20Plancton.pdf>
- [29] OSORIO, Juan. Dinámica espacio-temporal del fitoplancton en la bahía de Cartagena y su relación con parámetros físico-químicos en un ciclo climático anual. Cartagena, 2010, 144. Trabajo de grado. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de ciencias naturales.
- [30] VAULOT, Daniel. El fitoplancton. {En línea}. 20 de Febrero de 2015. Disponible en: http://www.sb-roscoff.fr/Phyto/Reprints/Vaulot_ELS_01.pdf
- [31] VICENTE, Eduardo. Metodología para el establecimiento el estado ecológico según la directiva marco del agua: Parte I Generalidades. España: 2005. 9p.
- [32] RODRIGUEZ, Laura. Determinación del estado trófico de tres sistemas lénticos de la sabana de Bogotá con base al fitoplancton, en dos periodos climáticos contrarrestantes. Bogotá, 2012, 116. Trabajo de grado. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ciencias básicas.

- [33] INDA E., DOMINGUEZ D., ROMERO C., NIETO J., CEPEDA J. El zooplancton marino de la costa de Nayarit, México. En: Revista nueva época. s.v. No 14 (Jul-Sep. 2013); p.45
- [34] MEDELLIN J., ESCRIBANO R., Análisis automático del zooplancton utilizando imágenes digitalizadas: estado del conocimiento y perspectivas en Latinoamérica, Valparaíso, Chile. En: Revista Latinoamericana de investigación Acuática. Vol. 41. No 1 (Mar. 2013).
- [35] LAVANIEGOS B.E. El papel del zooplancton en la transferencia del carbono en el océano. {En línea}. 20 de Febrero de 2015. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/531/cap8.pdf>
- [36] Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Zooplancton. {En línea}. 20 de Febrero de 2015. Disponible en: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/te
- [37] ARCE, Omar. Indicadores biológicos de calidad del agua [En línea]. [22 de julio de 2014] disponible en: <http://af2.wikispaces.com/file/view/indicadoresBiologicosCalidadAgua.pdf>
- [38] PINILLA, Gabriel. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: Utilidad de los bioindicadores. Bogotá: litografía Pabón, 1998. 1p.
- [39] SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Compendio, Biodiversidad: Conocer para conservar, Serie ¿Y el medio ambiente? Tlalpan, México. Dirección General de Estadística e Información Ambiental. 2011.
- [40] MORENO, C. E. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 2001. 84p.
- [41] MARTELLA, M., TRUMPER, E., BELLIS, L., RENISON, D., GIORDANO, P., BAZZANO, G., GLEISSER, R., Manual de Ecología: Evaluación de la biodiversidad, Córdoba, Argentina. En: Reduca (biología). Vol. 5. No1 (s.f.).
- [42] CARMONA V., CARMONA T., La diversidad de los análisis de diversidad, Los ángeles, California. En: Bioma. Vol. 2. No 14. 2013.
- [43] PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA [En línea]. [23 de Febrero de 2015] disponible en: <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/>
- [44] VILARDY, S., JARAMILLO, Ú., FLÓREZ, C., CORTÉS-DUQUE, J., ESTUPIÑÁN, L., RODRÍGUEZ, J.,...APONTE, C. [2014]. Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 100 pág.
- [45] VICENTE, E., DE HOYOS, C., SANCHEZ, P., CAMBRA J., Protocolo de muestreo y análisis para fitoplancton. Metodología para el establecimiento el estado ecológico según la directiva marco del agua. Octubre, 2005.
- [46] E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton. Métodos estándar para el análisis de aguas y aguas residuales. Clesceri editorial, 2012.
- [47] EPA (Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos de América.). Plan de monitoreo de la EPA de la región 9. Sección de Gestión de la calidad de aseguramiento, San Francisco. 1993.
- [48] EPA (Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos de América).Monitoreo y Restauración de lagos y embalses, Washington, D.C.1990

- [49] ARCOS M., GOMEZ A., Microalgas perifíticas como indicadoras del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. En: revista Nova. Vol. 4. No.6 (Junio-Diciembre) 2006.
- [50] FERRARIO M., SAR E., SILVA E. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. {En línea}. {13 de Mayo de 2015}. Disponible en www.researchgate.net/profile/Eugenia_Sar/publication/233742221_Metodologia_basica_para_el_estudio_del_fitoplancton_con_especial_referencia_a_las_diatomeas/links/02bfe512ebf31c4316000000.pdf
- [51] WHITFORD L.A, Manual de algas de agua dulce de Carolina del Norte. 188. Carolina del norte: estación experimental de agricultura de Carolina del norte, 1969.
- [52] HEINZ, Streble. Atlas de los microorganismos de agua dulce: La vida en una gota de agua. 26. Barcelona: Omega, 2006.
- [53] GONZALEZ V., CAICEDO O., AGUIRRE N. Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS BMWP, Antioquia., Colombia. En: Revista Gestión y Ambiente. Vol. 16. No.1 (Mayo) 2013.
- [54] RUIZ, A. Herramientas estadísticas para comparar dos muestras: t-test Madrid (mayo, 2009); Pág. 5.
- [55] TERRADEZ, Manuel. Análisis de Componentes Principales. {En línea}. {9 de Mayo de 2015}. Disponible en: http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes_principales.pdf
- [56] MARIN, J. Transformación de Variables. {En línea}. {9 de Mayo de 2015}. Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/EDescrip/tema4.pdf>
- [56] CIMCOOL. [En línea] [23 de Febrero de 2015] disponible en: <http://www.cimcool.ca/uploads/downloads/Porqueesimportanteeloxigenodisuelto.pdf>
- [57] LOPEZ, Sardi. Calidad del agua domiciliaria. Experiencia de aprendizaje en el transcurso de un proyecto de investigación: aplicación del método científico. En: Grupo de investigación de energía sustentable de la universidad de Palermo (s.f)
- [58] ROBERTSON, B. Requerimientos de pH para la vida acuática en aguas dulces: Efectos directos del pH sobre la vida acuática. s.v. California: 2004. 5p.
- [59] TORO, Carmen. Monitoreo de la Calidad del agua. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- [60] CAMACHO, Jairo. Consideraciones sobre la dinámica y características del recurso agua en las zonas de páramos. En: Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. (s.f)
- [61] DONATO, Charles. Fitoplancton y Aspectos Físicos y Químicos de la Laguna Chingaza en Cundinamarca, Colombia. En: Caldasia. Vol. 16, No 79 (1991); Pág. 489-500
- [62] GARCIA, F., GUERRERO F., GALLOTI A., PARRA G., CRUZ L., RUEDA F., AMORES V. El Plancton de las lagunas de la Sierra Nevada: Necesidad de estudios transdisciplinarios, España. En: Revista electrónica de Medio Ambiente. (Julio, 2007); Pág.4

- [63] SPAULDING, S., EDLUND. *Fragilaria* en Diatomeas de Estados Unidos. {En línea}. {9 de Mayo de 2015}. Disponible en: <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Fragilar>
- [64] MAIDANA M., SEELIGMANN C., MORALES M. El género *Navicula* sensu stricto (Bacillariophyceae) en humedales de altura de Jujuy, Argentina. En: sociedad argentina de Botánica. Vol 46., N° 1-2 (Jun, 2011); Pág 4.
- [65] LINARES E., OLOFSSON L., SANCHEZ P. Comunidades de diatomeas epipélicas en la lagunas de alta montaña de Sierra Nevada (Granada, España). En: Linmetica. Vol 26., N°1 (s.f.); Pág 99-113.
- [66] PINILLA, Gabriel. Ecología del fitoplancton: Anexo Taxonómico. s.n. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo lozano, 2005. Pág 252.

11. ANEXOS

ANEXO A. TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS PARA LOS GÉNEROS DE LA LAGUNA EL ARNICAL

xi	ni	N	f	Fi
Achnanthes(ochrophyta)	34	34	2.18649518	2.18649518
Amphora(ochrophyta)	8	42	0.51446945	2.70096463
Anabaena (cyanophyta)	28	70	1.80064309	4.50160772
Bambusina(charophyta)	27	97	1.73633441	6.23794212
Bumilleria (ochrophyta)	18	115	1.15755627	7.39549839
Closterium(charophyta)	20	135	1.28617363	8.68167203
Cosmariu (charophyta)	73	208	4.69453376	13.3762058
Cymatopleura(ochrophyta)	25	233	1.60771704	14.9839228
Cymbella (ochrophyta)	33	266	2.1221865	17.1061093
Desmidium(charophyta)	10	276	0.64308682	17.7491961
Eunotia (ochrophyta)	28	304	1.80064309	19.5498392
Fragilaria(ochrophyta)	102	406	6.55948553	26.1093248
Frustulia(bacillariophyta)	130	536	8.36012862	34.4694534
Lingbya(cyanophyta)	102	638	6.55948553	41.0289389
Melosira(ochrophyta)	19	657	1.22186495	42.2508039
Microspora(chlorophyta)	51	708	3.27974277	45.5305466
Mougeotia(charophyta)	85	793	5.46623794	50.9967846
Navicula(heterokontophyta)	96	889	6.17363344	57.170418
Ophiocytium(ochrophyta)	5	894	0.32154341	57.4919614
Oedogonium(chlorophyta)	31	925	1.99356913	59.4855305
Pediastrum(chlorophyta)	9	934	0.57877814	60.0643087
Pinnularia(ochrophyta)	204	1138	13.1189711	73.1832797
Pleurotaenium(charophyta)	60	1198	3.8585209	77.0418006
Staurostrum(charophyta)	19	1217	1.22186495	78.2636656
Stauroneis(ochrophyta)	18	1235	1.15755627	79.4212219
Stigonema(Cyanophyta)	153	1388	9.8392283	89.2604502
Tabellaria(ochrophyta)	56	1444	3.60128617	92.8617363

Ulothrix(chlorophyta)	99	1543	6.36655949	99.2282958
Vorticella(Ciliophora)	12	1555	0.77170418	100

ANEXO B. TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS PARA LOS GÉNEROS DE LA LAGUNA EL MEDIO

xi	ni	N	f	Fi
Anabaena	46	34	3.06462358	3.06462358
Bambusina	42	76	2.79813458	5.86275816
Bumilleria	16	92	1.06595603	6.92871419
Closterium	50	142	3.33111259	10.2598268
Cosmarium	53	195	3.53097935	13.7908061
Cymatopleura	44	239	2.93137908	16.7221852
Cymbella	17	256	1.13257828	17.8547635
Desmidium	8	264	0.53297801	18.3877415
Eunotia	11	275	0.73284477	19.1205863
Fragilaria	96	371	6.39573618	25.5163225
Frustulia	79	450	5.26315789	30.7794803
Lingbya	59	509	3.93071286	34.7101932
Melosira	19	528	1.26582278	35.976016
Microspora	19	547	1.26582278	37.2418388
Mougeotia	130	677	8.66089274	45.9027315
Navicula	118	795	7.86142572	53.7641572
Nitzschia	25	820	1.6655563	55.4297135
Oedogonium	31	851	2.06528981	57.4950033
Pinnularia	200	1051	13.3244504	70.8194537
Pleurotaenium	69	1120	4.59693538	75.4163891
Staurastrum	17	1137	1.13257828	76.5489674
Stauroneis	23	1160	1.53231179	78.0812791
Stigonema	141	1301	9.39373751	87.4750167
Tabellaria	73	1374	4.86342438	92.338441
Ulothrix	127	1501	8.46102598	100

ANEXO C. TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS PARA LOS GÉNEROS DE LA LAGUNA CHINGAZA

xi	ni	N	f	Fi
----	----	---	---	----

<i>Anabaena</i>	35	34	2.34741784	2.34741784
<i>Bambusina</i>	25	59	1.67672703	4.024144869
<i>Bumilleria</i>	25	84	1.67672703	5.700871898
<i>Closterium</i>	60	144	4.02414487	9.725016767
<i>Cosmarium</i>	115	259	7.71294433	17.4379611
<i>Cymatopleura</i>	18	277	1.20724346	18.64520456
<i>Cymbella</i>	15	292	1.00603622	19.65124078
<i>Desmidium</i>	27	319	1.81086519	21.46210597
<i>Eunotia</i>	30	349	2.01207243	23.4741784
<i>Fragilaria</i>	134	483	8.98725687	32.46143528
<i>Frustulia</i>	74	557	4.96311201	37.42454728
<i>Lingbya</i>	48	605	3.2193159	40.64386318
<i>Melosira</i>	18	623	1.20724346	41.85110664
<i>Microspora</i>	42	665	2.81690141	44.66800805
<i>Mougeotia</i>	121	786	8.11535882	52.78336687
<i>Navicula</i>	40	826	2.68276325	55.46613011
<i>Oedogonium</i>	22	848	1.47551979	56.9416499
<i>Pediastrum</i>	5	853	0.33534541	57.27699531
<i>Pinnularia</i>	195	1048	13.0784708	70.35546613
<i>Pleurotaenium</i>	58	1106	3.89000671	74.24547284
<i>Staurastrum</i>	34	1140	2.28034876	76.5258216
<i>Stigonema</i>	141	1281	9.45674044	85.98256204
<i>Surirella</i>	8	1289	0.53655265	86.51911469
<i>Tabellaria</i>	83	1372	5.56673374	92.08584842
<i>Ulothrix</i>	119	1491	7.98122066	100

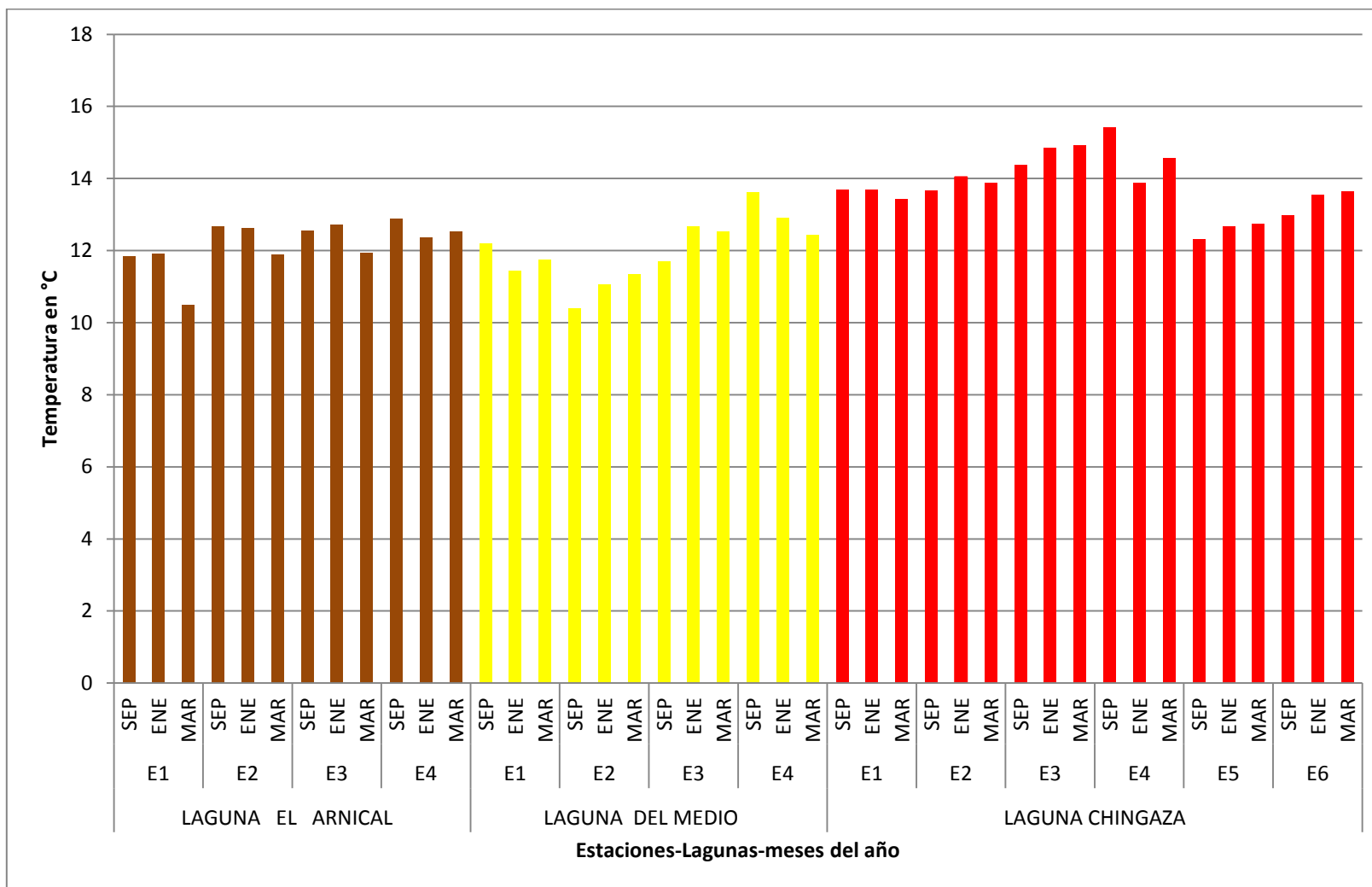
ANEXO D. CUADRO PRESENCIA-AUSENCIA DE LOS MICROORGANISMOS FITOPLANCTÓNICOS ENCONTRADOS

LAGUNA	LAGUNA EL ARNICAL												LAGUNA DEL MEDIO												LAGUNA CHINGAZA																				
	SEP				ENE				MAR				SEP				ENE				MAR				SEP						ENE						MAR								
ESTACION DE MUESTREO																																													
	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6							
<i>Achnanthes</i>	0	17	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Amphora</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Anabaena</i>	0	0	0	0	11	6	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	15	9	11	0	0	0	0	0	0	0	0	14	6	10	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Bambusina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	12	6	9	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	10	0	0	0	0			
<i>Bumilleria</i>	0	0	0	0	8	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Closterium</i>	0	0	0	0	14	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	12	15	0	23	0	0	0	0	0	0	0	21	15	11	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Cosmarium</i>	6	11	15	0	5	11	0	10	6	5	4	0	4	5	8	0	8	11	0	7	4	0	6	0	0	11	0	17	7	11	0	15	0	17	4	20	0	6	0	0	7	0	0		
<i>Cymatopleura</i>	0	0	0	0	0	9	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	10	6	9	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Cymbella</i>	0	11	0	0	0	0	0	0	0	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	0	0	0	0	0	0			
<i>Desmidium</i>	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eunotia</i>	0	0	0	0	7	10	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8	10	0	5	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Fragilaria</i>	9	9	11	0	15	8	14	0	17	8	0	11	6	12	0	13	11	12	0	15	15	0	12	20	8	8	0	11	0	12	10	11	11	0	3	0	17	12	7	4	0	0	0	0	
<i>Frustulia</i>	23	8	0	0	8	11	0	29	16	8	15	12	4	0	11	6	8	0	13	10	9	0	12	6	0	0	0	0	0	11	0	7	0	9	0	9	12	11	15	0	0	0	0		
<i>Lingbya</i>	19	4	0	8	19	6	0	10	21	0	15	0	4	0	8	0	11	17	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	10	9	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Melosira</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	8	0	0	0	0		
<i>Microspora</i>	19	0	9	0	0	0	0	0	14	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	8	0	5	0	3	0	9	0	0	0	0	0	0	10	0	6	0	9	0	0		
<i>Mougeotia</i>	10	5	7	0	14	0	8	8	14	11	0	8	21	7	0	8	19	15	6	11	19	0	12	12	0	6	11	12	0	3	20	10	13	0	0	0	23	14	9	0	0	0	0		
<i>Navicula</i>	25	17	0	0	1	6	11	0	18	8	0	10	8	26	0	0	15	14	0	10	8	26	0	11	0	0	0	0	0	0	0	11	8	0	6	0	6	0	9	0	0	0	0		
<i>Nitzschia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Ophiocytium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Oedogonium</i>	0	0	0	0	9	8	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	6	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pediastrum</i>	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pinnularia</i>	32	7	14	19	18	24	0	18	28	17	15	12	11	23	19	17	18	23	19	17	19	11	14	9	21	11	17	12	3	11	14	21	12	11	0	12	6	10	15	11	0	8	0	0	
<i>Pleurotaenium</i>	10	5	0	11	17	6	0	6	0	0	0	5	8	0	7	5	17	11	9	4	8	0	0	0	0	4	8	5	0	0	14	7	9	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Staurostrum</i>	0	0	0	0	6	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Stauroneis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	6	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	10	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stigonema</i>	11	15	9	19	10	17	11	11	11	14	12	13	17	8	0	15	11	0	28	17	0	11	15	19	0	10	6	11	17	0	17	23	8	0	0	0	21	11	17	0	0	0	0	0	
<i>Surirella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tabellaria</i>	6	3	5	0	8	11	0	6	8	9	0	0	11	0	0	0	8	14	9	5	11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	10	28	11	0	6	0	12	6	0	0	5	0	0	0	
<i>Ulothrix</i>	14	15	0	0	9	15	11	6	14	15	0	0	21	12	0	0	26	26	0	9	21	12	0	0	0	9	15	10	0	8	0	12	15	0	8	0	0	9	15	10	0	8	0	0	0
<i>Vorticella</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

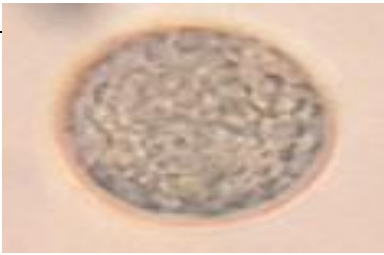
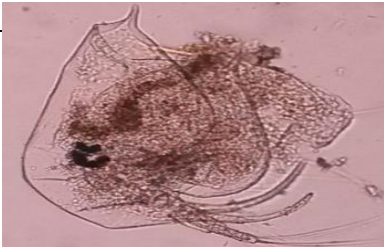
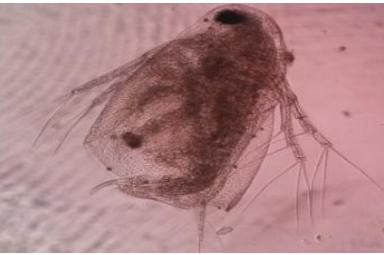
ANEXO E. CUADRO PRESENCIA-AUSENCIA DE LOS MICROORGANISMOS ZOOPLANCTÓNICOS ENCONTRADOS

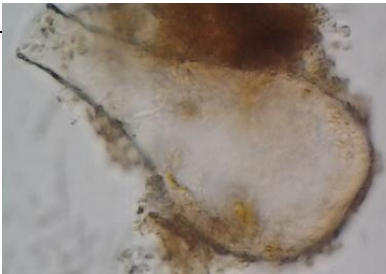
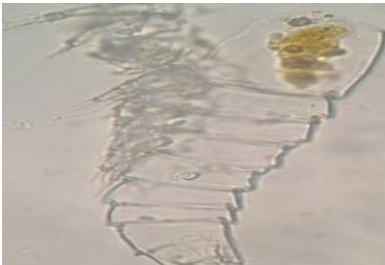
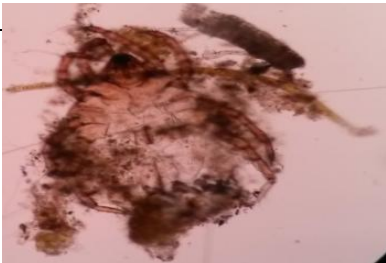
LAGUNA	LAGUNA EL ARNICAL												LAGUNA DEL MEDIO												LAGUNA CHINGAZA																			
	SEP				ENE				MAR				SEP				ENE				MAR				SEP						ENE						MAR							
GENERO VS ESTACION DE MUESTREO	E 1	E 2	E 3	E 4	E 1	E 2	E 3	E 4	E 1	E 2	E 3	E 4	E 1	E 2	E 3	E 4	E 1	E 2	E 3	E 4	E 1	E 2	E 3	E 4	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6		
Arcella	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosmina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	4	0	0	0
Bryospilus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Daphnia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	
Diaphanosoma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diffugia	0	3	0	0	4	4	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eucyclops	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrozetes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptodiptomus	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	3	2	2	2	2	0	0	0	0	0	3	2	1	3	2	0	0
Limnocalanus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
Quadrullella symmetrica	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2	5	2	0	4	6	6	0	2	4	4	0	0	2	1	0	4	6	6	0	0	3	2	0	4	8	2	2	5	2	3	4	2	1	2	3	4	8	2	1	7	2	0	0

ANEXO F. GRÁFICO DE TEMPERATURA MEDIDA PARA CADA LAGUNA



ANEXO G. TAXONOMÍA DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA DE LAS TRES LAGUNAS

GENERO	IMAGEN	TAXONOMIA
<i>Arcella</i>		Reino: Amoebozoa Clase: Tubulinea Orden: Arcellinida Familia: Arcellidae Género: Arcella
Bosmina		Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Branquiopoda Orden: Cladocera Familia: Bosminidae Género: Bosmina
Bryospilus		Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Branquiopoda Orden: Diplostraca Familia: Chydoridae Género: Bryospilus
Daphnia		Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Branchiopoda Orden: Cladocera Familia: Daphniidae Género: Daphnia
<i>Diaphanosoma</i>		Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Branquiopoda Orden: Cladocera Familia: Sididae Género: Diaphanosoma

Diffugia		Reino: Protista Filo: Amoebozoa Clase: Tubulinea Orden: Arcellinida Familia: Diffugiidae Género: Diffugia
Eucyclops		Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Maxillopoda Orden: Cyclopoida Familia: Cyclopidae Género: Eucyclops
Hidrozetes		Reino: animalia Clase: Arachnida Familia: Hidrozetidae Género: Hidrozetes
Leptodiaptomus		Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Maxillopoda Orden: Calanodia Familia: Diatomidae Género: Leptodiaptomus

Limnocalanus		Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Maxillopoda Orden: Calanoida Familia: Centropagidae Género: Limnocalanus
Quadrullella		Reino: Protozoa Filo: Amoebozoa Clase: Tubulinea Orden: Arcellinida Familia: Lesquereusiidae Género: Quadrullella

ANEXO H TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE HIPÓTESIS T STUDENT PARA LA LAGUNA ARNICAL

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Estación 1		6.99	7.74	3.39
Estación 2			3.45	5.94
Estación 3				-0.83
Estación 4				

ANEXO I TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE HIPÓTESIS T STUDENT PARA LA LAGUNA EL MEDIO

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Estación 1		0.8	2.43	1.04
Estación 2			1.46	0.34
Estación 3				-0.78
Estación 4				

ANEXO J TABLA DE RESULTADOS PRUEBA DE HIPÓTESIS T STUDENT PARA LA LAGUNA CHINGAZA

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6
Estación 1		-0.78	-0.55	-0.21	3.15	-1.53
Estación 2			0.04	0.73	2.84	1.87
Estación 3				0.45	2.08	1.42
Estación 4					18.27	1.11
Estación 5						-1.12
Estación 6						

ANEXO K ÍNDICE DE ABUNDANCIA SHANNON – WIENER PARA LAS LAGUNAS ARNICAL, EL MEDIO Y CHINGAZA.

Muestreo.		Valor índice	Interpretación
Arnical	M1	2,685	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia, muestra el menor valor de abundancia debido a que en este muestreo se encontraron la menor cantidad de individuos en la laguna Arnical.
	M2	2,829	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia, tiene el valor más alto de abundancia de los 3 muestreos realizados en la laguna Arnical, en este muestreo se encontró la mayor cantidad de individuos y la segunda en géneros en el Arnical lo que explica que sea el que presenta una valor mayor de abundancia.
	M3	2,806	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia, este punto muestra la mayor cantidad de géneros en el Arnical y el segundo en cantidad de individuos por tanto muestra el segundo valor de abundancia de los 3 muestreos en el Arnical.
El Medio	M1	2,389	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia, de los 3 muestreos realizados en la laguna del Medio fue en el que se encontró menor cantidad de especies y géneros y fue el segundo en todas las lagunas con menor cantidad de especies, por tanto registra el menor valor de abundancia en la laguna del Medio en cualquiera de los 3 muestreos.
	M2	2,852	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia, en este muestreo se encontró la mayor cantidad de individuos registrados en cualquier muestreo en todas las lagunas y el segundo valor más alto de géneros. Por tanto registra el valor más alta de abundancia en el Medio y el segundo más alto en todos los cuerpos de agua muestreados.
	M3	2,664	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia, tiene el segundo valor más grande de abundancia en los muestreos realizados en la Laguna del Medio y presenta el segundo valor en cuanto a géneros e individuos en los muestreos realizados en el medio.

Chingaza	M1	2,123	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia en este punto se encuentra el valor menor de abundancia en la laguna de Chingaza y en todos los muestreos en las 3 lagunas, debido a que en él fue donde se encontraron menor cantidad de géneros.
	M2	2,878	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia, este punto registra la mayor cantidad de individuos registrados en todas las lagunas en cualquier muestreo, por tanto presenta el valor más alto del índice de Shannon- Wiener.
	M3	2,52	Este muestreo presenta un valor medio de abundancia, en este muestreo se encontró la segunda cantidad de número de géneros e individuos por tanto presenta el segundo valor de abundancia en Chingaza encontrada en los 3 muestreos.

ANEXO L. ÍNDICE DE ABUNDANCIA SIMPSON PARA LAS LAGUNAS ARNICAL, EL MEDIO Y CHINGAZA.

Muestreo.		Valor índice	Interpretación
Arnical	M1	0,92	En esta laguna en los 3 muestreos se encontró valores altos del índice de Simpson el cual nos dice que tenemos gran posibilidad de encontrar 2 individuos del mismo género, esta probabilidad está por encima del 92%, este número es tan alto ya que en este índice tiene gran peso los géneros con más individuos los cuales corresponden a más de la mitad de los individuos totales.
	M2	0,9372	
	M3	0,9294	
El Medio	M1	0,8949	Esta laguna al igual que la laguna Arnical presenta una gran probabilidad de encontrar 2 individuos similares en una muestra al azar, debido a que los géneros con más individuos también representan un porcentaje mayor al 50 % de los individuos totales.
	M2	0,9378	
	M3	0,924	
Chingaza	M1	0,8656	La laguna Chingaza es la que presenta el valor más bajo en cualquiera de los muestreos en las 3 lagunas. Pero debido a que en las 3 lagunas se encuentran géneros tan dominantes el valor del índice es alto; la razón que en este muestreo el valor sea el menor también está ligado a que en este muestreo (M1) se encontró la menor cantidad de individuos registrado en cualquier muestreo.
	M2	0,9395	
	M3	0,9121	

ANEXO M ÍNDICE DE JACCARD PARA LAS TRES LAGUNAS

Índice Jaccard laguna el Arnical			
Muestreo	Puntos relacionados	Valor índice	Interpretación.
M1	E1-E2	0,58	Entre los puntos de muestreo E1-E2 se encontró que más de la mitad de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 19 géneros registrados tienen en común 11.
	E1-E3	0,50	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró que la mitad de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 14 géneros registrados tienen en común 7.
	E1-E4	0,33	Entre los puntos de muestreo E1-E4 se encontró que la tercera parte de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. Ya que de 15 géneros registrados tienen en común 5.
	E2-E3	0,35	Entre los puntos de muestreo E2-E3 se encontró que casi la tercera parte de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. Debido a que de los 8 géneros presentes en E3 5 se encuentran en E2.
	E2-E4	0,29	Entre los puntos de muestreo E2-E4 se encontró que casi la tercera parte de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. Debido a que comparten 5 géneros iguales de los 17 encontradas en total.
	E3-E4	0,18	Entre los puntos de muestreo E3-E4 se encontró una baja similitud de individuos ya que muy pocos de los individuos registrados en son compartidos entre ambos puntos.
	E1-E2	0,67	Entre los puntos de muestreo E1-E2 se encontró que más de la mitad de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 18 géneros registrados tienen en común 12.
	E1-E3	0,41	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró que un 40 % de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 17 géneros registrados tienen en común 7.
	E1-E4	0,71	Entre los puntos de muestreo E1-E4 se encontró que el 70 % de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. Ya que de 17 géneros registrados tienen en común 12.
	E2-E3	0,29	Entre los puntos de muestreo E2-E3 se encontró que casi la tercera parte de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también

M2			en el otro. Debido a que de los 8 géneros presentes en E3 5 se encuentran en E2.
	E2-E4	0,59	Entre los puntos de muestreo E2-E4 se encontró que más de la mitad parte de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. En los puntos en total se encontraron 17 géneros y comparten 10 en común.
	E3-E4	0,17	Entre los puntos de muestreo E3-E4 se encontró una baja similitud de individuos ya que muy pocos de los individuos registrados en son compartidos entre ambos puntos.
M3	E1-E2	0,61	Entre los puntos de muestreo E1-E2 se encontró que más de la mitad de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 18 géneros registrados tienen en común 11.
	E1-E3	0,56	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró más de la mitad de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 16 géneros registrados tienen en común 9.
	E1-E4	0,33	Entre los puntos de muestreo E1-E4 se encontró tercera parte de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. Ya que de 18 géneros registrados tienen en común 6.
	E2-E3	0,41	Entre los puntos de muestreo E2-E3 se encontró que el 40 % de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. Debido a que de los 10 géneros presentes en E3 7 se encuentran en E2.
	E2-E4	0,35	Entre los puntos de muestreo E2-E4 se encontró que alrededor de la tercera parte de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. En los puntos en total se encontraron 17 géneros y comparten 6 en común.
	E3-E4	0,19	Entre los puntos de muestreo E3-E4 se encontró una baja similitud de individuos ya que muy pocos de los individuos registrados en son compartidos entre ambos puntos.

Índice Jaccard laguna el Medio.			
Muestreo	Puntos relacionados	Valor índice	Interpretación.
	E1-E2	0,54	Entre los puntos de muestreo E1-E2 se encontró que más de la mitad de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 13 géneros registrados tienen en común 7.
	E1-E3	0,50	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró que la mitad de los individuos de los géneros registrados en total

M1			en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 12 géneros registrados tienen en común 6.
	E1-E4	0,50	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró que la mitad de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 12 géneros registrados tienen en común 6.
	E2-E3	0,17	Entre los puntos de muestreo E2-E3 se encontró una muy baja relación entre los individuos que podemos encontrar entre ellas, de más de 10 géneros de individuos tan solo 2 se pueden encontrar en ambas lagunas.
	E2-E4	0,40	Entre los puntos de muestreo E2-E4 se encontró el 40 % de los géneros registrados en la laguna E2 están también en el punto E4.
	E3-E4	0,33	Entre los puntos de muestreo E3-E4 se encontró que la tercera parte de los géneros de individuos totales entre estos 2 puntos, pueden pertenecer a ambos puntos.
M2	E1-E2	0,74	Entre los puntos de muestreo E1-E2 se encontró que $\frac{3}{4}$ partes de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 19 géneros registrados tienen en común 14.
	E1-E3	0,47	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró que aproximadamente la mitad de los individuos de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 19 géneros registrados tienen en común 9.
	E1-E4	0,84	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró más del 80% de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 19 géneros registrados tienen en común 16.
	E2-E3	0,28	Entre los puntos de muestreo E2-E3 se encontró una muy baja relación entre los individuos que podemos encontrar entre ellas, de más de 15 géneros de individuos tan solo 5 se pueden encontrar en ambas lagunas.
	E2-E4	0,58	Entre los puntos de muestreo E2-E4 se encontró que el 58 % de los géneros registrados en la laguna E2 están también en el punto E4.
	E3-E4	0,56	Entre los puntos de muestreo E3-E4 se encontró que el 56% de los géneros de individuos totales entre estos 2 puntos, pueden pertenecer a ambos puntos.
	E1-E2	0,29	Entre los puntos de muestreo E1-E2 se encontró que la tercera parte de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 17 géneros registrados tienen en común 5.
	E1-E3	0,35	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró que aproximadamente $\frac{1}{3}$ de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 17 géneros registrados tienen en común 6.

M3	E1-E4	0,47	Entre los puntos de muestreo E1-E3 se encontró que cerca del 50 % de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Ya que de 17 géneros registrados tienen en común 8.
	E2-E3	0,25	Entre los puntos de muestreo E2-E3 se encontró que una cuarta parte de los géneros registrados en ambos puntos se puede encontrar en cada punto, por tanto por cada 4 géneros se espera que por lo menos uno se encuentre en ambos puntos
	E2-E4	0,42	Entre los puntos de muestreo E2-E4 se encontró que el 42 % de los géneros registrados en la laguna E2 están también en el punto E4.
	E3-E4	0,38	Entre los puntos de muestreo E3-E4 se encontró que el 38% de los géneros de individuos totales entre estos 2 puntos, pueden pertenecer a ambos puntos.

Índice de Jaccard para la laguna Chingaza.			
Muestreo	Punto relacionados	Valor índice	Interpretación
M1	E1-E2	0,22	Entre los puntos de muestreo E1-E2; E1-E3; E1-E4 se encontró que menos de la tercera parte de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentran también en el otro. Por tanto la relación y el intercepto entre estos es de pocos géneros.
	E1-E3	0,29	
	E1-E4	0,22	
	E1-E5	0,40	Entre los puntos de muestreo E1-E5 se encontró que el 40 % de los géneros registrados en total entre estos dos puntos pueden ser registrados tanto en E1-E5.
	E1-E6	0,14	Entre estos puntos de muestreo E1-E6 se determinó que los puntos 1 y 6 en la laguna Chingaza tienen muy poca relación en cuanto a los géneros que podemos encontrar en estos lugares.
	E2-E3	0,75	Entre los puntos de muestreo E2-E3 se encontró que la 3/4 partes de los géneros de individuos totales entre estos 2 puntos, pueden pertenecer a ambos puntos. Esto quiere decir que por cada 10 géneros registrados se esperaría que más de 7 se encuentren en ambos lugares.
	E2-E4	0,78	Entre los puntos de muestreo E2-E4 se encontró que la 3/4 partes de los géneros de individuos totales entre estos 2 puntos, pueden pertenecer a ambos puntos. Esto quiere decir que por cada 10 géneros registrados se esperaría que más de 7 se encuentren en ambos lugares.
		0,50	Entre estos dos puntos se determinó que la mitad de

	E2-E5		los géneros totales se puede encontrar en ambas lagunas al mismo tiempo.
	E2-E6	0,44	Entre los puntos de muestreo E2 –E6 se encontró que el 44 % de los géneros registrados en total entre estos dos puntos pueden ser registrados tanto en E2- E6.
	E3-E4	0,56	Entre los puntos de muestreo E3-E4 se encontró que más de la mitad de los géneros registrados en total entre estos dos puntos pueden ser registrados tanto en E3- E4. Por tanto se puede determinar que estos puntos presentan algunas cualidades similares, las cuales pueden ser tanto la disponibilidad de alimento o la competencia con otras.
	E3-E5	0,43	Entre los puntos de muestreo E2 –E6 se encontró que el 43 % de los géneros registrados en total entre estos dos puntos pueden ser registrados tanto en E2- E6.
	E3-E6	0,22	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 22 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos.
	E4-E5	0,33	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 33 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos
	E4-E6	0,29	Se encontró que la tercera parte de los géneros registrados en total en los 2 puntos se encuentra también en el otro. Por tanto el 70 % del resto de individuos pertenecen exclusivamente a algún punto pero no a los 2 al tiempo.
	E5-E6	0,22	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 22 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos.
M2	E1-E2	0,16	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E1-E3	0,42	Entre los puntos de muestreo E1 –E3 se encontró que el 42 % de los géneros registrados en total entre estos dos puntos pueden ser registrados tanto en E1- E3.
	E1-E4	0,22	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 22 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos
	E1-E5	0,14	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies
	E1-E6	0,17	

			encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E2-E3	0,61	En estos puntos E2-E3, se encontró un valor medio para el índice de Jaccard, el cual muestra que aproximadamente los puntos comparten la mitad de géneros en común entre ellos.
	E2-E4	0,85	En estos puntos el índice de Jaccard muestra un valor alto, el cual quiere decir que los géneros registrados en ambos puntos son muy similares y tan solo tienen en 15 % de diferencia entre géneros.
	E2-E5	0,20	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 20 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos
	E2-E6	0,53	En estos punto E2-E6; E3-E4, se encontró un valor medio para el índice de Jaccard, el cual muestra que aproximadamente los puntos comparten la mitad de géneros en común entre ellos.
	E3-E4	0,61	
	E3-E5	0,28	En estos puntos el índice de Jaccard muestra un valor es bajo , el cual quiere decir que los géneros registrados en ambos puntos son en gran medida diferentes y muestran un 72 % de diferencia entre géneros presentes en estos.
	E3-E6	0,56	En estos puntos E3-E6, se encontró un valor medio para el índice de Jaccard, el cual muestra que aproximadamente los puntos comparten la mitad de géneros en común entre ellos.
	E4-E5	0,13	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E4-E6	0,21	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 21 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos
	E5-E6	0,16	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E1-E2	0,14	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.

M3	E1-E3	0,18	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E1-E4	0,27	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 27 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos
	E1-E5	0,00	Entre estos dos puntos no hay géneros de individuos en común, por tanto no es posible encontrar 2 individuos iguales entre estos puntos para este muestreo.
	E1-E6	0,14	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E2-E3	0,75	En estos puntos el índice de Jaccard muestra un valor alto, el cual quiere decir que los géneros registrados en ambos puntos son muy similares y tan solo tienen en 25 % de diferencia entre géneros.
	E2-E4	0,69	Estos puntos muestran una relación media alta entre ellos, esto quiere decir que la mayoría de géneros en un punto debe encontrarse también en el otro y esto corresponde a la mayoría de los géneros hallados en total.
	E2-E5	0,17	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E2-E6	0,33	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 33 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos, por tanto se encuentran un gran número de géneros que son excluyentes, esto hace referencia a que si se encuentra un género en un punto en el otro punto no.
	E3-E4	0,58	En estos puntos E3-E4, se encontró un valor medio para el índice de Jaccard, el cual muestra que aproximadamente los puntos comparten la mitad de géneros en común entre ellos.
	E3-E5	0,10	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de

			géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E3-E6	0,23	El índice de Jaccard para estos puntos relacionados nos muestra una baja relación entre los géneros comunes entre ambos, solo el 23 % de los géneros totales entre ambos se encuentran en ambos puntos
	E4-E5	0,09	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.
	E4-E6	0,00	Entre estos dos puntos no hay géneros de individuos en común, por tanto no es posible encontrar 2 individuos iguales entre estos puntos para este muestreo.
	E5-E6	0,14	Para estos puntos de muestreo se determinó que la relación entre los géneros de las especies encontradas es muy baja por tanto del total de géneros hallados solo un número bajo de estos pertenecerán tanto a un punto como al otro.