

**IDENTIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CLOROFILA A
EN DIFERENTES PROFUNDIDADES DEL HUMEDAL TROPICAL
EUTROFICADO, MIRAMAR DE LA CIUDAD DE
BARRANCABERMEJA**

LYDA MILENA DURÁN SÁNCHEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2010

**IDENTIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CLOROFILA A
EN DIFERENTES PROFUNDIDADES DEL HUMEDAL TROPICAL
EUTROFICADO, MIRAMAR DE LA CIUDAD DE
BARRANCABERMEJA**

LYDA MILENA DURÁN SÁNCHEZ

**Trabajo de investigación, presentado como requisito para optar el título
de
Esp. En Química Ambiental**

**Director:
M.Sc Fernando Villamizar**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2010

AGRADECIMIENTOS

A mi Director de Proyecto Químico M.Sc Fernando Villamizar por haberme guiado y dirigido durante el tiempo de desarrollo de esta investigación.

Al Químico Gerardo Arias por su apoyo y colaboración en los procedimientos realizados en el laboratorio.

A la Armada Nacional por su colaboración con el transporte en los monitoreos realizados en el Humedal

A mi esposo Henry Ochoa por su apoyo e incondicionalidad durante la especialización.

DEDICATORIA

A Dios, por regalarme la oportunidad de realizar mis sueños, regalándome tantas bendiciones y una familia maravillosa.

A mi esposo Henry quien me ha apoyado y colaborado tanto emocional como económicamente para alcanzar mis triunfos.

A mis papitos Lubin Durán y Hélida Sánchez quienes me han brindado todo su cariño, amor, confianza y compañía, y a mis hermanos Mónica, Laura y Alejandro por ser tan especiales en mi vida.

A mi Nonita Ofelia Sánchez por sus oraciones y cariño.

A mi amiga y compañera Nancy Magaly Arciniegas por haber compartido alegrías y tristezas.

LYDA MILENA DURÁN SÁNCHEZ

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	16
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVOS GENERALES	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 HUMEDALES	18
2.1.1 LOS HUMEDALES COMO ECOSISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN	19
2.2 CLOROFILA	20
2.3 EUTROFICACION	21
3. METODOLOGÍA	26
3.1 UBICACIÓN	26
3.1.1 Selección preliminar de estaciones de muestreo	26
3.2 MATERIALES	27
3.2.1 MATERIALES DE CAMPO.	27
3.2.2 MATERIALES DE LABORATORIO	28
3.3 MÉTODO	29
3.3.1 MONITOREO DE CONDICIONES IN SITU.	29
3.3.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.	29
3.4 DETERMINACIÓN DE LA CLOROFILA	30
3.4.1 PROCEDIMIENTO	30
3.4.2 EXTRACCIÓN	30
3.4.3 Medida	30
3.4.4 Expresión de resultados	30
3.5 MÉTODO ESTADÍSTICO	31
4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	33
4.1 COMPORTAMIENTO POR PUNTO DE MONITOREO DE LA CLOROFILA “A”	34
4.2 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE CLOROFILA “A” Y LOS PARÁMETROS FISICOQUIMICOS.	39

5. CONCLUSIONES	41
6. RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	45

LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1 Humedal Miramar, Caños las Camelias y las Lavanderas.....	25
Figure 2 Estaciones escogidas para realizar los muestreos	27
Figura 3 Clorofila A superficial en los cinco puntos de muestreo	33
Figure 4 Clorofila A promedios en los cinco puntos de muestreo a las diferentes profundidades	34
Figure 5 Punto de Muestreo 1. Clorofila A.....	35
Figure 6 Punto de Muestreo 2. Clorofila A.....	36
Figure 7 Punto de Muestreo 3. Clorofila A.....	37
Figure 8 Punto de Muestreo 4. Clorofila A.....	38
Figure 9 Punto de Muestreo 5. Clorofila A.....	38
Figure 10 Clorofila A en diferentes profundidades en los cinco puntos de muestreo	39
Figure 11 Correlación entre la Clorofila a y la profundidad a la fueron tomadas las muestras..	40

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Valor de referencia para evaluar la eutroficación, según Roldan.....	23
Tabla 2 Valor de referencia para evaluar la eutroficación, según Toledo	23
Table 3 Resumen metodológico del análisis estadístico	32
Tabla 4 Pares de correlaciones entre variables independientes.	40
Table 5 Datos de Clorofila A en los puntos de muestreo y monitoreos realizados.	45
Table 6 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 1, en Julio	46
Table 7 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 2, en Julio	46
Table 8 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 3, en Julio	47
Table 9 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 4, en Julio	47
Table 10 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 5, en Julio	47
Table 11 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 1, en Agosto	48
Table 12 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 2, en Agosto	48
Table 13 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 3, en Agosto	48
Table 14 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 4, en Agosto	48
Table 15 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 5, en Agosto	49
Table 16 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 1, en Octubre.....	50
Table 17 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 2, en Octubre.....	50
Table 18 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 3, en Octubre.....	50

Table 19 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 4, en Octubre.....	50
Table 20 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 5, en Octubre.....	51
Table 21 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 1, en Marzo	52
Table 22 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 2, en Marzo	52
Table 23 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 3, en Marzo	52
Table 24 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 4, en Marzo	52
Table 25 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 5, en Marzo	53

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Fotografía 1 Botella de Van Dorn_____	28
Fotografía 2 a) Espectrofotómetro de banda estrecha (0.5nm a 2.0nm) b)	
Membrana filtrante 0.45 μm de celulosa _____	29

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. TABLA DE DATOS CLOROFILA A	45
ANEXO B. TABLAS DE DATOS DE PH, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA DEL MONITOREO DE JULIO 2009	46
ANEXO C. TABLAS DE DATOS DE PH, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA DEL MONITOREO DE AGOSTO 2009	48
ANEXO D. TABLAS DE DATOS DE PH, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA DEL MONITOREO DE OCTUBRE 2009	50
ANEXO E. TABLAS DE DATOS DE PH, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA DEL MONITOREO DE MARZO 2010	52

RESUMEN

TITULO: IDENTIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CLOROFILA A EN DIFERENTES PROFUNDIDADES DEL HUMEDAL TROPICAL EUTROFICADO, MIRAMAR DE LA CIUDAD DE BARRANCABERMEJA*.

AUTORA:
DURÁN SÁNCHEZ, Lyda Milena**

PALABRAS CLAVES: Clorofila A, Humedal, temperatura, pH .

DESCRIPCION:

El Humedal Miramar situado en Barrancabermeja tiene un área de 85 Ha y una profundidad promedio de 4.5 m según batimetría realizada por Ecopetrol en 1994. Este humedal es un sistema léntico alimentado por las quebradas Las Camelias y las Lavanderas, las cuales inicialmente eran cuerpos de agua natural que también servían de colector de aguas lluvias, pero a causa de la expansión y los asentamientos urbanos fue perdiendo su condición hasta convertirse en un canal colector de agua residual y residuos sólidos que son dispuestos de manera incontrolada. La clorofila es un pigmento fotosintético del fitoplancton, la cual es comúnmente considerada como un índice de productividad biológica en un ambiente acuático [7].

Con el fin de identificar el comportamiento de la Clorofila A en diferentes profundidades y correlacionarla con la temperatura, pH y profundidad se escogieron cinco puntos de muestreo significativos con base en estudios realizados anteriormente. La Clorofila A se filtró con una membrana Millipore tipo HA de poros de 0.45 μ m, 47 mm de diámetro y se midió en un espectrofotómetro.

Mediante el análisis de resultados, al comparar la Clorofila A superficial entre los puntos de muestreo se observó que no existe una variación espacial entre ellos, es decir estadísticamente la cantidad de Clorofila A es igual a lo largo del espejo de agua del Humedal. Además la profundidad fue la variable que mejor explicó la cantidad de Clorofila A en el humedal, conservando una relación significativa y negativa; es decir que al incrementar la profundidad disminuye la cantidad de Clorofila A.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Especialización en Química Ambiental. Director. Qco M.S.C. VILLAMIZAR, Fernando.

ABSTRACT

TITLE

IDENTIFICATION OF THE BEHAVIOR OF CHLOROPHYLL A IN DIFFERENT DEPTHS OF EUTROPHIC TROPICAL WETLANDS, MIRAMAR, BARRANCABERMEJA CITY*.

AUTHOR

DURAN SANCHEZ, Lyda Milena^{**}

KEYWORDS

Chlorophyll A, Wetland, temperature, pH.

DESCRIPTION

The Miramar Wetland located in Barrancabermeja has an area of 85 ha and an average depth of 4.5 m according to bathymetry by Ecopetrol in 1994. This is a lentic wetland fed by streams *Las Camelias* and *Las Lavanderas*, which were originally natural water bodies which also served as collector of rain water; but, because of the expansion and urban settlements was losing its status to become collector channel wastewater and solid wastes that are disposed in an uncontrolled manner. Chlorophyll is a photosynthetic pigment in phytoplankton, which is commonly regarded as an index of biological productivity in an aquatic environment [7].

Five significant samplings were selected in order to identify the behavior of chlorophyll A at different depths and to correlate with temperature, pH, and depth based on previous studies. Chlorophyll A is filtered through a membrane pore Millipore type HA 0.45 Pm, 47 mm in diameter and it is measured in a spectrophotometer.

By analyzing the results, comparing the surface chlorophyll between sampling points, it was noted that there is no spatial variation between them; that is, statistically the amount of Chlorophyll A is equal to the wetlands whole water mirror. In addition, the depth was the variable that best explained the amount of Chlorophyll A in the wetlands, preserving a significant and negative relationship; in other words, by increasing the depth decreases the amount of chlorophyll A.

* Project of grade

** Faculty of Science. Chemistry School. Environmental Chemistry Specialization Director
Chemical M.S.C. VILLAMIZAR Fernando.

INTRODUCCION

Barrancabermeja es una ciudad ubicada en el departamento de Santander, donde se destacan cuerpos de agua importantes como el río Magdalena, fuente pesquera para los habitantes, el humedal San Silvestre, reserva natural de donde se toma el agua potable para la abastecer a los habitantes de la ciudad, y el humedal la Miramar, ubicado en la zona urbana alrededor del complejo industrial ECOPETROL, refinería más grande de Colombia.

Debido a la ubicación que tiene el humedal la Miramar, éste cuenta con varias fuentes de contaminación como lo son los vertederos de aguas residuales de los barrios Pueblo Nuevo y el Comercio; el afluente del caño las Camelias que arrasa con grandes cantidades de basura en época de lluvia y desechos petroquímicos provenientes de la refinería. Esto ha hecho que este humedal se haya eutroficado disminuyendo el oxígeno en las aguas profundas y presentándose un gran afloramiento de plantas superiores en la superficie.

Para ayudar en la preservación de los recursos naturales en especial del Humedal tropical eutroficado, Miramar, he querido realizar la siguiente investigación para comparar el comportamiento de la clorofila A en los diferentes puntos de muestreo y a diferentes profundidades y, de esta manera, correlacionarla con parámetros como la temperatura, pH, conductividad y profundidad.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVOS GENERALES

- Identificar el comportamiento de la Clorofila A en diferentes profundidades del humedal tropical eutroficado, Miramar de la ciudad de Barrancabermeja

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar monitoreo de Clorofila A en cinco puntos de muestreo del humedal en cuatro profundidades diferentes, durante seis meses.
- Comparar el comportamiento de la Clorofila A superficial en los cinco puntos de muestreo del Humedal.
- Comparar el comportamiento de la Clorofila A bajo diferentes profundidades del Humedal.
- Correlacionar el comportamiento de la Clorofila A con temperatura, conductividad y profundidad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 HUMEDALES

De acuerdo con lo estipulado por la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas" realizada en 1971, más conocida como la Convención de Ramsar, un humedal se define como: "extensiones de marisma, pantanos, turberas, cuerpos de agua de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas, corrientes, dulces, salobres y saladas incluyendo las áreas de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros".[1]

En otras palabras los humedales son todos los ecosistemas cuyo componente fundamental es el agua, en torno a la cual se forman ambientes intermedios que varían entre permanentemente inundados y normalmente secos, estos sistemas incluyen, desde luego, todos los niveles de diversidad biológica que allí se puedan sustentar.[1] Estos sistemas cubren aproximadamente entre el 4 y el 6% del área de la Tierra; se hallan en todos los continentes, excepto en la Antártida, en todos los climas desde los trópicos hasta la Tundra. Por ello, están localizados en diversidad de áreas: en las húmedas y frías como pantanos y tundras; a lo largo de ríos y corrientes como vegetación riparia estacionalmente inundada. [2]

Los humedales intervienen en funciones físicas de regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, retención de sedimentos, control de erosión y estabilización microclimática. Además desempeñan un papel importante como zonas riparias de ríos para controlar el nitrógeno originado en los terrenos agrícolas. El proceso fundamental es la desnitrificación que controla la contaminación no puntual de nitrógeno. [3]

Así mismo, para los humedales, la luz que llega a la superficie del agua penetra en ella diferencialmente, de acuerdo con la longitud de onda absorbida. La luz visible se encuentra entre longitudes de onda de 380 y 700nm, aproximadamente. Las longitudes de onda de mayor penetración en el agua son la azul y la verde, por eso, a medida que se desciende en el agua el color cambia de blanco a azul verdoso. El efecto abiótico más importante de la absorción de la luz en el agua es el calentamiento y el efecto biótico más importante es la fotosíntesis. [4]

Por otro lado, el oxígeno y el dióxido de carbono son los gases más importantes en el agua; el primero es producto de la fotosíntesis y el segundo, de la respiración. Ambos son esenciales para que haya un adecuado balance en el metabolismo global del ecosistema. [4]

Por consiguiente, la extinción de la luz en ambientes acuáticos viene determinada por la cantidad de partículas en suspensión, los pigmentos disueltos y las propias características del agua. [5]

2.1.1 Los humedales como ecosistemas de producción y conservación

No sólo el potencial piscícola disponible que representa los ambientes acuáticos para la economía y supervivencia de los pobladores regionales o sus características biológicas en términos de diversidad, miden la importancia de estos ecosistemas y su necesidad de conservación, también existen otros aspectos que bien podrían cuantificarse a futuro en términos económicos con el fin de valorar los servicios ambientales que ellos prestan, entre los cuales tenemos: regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos al actuar como agentes controladores de inundaciones -ya que se pueden almacenar y liberar lentamente las aguas lluvias acumuladas en las ciénagas-, retención de sedimentos, control de erosión, estabilización microclimática, regulación del ciclo de nutrientes, alta productividad biológica, estabilidad de los ecosistemas,

retención de bióxido de carbono, ecoturismo, recreación, educación e investigación científica. [2]

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS HUMEDALES [6]

DULCEACUÍCOLAS		
NATURALES	FLUVIALES O RIVEREÑOS	Conformado por los ríos, arroyos, cascadas y demás corrientes de agua que existen de manera permanente, así como aquellos que se crean de forma temporal o intermitente.
	LACUSTRES	A él corresponden los lagos y lagunas de carácter temporal o permanente e incluso toda el área de influencia que ellos pueden alcanzar durante los períodos de inundaciones.
	PALUSTRES	Ambientes comprendidos por manantiales, oasis, ojos de agua, bosques pantanosos, ciénagas, caños y pantanos permanentes o estacionales.
ARTIFICIALES	Todo tipo de obra construida por el hombre, cuyo fin sea almacenar o controlar el agua, entre estos están los embalses, represas y charcas. Dentro de esta categoría también se han considerado las tierras arables que se afectan por las inundaciones.	
SALADOS O SALOBRES		
MARINO	Incluye desde las aguas marinas someras, el lecho marino y los arrecifes de coral, hasta playas rocosas, playas de arena y grava.	
ESTUARINO	Áreas de manglares, pantanos salados, aguas estuarinas y pantanos lodosos intermareales.	
LACUSTRE-PALUSTRE	Lagunas y lagos costeros salinos y salobres.	

2.2 CLOROFILA

La clorofila es un pigmento fotosintético del fitoplancton, la cual es comúnmente considerada como un índice de productividad biológica y en un ambiente acuático [7]. Los pigmentos de clorofila tienen una firma espectral específica y distintiva, ya que absorben en las longitudes de onda correspondientes a los colores azul (455-492 nm) y rojo (622-700nm) del espectro, así como una reflectancia fuerte en el verde (492-577 nm), afectando por lo tanto el color del humedal. La concentración de clorofila «a» suele ser el componente menos constante tanto espacial como temporalmente, por lo que se acostumbra a

considerar como un factor fundamental en la atenuación de la luz en las aguas naturales.[8]

En otras palabras, la clorofila consiste en un anillo de porfirina, que contiene un átomo de magnesio en su centro y está rodeada por cuatro átomos de nitrógeno, rodeado por átomos de carbono. Adjunto al anillo de porfirina hay una larga cola de hidrocarburos, que consiste a su vez en una larga cadena de átomos de carbono. Hay dos tipos de clorofila que se encuentran en las planta; las más importantes son la Clorofila A, la que desempeña la función principal en la fotosíntesis y la Clorofila B que está asociada con la Clorofila A en el mecanismo de procesamiento de la luz y se conoce como un accesorio de pigmentos. La diferencia molecular entre la clorofila A y B es mínima y trata de la sustitución de uno de los metilo (-CH₃) en el grupo del anillo de la porfirina, por un aldehído (CHO-). [8]

2.3 EUTROFICACION

La palabra eutroficación o eutrofización significa literalmente "el proceso de la buena nutrición". Pero en relación a un lago o laguna, hoy día esta palabra se refiere a una fertilización excesiva de una masa de agua que da por resultado el crecimiento perjudicial de plantas acuáticas, tales como algas y macrófitas. Es significativo que etimológicamente el término eutrofication se relaciona con las causas del problema, i.e.,excesiva nutrición o alimentación de las aguas (del griego: eu= bien, y trofein= alimentar o nutrir), más que con sus efectos, e.g., florecimiento o "blooms de algas", disminución marcada de la concentración del oxígeno disuelto y anoxia. Esto sugiere una percepción más científica que popular del problema. Eutrofication también ha sido descrita metafóricamente como el proceso de envejecimiento de los lagos, una descripción que enfatiza más los efectos que las causas [9]. Esta interpretación tiene alguna validez, ya que encierra ambos problemas, el de eutroficación artificial o cultural y natural.

El fenómeno de eutroficación sucede naturalmente, pero puede ser acelerado por la intervención del hombre (eutroficación artificial o cultural). El control del proceso de eutroficación es hoy uno de los problemas más importantes y urgentes de la ecología y en particular de la limnología. Es también uno de los problemas ambientales que concita el interés de los países desarrollados y en desarrollo por el impacto que tiene en el valor paisajístico y recreativo. Un lago o laguna está recibiendo constantemente entradas de agua desde su cuenca o área de drenaje (entorno terrestre) y desde la atmósfera (entorno atmosférico). [4]

La calidad del agua de un lago es el reflejo de los efectos acumulados de estos eventos. En el tiempo, un lago recibe y acumula materiales traídos por las corrientes de entrada, alterándose la relación superficie-volumen al disminuir cada vez más en profundidad. Esta continua transformación origina una fase de pantano y finalmente un sistema terrestre. Este proceso, en forma natural, demora miles de años en completarse. Bajo estas condiciones, el crecimiento de algas y plantas acuáticas está en equilibrio con las entradas de nutrientes. La calidad del agua de un lago sometido a eutroficación natural generalmente satisface la mayoría de los usos que le da el hombre. [4]

Los términos oligotróficos, mesotrófico y eutrófico se utilizan para indicar la cantidad de nutrientes presentes en el agua [10].

Algunos valores de referencia para evaluar la eutroficación en zonas templadas son:

Tabla 1 Valor de referencia para evaluar la eutroficación, según Roldan

	OLIGOTRÓFIA	MESOTRÓFIA	EUTROFIA
USEPA (1974)			
Fósforo Total (mg/L)	< 0.01	0.01 – 0.02	> 0.02
Profundidad Secchi (m)	> 4	4 – 2	< 2
Oxígeno Hipolimnético (%)	>80	80 – 10	<10
NAS/NAE (1972)			
Clorofila (mg/m³)	< 4	4 – 10	> 10
MARGALEF (1983)			
Número de células / ml	10 – 100		> 100

Fuente: Limnología Neotropical.

Para zonas tropicales Toledo [11] propone los siguientes parámetros para las categorías tróficas referidas:

Tabla 2 Valor de referencia para evaluar la eutroficación, según Toledo

	OLIGOTRÓFIA	MESOTRÓFIA	EUTROFIA
Clorofila (mg/m³)	< 4	4 – 10	> 10
Profundidad Secchi (m)	> 1.6	1.6 – 0.8	< 0.8
Fósforo Total (mg/L)	< 0.027	0.028 – 0.051	> 0.052
Ortofosfatos (mg/L)	< 0.0073	0.0074 – 0.013	> 0.014

Fuente: Limnología Neotropical.

Del mismo modo, la eutroficación es un proceso natural y/o antropogénico que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas. Sus efectos pueden interferir de modo importante con los distintos usos que el hombre puede hacer de los recursos acuáticos (abastecimiento de agua potable, riego, recreación, etc.). [11]

Por esta razón, las masas de agua eutróficas tiene un alto nivel de productividad y de biomasa en todos los niveles tróficos; proliferan las algas, tienen aguas profundas pobres en oxígeno y un crecimiento intenso de las plantas acuáticas. En contraste, los cuerpos de agua oligotróficos, poseen concentraciones bajas de nutrientes, poseen mayor diversidad en las comunidades de plantas y animales, un bajo nivel de productividad primaria y de biomasa y una buena calidad del agua para distintos usos.[12]

Es más, los factores que afectan el grado de eutroficación son:

- Clima: los climas cálidos favorecen el proceso.
- Cuerpos de agua poco profundos y/o de bajo caudal son más propicios para el desarrollo del proceso
- Área de drenaje: la poca cubierta arbórea sujeta a precipitaciones abundantes favorece la erosión y el arrastre de nutrientes hacia el cuerpo de agua
- Geología: en áreas de drenaje donde predominan rocas sedimentarias, hay mayor aporte de fósforo por escorrentía. Los suelos arcillosos drenan pobremente y también favorecen la escorrentía y consecuentemente el aporte de nutrientes [12]

La Ciénaga Miramar es un sistema léntico, alimentado por las quebradas Las Camelias y las Lavanderas(Ver Figura 1), las cuales inicialmente eran cuerpos de agua natural que también servían de colector de aguas lluvias, pero a causa de la expansión urbana y los asentamientos urbanos fue perdiendo su condición hasta convertirse en un canal colector de agua residual y residuos sólidos que son dispuestos de manera incontrolada.

Figura 1 Humedal Miramar, Caños las Camelias y las Lavanderas



3. METODOLOGÍA

3.1 UBICACIÓN

Esta investigación se realizó en el Humedal la Miramar, situada en Barrancabermeja dentro de las coordenadas 1.272.600 N y 1.274.400 N y entre 1.022.200 E y 1.024.400 E. En sus costados norte y occidente limita con las instalaciones y vías internas del Complejo Industrial de Refinería Barrancabermeja y club Miramar, en los costados oriente con el Club Infantas y por el sur con la Avenida Circunvalar, el barrio Pueblo Nuevo, el Batallón de Artillería Nueva Granada y la Avenida del Ferrocarril. El Humedal La Miramar tiene un área total de 85 Ha y una profundidad promedio de 4.5 m según batimetría realizada por Ecopetrol en 1994.

3.1.1 Selección preliminar de estaciones de muestreo

Esta etapa fue realizada en estudios anteriores en este humedal donde inicialmente se hizo una selección de 21 estaciones de muestreo teniendo en cuenta los afluentes del Humedal y la experiencia que tiene el Director del proyecto sobre este cuerpo hídrico.

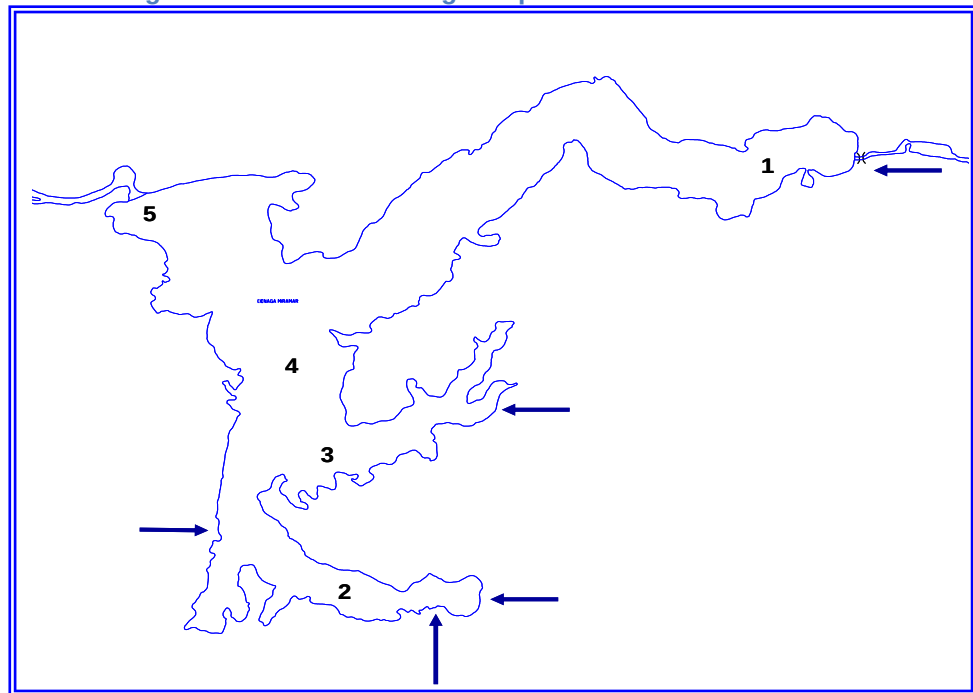
Durante el periodo comprendido entre agosto 14 a 26 septiembre de 2007, se realizó un monitoreo preliminar de parámetros in situ (pH, temperatura, conductividad, disco Secchi y oxígeno disuelto) del humedal Miramar. En cada uno de los 21 estaciones monitoreadas, se hicieron mediciones en la superficie, a uno, dos y tres metros de profundidad.

Esta medición preliminar tenía el propósito de evaluar finalmente cuántas de los 21 estaciones se considerarían representativas para el muestreo rutinario posterior. Finalmente, se previó que no se seleccionarían más de cinco

puntos de muestreo, ya que el propósito de este trabajo es generar información que será utilizada en una investigación posterior de modelación del ecosistema hídrico.

Se escogieron 5 estaciones significativas de muestreo (Figura 2) con base en estudios ejecutados anteriormente en este humedal para realizar las determinaciones de clorofila A, Temperatura, pH, conductividad y profundidad del disco Secchi durante los meses comprendidos entre julio del 2009 y marzo del 2010

Figure 2 Estaciones escogidas para realizar los muestreos



3.2 MATERIALES

3.2.1 Materiales de campo.

- ❖ Botellas Esmeriladas 250 ml
- ❖ GPS Garmin Etrex de 12 canales

- ❖ Disco Secchi
- ❖ Botella Van Dorn
- ❖ Cava de icopor
- ❖ Guantes, Camisa manga larga, botas plásticas caña alta, gafas, bloqueador solar y chaleco salva vidas.

Fotografía 1 Botella de Van Dorn



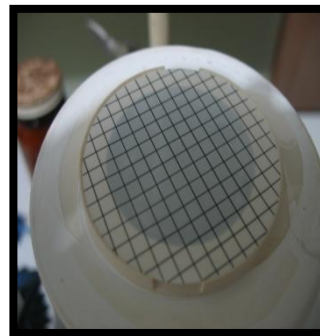
3.2.2 Materiales de laboratorio

- ❖ Espectrofotómetro de banda estrecha (0.5nm a 2.0 nm).Fotografía 1.
- ❖ Membrana filtrante 0.45 μm de celulosa o éster de celulosa. Fotografía 2
- ❖ Tubo de centrifuga
- ❖ Acetona 90%
- ❖ Carbonato magnésico
- ❖ Celdas de cristal para espectrofotómetro (longitud paso de luz -1 cm, volumen mínimo 3 ml).
- ❖ Sistema de filtración (matraces de filtración, bomba de vacío)
- ❖ Papel de aluminio.
- ❖ Solución saturada de MgCO_3 (1.0g/100 H_2O destilada).
- ❖ Pipetas (0.1 ml y 5.0 ml).
- ❖ Cilindros graduados de 100 ml.

Fotografía 2 a) Espectrofotómetro de banda estrecha (0.5nm a 2.0nm) b) Membrana filtrante 0.45 µm de celulosa



a)



b)

3.3 MÉTODO

3.3.1 Monitoreo de condiciones in situ.

Habiendo establecido las estaciones para el monitoreo, se tomaron las muestras para evaluar la clorofila A (a 0m, 1m, 2m, y 3m), pH, Temperatura y conductividad (a 0m, 0,2m, 0,4m, 0.6m, 0,8m, 1m, 2m y 3m,) y profundidad de disco Secchi.

3.3.2 Recolección de muestras.

Las muestras de agua se tomaron evitando exponerlas a la luz (una exposición breve a la luz solar puede alterar los valores de clorofila-a). Se utilizaron botellas ámbar de cristal, para evitar la foto-oxidación de los pigmentos. El volumen de cada muestra es de 500 ml, según literatura; enseguida se almacenaron en una cava de icopor con hielo para la conservación de las muestras mientras se llegaba al laboratorio para ser procesadas.

3.4 DETERMINACIÓN DE LA CLOROFILA

3.4.1 Procedimiento

Utilizar un volumen de agua que contenga 1 µm de clorofila entre 0.5 y 5 litros. Filtrar con una membrana de celulosa de 0.45 µm recubierta previamente de una delgada capa de carbonato magnésico (10 mg aproximadamente) para evitar acidificación por fitoplancton.[13]

3.4.2 Extracción

Introducir la membrana filtrante en un tubo de centrifugadora, añadir 10 ml de acetona al 90%, agitar por un minuto vigorosamente para disolver el filtro. Dejar el tubo en la oscuridad y en frío de 5 a 10 horas para permitir la extracción de clorofila, agitar de vez en cuando y después centrifugar a 4000 rpm durante 5 minutos, verter el líquido sobrenadante en una célula de 10 cm. [13]

3.4.3 Medida

Medir en espectrofotómetro longitud de onda: 750, 663, 645 y 630 nm después de haber regulado el aparato con la disolución de acetona al 90%. [13]

3.4.4 Expresión de resultados

Restar la lectura efectuada a 750 nm de las otras tres medidas.

E₁: 663 nm después de la corrección

E₂: 645 nm después de la corrección

E₃: 630 nm después de la corrección

Clorofila a (µg/l) = $(11.64 \cdot E_1 - 261 \cdot E_2 + 0.10 \cdot E_3) \cdot v/l \cdot v_g$

Clorofila b (µg/l) = $(20.97 \cdot E_2 - 3.94 \cdot E_1 + 3.66 \cdot E_3) \cdot v/l \cdot v_g$

$$\text{Clorofila } c \text{ (}\mu\text{g/l)} = (54.22 * E_3 - 3.94 * E_2 + 3.66 * E_1) * v/l * v_g$$

V= volumen acetona

l= longitud de trayectoria óptica de cubeta (cm)

vg= volumen de agua filtrada (l) [13]

3.5 MÉTODO ESTADÍSTICO

Los cinco puntos de muestreo están sometidos a diferentes proporciones de perturbación procedentes del sector residencial, industrial y comercial, hecho que puede ocasionar una distribución heterogénea de la cantidad de Clorofila A lo largo del espejo de agua; para determinar la variación espacial en la cantidad de Clorofila A lo largo de los cinco puntos de muestreo se realizó un Análisis de Varianza de una vía (ANOVA). Antes de aplicar el análisis de varianza se evaluó la normalidad de los datos (Test de Kolmogorov-Smirnov) y la homogeneidad de varianzas (Test de Levene), dando como resultado la aceptación de las hipótesis para la realización de pruebas paramétricas (Test K-S $p = 0.2$).

De igual forma, se estableció la relación de la Clorofila A con los parámetros físicos evaluados (profundidad, temperatura y pH), realizando una regresión múltiple con procedimiento de selección estándar. La estrecha relación entre dos o más variables independientes (colinealidad) es un fenómeno que notoriamente afecta los resultados de las regresiones, pues si se presenta el caso, es muy posible que ninguna de las variables predictoras correlacionadas sean consideradas como significativas en el modelo; puesto que en realidad aporta a la variación de la característica explicada[14]; para detectar la colinealidad en el set de datos se realizaron correlaciones de Pearson entre pares de variables independientes; en aquellos casos donde dos variables presentaron una correlación fuerte ($r \geq 0.6$) y significativa, una de las variables fue eliminada del modelo.

Previo a los análisis todas variables fueron transformadas con $\ln(x+0.1)$; los análisis fueron realizados en PAST v2.01 [15], con un alpha de 0.05.

Table 3 Resumen metodológico del análisis estadístico

Objetivo específico	Hipótesis estadísticas	Test
2	Ha: La Clorofila A superficial no varía significativamente entre alguno de los cinco puntos de muestreo. Ho: La Clorofila A superficial varia significativamente entre alguno de los cinco puntos de muestreo.	ANOVA
3	Ha: La Clorofila A no está correlacionada significativamente con la variable x (x = profundidad, temperatura, conductividad y pH).	Regresión múltiple
4	Ho: La Clorofila A está correlacionada significativamente con la variable x (x = profundidad, temperatura, conductividad y pH).	
Nivel de significancia: 005 Si p es < a 0.05 se rechaza la Ha y se acepta la Ho Si p es $\geq$ a 0.05 se rechaza la Ho y se acepta la Ha		

4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

En la Figura 3 se observan los puntos de muestreo (1, 2, 3, 4 y 5) y el comportamiento de la Clorofila A en la superficie del humedal. Se observa que la Clorofila A superficial se encuentra en forma homogénea en los cinco puntos de muestreo.

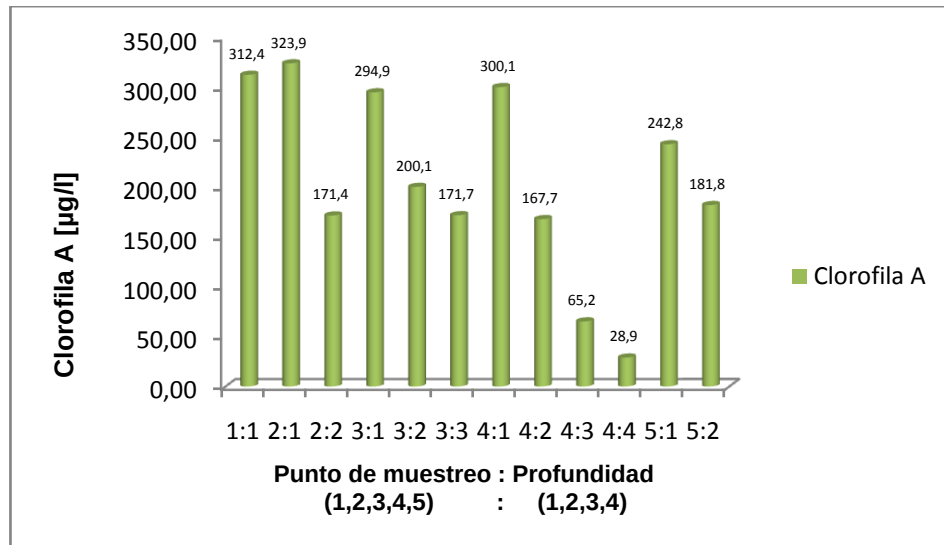
Figura 3 Clorofila A superficial en los cinco puntos de muestreo



Fuente: El Autor

En la Figura 4 se observa los puntos de muestreo (1, 2, 3, 4 y 5), con sus respectivas mediciones de Clorofila A superficial y las profundidades 1 (superficial), 2 (un metro), 3 (dos metros) y 4 (dos metros y medio). La Clorofila A se encuentra en mayor concentración en los puntos de muestreo 1 y 2 a nivel superficial con valores de 312,49 µg/L y 323,96 µg/L respectivamente.

Figure 4 Clorofila A promedios en los cinco puntos de muestreo a las diferentes profundidades



Fuente: El Autor

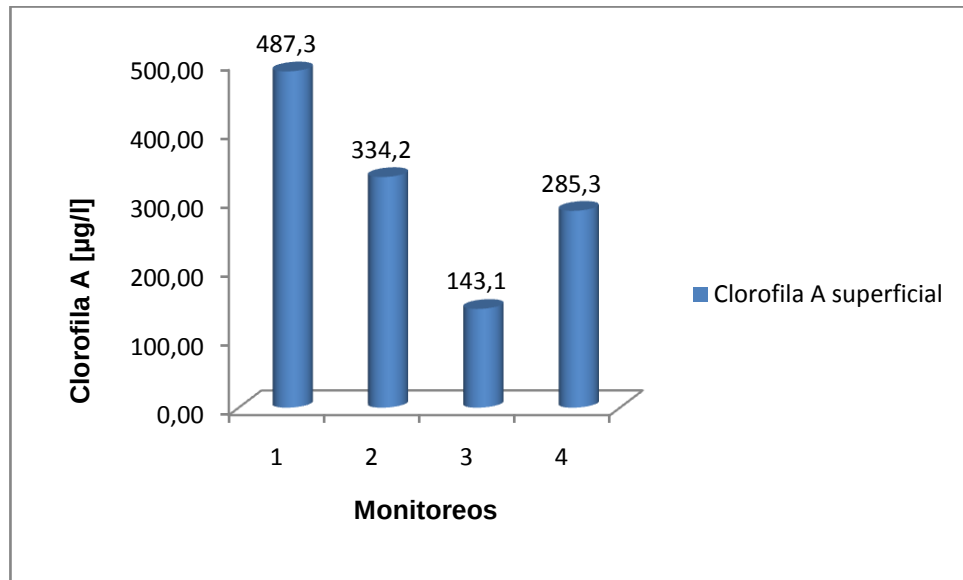
4.1 COMPORTAMIENTO POR PUNTO DE MONITOREO DE LA CLOROFILA “A”

De la Figura 5 a la Figura 9 se indican los monitoreos 1, 2, 3 y 4 con los respectivos valores de la Clorofila A, donde 1 es el monitoreo de Julio 2009, 2 el de Agosto 2009, 3 el de Octubre 2009 y 4 el de Marzo 2010.

En la Figura 5 se observa que la Clorofila A presenta su pico más alto en el mes de julio con un valor de 487,34 µg/L y un mínimo de 143,106 µg/L en el mes de octubre, según los valores de referencia establecidos por Roldán (Tabla 1) y Toledo (Tabla 2) la estación 1 presenta niveles elevados de eutroficación.

Estos resultados son consecuencia de una serie de actividades que influyen en el funcionamiento del humedal como lo son las precipitaciones y en este punto de muestreo las descargas de aguas residuales domesticas del caño las camelias que poseen grandes concentraciones de materia orgánica

Figure 5 Punto de Muestreo 1. Clorofila A.

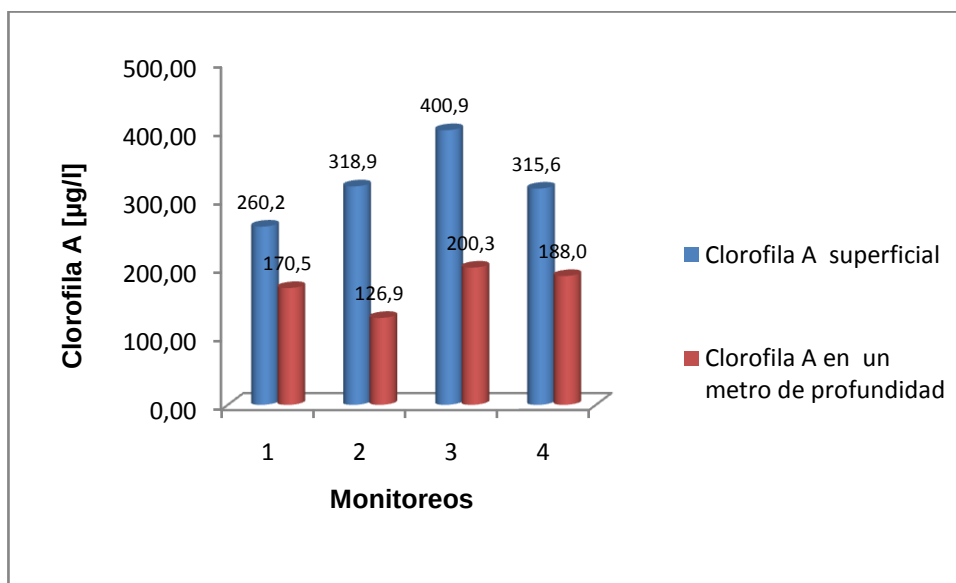


Fuente: El Autor

En la Figura 6 se observa que en el punto de muestreo 2 la concentración de Clorofila A mostró su pico máximo en el mes de Octubre con un valor de 400,97 µg/L a nivel de la superficie (cero metros) y un mínimo de 126,904 µg/L en el mes de agosto a la profundidad de un metro.

Este punto de monitoreo se ve afectado por el vertimiento del comercio el cual contiene una alta carga de detergentes, grasas y sólidos arrastrados por escorrentía en época de lluvia; el vertimiento del Batallón Nueva Granada que arroja al Humedal aguas residuales domésticas reflejándose en una película de grasa constante; el afloramiento de las macrófitas que son indicadores de la presencia de una alta carga orgánica, evidenciándose una alta actividad fotosintética a la profundidad de 0 metros durante el mes de octubre

Figure 6 Punto de Muestreo 2. Clorofila A

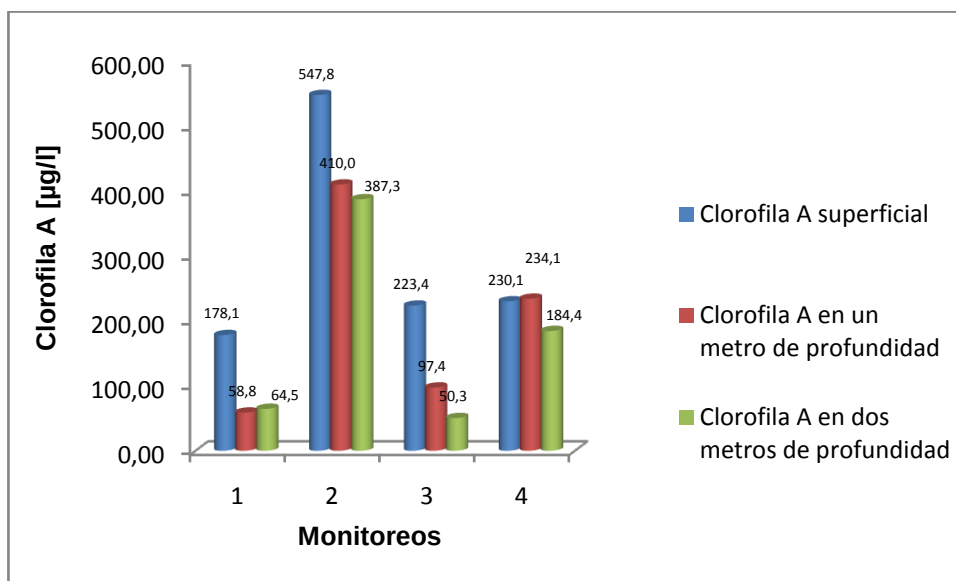


Fuente: El Autor

En la Figura 7 se observa que la clorofila A presenta su pico más alto en el mes de agosto con un valor de 547,888 µg/L a nivel superficial y un mínimo de 50,39 µg/L en el mes de octubre a dos metros de profundidad.

Este punto de muestreo se cataloga como una zona de Bahía por su condición morfométrica, la cual se caracteriza por ser la zona más léntica de todo el sistema, allí no se presenta un recirculamiento del agua lo que hace que sus condiciones se mantengan constantes o sin ninguna variación a menos de que se presente una precipitación muy fuerte permitiendo que se desplace hacia el interior del humedal y exista un movimiento en la columna de agua representada en esta estación.

Figure 7 Punto de Muestreo 3. Clorofila A

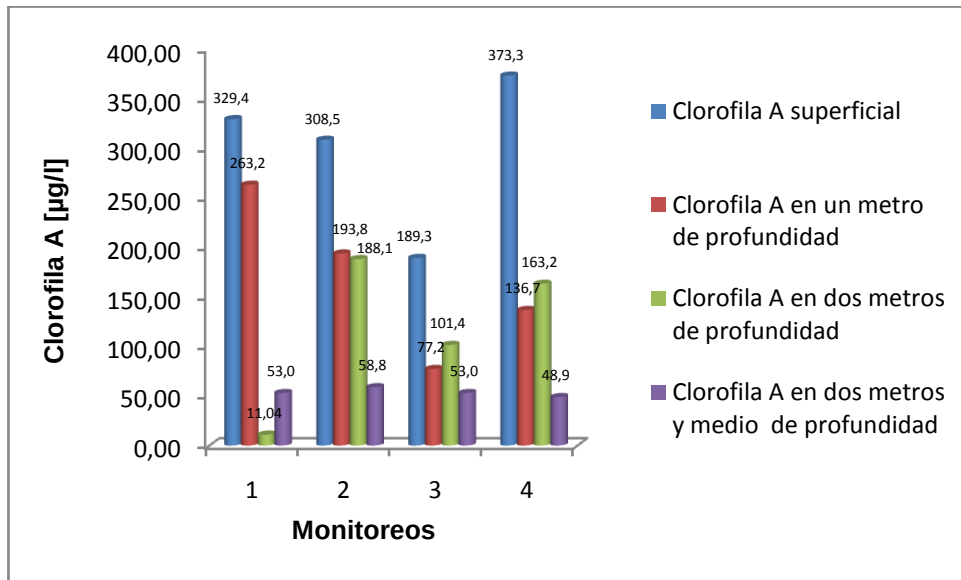


Fuente: El Autor

En la Figura 8 se observa que en este punto de muestreo 4 la concentración de Clorofila A mostró su pico máximo en el mes de marzo con un valor de 373,32 µg/L a nivel de la superficie (cero metros) y un mínimo de 11,04 µg/L en el mes de julio a la profundidad de dos metros.

Esta zona no recibe ningún vertimiento o descarga directa, por el contrario existe un mecanismo de recirculación del agua implementado por el Club Miramar, este tiene como función ayudar a la disolución de los sólidos suspendidos y material particulado presentes en el agua, con el fin de efectuar la oxigenación de la misma; asimismo esta es el área más amplia del Humedal haciendo que las características anteriormente nombradas, permitan un desarrollo favorable para los microorganismos fitoplanctónicos; no obstante, por acción de arrastre y movimientos propios del cuerpo hídrico llegan a este punto nutrientes y material orgánico. Además se puede apreciar que es el único punto de muestreo que nos permitió medir la Clorofila A en las cuatro profundidades con valores maximos en la superficie.

Figure 8 Punto de Muestreo 4. Clorofila A

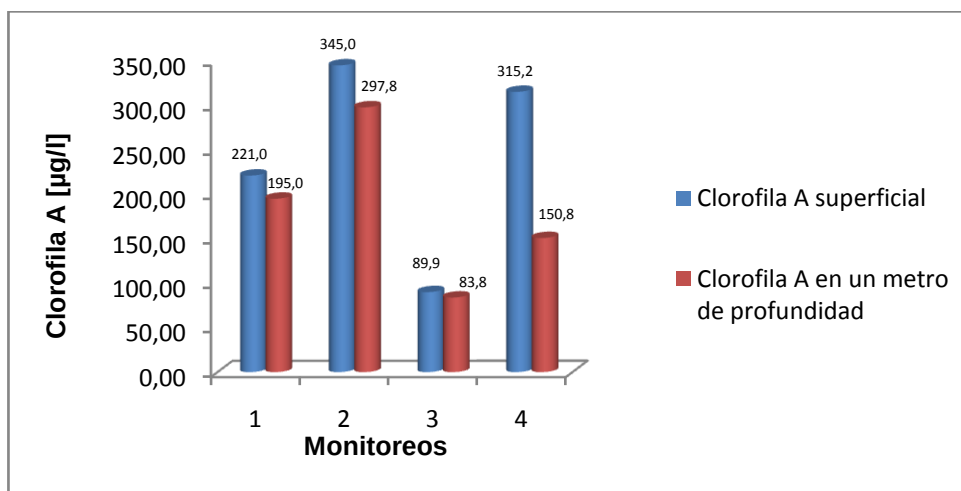


Fuente: El Autor

En la Figura 9 se observa que en el punto de muestreo 5 la concentración de Clorofila A muestra un máximo en el mes de agosto con un valor de 345,02 µg/L en la superficie (cero metros) y un mínimo de 83,85 µg/L en el mes de octubre a la profundidad de un (1) metro.

Este punto de muestreo se halla localizada en la zona conocida como el vertedero El Rosario el cual es la única salida de agua del Humedal Miramar.

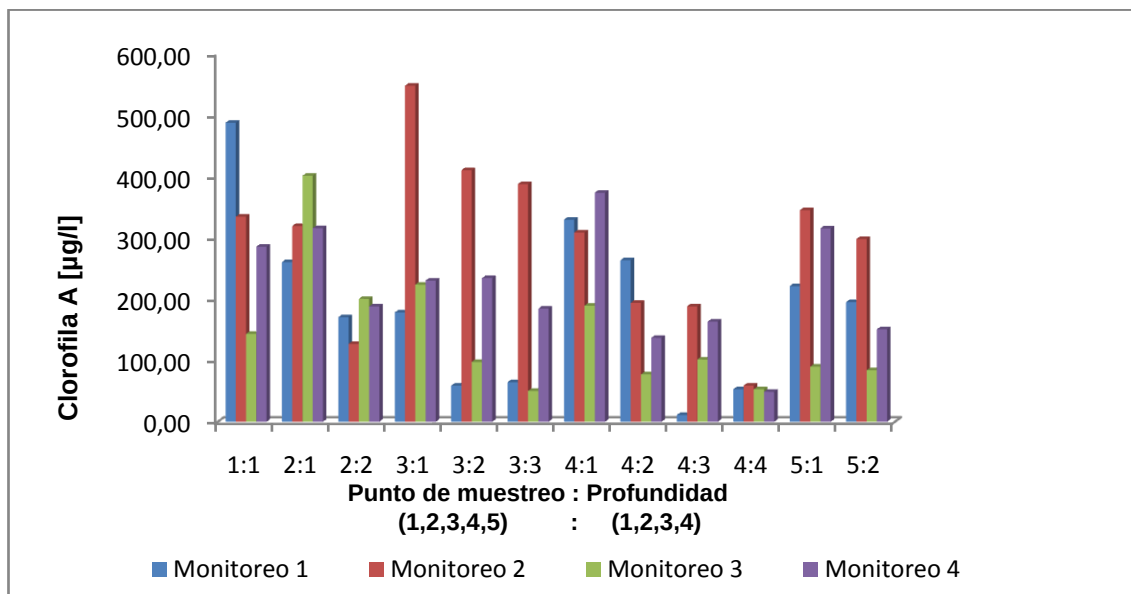
Figure 9 Punto de Muestreo 5. Clorofila A



Fuente: El Autor

En la Figura 10 se muestra el consolidado de la Clorofila A en los puntos de muestreo realizados a las diferentes profundidades analizados anteriormente.

Figure 10 Clorofila A en diferentes profundidades en los cinco puntos de muestreo



Fuente: El Autor

4.2 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE CLOROFILA “A” Y LOS PARÁMETROS FISICOQUIMICOS.

Al comparar la media de cantidad de Clorofila A superficial entre los puntos de muestreo, se obtuvo que no existe una variación espacial en la cantidad de Clorofila A en consideración a los puntos muestreados (ANOVA $F_{4,15} = 0.27$, $p = 0.89$); de modo que se podría sugerir que a pesar de que las fuentes de contaminación no son las mismas en todos los sitios de muestreo, estadísticamente la cantidad de Clorofila A es igual a lo largo del espejo de agua del Humedal.

En las correlaciones pareadas entre variables independientes, para evaluar la magnitud de la colinealidad en la regresión, se observó que la profundidad se

encuentra significativamente correlacionada con el pH y la temperatura, de igual forma el pH se relaciona significativamente con la temperatura (Tabla 4). De modo que en el modelo de regresión sólo se usarán dos variables explicativas: profundidad y conductividad

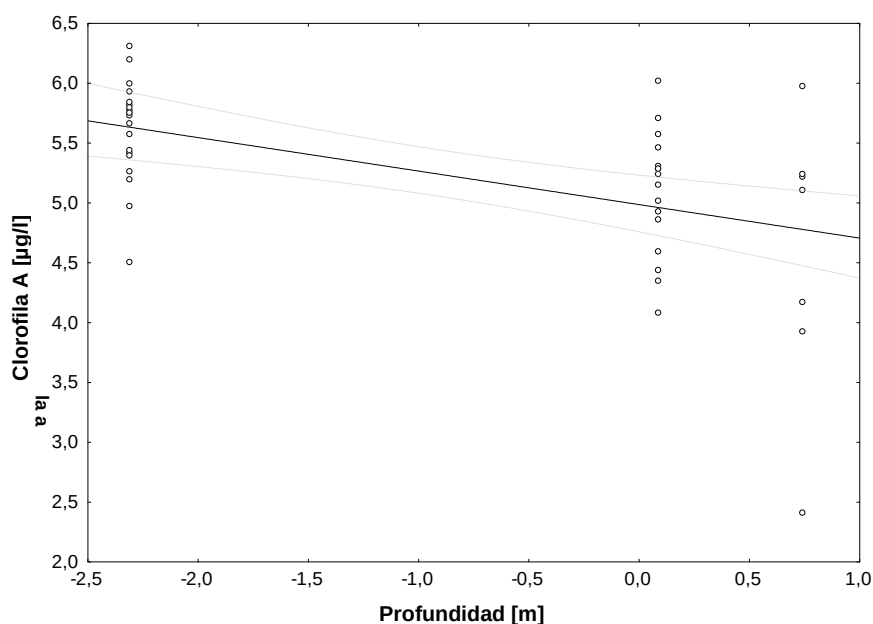
Tabla 4 Pares de correlaciones entre variables independientes.

	Profundidad	pH	Conductividad	Temperatura
Profundidad		- 0.6*	0.0	- 0.6*
pH			0.1	0.7*
Conductividad				0.1
Temperatura				

* Significativo

La profundidad fue la variable que mejor explicó la cantidad de Clorofila A en el humedal, conservando una relación significativa y negativa; es decir que al incrementar la profundidad disminuye la cantidad de Clorofila A ($r^2 = -0.51$, $p < 0.05$) (Figura 11). La conductividad del agua no se relaciona significativamente con la cantidad de Clorofila A presente ($r^2 = 0.14$, $p = 0.3$)

Figure 11 Correlación entre la Clorofila A y la profundidad a la fueron tomadas las muestras.



Fuente: El Autor

5. CONCLUSIONES

Al comparar la Clorofila A superficial entre los puntos de muestreo se observó que no existe una variación espacial entre ellos, es decir estadísticamente la cantidad de Clorofila A es igual a lo largo del espejo de agua del Humedal.

La profundidad fue la variable que mejor explicó la cantidad de Clorofila A en el humedal, conservando una relación significativa y negativa; es decir que al incrementar la profundidad disminuye la cantidad de Clorofila A.

La conductividad del agua no se relaciona significativamente con la cantidad de Clorofila A presente.

La profundidad se encuentra significativamente correlacionada con el pH y la temperatura, de igual forma el pH se relaciona significativamente con la temperatura.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda dar continuidad a esta investigación, ya que se hacen aportes significativos sobre las condiciones actuales del Humedal La Miramar, permitiendo así generar soluciones que contribuyan a la recuperación de la calidad de este cuerpo hídrico.

Se sugiere realizar muestreos con el fin de evaluar las sustancias tóxicas debido a la presencia de vertimientos industriales esporádicos, realizando pruebas que indiquen la influencia de dichas sustancias, que no se incluyeron en este estudio, la estimación de las consecuencias ecológicas y condiciones tróficas del humedal.

Se propone llevar a cabo planes de descontaminación, teniendo en cuenta los resultados de este estudio en el Humedal Miramar.

BIBLIOGRAFÍA

1. SÁNCHEZ, H. Generalidades respecto a la convención RAMSAR. En: GUERRERO, E. (ed.) Una aproximación a los humedales en Colombia. Colombia: FEN, 1998 p. 24-30.
2. INSTITUTO HUMBOLDT. Hacia la conservación de los Humedales de Colombia. Biosíntesis, 1998. N° 9.
3. INSTITUTO HUMBOLDT. Los humedales y la Biodiversidad. Biosíntesis, 1998. N° 8.
4. MARGALEF, Ramón. 1983 Limnología. Editorial Omega S.A. Barcelona.
5. VERDUIN, J. 1982. Components contributing to light extinction in natural waters: Method of isolation. *Archiv. Hydrobiol.*,93: 303-3 12.
6. CASTELLANOS, C. Humedales: Ecosistemas de producción y conservación. En: Vanguardia Liberal. (Prensa). Bucaramanga, Santander, Colombia. 16 de abril de 2000. p. 10^a.
7. GOWER, J.F.R., A survey of the uses of remote sensing from aircraft and satellite in oceanography and hydrography. *Pac.Mar.Sci.Rep.Inst.Ocean.Sci.*, Sidney,B.C., Can., p. 72–3, 1972.
8. Determinación de la biomasa por clorofila. AINSA No 20. enero-junio 1991. Medellín. Pag 53-63.
9. VOLLENWEIDER, R. A. y J. KERESKES Eutrophication of waters, monitoring, assesment and control. Final report. OECD Coperative program on monitoring

of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate, OECD Paris
1980 154 p

10. ROLDAN, 1978. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2ª Edición.
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 259 p.

11. HENAO. de .U., A. 1987. El disco secchi y el estado trófico. Revista Ainsa.
12: 67-79

12. KUSLER, J. A.; MITSCH W. J. & LARSON, J. S. 1994. Humedales. Investigación y
Ciencia. 210: 6-13.

13. APHA. 1995. Standard Methods for the Examination of water and
Wastewater. 27 th edition. American Public Health Association, AWWA, WPCF.
Washington

14. HAIR, J. F., ANDERSON, R. E., TATHAM, R.L., BLACK, W. C. 1999.
Análisis Multivariante, 5ª ed. Prentice Hall Iberia . Madrid, España.

15. HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological
Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia
Electronica 4(1): 9pp.

ANEXOS

Anexo A. Tabla de datos Clorofila A

Table 5 Datos de Clorofila A en los puntos de muestreo y monitoreos realizados.

Clorofila A					
Puntos muestreo: Profundidad (m)	Julio	Agosto	Octubre	Marzo	Promedios
1:1	487,34	334,24	143,11	285,30	312,49
2:1	260,20	318,99	400,97	315,69	323,96
2:2	170,51	126,90	200,35	188,02	171,45
3:1	178,17	547,89	223,49	230,14	294,92
3:2	58,84	410,03	97,41	234,13	200,10
3:3	64,57	387,39	50,39	184,48	171,71
4:1	329,40	308,59	189,35	373,32	300,16
4:2	263,21	193,84	77,28	136,79	167,78
4:3	11,04	188,18	101,48	163,26	65,25
4:4	53,00	58,89	53,00	48,91	28,99
5:1	221,07	345,02	89,97	315,25	242,83
5:2	195,06	297,82	83,85	150,81	181,88
Profundidad: (1) superficial (2) Un metro (3) Dos metros (4) Dos metros y medio					

Anexo B. Tablas de datos de pH, conductividad y temperatura del monitoreo de Julio 2009

Table 6 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 1, en Julio

Punto de Muestreo 1		Julio	
Profundidad (m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura (°C)
0	7,24	275	29
0,2	7,28	276	29
0,4	7,25	294	28,5
0,6	7,02	420	28,3

Table 7 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 2, en Julio

Punto de Muestreo 2		Julio	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura(°C)
0	7,5	226	31,1
0,2	7,45	227	31,1
0,4	7,36	222	31,1
0,6	7,45	219	31,1
0,8	7,04	226	30,8
1	7,22	221	30,7

Table 8 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 3, en Julio

Punto de Muestreo 3		Julio	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura($^{\circ}$ C)
0	9,34	191,6	32,6
0,2	9,24	192,3	32,1
0,4	8,97	185,3	31,1
0,6	8,9	186,4	30,8
0,8	9,03	186,5	30,7
1	8,77	186,7	30,7
2	7,54	196,7	30,2
2,5	7,36	197,8	30

Table 9 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 4, en Julio

Punto de Muestreo 4		Julio	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura($^{\circ}$ C)
0	9,92	193	32,5
0,2	9,6	184,8	31,7
0,4	9,15	187,7	31
0,6	9,08	182,6	30,9
0,8	9,02	183,5	31,2
1	8,92	186,1	30,7
2	7,85	195,4	30,4
2,5	7,29	211	30

Table 10 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 5, en Julio

Punto de Muestreo 5		Julio	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura($^{\circ}$ C)
0	9,88	185	30,8
0,2	9,15	183,5	31
0,4	8,2	186,5	30,7
0,6	8,88	187,2	30,7
0,8	8,86	188,2	30,6
1	8,77	187,7	30,6
2	8,62	188,6	30,6

Anexo C. Tablas de datos de pH, conductividad y temperatura del monitoreo de Agosto 2009

Table 11 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 1, en Agosto

Punto de Muestreo 1		Agosto	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Temperatura($^{\circ}\text{C}$)
0	10,05	228	35,7
0,2	10,08	226	35,8
0,4	8,46	227	34,2
0,6	7,7	229	33,1
0,8	7,8	226	32

Table 12 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 2, en Agosto

Punto de Muestreo 2		Agosto	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Temperatura($^{\circ}\text{C}$)
0	8,8	235	33,4
0,2	8,9	234	33,2
0,4	7,85	233	32,9
0,6	7,59	242	32,2
0,8	7,55	243	31,8

Table 13 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 3, en Agosto

Punto de Muestreo 3		Agosto	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Temperatura($^{\circ}\text{C}$)
0	10,3	251	36,2
0,2	10,34	247	36,6
0,4	10,1	236	34,9
0,6	10,07	239	33,1
0,8	9,5	223	33
1	8,8	214,3	30,8
2	7,91	229	30,1
2,5	7,83	231	30

Table 14 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 4, en Agosto

Punto de Muestreo 4		Agosto	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Temperatura($^{\circ}\text{C}$)
0	10,2	241	34,6
0,2	10,07	239	35

0,4	10	226	33,9
0,6	8,54	215	30,9
0,8	8,33	221	30,3
1	7,69	228	30
2	7,76	234	29,9

Table 15 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 5, en Agosto

Punto de Muestreo 5		Agosto	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura($^{\circ}$ C)
0	10,1	224	33,9
0,2	10,97	220	33,3
0,4	9,52	216,8	31,6
0,6	9,04	214,1	31
0,8	8,73	218,6	30,7
1	8,44	218,6	30,6

Anexo D. Tablas de datos de pH, conductividad y temperatura del monitoreo de Octubre 2009

Table 16 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 1, en Octubre

Punto de Muestreo 1		Octubre	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura($^{\circ}$ C)
0	7,6	252	31,7
0,2	7,48	251	31,7
0,4	7,48	251	31,5
0,6	7,47	251	31,5
0,8	7,48	250	31,5

Table 17 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 2, en Octubre

Punto de Muestreo 2		Octubre	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura($^{\circ}$ C)
0	8,44	250	32,3
0,2	7,85	244	32,1
0,4	7,81	237	31,9
0,6	7,66	237	31,85
0,8	7,63	227	31,6
1	7,59	228	31,7

Table 18 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 3, en Octubre

Punto de Muestreo 3		Octubre	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura($^{\circ}$ C)
0	9,81	242	31,7
0,2	9,66	240	32
0,4	9,26	243	32,1
0,6	8,86	248	31,4
0,8	8,44	250	31
1	8,34	256	31
2	7,81	263	29,8
2,5	7,81	261	29,6

Table 19 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 4, en Octubre

Punto de Muestreo 4		Octubre	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura($^{\circ}$ C)
0	9,4	245	31,3
0,2	9,33	245	31,5
0,4	9,22	247	31,4
0,6	8,18	252	31,1
0,8	7,84	262	30,2
1	7,88	263	30
2	7,92	263	29,5
2,5	7,52	264	29,4

Table 20 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 5, en Octubre

Punto de Muestreo 5		Octubre	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μS/cm]	Temperatura($^{\circ}$C)
0	9,3	244	30,9
0,2	8,37	244	30,9
0,4	8,22	251	30,7
0,6	8,13	258	30,2
0,8	8,24	260	30

Anexo E. Tablas de datos de pH, conductividad y temperatura del monitoreo de Marzo 2010

Table 21 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 1, en Marzo

Punto de Muestreo 1		Marzo	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura(°C)
0	10,05	300	35
0,2	10,15	298	35,5
0,4	9,73	309	34,7
0,6	8,9	289	34
0,8	7,8	293	33,7
1	7,67	282	30,4

Table 22 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 2, en Marzo

Punto de Muestreo 2		Marzo	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura (°C)
0	9,53	270	33,5
0,2	9,4	269	33,4
0,4	8,28	292	33
0,6	7,93	293	31,8
0,8	7,84	296	31,1
1	7,79	302	31,1

Table 23 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 3, en Marzo

Punto de Muestreo 3		Marzo	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura(°C)
0	9,43	341	32,3
0,2	9,44	340	33,4
0,4	9,48	338	33,6
0,6	9,49	338	32,7
0,8	9,5	338	32,7
1	9,51	335	32,8
2	8,35	371	30,4

Table 24 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 4, en Marzo

Punto de Muestreo 4		Marzo	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura (°C)
0	9,49	334	32,9
0,2	9,42	341	32,5

0,4	9,37	342	32,3
0,6	8,95	356	32,3
0,8	9,14	357	31,4
1	9,18	350	31,8
2	8,96	367	30,9
2,5	8,44	362	31,6

Table 25 Datos de pH, conductividad y temperatura en el punto de muestreo 5, en Marzo

Punto de Muestreo 5		Marzo	
Profundidad(m)	pH	Conductividad [μ S/cm]	Temperatura (°C)
0	9,45	341	32,2
0,2	9,03	344	32,2
0,4	8,65	360	31,3
0,6	8,65	361	31,3
0,8	8,33	362	31
1	8,3	367	30,5