

DIVERSIDAD DE MICROALGAS Y PLANTAS VASCULARES Y SU RELACIÓN
CON EL DISTURBIO EN TRES MORICHALES DEL MUNICIPIO DE TAME,
ARAUCA.

Monica Yineth Carvajalino Moreno

1116864356

Universidad de Pamplona
Facultad de Ciencias Básicas
Departamento de Biología

2019

Trabajo de grado para optar por el título de:
Bióloga.

Director

Luis Roberto Sánchez Montaña
Biólogo. MSc Biología-Sistemática vegetal
Grupo de investigación en recursos naturales
Universidad de Pamplona

Codirector

Alba Lucía Roa Parra
Dar. en Educación
Grupo de investigación en recursos naturales
Universidad de Pamplona

Universidad de Pamplona
Facultad de Ciencias Básicas
Departamento de Biología

2019

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a mis padres RUBIELA MORENO y SAMUEL CARVAJALINO, por su esfuerzo económico y apoyo emocional.

A mis abuelos VALERIO MORENO y ANGELA CALDERON, por su amor, su apoyo económico y desde el cielo sé que está conmigo abuelo.

A mis hermanos, Gerson, Cristian y Miguel, mis compañeros de vida.

A Juan Hernández por caminar conmigo esta etapa de mi vida apoyarme, animarme, por su tiempo y su amor.

A mi tía Jenny Moreno por creer en mí animarme y siempre tener una palabra de apoyo en mis momentos de frustración.

A mis mascotas Venus y Ámabar mis compañeras de aventuras.

A mis amigas Yelenka Vega, Sindy Gálan, Deisy Londoño y Karen Manrique. Por su ayuda y animarme a nunca desfallecer.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por la posibilidad de darme vida para culminar mi carrera.

A LUIS ROBERTO SANCHEZ y ALBA LUCIA ROA mis directores de tesis por su tiempo, sus orientaciones, consejos y apoyo en este proceso.

A el señor Luis Alfonso Baquero, la señora Isabella, y a la alcaldía de Tame por permitirme realizar este estudio en los diferentes morichales.

A mis profesores, por compartir sus conocimientos, de cada uno me llevo una parte de su conocimiento, a mis compañeros por todos los momentos vividos.

Y a mi familia porque siempre me animaron a seguir.

Contenido

Agradecimiento.....	iv
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
3. Marco Conceptual.....	8
3.1. Bosques tropicales Húmedos	8
3.1.1. Bosques de galería	9
3.2. Morichales en la Orinoquia	10
3.2.1 Características de <i>Mauritia flexuosa</i>	11
3.3. Microalgas	13
3.3.1. Parámetros físico-químicos.....	15
3.3.1.1. Temperatura	16
3.3.1.2. Color	16
3.3.1.3. Demanda química de oxígeno.....	17
3.3.1.5 Potencial de hidrogeno (pH)	17
3.4. Coliformes Totales y Fecales.....	18
3.5 Las microalgas como Bioindicadores.....	18
3.5.1. Bioindicadores	18

3.6.	Microalgas en morichales.....	19
4.	Antecedentes	21
5.	OBJETIVOS	23
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	23
4.1.1.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
6.	METODOLOGÍA	24
5.1.	Revisión bibliográfica.....	24
5.2.	Visita previa a las zonas.....	24
5.3.	Área de estudio	24
5.4.	Fase de campo.....	28
5.4.1.	Caracterización flora y vegetación en los morichales (objetivo 1).....	28
5.5.	Toma de muestras de algas	29
5.5.3.	Muestras para análisis de microalgas (objetivo 1,2 y 3).....	29
5.5.1.	Muestras para análisis físicoquímicos (objetivo 4).....	30
5.5.2.	Muestras para análisis bacteriológicos	30
6.6.	Fase de laboratorio.....	31
6.6.1.	Caracterización de la vegetación (objetivo 1).....	31
6.6.2.	Caracterización de las microalgas (objetivo 2 y 3).....	31
6.6.2.1.	Observación microscópica	31
6.7.	Fase de análisis e interpretación de resultados	31

6.7.1. Diversidad (objetivos 1 y 2).....	32
6.7.2. Estructura de la vegetación (objetivo 1)	32
6.7.2.1. Estructura vertical	33
6.7.2.2. Estructura Horizontal	33
6.8. Análisis de datos de las microalgas (objetivo 3).....	34
6.9. Propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua (objetivo 4).....	35
7. RESULTADOS	36
6.1. Estructura y composición de plantas en los tres morichales (objetivo 1).....	36
6.2. Diversidad de plantas en los tres morichales (diversidad alfa).....	44
6.3. Estructura Horizontal	45
6.3.1. Abundancia	45
6.3.2. Frecuencia	46
6.3.3. Dominancia.....	47
6.3.4. Índice de valor de importancia de las especies de plantas en cada uno de los morichales.....	48
6.3.5. Diámetro a la altura del pecho.	49
6.3.6. Cobertura de la copa	51
6.4. Estructura vertical.....	52
6.5. Diversidad beta, con base en los índices de Jaccard y Morisita-Horn (objetivo 2)	53

6.6.	Diversidad de microalgas en los tres morichales (objetivo 1).....	55
6.6.1.	Diversidad de Microalgas en tres morichales del municipio de Tame (alfa)	
	57	
6.6.2.	Abundancia	59
6.7.	Diversidad beta para las microalgas con base en los índices de Jaccard y Morisita-Horn (objetivo 2)	61
6.8.	Relación entre la riqueza de microalgas y los parámetros fisicoquímicos .	63
6.9.	Relación entre los factores fisicoquímicos y abundancia de Coliformes para los tres morichales (objetivo 4)	65
7.	DISCUSIÓN	72
8.	Conclusiones	83
9.	RECOMENDACIONES.....	84
10.	Bibliografía	86
11.	ANEXOS	96

Lista de Tablas

Tabla 1: Métodos realizados para los análisis físico-químicos y bacteriológicos.	35
Tabla 2: Familia con mayor riqueza en el morichal 1.	36
Tabla 3: Familias con mayor riqueza morichal 2	37
Tabla 4: Familias con mayor riqueza en morichal 3.....	37
Tabla 5: Microalgas encontradas en el primer muestreo (época seca).	56
Tabla 6: Microalgas encontradas en el primer muestreo (época lluvia).	56
Tabla 7: Parámetros fisicoquímicos para época seca.	67
Tabla 8: Parámetros fisicoquímicos época lluvia	67
Tabla 9: Comparación de la flora con el estudio realizado.	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de la Palma <i>M. flexuosa</i> en el departamento de Arauca, con una altura de 90 msnm para el municipio de Cravo norte y de 926 msnm el municipio de Tame (Lasso et. al 2013).	12
Figura 2: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo, sus coberturas vegetales en el municipio de Tame, Arauca. Colombia. ArcGis @ Carvajalino. M., 2019.	26
Figura 3: Morichal 1 ubicado en la vereda Angosturas.	26
Figura 4: Morichal 2 ubicado en la vereda Corocito.....	27
Figura 5: Morichal 3 ubicado en la zona urbana de Tame.	27
Figura 6: Esquemmatización de las parcelas.....	28
Figura 7: Curva de refracción que representa la riqueza de especies para los tres morichales muestreados mediante el método de Chao y Jost (2012).....	38
Figura 8: Diagrama de cajas de riqueza de plantas en los tres morichales del municipio de Tame, Arauca.....	39
Figura 9: Diagrama de cajas de abundancia de plantas de los tres morichales del municipio de Tame, Arauca.....	39
Figura 10: Curvas de distribución de abundancia del Morichal 1.	41
Figura 11: Curvas de distribución de abundancia del morichal 2.	41
Figura 12: Curvas de distribución de abundancia del Morichal 3.	42
Figura 13: Curva de distribución de especies de plantas vasculares en tres morichales del municipio de Tame, Colombia. (M- uno: Morichal 1; M-dos: Morichal 2; M-tres: Morichal 3), (HQ: <i>Tococa bullifera</i> ; EA: <i>M. flexuosa</i> ; DX: <i>Maprounea guianensis</i> ; CS: <i>Hirtella goudotina</i> ; G: <i>Alchornea glandulosa</i> ; GD: <i>Protium glabescens</i> ; HE: <i>Steinchisma decipiens</i> ; GS: <i>Simarouba amara</i> ; AU: <i>Clidemia ruba</i> ; EC: <i>Miconia albicans</i> ; CE: <i>Ficus mathewsii</i> ; FZ:	

Polypodium decumanum; DR: Luziola peruviana; HM: Tapirira guianensis; IG: Xylopia aromatica; ET: Myrcia paivae; EJ: Miconia trinervia; EZ: Myrsine pellucida; FP: Philodendron longirrhizum; HF: Steptostachys sp; EW: Myriophyllum sp; H: Alchornea triplinervia; EH: Miconia rufula; L: Amaranthus viridis; II: Xylopia nítida; HA: Spathiphyllum juaninense; HI: Syagrus orinocensis; CR: Helicostylis elegans; DH: Iriartella setigera; HG: Swartzia sp; AH: Calathea propinqua; HJ: Syzygium jambos; BQ: Dieffenbachia picta; FW: Piper marginatum; BC: Costus lasius; CK: Garcinia madruno; AJ: Carludovica palmata; DJ: Ischnosiphon crotalifera; FB: Nectandra cuspidata; N: Andira inermis; Q: Aniba ferruginea; BE: Costus spiralis; EK: Miconia voronovii; BB: Costus chartaceus; DE: Inga gracilior; EP: Monstera adansonii; EI: Miconia stephananthera; ED: Miconia minutiflora; FN: Philodendron barrosoanum; FQ: Phyllanthus attenuatus; EM: Mikania Congesta; FB: Nectandra cuspidata; AM: Cecropia sararensis; FW: Piper marginatum; GS: Simarouba amara; FY: Polypodium caceresii; IF: Vochysia lehmannii; ES: Monstera sp; HZ: Urera cf. baccifera; DD: Ichnanthus pallens; FU: Piper amalago)..... 43

Figura 14: Perfiles de diversidad alfa en tres morichales del municipio de Tame, Arauca. Diversidad de orden 0D , diversidad de orden 1D y diversidad de 2D 45

Figura 15: Comparación de abundancias de los tres morichales muestreados. 46

Figura 16: La especie más frecuentes en los tres morichales muestreados, para el morichal uno: Luziola peruviana y Tococa bullifera, Seguido por el morichal dos Spathiphyllum juninense y M. flexuosa, por último para el Morichal tres Helicostylis elegans y M. flexuosa son las más frecuentes. 47

Figura 17: Dominancia de especies en los tres morichales. 48

Figura 18: Índice de valor de importancia para las especies de plantas en los tres morichales. 49

Figura 19: Abundancia de individuos en los tres Morichales, según el rango del DAP.....	50
Figura 20: Frecuencia de los individuos por área de copa Morichal.	51
Figura 21: Frecuencia de individuos por alturas (m) en los tres Morichales.	53
Figura 22: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Jaccard datos de presencia – ausencia.	54
Figura 23: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Morisita – Horn para datos de abundancia.....	55
Figura 24: Perfiles de Diversidad de microalgas para la época seca, en tres morichales del municipio de Tame, Arauca. Diversidad de orden cero 0D , Diversidad de orden uno 1D , Diversidad de orden dos 2D	58
Figura 25: Perfiles de Diversidad de microalgas para la época de lluvia, en tres morichales del municipio de Tame, Arauca. Diversidad de orden cero 0D , Diversidad de orden uno 1D , Diversidad de orden dos 2D	59
Figura 26: Abundancia de microalgas en los morichales.....	60
Figura 27: Índice de valor de importancia para las microalgas en los tres morichales.....	61
Figura 28: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Jaccard para datos de presencia – ausencia para las microalgas en época seca.....	62
Figura 29: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Morisita - Horn para datos de abundancia para las microalgas en época seca.	62
Figura 30: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Jaccard para datos de presencia – ausencia para las microalgas época lluvia.	63
Figura 31: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Morisita - Horn para datos de abundancia para las microalgas en época lluvia.....	63

Figura 32: Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre los géneros de microalgas observadas y los diferentes parámetros físico-químicos, en época seca: (Mor-uno: Morichal uno; Mor-dos: Morichal dos; Mor-tres: Morichal tres), (fosfatos, Alcalinidad, turbidez, solidos totales, Cloruros, Temperatura, pH, DQO, sulfatos y nitritos), (Navicula, Pinularia, Phacus, Microspora, Closterium, Anabaena, Monorophidium, Cymbella).	64
Figura 33: Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre los géneros de microalgas observadas y los diferentes parámetros físico-químicos, en época de lluvia: (Mor-uno: Morichal uno; Mor-dos: Morichal dos; Mor-tres: Morichal tres), (fosfatos, Alcalinidad, turbidez, solidos totales, Cloruros, Temperatura, pH, sulfatos y nitritos), (Pinularia, Gyrosigma, Closterium, Oscillatoria, Cosmarium, Clorella, Mougeotia, Scenedesmus, Chroococcus).	65
Figura 34: ACP de época seca con presencia de Coliformes.	70
Figura 35: ACP Época lluvia con presencia de Coliformes.	70
Figura 36: ACP época lluvia con ausencia de Coliformes.	71
Figura 37: ACP época seca sin Coliformes.	71
Figura 38: Familias con mayor número de especies a nivel general del muestreo sin discriminación por morichal.	75
Figura 39: Riqueza de los tres morichales en época seca.	78
Figura 40: Riqueza de los tres morichales en época lluvia.	78

RESUMEN

El estudio se realizó en tres áreas del municipio de Tame, Arauca en ecosistemas de Morichal entre los meses de Marzo y Abril (época seca), Junio y Agosto (época lluvia. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del disturbio en la diversidad de plantas vasculares y microalgas, las características fisicoquímicas y bacteriológicas de los morichales estudiados.

Para el estudio se establecieron cuatro parcelas de 10 x 25 m en cada uno de los morichales donde se registraron los individuos con un CAP > 2.5 cm. Se colectaron 1076 individuos distribuidos en 68 familia, 228 géneros y 245 especies los valores de diversidad variaron en cada uno de los morichales, las Melastomataceae con 14 especies (16,09%), las Poaceae con 13 especies (14,99%) fueron las de mayor riqueza para el morichal uno, las Araceae con 7 especies (9,33%) fue la de mayor riqueza, mientras que Arecaceae, Fabaceae y Melastomataceae presentaron 6 especies cada una (6,67%) para el morichal dos y por último el morichal tres, Melastomataceae con 12 especies (9,84%) mostrando la mayor riqueza, seguida de Araceae con 9 especies (7,38%). Para las microalgas se tomaron 4 puntos ubicados en los sitios donde se realizaron las parcelas igualmente allí se tomaron las muestras de agua a partir de un volumen de 500 mL para las microalgas, uno de 2 L para los análisis fisicoquímicos y uno de 1L para los análisis bacteriológicos. Se registraron cuatro clases Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae y Cyanophyceae. Para la época seca se registraron 17 géneros distribuidos en las cuatro clases anteriores los géneros más abundantes para el morichal uno fueron *Euglena* con 83,48%, *Botryococcus* con 10,14%, para el morichal dos *Pinularia* con 71,44%, *Cyberella* y *Navicula* con 8,75% de abundancia y el morichal tres los géneros presentes fueron *Monoraphidium* con un 60% de la abundancia y

el otro 40% para *Navicula*, para la época lluvia en el morichal uno *Chollera* 33,55% y *Scenedesmus* 24,71 % Fueron las más abundantes, mientras que *Closterium* 37,73 y *Chollera* 28,65% fueron las más abundantes para el morichal dos y por último el morichal tres *Pinularia* 51,64% y *Navicula* 44,58% fueron las de mayor abundancia No se encontró una relación entre la diversidad de plantas y de microalgas en los morichales, la diversidad para la plantas estuvo mejor representada en el morichal tres, mientras que la riqueza más baja estuvo en el morichal dos, mientras que para las microalgas el morichal con mejor diversidad fue el uno, mientras que para el morichal tres fue el morichal con menor diversidad. Los parámetros fisicoquímicos presentaron diferencias entre ellos y también entre las épocas de lluvia y sequía.

1. INTRODUCCIÓN

La región tropical de Suramérica presenta gran variedad de tipos de vegetación boscosa, que comprende desde las regiones de tierras bajas hasta las de alta montaña, y desde las pluviales hasta las áridas (Huber & Riina., 1997).

La mayor parte de esta superficie está ocupada por lo que se denomina como bosque húmedo tropical (bh-T) y las sabanas de tierras bajas. Los bosques húmedos tropicales se caracterizan por ser ecosistemas con gran complejidad estructural y ambiental, además de que albergan la mayor diversidad de especies de plantas del mundo, concentrando cerca del 50% de las especies descritas (Gentry., 1993).

Dentro de estos bosques húmedos se encuentra el bosque inundable o bosque de galería, que se forma en la orillas de los ríos, evitando su evaporación y conservando la temperatura, como parte de este tipo de vegetación se encuentran los morichales que son representativos en la Orinoquia Colombiana, los cuales están dominados por la palma *Mauritia flexuosa*. Estos ecosistemas conservan una gran diversidad de especies tanto vegetales como animales; en sus aguas se encuentra macro-invertebrados y microalgas, las que se han utilizado como bioindicadores. Debido a que son sensibles al cambio del ambiente, proporcionan información del estado del ecosistema. Aunque los morichales son ecosistemas muy conocidos en la Orinoquia, la información acerca de su estructura, función y dinámica ecológica es muy escasa, un acercamiento al conocimiento de los morichales; lo propusieron Matteucci & Colma (1982) con aspectos florísticos y estructurales de estas comunidades

vegetales aportando información acerca del conjunto interactuante de las especies vegetales que cohabitan un espacio determinado.

Frente al hecho de pocos estudios registrados que aborden la estructura, la diversidad y conservación de las plantas vasculares y con las microalgas en los ecosistemas de morichales, el presente trabajo tuvo como objetivo: Evaluar el efecto del disturbio sobre la diversidad de plantas vasculares, microalgas y en las características físico-químicas y bacteriológicas que componen los ecosistemas de morichal en el municipio de Tame, Arauca.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los morichales constituyen ecosistemas dominados por la palma de moriche (*M. flexuosa*) que están de algún modo aislados en la sabana y son representativos de la Orinoquia y la Amazonia. La Orinoquia Colombiana, donde se encuentra el departamento de Arauca cuenta con pocos estudios que describen su biodiversidad. De *M. flexuosa* se desconocen el área de distribución, el estado de conservación, la dinámica de regeneración natural o la composición florística de las coberturas vegetales asociadas a esta (Lasso et al., 2013). Por otra parte, el alto consumo de plántulas de *M. flexuosa* por parte del ganado bovino y otros animales domésticos (cerdos), también está ejerciendo presión sobre el mantenimiento de las poblaciones de esta especie (Pérez & Mijares, 2013), con el agravante que las vacas y cerdos no son especies nativas del ecosistema, por tal motivo los lugares para realizar este estudio se clasificaron por la intervención presentada el hombre y animales tales como: vacas, cerdos y caballos.

Los morichales también son una fuente permanente de agua en las sabanas inundables de la Orinoquia, el agua de estos ecosistemas son consumidas por animales que habitan, o pasan por estos lugares, un componente importante de las fuentes hídricas que se forman en los morichales son las microalgas, que son importantes en la dinámica de estos ecosistemas, además de dar un indicio del estado en el que se encuentran estas fuentes hídricas, ya que son microorganismos sensibles a cambio en los parámetros fisicoquímicos del agua son normalmente usados como bioindicadores.

En el caso de los indicadores biológicos, la presencia o ausencia de ciertas especies, constituye un referente de medición sobre las condiciones cualitativas de un cuerpo acuático; de tal manera que una vez conocido y caracterizado un ecosistema acuático, la presencia y proporción de determinados individuos de especies particulares, puede indicar de manera directa y precisa concentraciones específicas de alguna sustancia contaminante. (Ospina & Peña 2004). Las microalgas son buenos indicadores del estado de conservación en humedales, ya que son susceptibles a cambios en el ambiente o por intervención antrópica. En estudios realizados en los morichales de Mateyuca y Flor Amarilla, (los cuales se ubican entre los municipios de Villavicencio y Puerto López, Meta, Colombia respectivamente), se obtuvo una gran riqueza de microalgas, dando nuevos registros de especies para esta zona con una gran presencia de la familia Desmidiaceae Cloesel (1982), estableciendo que las Desmidiaceae fueron catalogadas como indicadores de ambientes poco alterados. Algunos de estos ambientes se han visto afectados también por la intervención de petroleras que utilizan la sísmica para estos procesos de detección de crudo, procesos que altera el funcionamiento de los morichales que se encuentran alrededor de estos, obligando al desplazamiento de fauna por la simplificación estructural y disminución de la diversidad, además que incide en la profundización de las aguas.

Por el estado de transformación, es una prioridad la conservación de estos ecosistemas, por lo tanto, se debe incrementar el conocimiento en la composición de microalgas y plantas vasculares y su relación con la intervención antrópica que inciden en la degradación de estos ecosistemas. Bajo este escenario, este trabajo plantea las siguientes preguntas de investigación; ¿Existe una relación entre la diversidad de microalgas, con la diversidad de plantas vasculares?, ¿las microalgas nos pueden indicar el estado de conservación de los morichales?

Hipótesis: existe una relación directa entre la diversidad de plantas vasculares y la diversidad de algas y una relación inversa con respecto al grado de disturbio de las comunidades de morichales y la menor concentración de nutrientes y de bacterias en tres morichales del municipio de Tame - Arauca, Colombia. Para dar respuesta se plantea establecer la composición de microalgas, propiedades físico-químicas del agua, la concentración de bacterias Coliformes totales y fecales y la composición y diversidad de plantas vasculares en tres morichales con diferentes grados de disturbio en el municipio de Tame, Arauca.

3. Marco Conceptual

La región tropical de Suramérica presenta gran variedad de tipos de vegetación boscosa, que comprende desde las regiones de tierras bajas hasta las de alta montaña, y desde las pluviales hasta las áridas. Sin embargo, gran parte de su superficie está ocupada por lo que se denomina como bosque húmedo tropical (Bh- T) (por su proceso de evapotranspiración) y las sabanas de tierras bajas. Los bosques húmedos tropicales se caracterizan por ser ecosistemas con gran complejidad estructural y ambiental, además de que albergan la mayor diversidad de especies de plantas del mundo, concentrando cerca del 50% de las especies descritas Dueñas., *et al* (2007). Colombia tiene una gran diversidad ecosistémica reconocida a nivel mundial en relación a los humedales, ecosistemas o ambientes acuáticos. (Lasso *et al.*, 2014).

3.1. Bosques tropicales Húmedos

Los bosques tropicales húmedos (BhT) son los ecosistemas terrestres más importantes de la tierra y los que contienen la mayor riqueza de biodiversidad del mundo, estos concentran una enorme cantidad de especies de prácticamente todos los grupos taxonómicos. A pesar de cubrir sólo entre el 7% de la superficie mundial, se estima que contienen más del 60% de las especies totales de seres vivos. Las selvas húmedas latinoamericanas constituyen el ecosistema más diverso del planeta (Wilson., 1988). Los bosques húmedos tropicales exhiben gran variedad de servicios ambientales entre los que se encuentran la regulación de los ciclos hidrológicos, la protección de suelos, la

conservación de las cuencas hidrográficas y la fijación de CO₂ (Caro., 2008). En Colombia, los BhT poseían una extensión de 415.000 km², la cual equivale al 36.5% del territorio nacional. Este tipo de bosque se distribuye a través de las principales regiones biogeográficas del país, como lo son las tierras bajas del Pacífico o Chocó Biogeográfico, con cerca de 46.000 ha; la Amazonía y algunos sectores de la Orinoquia, con cerca de 364.000 ha y las estribaciones de los Andes, en los valles medios de los ríos Magdalena y Sinú, en los valles bajos de los ríos Cauca y San Jorge y en la cuenca del río Catatumbo, con cerca de 1.650.000 ha (Dueñas et al., 2007; Etter, 1998^a; Etter en 1993).

La Región de la Orinoquía, abarca una gran riqueza hídrica, diversidad de paisajes y de ecosistemas acuáticos y terrestres, encontrándose representados en estos últimos, los bosques húmedos tropicales (que para el departamento de Arauca, se encuentra ubicados para la zona de amortiguación del parque nacional natural el Cocuy) y dentro de los ecosistemas acuáticos clasifican bosques de galería (Gast, 2005; ORAM, 1997 citado por Etter, 1998^a), y a su vez dentro de estos se encuentran los morichales (Etter, 1998^b).

3.1.1. Bosques de galería

En la Orinoquia Colombiana los bosques ribereños se pueden diferenciar en bosques de vega y bosques de galería. Los bosques de vega son aquellos que se desarrollan sobre superficies de inundación en los valles aluviales de los ríos de aguas blancas provenientes de los Andes (como por ejemplo los ríos Pauto y Meta), los cuales presentan una gran exuberancia dado que están soportados por suelos de fertilidad media o alta (Baptiste &

Ariza., 2008) y un régimen menor de inundación anual (Pitmann et al., 2001). Los bosques de galería se desarrollan en las márgenes de ríos, caños y cañadas que nacen en las sabanas y se desarrollan sobre los planos de inundación o en los diques de las riberas (Baptiste & Ariza., 2008).

Al ubicarse junto a los ríos hace que estos experimenten variaciones en verano e invierno; al incrementar los caudales, se da una variación en la composición química y de nutrientes con el aporte o lavado de materiales, en verano estos ecosistemas se convierten en auténticos reservorios de aguas y evitando la ausencia total por la disminución del caudal (Fajardo *et al.*, 2014).

Los bosques de galería forman parte importante del paisaje sabanero. Estos protegen las pequeñas corrientes y evitan la erosión. Generando un microclima que modera el ambiente acuático durante la época seca, evitando que el caudal se seque por completo y absorbiendo el calor del verano y enfriando las aguas, además albergan una gran diversidad de especies (Fajardo *et al.*, 2014).

3.2. Morichales en la Orinoquia

En la Orinoquia los morichales constituyen en muchos casos, la única fuente de agua permanente para la fauna de la sabana, así como para muchas comunidades humanas, en

especial durante el periodo de sequía (Lasso *et al.*, 2013). Los morichales establecen ecosistemas de gran importancia, dada principalmente por su papel fundamental en la protección de cauces de agua permanente y semipermanentes (Caro, 2008). Añadido a esto, albergan un gran valor ecológico al otorgar mayor almacenamiento de carbono; hábitats clave y fuentes de recursos para numerosas especies (aves, peces, mamíferos, etc), incluidas la ganadería; además de constituir, específicamente la palma de moriche, un recurso para alimento y elaboración de artesanías en las comunidades indígenas (Caro, 2008).

Los morichales, conocidos también como palmares, aguajales o cananguchales, entre otros (Cabrera & Rivera, 2016), son comunidades vegetales donde prosperan la palma de moriche (*M. flexuosa*), la cual constituye el elemento florístico más llamativo y determinante de este ecosistema (Aristeguieta, 1968).

3.2.1 Características de *Mauritia flexuosa*

Generalmente las palmas presentan un tallo erecto, indiviso o monopódico coronado por un conjunto de hojas gigantes como en el caso de *Roystonea borinquena*. Si bien se trata de uno de los patrones más típicos de las palmas, es posible reconocer en sus 2400 especies otras formas de crecimiento. Las dos formas más comunes y repetitivas están representadas en *M. flexuosa* y *Roystonea regia*, ambas con un tallo único o tronco erecto, que les confiere la denominación de palmas solitarias, para diferenciarlas de las multicaules o cespitosas como es el caso de *Bactris major* (Lasso et al., 2013).

El género *Mauritia* constituido por dos especies, está restringido a la zona tropical del continente suramericano y aparentemente su centro de especiación fue la cuenca amazónica (Ponce, 2000). La especie *M. flexuosa* se expandió centripetamente a partir de la cuenca amazónica, colonizando las regiones bajas y mal drenadas de Suramérica, más específicamente, a las cuencas de la Amazonia y la Orinoquia (Muller, 1970, González, 1987). En Colombia, *M. flexuosa* se encuentra en los Llanos Orientales (ver figura 1), las franjas verdes representan la distribución de *M. flexuosa* en el departamento de Arauca), en el piedemonte andino y en formaciones de sabanas y de selva húmeda del Vaupés, Amazonas, Guainía, Guaviare, Caquetá, Vichada y Putumayo, posiblemente la palma más abundante en la Cuenca Amazónica y de la Orinoquia extendiéndose su distribución a elevaciones de 200 a 900 msnm de altitud (Caro., 2008).

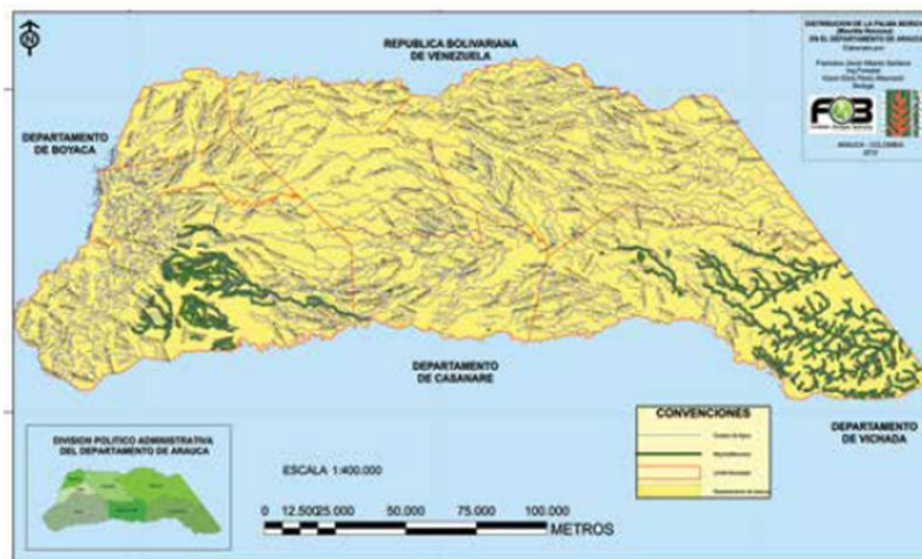


Figura 1: Distribución de la Palma *M. flexuosa* en el departamento de Arauca, con una altura de 90 msnm para el municipio de Cravo norte y de 926 msnm el municipio de Tame (Lasso *et. al* 2013).

El género *Mauritia* lo constituye palmas de tallo solitario y columnar, que alcanza hasta 30 m de alto y 50 cm de diámetro. La corona es muy grande y de aspecto esférico, compuesta por numerosas hojas costapalmeadas, de aspecto desordenado, sostenidas por un pecíolo robusto y cilíndrico, de hasta unos 3 m de largo. Son plantas dioicas, es decir, hay individuos con flores masculinas y otros con únicamente flores femeninas, aunque al parecer se presenta una proporción muy baja de individuos con flores de los dos sexos (Galeano & Bernal., 2010).

En el estrato superior la palma *Mauritia flexuosa* se encuentra asociada con especies como *Copaifera officinalis*, *Nectandra pichurim*, *Ficus guianensis* y *Coccoloba caracasana*, *Trichantera gigantea*, *Miconia scorpioides*, *Caraipa llanorum*, *Alchornea triplinervia* y especies pertenecientes a los géneros *Protium*, *Vochysia* y *Cecropia*. (Delascio., 1990, Vicelli., 1981), y algunas especies de palmas como *Euterpe precatória*, *Astrocaryum* sp., *Oenocarpus bataua*, *Oenocarpus multicaulis* y *Mauritiella aculeata*. En el estrato medio se han reportado especies como *Melochia villosa*, *Ludwigia nervosa*, *Solanum sacupanense* y *Miconia stephanthera* (Delascio, 1990). Finalmente, en el estrato graminiforme son comunes especies como *Andropogon leucostachyus*, *Rhynchospora barbata*, *Xyris caroliniana* y *Eriocaulon humboltii* (Caro., 2008).

3.3. Microalgas

Las microalgas son un grupo de microorganismos que ha evolucionado desde el origen de la tierra, adaptándose a diferentes ecosistemas como base de la cadena trófica de otros

organismos. La importancia del estudio de estos microorganismos, es el grado de endemismo y de conservación que existe en estas zonas de alta biodiversidad, debido a diferentes condiciones geográficas, climatológicas y físicoquímicas que han favorecido a la diversificación de sustratos para el crecimiento de todo tipo de microalgas; tales como Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Ochrophyta y Dinophyta, que son microorganismos que se encuentran comúnmente en zonas tropicales (Nuñez-Avellaneda, 2008) y que se ha encontrado en varias localidades de Ecuador.

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos autótrofos o heterótrofos, capaces de convertir la energía solar y sintetizar compuestos de carbono mediante la fijación del CO₂ (Barsanti y Gualtieri, 2006; Lee, 2008; Brodie y Lewis, 2007). Estos microorganismos están presentes en todos los cuerpos de agua, como lagos, estanques, ríos y mares. Además, se encuentran presentes en el suelo y en la mayoría de ambientes terrestres, incluyendo aquellos con condiciones extremas (Morgan et al., 2007; Koller et al., 2014); permitiéndoles crear ciertas características para adaptarse a una gran cantidad de ambientes. A pesar de que la mayoría de especies de microalgas de agua dulce tienen una amplia distribución geográfica (cosmopolitas), existen algunas especies de crisofitas, algas verdes, algas rojas y diatomeas que son endémicas de ciertas regiones geográficas o cuerpos de agua específicos (Prescott, 1954; Lee, 2008; Bellinger y Sigeo, 2010).

Las microalgas, como todos los organismos, juegan un rol muy importante debido a la alteración de los ecosistemas por el impacto antropogénico, ocasionando alteración masiva de los ciclos biogeoquímicos de los elementos químicos. Todos los elementos que se incorporan en la materia orgánica son eventualmente reciclados a formas inorgánicas por

medio de la mineralización. Este proceso se produce en la columna de agua, así como en el fondo de los cuerpos de agua, donde se acumulan los detritos (Bellinger y Sigeo, 2010). Las microalgas son importantes para el ciclo biogeoquímico de los elementos químicos mediante la captación, asimilación y producción de carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, silicio y azufre.

La diversidad de microalgas en ambientes de agua dulce está influenciada por las condiciones físicas y químicas del ecosistema, así como las actividades de las comunidades microbianas que habitan dentro de él. Además, las características físico-químicas del agua son importantes en la fisiología y ecología de los organismos acuáticos. Influyendo en las características y crecimiento de las microalgas según Wehr y Sheath (2003); Barsanti y Gualtieri (2006); Brodie y Lewis (2007); Lee (2008); Bellinger y Sigeo, 2010.

3.3.1. Parámetros físico-químicos

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco., *et al* 2005).

3.3.1.1. Temperatura

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados (ley del Q10, coeficiente de temperatura), aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos. Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina mediante termometría realizada “*in situ*”.

3.3.1.2. Color

Para el agua natural el color es un constituyente común. Por lo general es el resultado de la presencia de iones de hierro y magnesio coloidal, además de ligninas, ácidos húmicos y otros productos de vegetación que se consideran existentes en suspensión coloidales. En el agua potable el color es objetable únicamente por razones estéticas, pero en varios procesos se requiere agua especialmente incolora. De acuerdo a lo expuesto el color del agua puede tener origen orgánico o inorgánico. Los tipos de color son aparentes el cual es causado por la materia suspendida en solución coloidal. Se determina sin filtrar o centrifugar la muestra. El color verdadero es el color de la muestra una vez que su turbiedad ha sido removida, es decir se determina después que la muestra ha sido filtrada o centrifugada. En general el término color se refiere al color verdadero del agua y se

acostumbra a determinarlo conjuntamente con el PH, normalmente el color está en proporción directa con el pH. Se recomienda que el agua si es potable no exceda 15 ó 20 unidades en la escala platino – cobalto (Pt- Co) (Mulato 2014).

3.3.1.3. Demanda química de oxígeno

La DQO se determina adicionando una cantidad pesada de dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) a un volumen conocido de muestra, acidulando el medio ($pH < 7$) y manteniendo destilando a reflujo el sistema durante 2 o 3 horas. El dicromato sobrante de la oxidación de la materia orgánica se evalúa mediante un agente reductor (generalmente sulfato amónico ferroso). La diferencia entre la cantidad inicial de dicromato y la determinada por valoración con el agente reductor, es la consumida en la oxidación de la materia orgánica presente en el efluente. La DQO es igual a la cantidad de dicromato consumido, expresado como mg/L de oxígeno presente en la disolución ($1 \text{ g } K_2Cr_2O_7 = 0,381 \text{ g de oxígeno}$). La toma de muestra se debe hacer inmediatamente antes del análisis o, tras acidular la misma con ácido sulfúrico a $pH \leq 2$, antes de 5 días, conservándose en nevera y en la obscuridad o antes de un mes congelando a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Jiménez y Barba 2008).

El DQO determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica que se encuentra en las fuentes de agua, normalmente los niveles de DQO son mayores que los DBO ya que estos pueden reaccionar con sustancia de difícil degradación para los microorganismos.

3.3.1.5 Potencial de hidrogeno (pH)

Este parámetro es definido como el logaritmo del inverso de la concentración de hidrogeniones (H^+). El intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecho y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y afectación la reproducción.

3.4. Coliformes Totales y Fecales

El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación de agua, el ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto, en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliforme se constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia y la purificación y potabilidad del agua (Roldán., 2003).

3.5 Las microalgas como Bioindicadores.

3.5.1. Bioindicadores

Los bioindicadores son utilizados como instrumentos de medición pues brindan información de la calidad del ambiente y sobre todo de las condiciones actuales de un organismo o ecosistema (Environment Agency, 2008). Pueden ser definidos como organismos o comunidades de organismos que responden a un estímulo cambiando sus funciones vitales o acumulando toxinas (Arndt & Schweizer, 1991). Estos estímulos pueden

indicar la presencia de un contaminante o cambios en la composición química del agua y provocar diferentes reacciones en los organismos, lo cual indica su utilidad como indicadores para determinar la presencia de contaminantes en el ambiente.

El uso de bioindicadores ofrece como ventaja la posibilidad de evaluar el estado ecológico en el que se encuentra un río o lago en un momento determinado y adicionalmente observar su evolución en el tiempo. Con este fin se utilizan organismos sensibles a los cambios que en su mayoría indican la presencia de contaminantes o alteraciones en su ecosistema, estos organismos pueden ser introducidos o que ya habiten el ecosistema (García et al., 2017).

Un instrumento actual para la caracterización y monitoreo ambiental es el uso de microalgas como indicadores de calidad de agua. Estos bioindicadores son muy sensibles a los cambios ambientales en los cursos de aguas donde viven, por lo que son usados en los estudios y monitoreos ambientales en países industrializados (Streble & Krauter., 1987). Por lo tanto, a partir de la observación de cambios en la composición y abundancia de especies, que ocurren en las comunidades acuáticas en el tiempo y espacio, se puede deducir el grado de contaminación (Yucra & Tapia., 2008).

3.6. Microalgas en morichales

Un componente importante que participa en la dinámica de estos ecosistemas de morichales son las Microalgas, las cuales pueden ser utilizadas como bioindicadores del estado de conservación de los morichales en la Orinoquia (Lasso, 2013). El conocimiento de la composición de las comunidades planctónicas es de vital importancia para la

prevención y manejo de humedales (Rivera *et al.*, 2010); sin embargo, en la Orinoquia Colombiana existen pocos estudios relacionados directamente con la riqueza de especies, así como sobre los cambios ocasionados por la dinámica hidrológica (Marciales *et al.*, 2012).

Desde los aspectos limnológicos se corroboran semejanzas para el piedemonte Orinoquense tanto en el Meta en la zona cercana a Villavicencio (morichales Mateyuca y Flor Amarilla), como en la región Araucana en Tame (Morichal y quebrada La Vieja). Ambas áreas concuerdan con la oligotrofia de estos sistemas, que brindan condiciones adecuadas para el establecimiento y dominancia de algas de la familia Desmidiaceae, las cuales fueron comunes a las dos regiones y han sido catalogadas como excelentes indicadores ambientales de sistemas poco alterados (Mesa & Lasso., 2013).

4. Antecedentes

Algunos estudios realizados en morichales y bosques de galería en la Orinoquia Colombiana y Venezolana detallan sus características medioambientales como lo son los trabajos de Manzi y Coomes (2008), mediante el manejo de palmas amazónicas para el uso comunitario: un uso de palma de anguaje (*M. flexuosa*) en Perú; se identificaron las condiciones claves para el manejo de la palma y la importancia de la adopción de dispositivos de escala para la disminución de la tala de *Mauritia*, e incitar a una mayor conservación a nivel de comunidad. Otros trabajos realizados en los bosques secos y sabanas como lo hizo Dezzeo et al., (2008), donde resaltan la importancia de la topografía y humedad para la distribución los bosques secos, morichales y sabanas, mostrando una heterogeneidad entre morichales y bosques secos, estructural y florísticamente. Correa & Stevenson (2010), mediante la estructura y diversidad de bosques de galería en una sábana estacional de los llanos orientales, colombianos; la vegetación asociada a tres trayectorias de aguas que convergen en el río Tomo. También se han documentado varios tomos referentes a humedales, por estudios realizados por el instituto Alexander von humboldt (Lasso et al., 2014). Cabrera & Rivera (2016), quienes realizaron una caracterización de la composición florística y estructural de los bosques ribereños de la cuenca del río Pauto, en Casanare, Colombia; donde se analizó la riqueza y la importancia de las especies para establecer una clasificación local de los tipos de bosques. Mendes *et al.*, (2016) estudiaron la biología floral y el sistema reproductivo de *M. flexuosa* (Arecaceae) en un ambiente de restinga en el noreste de Brasil; el estudio arrojó la efectividad del escarabajo Curculiónido del género *Grasidius*, en la polinización de la palma, las flores masculinas *M. flexuosa* ofrece a sus polinizadores una gran recompensa de polen,

mientras que las flores femeninas ofrecen solo una secreción de néctar como recompensa para estos.

Trabajos correspondientes a la caracterización de microalgas son escasos: se registran los de Marciales et al., (2012) quienes realizaron un estudio de la composición fitoplanctónica y zooplanctónica de cuatro lagunas en épocas de aguas altas y aguas bajas en Puerto López, Marciales *et. al* (2012) quisieron establecer la fisicoquímica de los humedales, también la estructura del fitoplancton, este estudio se realizó en tres humedales en Casanare, Meta, Arauca, Meta. Brook (2014) aporta información en cuanto a la clasificación biológica de los lagos, discutiendo el valor y las limitaciones de los cocientes de fitoplancton para la evolución de morichales.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto del disturbio sobre la diversidad y estructura de plantas vasculares, de microalgas y en las características físico-químicas y bacteriológicas que componen los ecosistemas de morichal en el municipio de Tame, Arauca.

5.1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer la diversidad de plantas, estructura de la vegetación y microalgas en tres morichales con diferente grado de disturbio.
- Comparar la diversidad de plantas vasculares y la diversidad de microalgas en tres morichales con diferente grado de disturbio.
- Evaluar el estado de conservación de los morichales, a partir de microalgas como un bioindicador.
- Relacionar las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua en tres morichales.

6. METODOLOGÍA

6.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica de las temáticas, de la investigación para adquirir bases teóricas.

6.2. Visita previa a las zonas

Previamente se realizaron las vistas a los morichales propuestos, observando el estado de cada uno de ellos, así como su accesibilidad, la autorización por parte de los dueños de los predios, eligiendo morichales con diferente grado de disturbio tomando como criterio la abundancia de las gramíneas y plantas herbáceas, densidad de arbustos y árboles y la presencia de ganado y de especies invasoras, para así poder llevar a cabo la propuesta planteada, para el caso de las microalgas se muestrearon tanto en época de lluvias, como en época seca.

6.3. Área de estudio

La investigación se realizó en tres zonas del municipio de Tame, Arauca, Colombia, el cual se ubica en el suroccidente del departamento con 649,900 hectáreas un 22% del departamento, Tame presenta un clima tropical lluvioso, con dos periodos bien definidos seco y lluvioso, con características de un régimen bimodal, con una temperatura que está entre los 25°C y con una humedad de 85% y una precipitación anual que oscila entre los 1.800 y 3.500 mm (Mulato., 2014), la primera zona se encuentra en la vereda Angosturas sobre un altiplano con coordenadas 06°33'32,1" N 71° 47' 14.9" W, alrededor de una laguna. Su vegetación es dominada por matorrales y pastizales, se halla cerca de un lugar de

explotación petrolera. Por el sitio transita ganado temporalmente; habitan garzas, loros y otras aves, peces, babillas y muchos anfibios (observación personal). La segunda zona se encuentra en la vereda Corocito con coordenadas $6^{\circ}33'26.42''$ N $71^{\circ}42'23.46''$ W. Este morichal tiene poca intervención de ganado y otras especies domesticas ya que está protegido con cerca eléctrica una parte que limita con la vivienda de la finca. Se presenta una población de *M. flexuosa* y asociado a un parche pequeño bosque, habitado por monos aulladores, serpientes y aves, el morichal ubicado en una hondonada rodeado por sabana, no hay un espejo de agua formado, aunque el terreno es fangoso. EL tercer sitio de muestreo se encuentra en la zona urbana del municipio de Tame con coordenadas $6^{\circ}27'29''$ N $71^{\circ}44'36''$ W, la abundante presencia de árboles y arbustos, dominan este morichal que a pesar de encontrarse a un costado de la zona urbana del municipio, le brinda refugio y hábitat a babillas, anfibios, peces, aves y monos aulladores este punto se conoce como el parque Morichal. Hace unos 20 años se realizaron unos muros y caminos en piedra con el propósito de hacer un parque temático, no obstante no se continuo y actualmente prospera como vegetación natural, si bien está fragmentado por un carreteable considerándose como otro morichal, ubicado en la parte superior del que proviene el agua y en el segundo fragmento forma un pequeño caño que mantiene una laguna de pocas dimensiones en el centro del morichal.

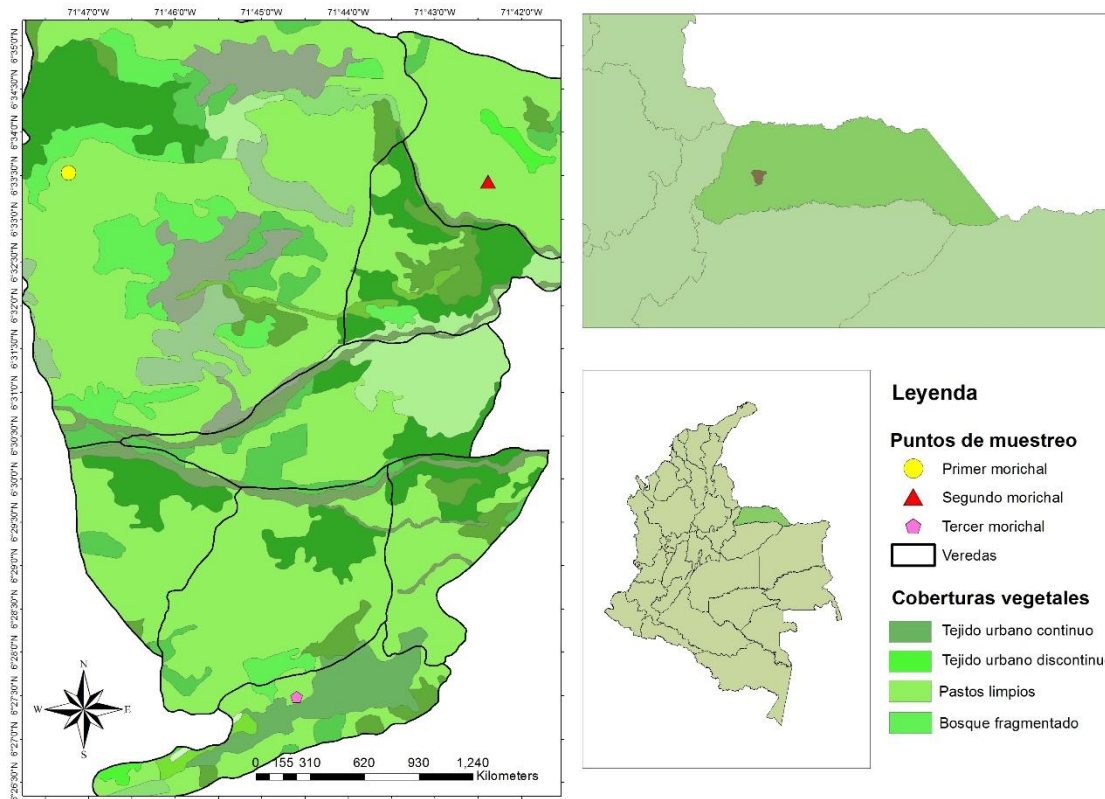


Figura 2: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo, sus coberturas vegetales en el municipio de Tame, Arauca, Colombia. ArcGis @ Carvajalino, M., 2019.



Figura 3: Morichal 1 ubicado en la vereda Angosturas.



Figura 4: Morichal 2 ubicado en la vereda Corocito.



Figura 5: Morichal 3 ubicado en la zona urbana de Tame.

6.4. Fase de campo

6.4.1. Caracterización flora y vegetación en los morichales (objetivo 1)

Delimitación de unidades de muestreo

El estudio se llevó a cabo entre los meses de enero y agosto del 2018, donde se realizaron 2 salidas por mes con una duración de 5 días por salida. Se establecieron en cada uno de los morichales, 4 parcelas de 10 X 25 m, para cubrir un área de total de 0,1 hectáreas. Cada parcela se subdividió en 5 subparcelas de 10 x 5 m (ver figura 6). Así abarcando la el área sugerida por Gentry (1982).

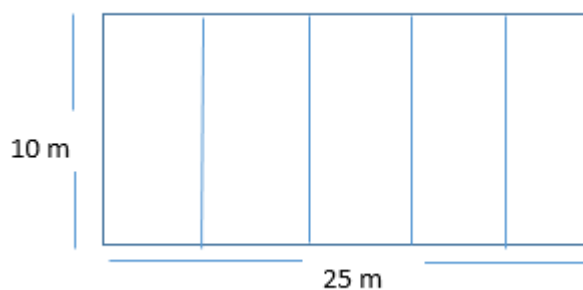


Figura 6: Esquematización de las parcelas.

Para la caracterización florística del morichal, en cada parcela se midieron los individuos con diámetro a la altura de pecho o DAP \geq a 2.5 cm, la altura total y las dimensiones de las copas según lo propuesto por Gentry (1982). Recibiendo su nombre común o de la especie y un código para tener certeza de que la muestra colectadas correspondiera con el nombre y dato colectado, se tomó una muestra botánica para su identificación taxonómica, la cual se le realizó el proceso de prensado y preservados en alcohol al 80% las medidas tomadas se especifican a continuación.

- Cobertura: Por medio de un decámetro, se midió el diámetro mayor y el diámetro menor del área proyectada de la copa del árbol asumiendo que su forma es elíptica.
- Altura: Se estimó por medio de una vara de 1,60 m, la cual se ubicó contra el árbol y contiguo a esto se proyectó la altura de cada individuo.
- Diámetro a la altura del pecho (DAP): Para obtener el DAP de cada individuo, se midió en campo la Circunferencia a la altura del pecho o CAP a 1,30 metros del suelo por medio del cual posteriormente fue transformado en DAP.

6.5. Toma de muestras de algas

Las muestras de aguas para los análisis físico-químicos, y para la determinación de las microalgas fueron tomadas del mismo punto donde se realizaron las parcelas en cada uno de los morichales, cada punto con 3 réplicas y una de estas se hizo un proceso de fijado con formol.

6.5.3. Muestras para análisis de microalgas (objetivo 1,2 y 3)

Para la caracterización de microalgas se tomaron muestras en cada una de las 4 estaciones de referencia seleccionadas en los tres humedales.

Se procedió a realizar un arrastre utilizando una malla para filtrar un volumen de agua suficiente. Esta malla se introdujo y se procedió a realizar un arrastre horizontal. Posteriormente la muestra atrapada en las paredes de la malla se liberó mediante un lavado a contracorriente. La muestra se recolectó en dos (2) recipientes de plástico transparente de 500 ml con el fin de obtener una réplica de cada estación de referencia. Adicionalmente se tomó una muestra con fijador, que en este caso fue el formol con una concentración del 10%,

a cada uno de los recipientes que correspondían a la muestra con fijador se le agregaron 1,3 mml de esta solución.

Todas las muestras fueron trasladadas a los laboratorios de Control y Calidad y el laboratorio del centro de Biotecnología para su análisis conservándolas en cadena de frío.

6.5.1. Muestras para análisis físicoquímicos (objetivo 4)

Para la caracterización físico-química de los humedales se tomó una muestra compuesta, tomando muestra de agua de los 4 puntos de cada humedal. El agua recolectada se depositó en recipiente plástico de dos puntos cinco (2,5) litros para realizar análisis de sólidos totales, alcalinidad, dureza, fosfatos, DBO, DQO, turbidez, nitritos, cloruros, sulfatos y color; en el laboratorio de Control y Calidad de la Universidad de Pamplona. In situ se registró: pH por medio de tiras de pH y temperatura con un termómetro.

6.5.2. Muestras para análisis bacteriológicos

Para la determinación de la calidad bacteriológica del agua de los humedales se realizarán los análisis de Bacterias Coliformes Totales y Bacterias Coliformes Fecales por el método de Unidades formadoras de colonias. Se tomará la muestra del mismo punto utilizado para los análisis físico-químicos. El agua recolectada será depositada en recipientes de vidrio esterilizados de un (1) litro.

6.6.Fase de laboratorio

6.6.1. Caracterización de la vegetación (objetivo 1)

Las muestras colectadas se llevaron al Herbario Regional Catatumbo-Sarare (HECASA), de la Universidad de Pamplona, donde se realizó el prensado y secado en un horno industrial a 70°C por 48 horas, luego se procedió a realizar la identificación taxonómica de cada una de las muestras a través de bibliografía especializada, catálogos de flora de la Orinoquia y comparación con ejemplares de herbario suministrados por bases de datos de herbarios nacionales como COL, SINCHI, HUDEFJC e internacionales como P, K, US, NY, MO MB y otros.

6.6.2. Caracterización de las microalgas (objetivo 2 y 3)

6.6.2.1.Observación microscópica

Las muestras de algas se llevaron al laboratorio de biotecnología, donde se llevó a cabo la observación e identificación de las microalgas presentes por medio de claves taxonómicas hasta el nivel de género (Bicudo *et al.* 1982, 1984; Coesel 1983, 1985, 1991; Comas, 1996; Croasdale *et al.*, 1983; Tell & conforti, 1986; Pestalozzi, 1955; Duque & Donato, 1994 y 1995; Prescott *et al.*, 1975, 1977, 1981, 1982 y Sala *et al.*, 2002). Y consultas en página web y bases de datos: AlgaeBase, DIATOMS of the United States, y del Jardín Botánico de Berlín.

6.7.Fase de análisis e interpretación de resultados

6.7.1. Diversidad (objetivos 1 y 2)

Para evaluar la completitud del muestreo se empleó el estimador de riqueza-abundancia propuesto por Chao & Jost (2012) mediante el programa iNext (Hsieh, *et al.*, 2016).

Para evaluar cómo varía la diversidad, riqueza y abundancia de las plantas y microalgas se analizó la diversidad alfa en números equivalentes de especies en plantas y géneros en microalgas o números de Hill para la construcción de perfiles de diversidad: la diversidad de orden cero (0D = riqueza de especies), orden uno (1D = representado por las abundancias relativas, exponencial de Shannon ($\exp H'$) y orden dos (2D = representado por las especies abundantes, inverso de Simpson) (Jost, 2006,2007).

Se hizo uso del índice de Jaccard (Jaccard, 1908), medida de continuidad basada en presencia/ausencia de individuos (equivalente a diversidad beta de orden cero) para estimar la disimilitud entre las sub-parcelas. Se utilizó el índice de Morisita-Horn (1959), ya que este índice responde a la abundancia de las especies más comunes sin verse afectado por la riqueza de especies y el tamaño de la muestra.

6.7.2. Estructura de la vegetación (objetivo 1)

Para la caracterización estructural del bosque se llevó a cabo la distribución de frecuencias de los parámetros de DAP (cm), cobertura (m²) y altura (m) de los árboles.

6.7.2.1. Estructura vertical

Se procedió a estimar la altura para todos los individuos que superara 1,5m de altos, aparte se discrimino por hábitos de crecimiento diferenciando los estratos a partir de rasantes, hierbas, arbustos y árboles.

6.7.2.2. Estructura Horizontal

Se procedió a evaluar los parámetros cobertura mediante la construcción de intervalos de clases de frecuencias mediante la ecuación:

$C = (X_{max} - X_{min}) / m$, donde

C= Amplitud de intervalo

$m = 1 + 3,3 \log N$, donde N= Número de individuos y 1+3.3 son constantes, (Rangel & Velásquez, 1997).

Para este análisis se utilizaron las siguientes formulas:

1. Área Basal (AB) = $(3.1416/4) * (DAP)^2$ donde

2. DAP= Diámetro a la altura del pecho

3. Abundancia Absoluta (Aa) = Número de individuos de una especie.

4. Abundancia Relativa (Ar).

$Aa = Aa / \text{suma de Aa de todas las especies} * 100$

5. Dominancia Absoluta (Da) = Área basal de una especie.

6. Dominancia Relativa (Dr).

$$Dr = Da / \text{suma de Da de todas las especies} * 100$$

7. Frecuencia Absoluta (Fa) = Numero de sub-parcelas en que se presenta una especie.

$$Fr = Fa / \text{suma Fa de todas las especies} * 100.$$

8. Índice de Valor de Importancia (IVI) = Ar + Fr + Dr.

6.8. Análisis de datos de las microalgas (objetivo 3)

Se utilizó un Análisis de Correspondencias Canónicas (ACCO) que muestra la correlación entre las variables físico-químicas y la diversidad de microalgas encontradas en los tres morichales, se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para establecer patrones físico-químicos a partir de variables cuantificadas en campo y laboratorio.

También se realizaron recuentos en cámara de Neubauer, para estimar el porcentaje de géneros presentes y la densidad celular.

6.9. Propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua (objetivo 4)

Tabla 1

Métodos realizados para los análisis físico-químicos y bacteriológicos.

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES
DQO	Dicromato potásico	mg/L
DBO ₅	Dilución	mg/L
pH	Electrométrico	Unidad de pH
TEMPERATURA	Electrométrico	°C
TURBIDEZ	Nefelométrico	NTU
SOLIDOS TOTALES	Gravimétrico	mg/L
NITRITOS	Colorimétrico	mg/L NO ₂
FOSFATOS	Colorimétrico	mg/L PO ₄ ³⁻
COLOR	Espectofotométrico	Upt Co
CLORUROS	Argentométrico	mg/l
SULFATOS	Turbidimétrico	mg/l
ALCALINIDAD	Titulométrico	mg/L CaCO ₃
DUREZA	Titulométrico	mg/L
COLIFORMES TOTALES	mediante la técnica Numero Más Probable, en caldo Lauril sulfato y Bilis verde Brillante	No. Bacterias/ ml
COLIFORME FECALES	mediante la técnica Numero Más Probable, en caldo Lauril sulfato y Bilis verde Brillante	No. Bacterias/ ml

7. RESULTADOS

7.1. Estructura y composición de plantas en los tres morichales (objetivo 1)

El muestreo abarcó un tamaño de 0,1 ha, por morichal, con un registro total de 1706 individuos colectados pertenecientes a 68 familias, 228 géneros y 245 especies. Teniendo en cuenta las rasantes, hierbas, arbustos y árboles, a estas dos últimas forma de crecimiento se le tomó el DAP $\geq 2,5$ cm y el 90% de las muestras fue llevada hasta especie.

Las familias más representativas por su riqueza fueron: para el morichal uno Melastomataceae con 14 especies (16,09%), seguida por Poaceae con 13 especies (14,99%), Cyperaceae con 6 especies (6,90%), Euphorbiaceae con 4 especies (4,60%) (Ver tabla 2); en el morichal dos las familias más diversas fueron: Araceae con 7 especies (9,33%), Arecaceae, Fabaceae y Melastomataceae con 6 especies cada una (6,67%), Marantaceae con 4 especies (5,33%) (Ver tabla 3); en el morichal tres fueron: Melastomataceae con 12 especies (9,84%), Araceae con 9 especies (7,38%), Fabaceae con 7 especies (5,74%), Cyperaceae y Rubiaceae con 6 especies cada una (4,92) (ver tabla 4).

Tabla 2:
Familia con mayor riqueza en el morichal 1.

Familia	N° especies	% Riqueza
Melastomataceae	14	16,09%
Poaceae	13	14,94%
Cyperaceae	6	6,90%
Euphorbiaceae	4	4,60%
Anacardiaceae	3	3,45%
Myrtaceae	3	3,45%
Amaranthaceae	2	2,30%

Annonaceae	2	2,30%
Araceae	2	2,30%
Chrysobalanaceae	2	2,30%
Cucurbitaceae	2	2,30%

Tabla 3:
Familias con mayor riqueza morichal 2

Familia	N° especies	% Riqueza
Araceae	7	9,33%
Arecaceae	5	6,67%
Fabaceae	5	6,67%
Melastomataceae	5	6,67%
Marantaceae	4	5,33%
Urticaceae	4	5,33%
Apocynaceae	3	4,00%
Costaceae	3	4,00%
Lauraceae	3	4,00%
Moraceae	3	4,00%
Chrysobalanaceae	2	2,67%

Tabla 4:
Familias con mayor riqueza en morichal 3

Familia	N° especies	% Riqueza
Melastomataceae	12	9,84%
Araceae	9	7,38%
Fabaceae	7	5,74%
Cyperaceae	6	4,92%
Rubiaceae	6	4,92%
Euphorbiaceae	5	4,10%
Poaceae	5	4,10%
Asteraceae	4	3,28%
Meliaceae	4	3,28%
Polypodiaceae	4	3,28%
Lauraceae	3	2,46%

La efectividad del muestreo se evaluó con la curva de completitud la que mostro fue representativa en cada morichal, siendo el morichal tres, el que alcanzó la mayor representatividad en relación al número de especies y su baja incertidumbre (sombreado que acompaña la línea de interpolación y extrapolación), seguido por el morichal dos y por último el morichal uno (ver figura 7).

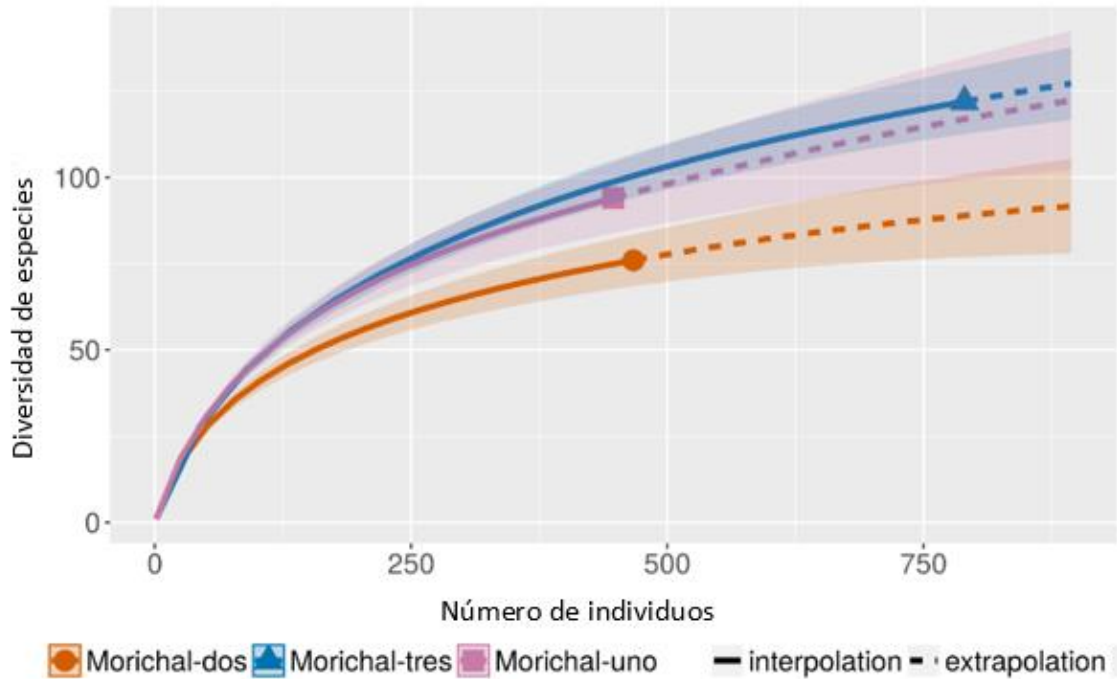


Figura 7: Curva de refracción que representa la riqueza de especies para los tres morichales muestreados mediante el método de Chao y Jost (2012).

El morichal tres presentó mayores valores de riqueza con 63 especies, seguido por el morichal 1 con 39 especies y por último el morichal 2 con 35 especie (ver figura 8), respecto a la abundancia no hubo una diferencia entre el morichal dos y el uno, pero el morichal tres si mostro una diferencia significativa respecto a los otros dos (ver figura 9).

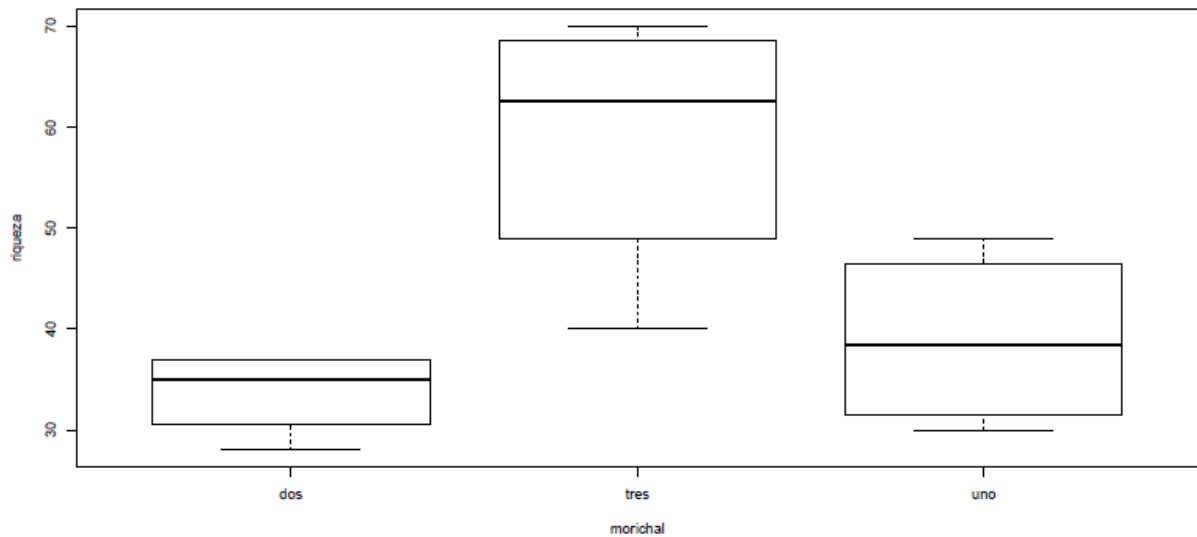


Figura 8: Diagrama de cajas de riqueza de plantas en los tres morichales del municipio de Tame, Arauca.

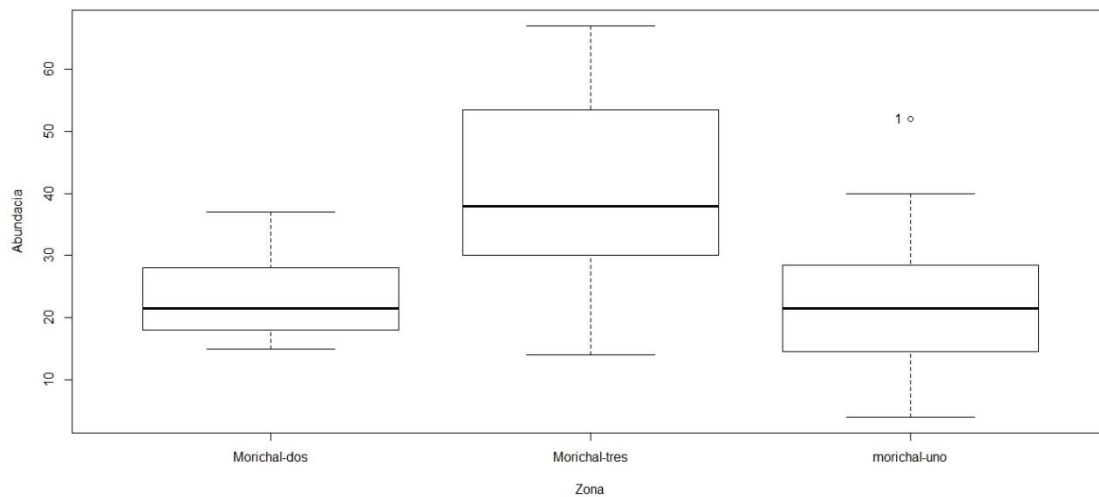


Figura 9: Diagrama de cajas de abundancia de plantas de los tres morichales del municipio de Tame, Arauca.

La curva de rango abundancia permite ver la distribución de las especies en los tres morichales trabajados con base en su incidencia, agrupando las especies de cada morichal,

en especies dominantes (presentan mayor número de individuos incrementado la pendiente en la curva de abundancia), especies abundantes (presentan un numero grande de individuos, pero no son las más destacadas) y especies raras. Dado esto en el morichal uno, la especie que domino fue HQ: *Tococa bullifera*; le siguió EA: *M. flexuosa*; DX: *Maprounea guianensis*; CS: *Henriettella goudotiana* entre otras, algunas de las especies comunes en este sitio fueron: T: *Myrcianthes leucoxylla*; AE: *Byrsonima garcibarrigae*; BH: *Cyperus imbricatus* ; GQ: *Scleria melaleuca*; U: *Anthurium uleanum*; BM: *Desmocelis villosa*; dentro de la especies raras algunas de las presentes en el sitio fueron: M: *Amaranthus cf. dubius*; W: *Astronium graveolens*; AL: *Casearia corymbosa* ; CJ: *Fuirena incompleta* ; ID: *Vismia baccifera* (ver figura 10). Para el morichal 2 las especies dominantes fueron EA: *M. flexuosa* siendo esta la más abundante de entre las especies seguida por FP: *Philodendron longirrhizum*; HA: *Spathiphyllum juaninense*; HI: *Syagrus orinocensis* ; AH: *Calathea propinqua* ;HJ: *Syzygium jambos*, las especies comunes de este sitio fueron HP: *Thoracocarpus bissectus*; HM: *Tapirira guianensis*; EK: *Miconia voronovii*; HH: *Swartzia trianae*; HZ: *Urera cf baccifera*, mientras que las especies raras para este sitio fueron: B: *Aciotis rubricaulis* ; Y: *Bignoniaceae sp indt*; AA: *Bonafousia columbiensis* ; FM: *Philodendron acutatum*; GX: *Socratea exorrhiza*; IH: *Xylopia cf. frutescens* (ver figura 11). En el morichal 3 las especies más dominantes fueron CR: *Helicostylis elegans*; EK: *Miconia voronovii*; EA: *M. flexuosa*, seguidas por EJ: *Miconia trinervia*; BB: *Costus chartaceus*, las especies comunes de este morichal son: HW: *Trichocentrum carthagenense*; CQ: *Heliconia venusta*; HT: *Trichilia schomburgkii*; ID: *Vismia baccifera*; HX: *Tropidia* sp, las especies raras fueron C: *Acmella* sp; R: *Annona muricata*; EB: *Miconia acinodendron*; FK: *Passiflora ligularis*; IG: *Xylopia aromatica* (ver figura 12).

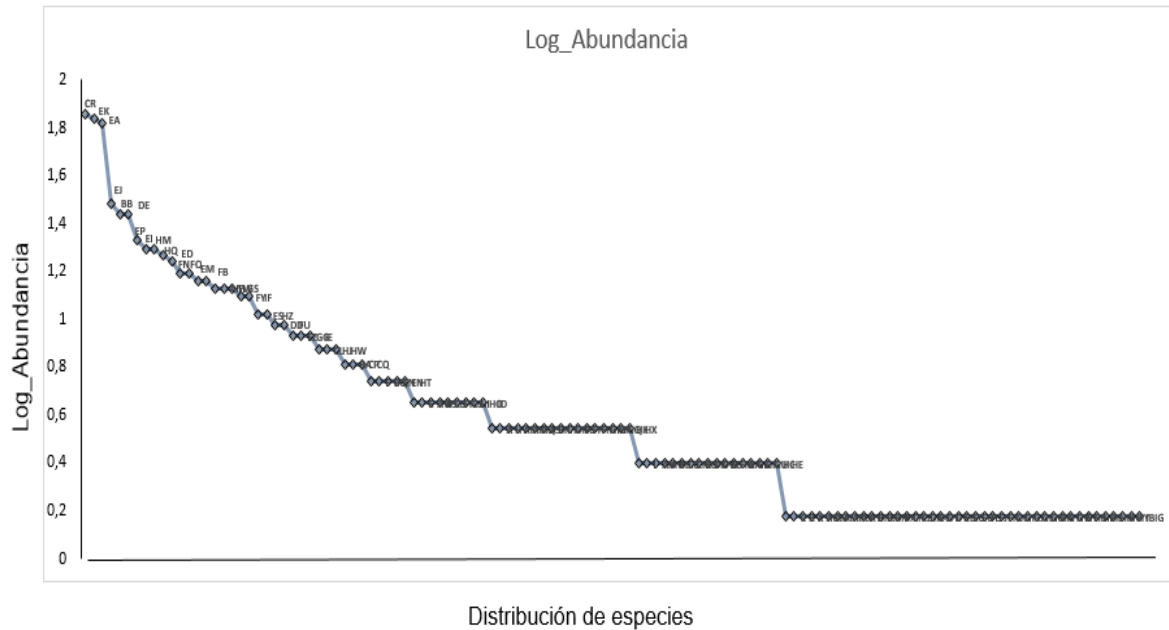


Figura 12: Curvas de distribución de abundancia del Morichal 3.

Dado que la curva de rango abundancia permite ver la distribución de las especies con base en la incidencia, se compararon las especies dominantes de cada uno de los tres morichales tomando las 25 primeras especies como las abundantes de cada sitio. Entonces, en el morichal uno las especies dominantes fueron: *Tococa bullifera*, *M. flexuosa*, *Maprounea guianensis*, *Henriettella goudotiana*, *Alchornea glandulosa*, *streptostachys* sp, *Alchornea triplinervia*, *Amarathus viridis*, *Miconia rufula* y *Myriophyllum* sp. Mientras que para el morichal dos, las especies dominante fueron: *M. flexuosa*, *Spathiphyllum juninense*, *Philodendron longirrhizum*, *Syagrus orinocensis*, *Helicostylis elegans*, *Iriartella setigera*, *Swartzia* sp, *Costus spiralis*, *Mollinedia tomentosa*, *Tococa bullifera*, *Allophylus lorentensis*, *Amaioua guianensis*. Por último, en el morichal tres las especies que dominaron fueron: *Helicostylis elegans*, *M. flexuosa*, *Miconia voronovii*, *Miconia trinervia*, *Costus chartaceus*,

Inga gracilior, *Monstera adansonii*, *Miconia stephananthera*, *Monstera* sp, *Urera* cf. *baccifera*, *Ichnanthus pallens*, *Piper amalago* y *Polypodium decumanum* (ver figura 13).

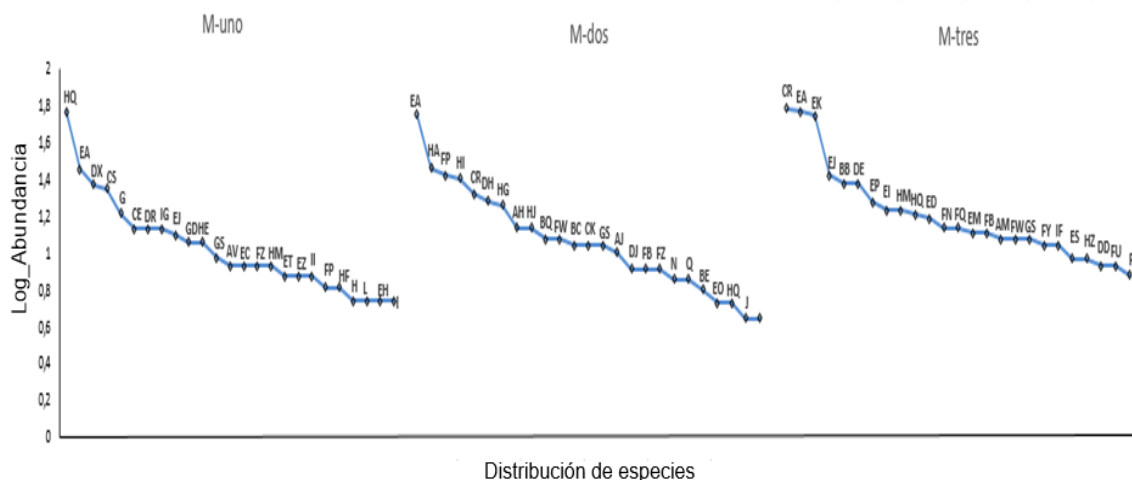


Figura 13: Curva de distribución de especies de plantas vasculares en tres morichales del municipio de Tame, Colombia. (M- uno: Morichal 1; M-dos: Morichal 2; M-tres: Morichal 3), (HQ: *Tococa bullifera*; EA: *M. flexuosa*; DX: *Maprounea guianensis*; CS: *Hirtella goudotina*; G: *Alchornea glandulosa*; GD: *Protium glabescens*; HE: *Steinchisma decipiens*; GS: *Simarouba amara*; AU: *Clidemia rubra*; EC: *Miconia albicans*; CE: *Ficus mathewsii*; FZ: *Polypodium decumanum*; DR: *Luziola peruviana*; HM: *Tapirira guianensis*; IG: *Xylopia aromatica*; ET: *Myrcia paivae*; EJ: *Miconia trinervia*; EZ: *Myrsine pellucida*; FP: *Philodendron longirrhizum*; HF: *Steptostachys* sp; EW: *Myriophyllum* sp; H: *Alchornea triplinervia*; EH: *Miconia rufula*; L: *Amaranthus viridis*; II: *Xylopia nítida*; HA: *Spathiphyllum juaninense*; HI: *Syagrus orinocensis*; CR: *Helicostylis elegans*; DH: *Iriartella setigera*; HG: *Swartzia* sp; AH: *Calathea propinqua*; HJ: *Syzygium jambos*; BQ: *Dieffenbachia picta*; FW: *Piper marginatum*; BC: *Costus lasius*; CK: *Garcinia madruno*; AJ: *Carludovica palmata*; DJ: *Ischnosiphon crotalifera*; FB: *Nectandra cuspidata*; N: *Andira inermis*; Q: *Aniba ferruginea*; BE: *Costus spiralis*; EK: *Miconia voronovii*; BB:

Costus chartaceus; DE: *Inga gracilior*; EP: *Monstera adansonii*; EI: *Miconia stephananthera*; ED: *Miconia minutiflora*; FN: *Philodendron barrosoanum*; FQ: *Phyllanthus attenuatus*; EM: *Mikania Congesta*; FB: *Nectandra cuspidata*; AM: *Cecropia sararensis*; FW: *Piper marginatum*; GS: *Simarouba amara*; FY: *Polypodium caceresii*; IF: *Vochysia lehmannii*; ES: *Monstera sp*; HZ: *Urera cf. baccifera*; DD: *Ichnanthus pallens*; FU: *Piper amalago*).

7.2. Diversidad de plantas en los tres morichales (diversidad alfa)

La diversidad 0D mostró que el morichal tres presentó la mayor riqueza con un valor de 123 especies efectivas, seguido por el morichal uno con 95 especies efectivas, y el morichal dos con 77 especies efectivas. Para el orden 1D se encontró que el morichal con mayor cantidad de especies abundantes fue el morichal tres con 55,16 seguida por el morichal uno con 49,50 especies y el morichal dos presento la menor cantidad con 39,02 especies. Finalmente, para 2D se observó que los tres morichales presentaron un valor de especies dominantes muy similar siendo el morichal tres 29,86, morichal uno 27,34 y el morichal dos con 23,36 (ver figura 14).

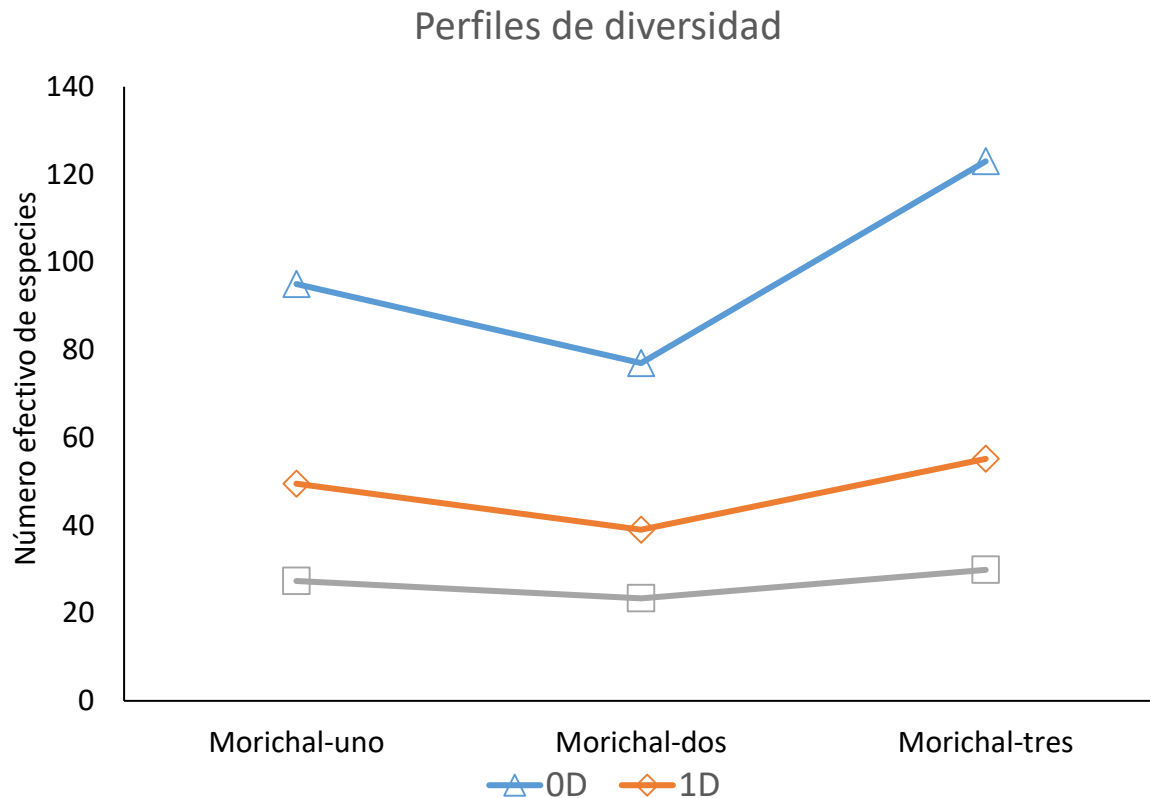


Figura 14: Perfiles de diversidad alfa en tres morichales del municipio de Tame, Arauca. Diversidad de orden 0D , diversidad de orden 1D y diversidad de 2D .

7.3. Estructura Horizontal

7.3.1. Abundancia

Las especies con mayor abundancia en el morichal uno fueron *Tococa bullifera* con 58 individuos con un 12,98% de valor de abundancia, seguida por *M. flexuosa*, con 28 individuos y un valor de abundancia 6,26%, *Maprounea guianensis* 23 individuos, con un 5,14% de valor de abundancia, *Henriettella goudotiana* con 22 individuos y un valor de abundancia del 4,92%. En el morichal dos las especie que presentaron mayor abundancia fueron *M. flexuosa* 62 individuos, con 13,25% de abundancia, *Spathiphyllum juninense* 31 individuos y un valor de abundancia de 6,62%, *Philodendron longirrhizum* con 28 individuos

y un valor de abundancia de 5,94 %, *Syagrus orinocensis* con 27 individuos y un valor de abundancia de 5,77 %. Por último en el Morichal tres *Helicostylis guianensis* con 71 individuos y un valor de abundancia del 8,98% presenta la mayor abundancia, seguido por *M. flexuosa* con 68 individuos, u 8,60 % de valor de abundancia, *Miconia voronovii* con 64 y 8,09 %de valor de abundancia, *Miconia trinervia* con 27 individuos, y un valor de abundancia de 3,79 %, *Inga gracilior* 27 individuos y un valor de abundancia de 1,58% (ver figura 15).

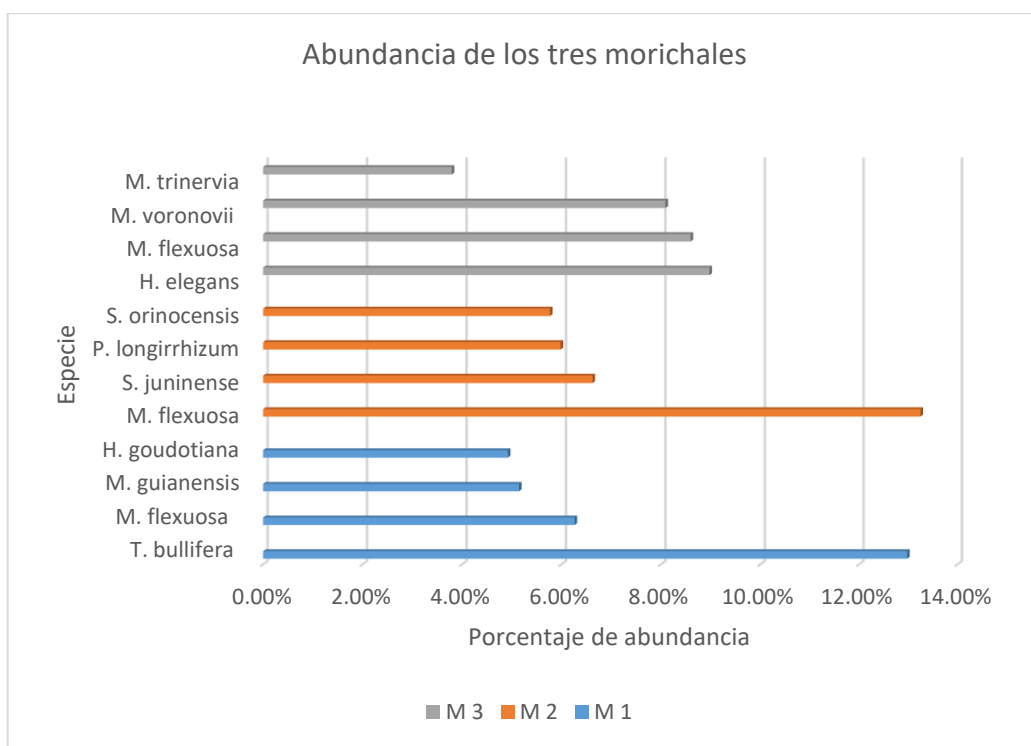


Figura 15: Comparación de abundancias de los tres morichales muestreados.

7.3.2. Frecuencia

Las especies con mayor frecuencia para el morichal uno fueron: *Luziola peruviana* y *Tococa bullifera*, presentan la mayor frecuencia con 4,7%, Seguida por *M. flexuosa*, con

3,9%, *Steinchisma decipiens* con 3,6%, en el morichal dos *Spathiphyllum juninense* con 6,2%, seguida por *M. flexuosa* con 5,27%, *Philodendron longirrhizum* 5,6% frecuencia, *Calathea propinqua* 4,6%. Para el morichal tres *Helicostylis elegans* y *M. flexuosa* fueron las especies más frecuentes con un 4,17%, seguido por *Costus chartaceus* con 3,96% y *Miconia trinervia* con 2,92% (ver figura 16).

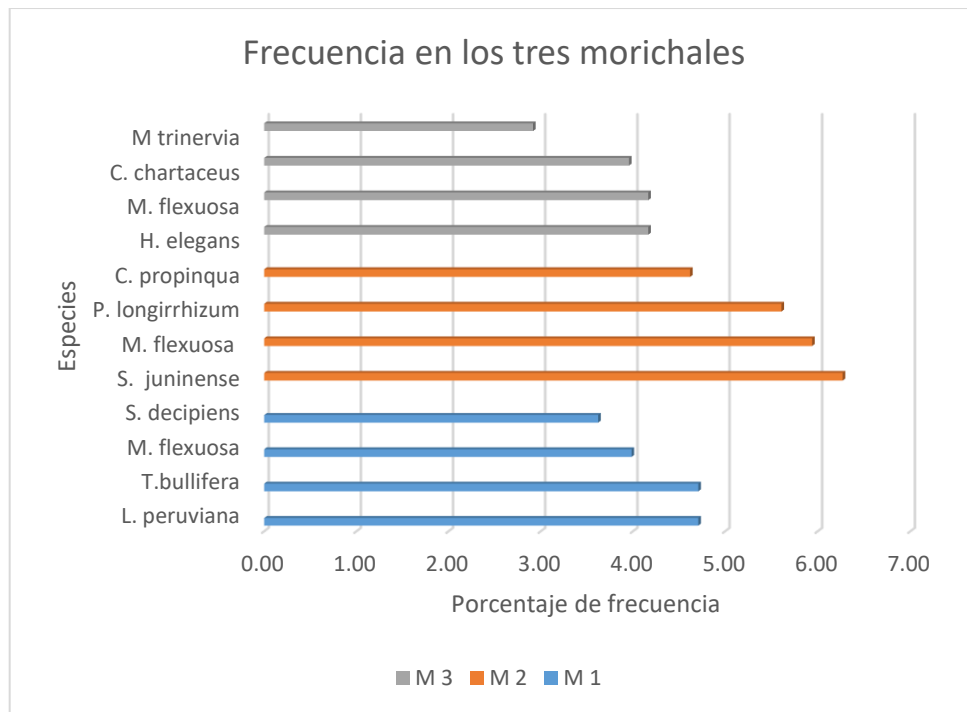


Figura 16: La especie más frecuentes en los tres morichales muestreados, para el morichal uno: *Luziola peruviana* y *Tococa bullifera*, Seguido por el morichal dos *Spathiphyllum juninense* y *M. flexuosa*, por último para el Morichal tres *Helicostylis elegans* y *M. flexuosa* son las más frecuentes.

7.3.3. Dominancia

M. flexuosa domino en los tres morichales, teniendo un 73% de los individuos en el morichal uno, seguido por el morichal dos con un 66%, y con un 41% de dominancia en el morichal tres, para el morichal uno los individuos restante presentan un porcentaje de dominancia que

va del 4,75% y el resto no supera el 2,18% , para el morichal dos *Ficus pallida* presentó un 16,40% de dominancia mientras que los demás individuos no superaron el 2%, en el morichal 3 con un 15,65 % de dominancia fue para *Helicostylis elegans*, seguido por *Miconia voronovii* con 4,56%, el resto de los individuos no superaron el 3,44 (ver figura 17) .

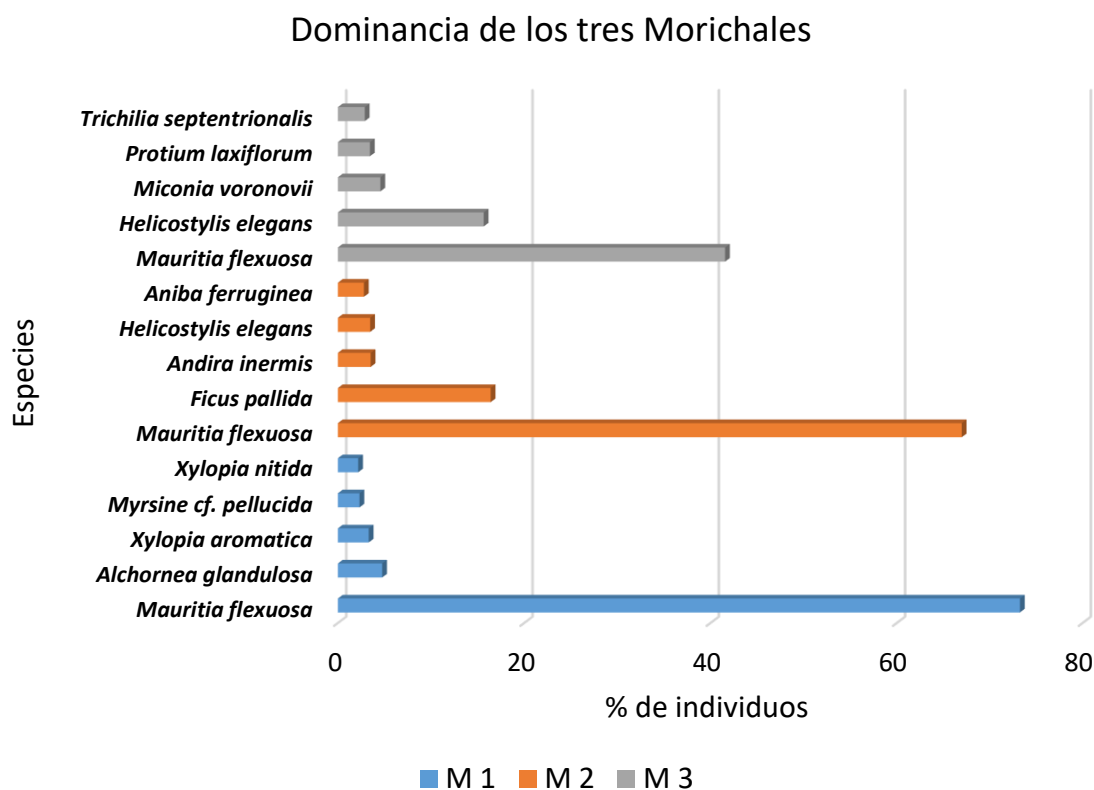


Figura 17: Dominancia de especies en los tres morichales.

7.3.4. Índice de valor de importancia de las especies de plantas en cada uno de los morichales.

Las especies con mayor índice de importancia ecológica para el morichal uno fueron en orden descendente *M. flexuosa* con un 93%, seguida por *Tococa bullifera* con 27% y

Alchornea glandulosa con 15%, mientras que en el morichal dos *M. flexuosa* con 122% seguida por *Ficus pallida* con 22%, *Syagrus orinocensis* con 19%, para el morichal tres *M. flexuosa* dispuso del 100% seguida por *Helicostylis elegans* 43% y *Miconia voronovii* con 26% (ver figura 18).

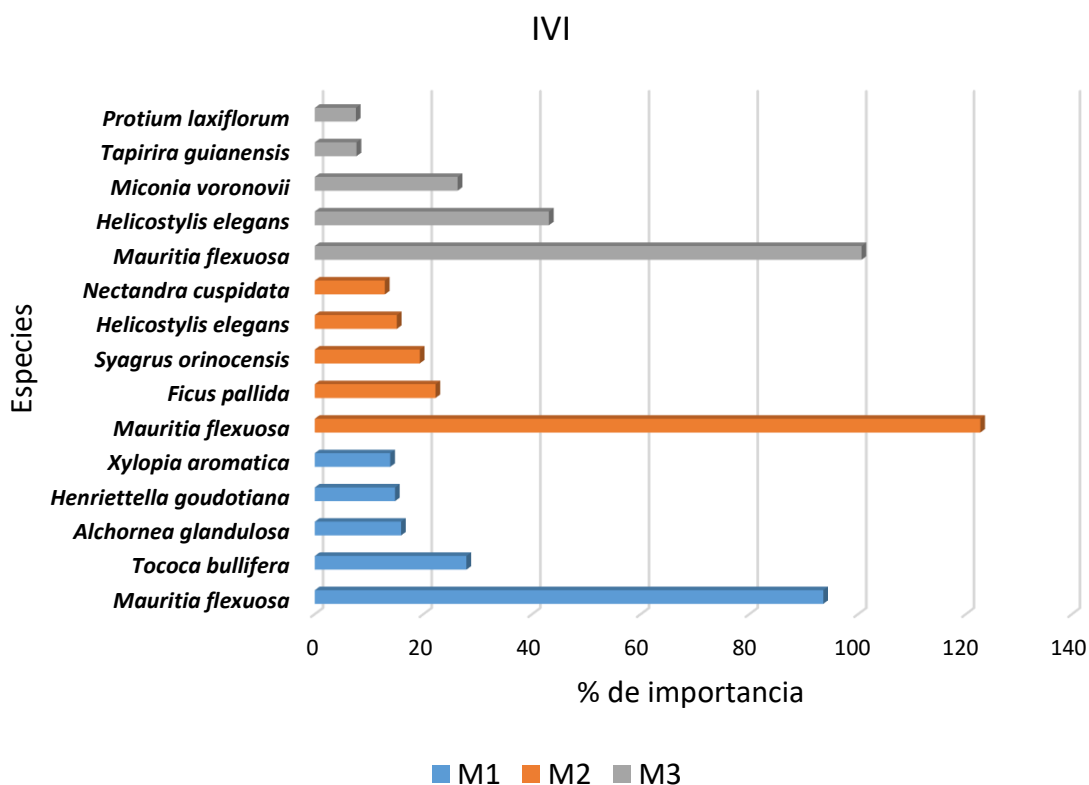


Figura 18: Índice de valor de importancia para las especies de plantas en los tres morichales.

7.3.5. Diámetro a la altura del pecho.

Los individuos del primer morichal con un DAP entre 0,95-4,8 cm, fueron los más abundantes con un 67,12% que corresponden a 149 individuos, seguidos por los arboles con DAP de rango 4,81 – 8,66 cm, con el 11,71% equivalente a 26 individuos, indicándonos que la mayor parte de los individuos no superan los 10 cm, registrándose una reducción en el

número de individuos por lo que en el rango con un DAP de 31,92 – 35,77 cm solamente se registraron 2 individuos que representan el 0,90%.

El morichal dos estuvo mayormente representado por individuos con un DAP entre 1,01 – 10,78 cm con 48,03 % seguido por los individuos con DAP entre 10,79 – 20,57 cm con un 11,81%, mientras que con un 19,69% se encuentran los individuos con un DAP entre 30,35 – 40,12 cm, después de este rango se registra una reducción para la abundancia de los individuos con rangos mayores. Los individuos del morichal tres con un DAP entre 1,01 – 6,38 cm fueron los que alcanzaron mayor porcentaje con 62,63%, después de este rango hay una disminución abrupta con de los porcentajes de presencia de individuos en los diferentes rangos (ver figura 19).

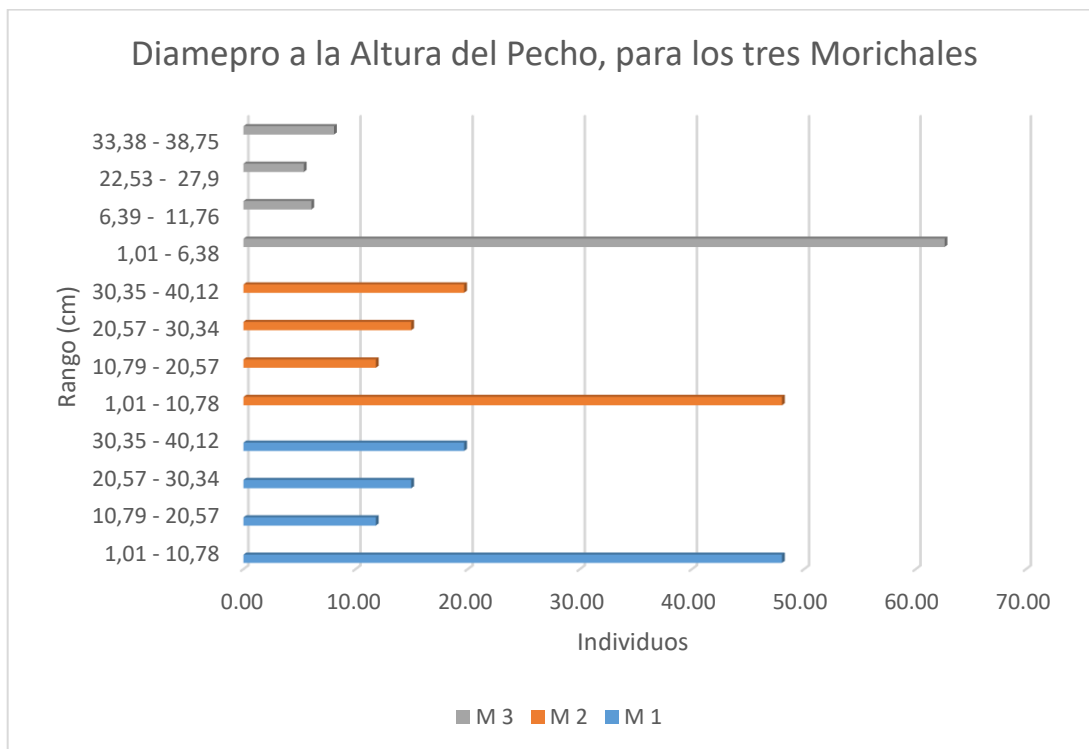


Figura 19: Abundancia de individuos en los tres Morichales, según el rango del DAP.

7.3.6. Cobertura de la copa

En el área de copa o cobertura en el morichal uno obtuvo una mayor numero de individuo con área de copa entre 0,02 – 1,44 m, abarcando el 61,71% de los individuos muestreados, la disminución es abrupta en el resto de las áreas de copa, no presentándose individuos en el rango de 10,12 – 11,54 m. En el morichal dos hubo 63 individuos con un área de copa entre 4,15 – 8,17 m que equivale a un 50%, seguido por los individuos con una área de copa entre 0,12 – 4,14 m abarcando 46 individuos que representan el 36,51%, luego continua una disminución de individuos a medida que el área de copa aumenta. Para el morichal tres, se incluyeron 128 individuos en un rango de área de copa entre 0,06 – 2,34 m, que equivale a un 61,69% posteriormente se da una disminución en la cantidad de individuos presentes en los rangos de áreas de copas que van de 2,35 a 23,26 m, con un total de 83 individuos distribuidos entre los rangos mencionado (ver figura 20).

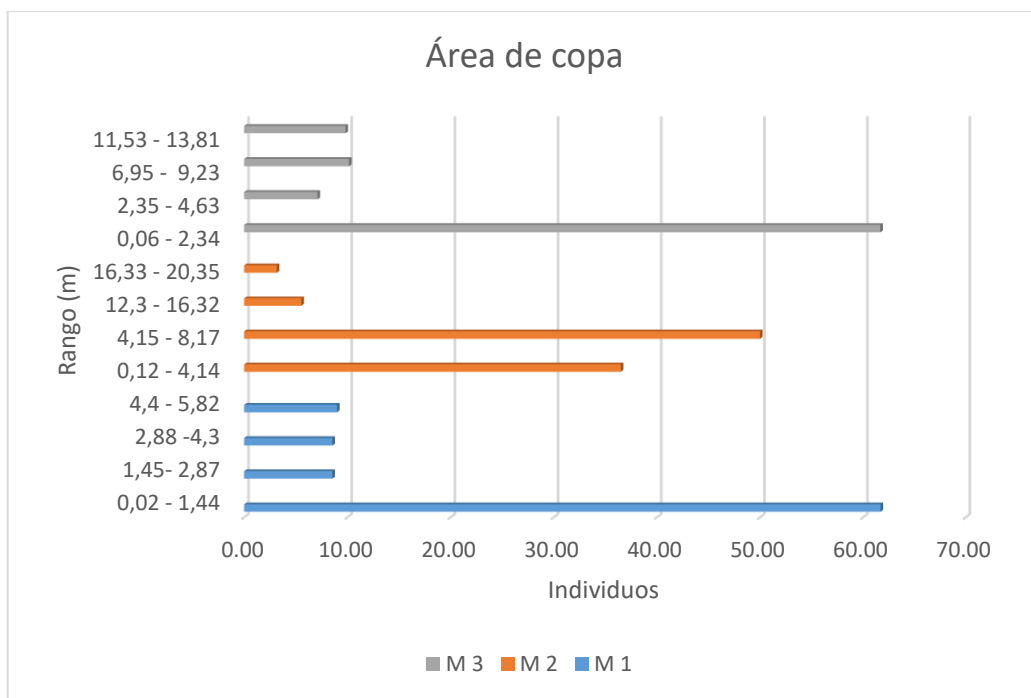


Figura 20: Frecuencia de los individuos por área de copa Morichal.

7.4. Estructura vertical

Con respecto a la altura; los individuos con alturas entre 1- 2,48 m, fueron los de mayor presencia en el morichal uno con un 42,79%, seguido por los individuos con alturas entre 2,49 – 3,97 m con un 18,47% entre más aumenta la altura, el número de individuos disminuye. Mientras en el morichal dos se registró un 42,79% para los individuos con alturas entre 1,20 – 4,19 m, seguido por los individuos con altura entre 13,10 – 16,19 m con un 18,75%, posteriormente aparecen los arboles con una altura entre 4,20 -7,19 m con un 17,96% del total de individuos en este morichal los individuos con una altura de 19,20 m en adelante presentaron una disminución muy notoria. Por otro lado, el morichal tres, presento un 32,89% de los individuos estuvo en un rango de 1,5 - 2,75 m con un total de 98 individuos, seguido por los individuos con alturas entre 2,76 -4,01 m presentó 20,47% con un total de 61 individuos, presentándose así una disminución a media que la altura aumentaba, con un 13,09% de individuos que presentaban alturas entre 7,80 – 9,5 m fueron los únicos que destacaron después de los individuos empezaron a disminuir (ver figura 21).

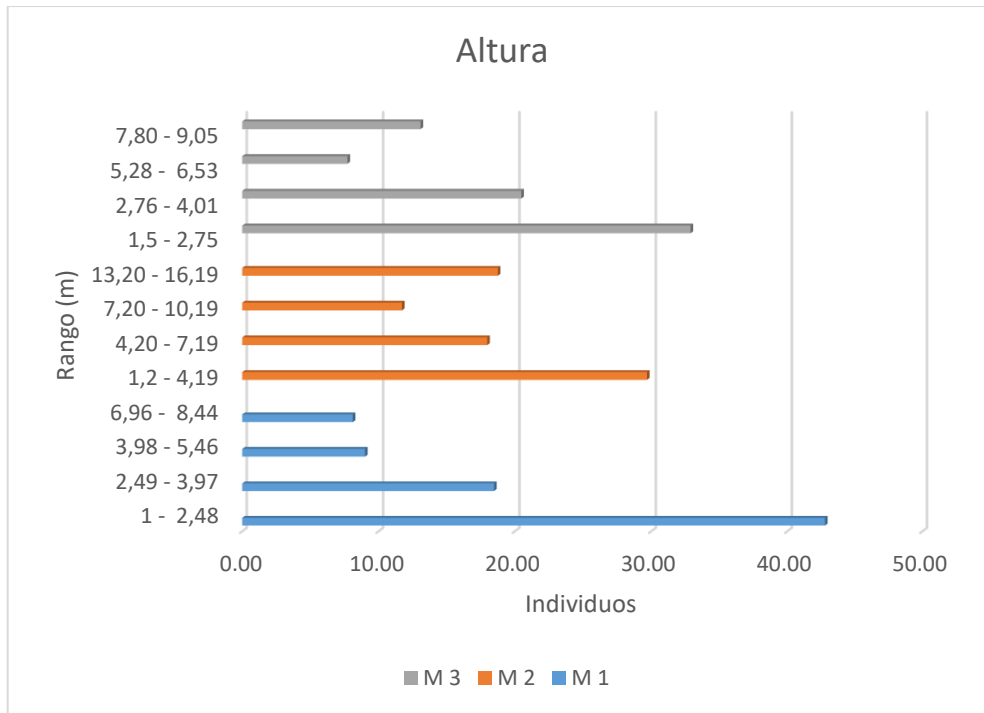


Figura 21: Frecuencia de individuos por alturas (m) en los tres Morichales.

7.4. Diversidad beta, con base en los índices de Jaccard y Morisita-Horn (objetivo 2)

El análisis de similitud, mediante el uso del índice de Jaccard (presencia – ausencia), nos muestra una mayor similitud florística entre el morichal tres y el morichal dos, compartiendo un 15% de las especies entre estos dos lugares, y esta asociación entre el morichal dos y tres comparten con el morichal uno un 10% de las especies con los morichales 3 y 2 (ver figura 22). De manera similar el índice de Morisita basado en las abundancias de las especies nos muestra una similitud entre los morichales dos y tres un 53% de las especies compartidas, mientras que el morichal 1 solo comparte un 30% con los morichales dos y tres (ver figura 23).

Hierarchical clustering

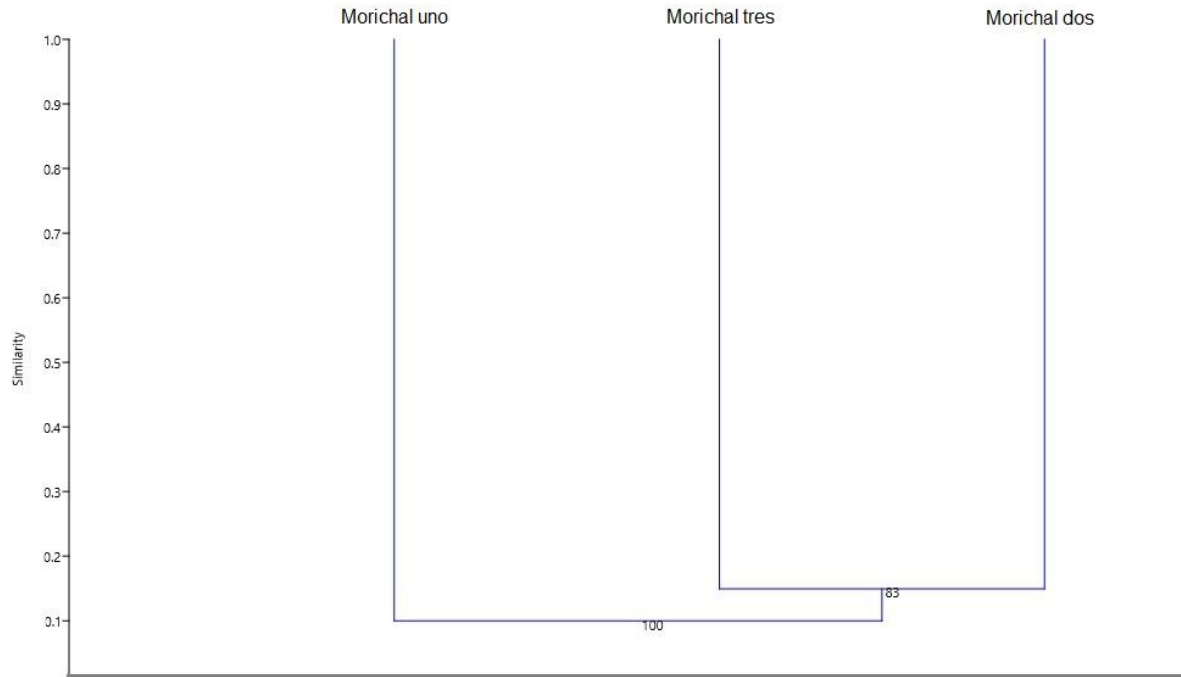


Figura 22: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Jaccard datos de presencia – ausencia.

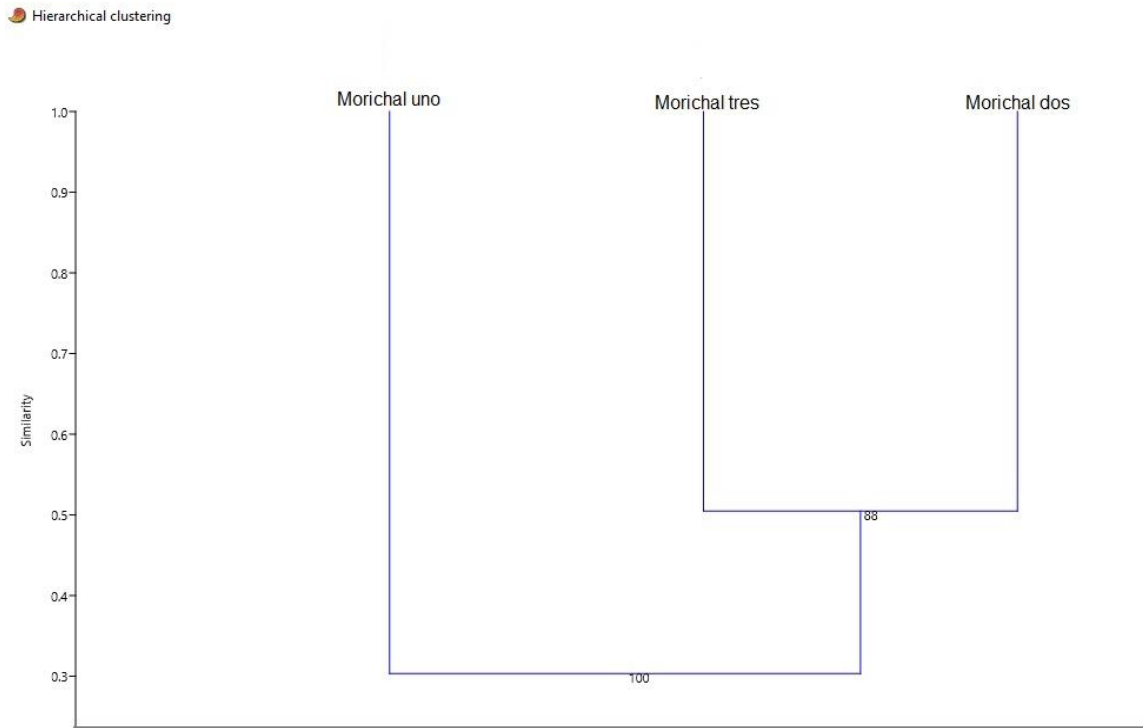


Figura 23: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Morisita – Horn para datos de abundancia.

7.5. Diversidad de microalgas en los tres morichales (objetivo 1)

El muestreo comprendió 4 estaciones por cada morichal, en la cual se tomaron 3 repeticiones por cada estación, en donde se hallaron 17 géneros agrupados en 6 clases para el primer muestreo que corresponde a periodo de sequía (Tabla 5); y para los periodos de lluvia se hallaron en 19 géneros agrupados en 6 clases (Tabla 6).

Tabla 5:
Microalgas encontradas en el primer muestreo (época seca).

Clase	Género
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium</i>
	<i>Scenedesmus</i>
	<i>Ankistrodesmus</i>
	<i>Microspora</i>
Trebouxiophyceae	<i>Chlorella</i>
	<i>Botryococcus</i>
Zygnematophyceae	<i>Closterium</i>
	<i>Euastrum</i>
	<i>Micrasterias</i>
	<i>Cosmarium</i>
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i>
	<i>Pinnularia</i>
	<i>Cymbella</i>
Euglenophyceae	<i>Euglena</i>
	<i>Phacus</i>
Cianophyceae	<i>Oscillatoria</i>
	<i>Anabaena</i>

Tabla 6:
Microalgas encontradas en el primer muestreo (época lluvia).

Clase	Género
Mediophyceae	<i>Cyclotella</i>
	<i>Zygnema</i>
Zygnematophyceae	<i>Mougeotia</i>
	<i>Sphaerosomas</i>
	<i>Staurastrum.</i>
	<i>Euastrum</i>

	<i>Micrasterias</i>
	<i>Cosmarium</i>
	<i>Pleurotaenium</i>
	<i>Closterium</i>
	Navicula
Bacillariophyceae	Pinnularia
	Gyrosigma
Fragilarophyceae	Fragilaria
Euglenophyceae	Euglena
	Anabaena
Cyanophyceae	Chroococcus
	Oscillatoria

7.5.1. Diversidad de Microalgas en tres morichales del municipio de Tame (alfa)

La diversidad para la época seca 0D mostró que el morichal uno presentó la mayor riqueza de microalgas con un valor de 11 géneros, seguido por el morichal dos con 10 géneros, y el morichal tres con 2 géneros efectivos. Para el orden 1D se encontró que el morichal con mayor cantidad de géneros abundantes fue el morichal dos con 2,99 seguidas por el morichal tres con 1,99 especies y el morichal uno presentó la menor cantidad con 1,89 géneros efectivos. Finalmente, para 2D se observó que el morichal tres tuvo un mayor valor con 1,92 seguido por el morichal dos con 1,89 y por último con el valor más bajo el morichal uno con 1,41 géneros efectivos (ver figura 24). Para la época lluvia la 0D se observó que el morichal uno presentó la mayor riqueza con 18 géneros, seguido por el morichal dos con 12 géneros, y el morichal tres con 5 géneros, con respecto al orden 1D se encontró que el morichal uno

presento la mayor cantidad de géneros abundante con 7,55, seguido por el morichal dos con 5,88 y finalmente el morichal tres con 2,37 de géneros efectivos. Para el orden 2D que el morichal uno presentó mayor valor con 5,06, seguido del morichal dos con 4,10 y por último el morichal 3 con 2,14 géneros efectivos (ver figura 25).

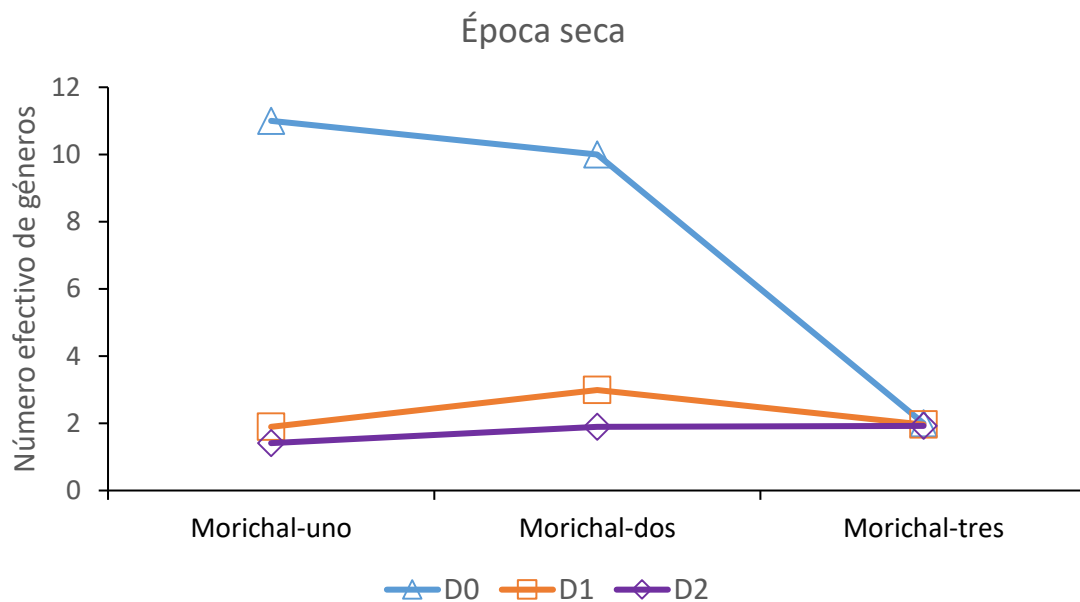


Figura 24: Perfiles de Diversidad de microalgas para la época seca, en tres morichales del municipio de Tame, Arauca. Diversidad de orden cero 0D , Diversidad de orden uno 1D , Diversidad de orden dos 2D .

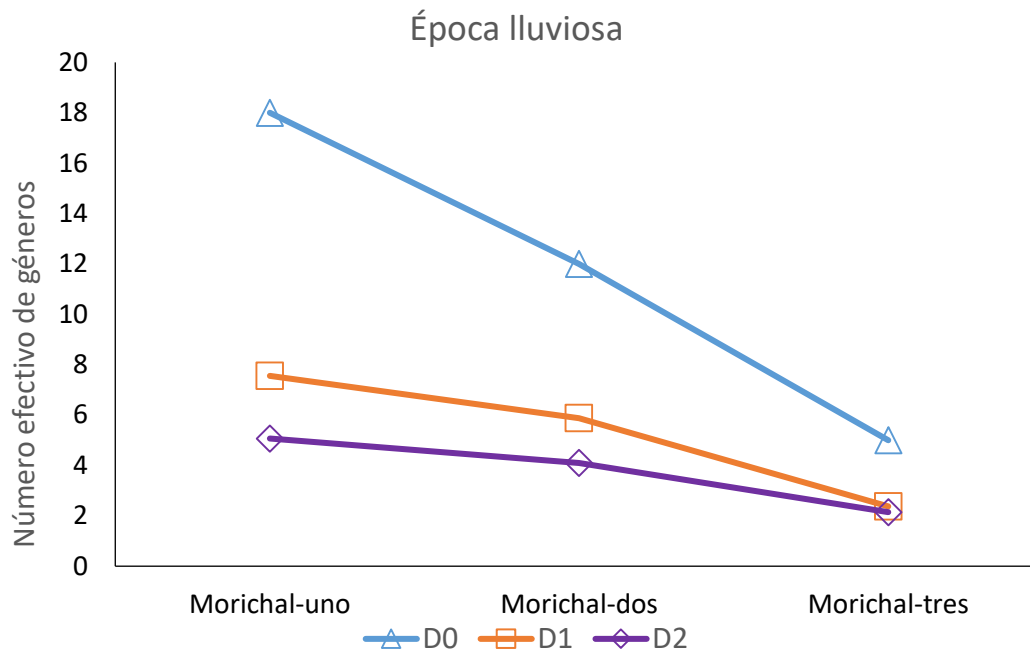


Figura 25: Perfiles de Diversidad de microalgas para la época de lluvia, en tres morichales del municipio de Tame, Arauca. Diversidad de orden cero 0D , Diversidad de orden uno 1D , Diversidad de orden dos 2D .

7.5.2. Abundancia

La abundancia en época seca estuvo caracterizada por el predominio de *Euglena* superando en abundancia a géneros como *Botryococcus*, *Chlorella* y *Phacus*, con una diferencia clara, mientras que para la época de lluvias la mayor abundancia la presentó *Pinularia*. Mostrando también una diferencia clara con los demás géneros presentes (ver figura 26).

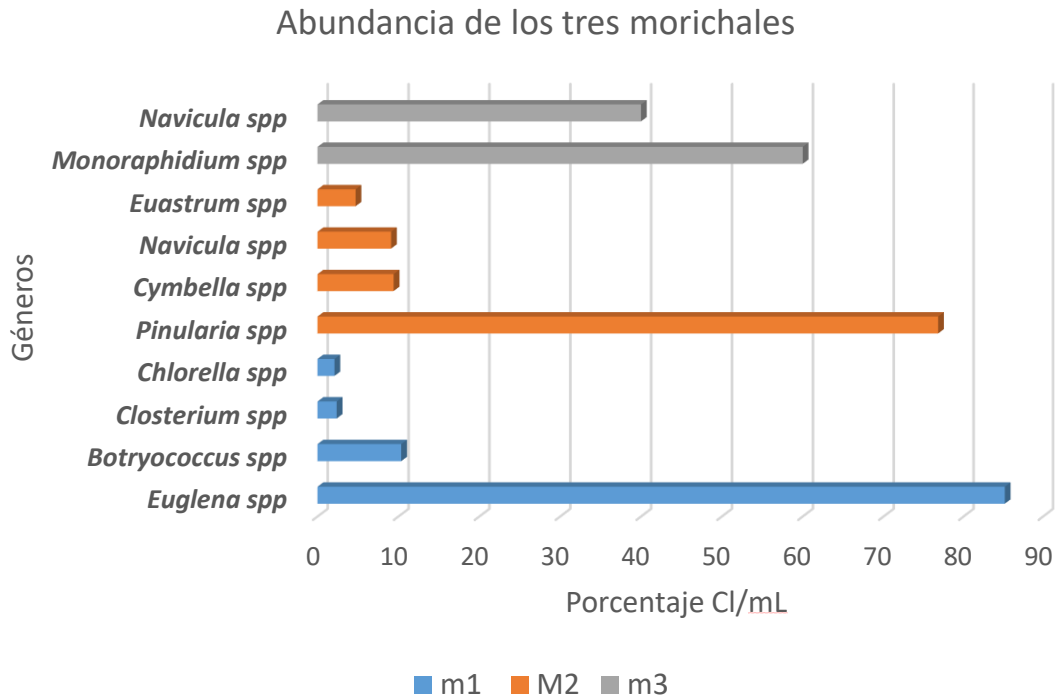


Figura 26: Abundancia de microalgas en los morichales.

7.5.2.1. Índice de valor de importancia para las microalgas en los tres morichales

En cada uno de los morichales trabajados se pudo evidenciar que el valor de importancia estuvo demarcado por una colonia, en el morichal 1 *Euglena*, fue la de mayor índice de importancia con 185,1, seguida por *Chlorella* con un valor 102, para el morichal 2 el mayor índice lo presento *Closterium* 102, seguida de *Euastrum* 79, por último, el morichal 3 el mayor índice de importancia lo obtuvo *Monoraphidium* con un 60 seguido de *Navicula* con un 40 (ver imagen 27).

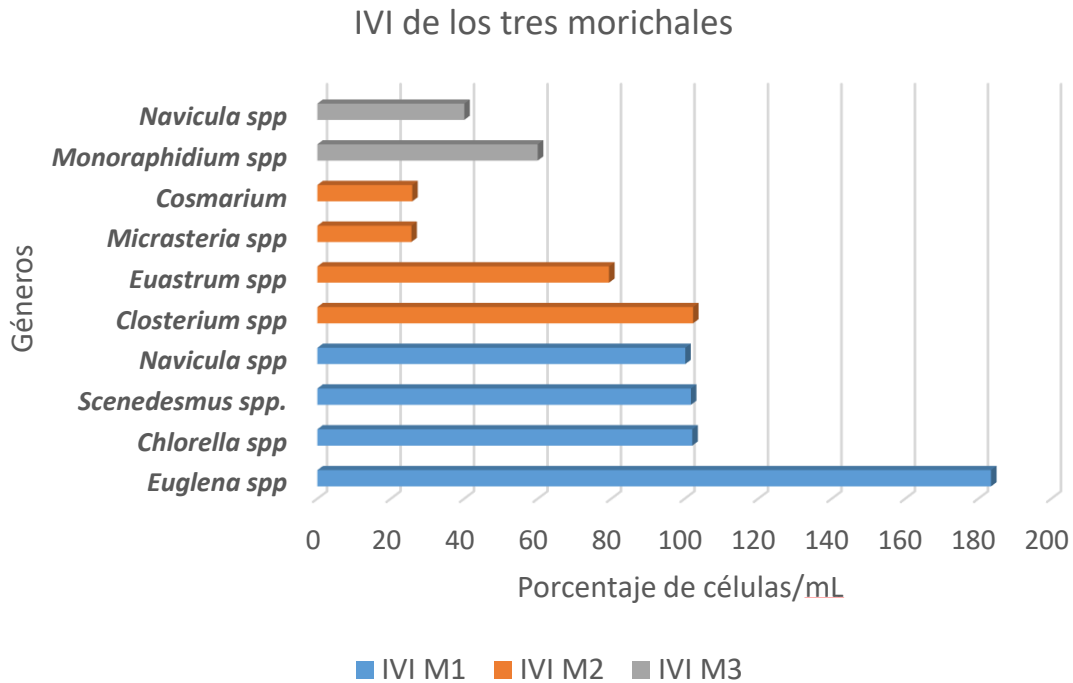


Figura 27: Índice de valor de importancia para las microalgas en los tres morichales.

7.6. Diversidad beta para las microalgas con base en los índices de Jaccard y Morisita-Horn (objetivo 2)

El análisis de similitud, mediante el uso del índice de Jaccard (presencia – ausencia) para la época seca, nos muestra un valor de similitud entre los morichales dos y tres, 0,1 lo que equivale a un 10% de las especies comunes a estos dos lugares, mientras que este grupo morichal dos y tres comparten con el morichal uno un 32% de las especies (ver figura 28). De manera similar el índice de Morisita-Horn basado en las abundancias de las especies nos muestra un valor de similitud entre el morichal dos y tres de 0,1 compartiendo un 10% de las especies abundantes, mientras que con el morichal uno solo comparte un 3% con los morichales dos y tres (Ver figura 29). Por otra parte, en épocas de lluvia, el índice de Jaccard

nos muestra que el morichal uno y dos comparte un 42% de los géneros, seguido por el morichal tres que comparte 32% con los morichales uno y dos (ver figura 30). Morisita-Horn muestra que el morichal uno y dos comparten 52% de géneros, mientras que el morichal uno solo comparte 15% con los otros dos morichales (ver figura 31).

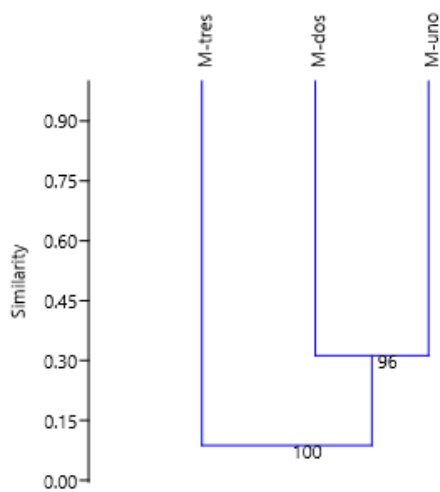


Figura 28: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Jaccard para datos de presencia – ausencia para las microalgas en época seca

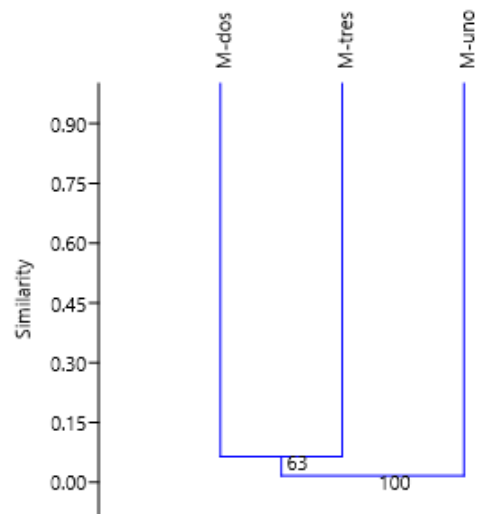


Figura 29: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Morisita - Horn para datos de abundancia para las microalgas en época seca.

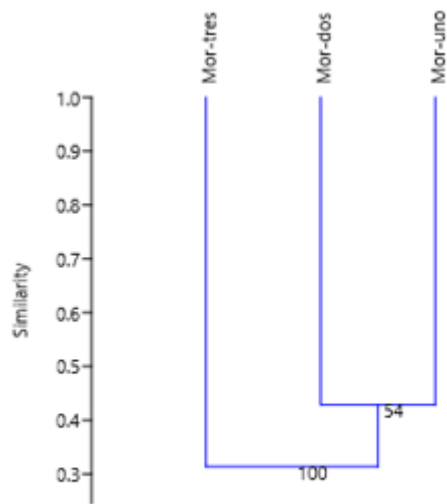


Figura 30: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Jaccard para datos de presencia – ausencia para las microalgas época lluvia.

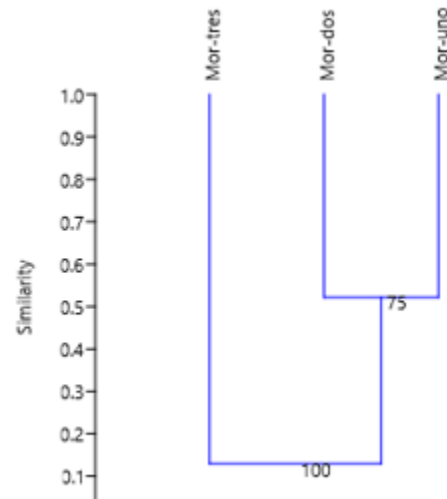


Figura 31: Dendrograma de similitudes construido a partir del índice de Morisita - Horn para datos de abundancia para las microalgas época lluvia.

7.7. Relación entre la riqueza de microalgas y los parámetros fisicoquímicos

El análisis de correspondencia canónica entre los factores ambientales y los géneros de algas presentes en cada uno de los morichales estudiados, mostro la interacción de las variables abióticas, con la presencia de las microalgas en cada uno de los morichales en el primer muestreo (época seca) se observó que *Monoraphidium* que pertenece al morichal 3 responden a cantidades bajas de DQO Y DBO5, mientras que *Anabaena* y *Closterium*, responde a altos niveles de turbidez, *Microspora* responden a niveles altos de turbidez y pH,

por último los géneros *Navicula*, *Pinnularia*, se asocian con niveles altos de solidos totales, así como también hay relación con la temperatura y la concentración de cloruros (ver figura 32).

El análisis de correspondencia para el muestreo en época lluvia, muestra que *Pinularia* responde a niveles altos de fosfatos mientras que en el morichal dos *Gyrosigma*, *Closterium*, *Navicula* y *Oscillatoria* responden a niveles altos de turbidez, temperatura, cloruros y solidos totales, por otra parte, en el morichal tres *Chlorella*, *Mougeotia*, *Scenedesmus*, *Chroococcus* están asociados a niveles bajos de turbidez, temperatura, cloruros y solidos totales (ver figura 33).

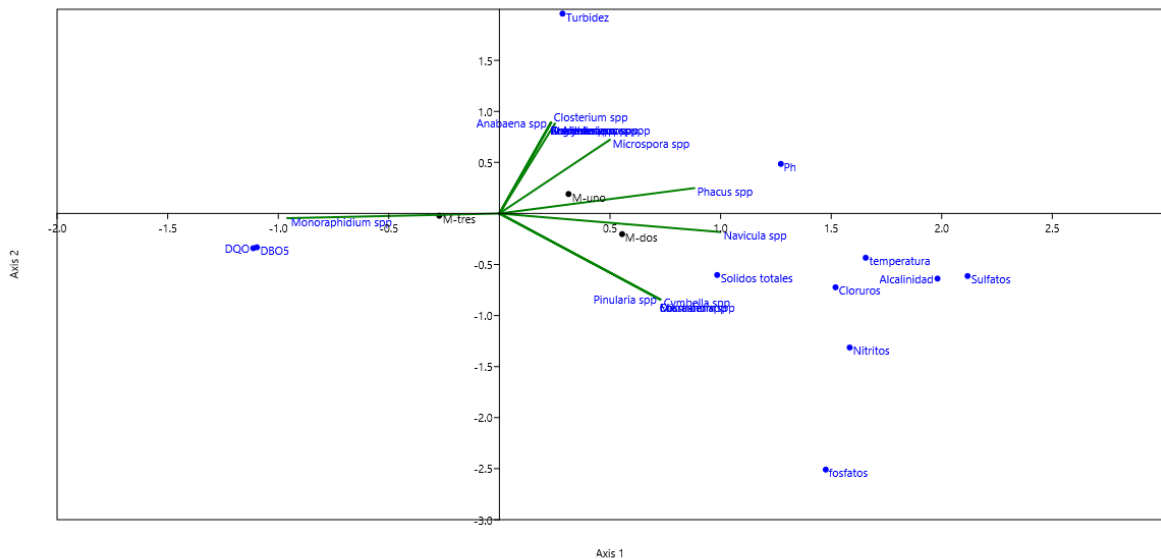


Figura 32: Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre los géneros de microalgas observadas y los diferentes parámetros físico-químicos, en época seca: (Mor-uno: Morichal uno; Mor-dos: Morichal dos; Mor-tres: Morichal tres), (fosfatos, Alcalinidad, turbidez,

solidos totales, Cloruros, Temperatura, pH, DQO, sulfatos y nitritos), (*Navicula*, *Pinularia*, *Phacus*, *Microspora*, *Closterium*, *Anabaena*, *Monorophidium*, *Cymbella*).

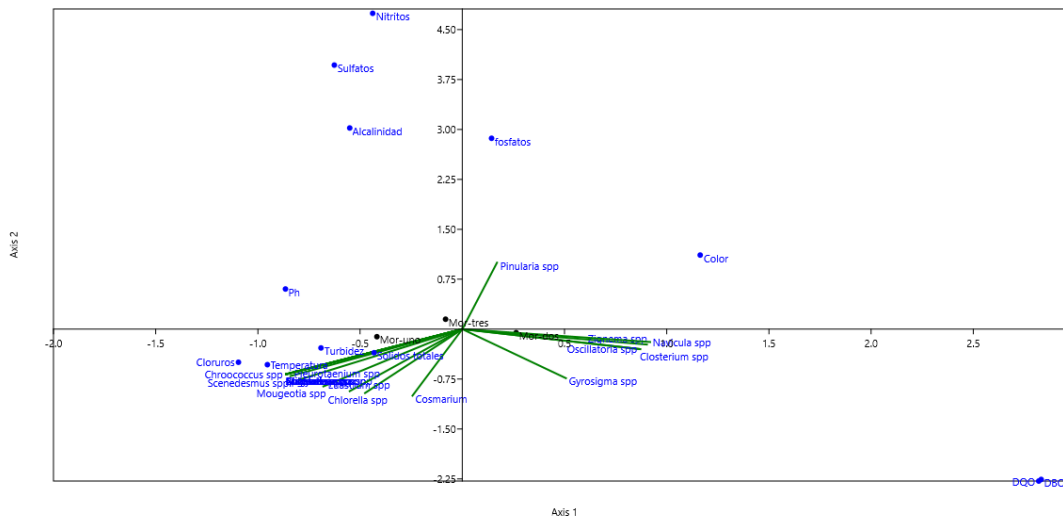


Figura 33: Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre los géneros de microalgas observadas y los diferentes parámetros físico-químicos, en época de lluvia: (Mor-uno: Morichal uno; Mor-dos: Morichal dos; Mor-tres: Morichal tres), (fosfatos, Alcalinidad, turbidez, solidos totales, Cloruros, Temperatura, pH, sulfatos y nitritos), (*Pinularia*, *Gyrosigma*, *Closterium*, *Oscillatoria*, *Cosmarium*, *Clorella*, *Mougeotia*, *Scenedesmus*, *Chroococcus*).

7.8. Relación entre los factores físicoquímicos y abundancia de Coliformes para los tres morichales (objetivo 4)

La mayoría de los parámetros físicoquímicos analizados nos mostraron diferencias marcadas entre los dos periodos de sequía y lluvia. Para los parámetros como el pH para la época seca entre los morichales, fue desde un pH ácido para el morichal dos con un valor de 4,17, seguido por el morichal uno con un pH de 5,7 y por último el morichal tres con un pH

cercano a neutro de 6,26. Para la turbidez en esta época seca el valor más alto lo presentó el morichal tres con 343 NTU, seguido por el morichal 1 con 226 NTU y por último el morichal dos con 79,2 NTU, Los sólidos totales, siempre presentaron valores altos para esta época siendo el morichal uno el de mayor valor con 306,6 mg/L, seguido por el morichal dos con 288,2 mg/L, y por último el morichal tres 483 mg/L, los niveles de Nitritos no presentaron mucha diferencia siendo el morichal tres con un valor de 0,023 mg/LNO₂, seguido por el morichal dos con 0,022 mg/LNO₂, y por último el morichal uno con 0,019 mg/LNO₂, los valores del DQO variaron entre morichales siendo el morichal tres el de mayor valor con 686 mg/L, seguido por morichal uno con 122 mg/L y finalmente el morichal dos con el valor más bajo 63 mg/L, mientras que los valores para DBO₅ presentaron valores bajos a excepción del morichal tres que obtuvo un valor de 410 mg/L, seguido por el morichal uno con un valor de 74 mg/L, y por último el morichal dos con 38,4 mg/L. Las Coliformes totales presentaron valores altos en el morichal uno y dos valores que van de los 2750 a 4250 Bacteria /mL mientras que el morichal 3 presentó 45 Bacterias/mL (Ver Tabla 7).

Para la época lluvia, los valores variaron un poco el pH se mantuvo en niveles ácidos siendo el morichal uno con el valor más bajo 4,47, seguido por el morichal tres con 5,96 y por último el morichal dos 5,24, Para la turbidez los valores para el morichal dos fue 385 NTU siendo este el más alto, seguido por el morichal dos con 340 NTU y por ultimo con el valor más bajo fue el morichal con un valor de 298 NTU, para los sólidos totales en época de lluvia el morichal dos fue el que tuvo mayor valor con un 465 mg/L, seguido por el morichal tres con 366 mg/L, y por último el morichal uno 306 mg/L. Para los Nitritos el valor más alto lo presentó el morichal tres con 0,02 m/l NO₂, seguido por el morichal dos con 0,01 m/l NO₂ y finalmente con el valor más bajo el morichal uno con 0,005 m/l NO₂, Con respecto

al DQO los valores presentaron diferencias entre morichales siendo el morichal dos el de mayor valor con 96 mg/L, seguido por el morichal tres con 16 mg/L, y finalmente el morichal uno con 2 mg/L, mientras que el DBO presento un valor bastante alto para el morichal dos 58,7 mg/L, seguido por el morichal tres con 9,8 mg/L, y finalmente el morichal uno 1,1 mg/L con el valor más bajo. Para las Coliformes totales los valores no variaron mucho el morichal tres presentó un valor de 150 Bacterias /mL, seguida por el morichal 1 con 137,5 Bacteria /mL, y por último el morichal dos con 75 Bacteria/ mL (ver tabla 8).

Tabla 7:
Parámetros fisicoquímicos para época seca.

Parámetros	Mori1	Mori 2	Mori 3	Unidades
pH	5,75	4,17	6,26	Unidades de Ph
Turbidez	226	79,2	343	NTU
Color	206	193	209	U PtCo
Cloruros	8,1	8,1	9,2	mg/L Cr
Alcalinidad	5	5	4	mg/L CaCO ₃
Dureza	1	3	1	mg/L CaCO ₃
Solidos totales	306,6	288,2	483	mg/l
Sulfatos	7	7	5	mg/l SO ₄
Nitritos	0,019	0,022	0,023	mg/l NO ₂
fosfatos	8,3	13,2	13,9	mg/ l PO ₄
DQO	122	63	686	mg/l
DBO5	74	38,4	410	mg/l
Coliformes Totales	2750	4250	45	Bacterias/mL
Coliformes Fecales	0	0	0	Bacterias/mL

Tabla 8:
Parámetros fisicoquímicos época lluvia

Parámetros	Mori1	Mori 2	Mori 3	Unidades
Ph	4,47	5,24	5,96	Unidades de Ph
Turbidez	298	385	340	NTU
Color	62	408	254	U PtCo
Cloruros	8,51	8,5	8,48	mg/L Cr
Alcalinidad	10	16	25	mg/L CaCo3
Dureza	<0,1	<0,1	5	mg/L CaCo3

Sólidos totales	306	465	366	mg/l
Sulfatos	7	11	21	mg/l SO ₄
Nitritos	0,005	0,01	0,02	mg/l NO ₂
fosfatos	1,7	5	5,8	mg/ l PO ₄
DQO	2	96	16	mg/l
DBO5	1,1	58,5	9,8	mg/l
Coliformes totales	137,5	75	150	Bactrias/ml
coliforme fecales	0	0	0	Bactrias/ml

Para definir qué factores físico-químicos influyen más en dentro de cada periodo de muestreo se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) incluyendo en este las Coliformes totales y fecales, el ACP manifiesta en la representación bidimensional que, para la época seca el DQO y los cloruros son los factores fisicoquímicos que más influyen, en cada uno de los morichales ya que estos son los que presentan un menor ángulo respecto al componente 1, también la presencia de Coliformes fecales. Para cada uno de los morichales los factores fisicoquímicos que intervienen para la época seca varían de un morichal a otro, para el morichal uno, los sulfatos y la alcalinidad son los que más influyen en el ecosistema ya que son los que presentan un menor ángulo respecto al componente 2. En el morichal tres el DQO, DBO, los cloruros y los sólidos totales son lo que más influyen cuyos vectores forman el menor ángulo con el eje del componente 2, mientras que la dureza presenta un menor ángulo respecto al componente 1 y coliformes totales presentan un menor ángulo respecto al componente 2, estos factores fisicoquímicos son los que más influyen en el morichal 2 (ver figura 34).

En la época de lluvia, la turbidez y los sólidos totales mostraron una mayor influencia al igual que el color. El ACP también nos muestra que para cada uno de los morichales los factores fisicoquímicos han cambiado un poco como ocurre en el morichal tres las coliformes totales

fueron las de mayor influencia con un menor ángulo de inclinación hacia el componente 1, para el morichal uno no hay un factor fisicoquímico que se relacione con este, y en el morichal dos turbidez, sólidos totales y color fueron los factores fisicoquímicos que más influyeron presentando el menor ángulo respecto al componente 2 (ver figura 35).

Se construyó un ACP con la ausencia de las coliformes para observar si se mantenía la influencia de los factores fisicoquímicos o si se generaba un cambio al solo evaluar estos, y mostró que para la época de lluvia en el morichal uno los cloruros fueron los de mayor influencia con un ángulo menor respecto al componente 2, mientras que para el morichal tres fueron el ph y los fosfatos los que presentaron un menor ángulo con respecto al eje del componente 2, de otra parte en el morichal uno fueron el DQO y el DBO₅ los que mostraron un menor ángulo con el componente 1 (ver figura 36). Con respecto a la época seca, la turbidez fue la de mayor influencia para el morichal uno presentando un menor ángulo con el componente 1, mientras que el morichal dos no hubo ningún parámetro que influyera, mientras que el morichal tres el DBO₅ y el DQO fueron los de menor ángulo respecto al componente 1. Al no estar presentes los Coliformes si observa una reubicación de los factores fisicoquímicos que influyen a cada uno de los morichales (ver figura 37).

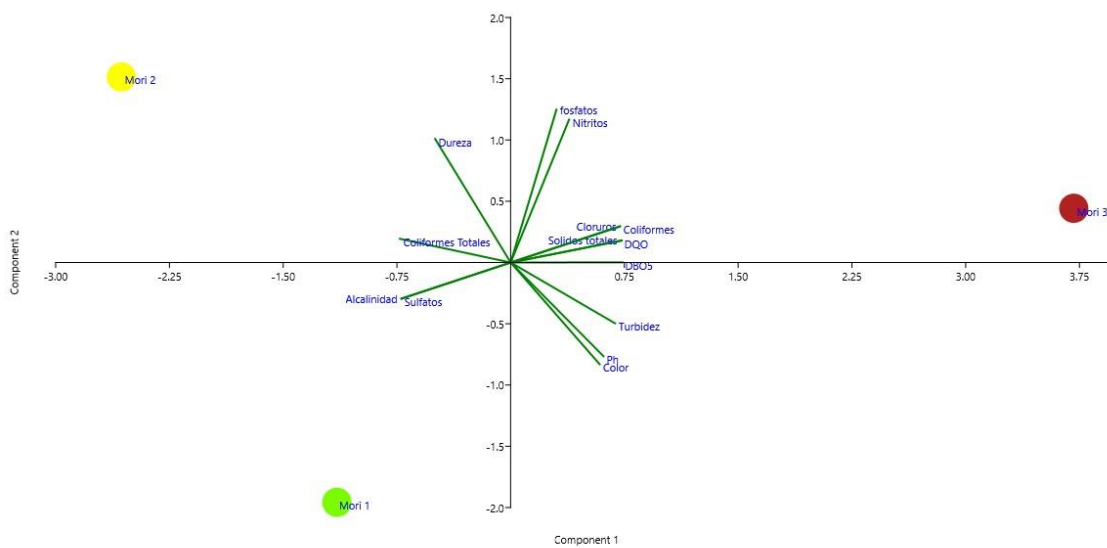


Figura 34: ACP de época seca con presencia de Coliformes.

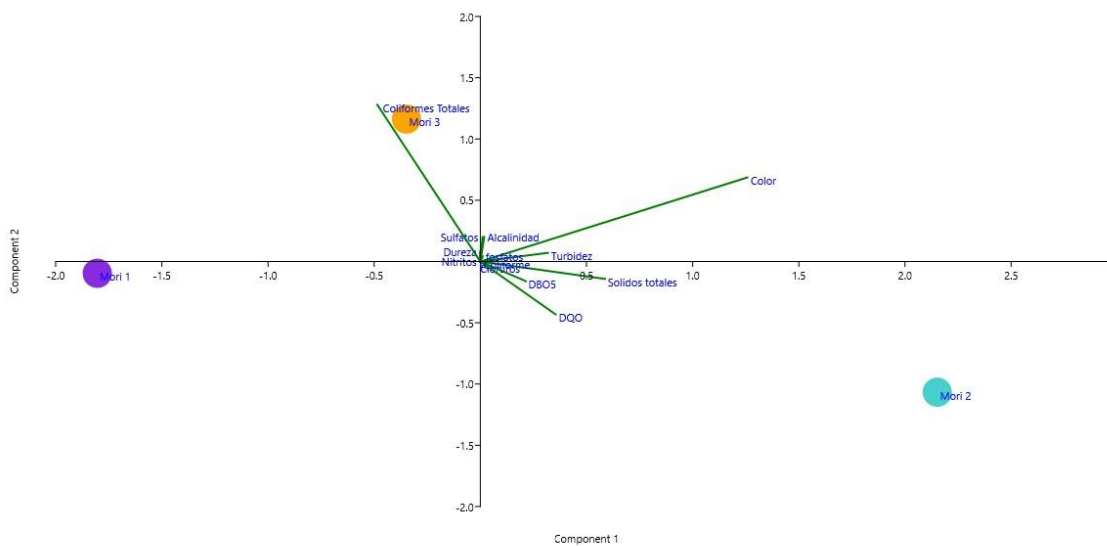


Figura 35: ACP Época lluvia con presencia de Coliformes.

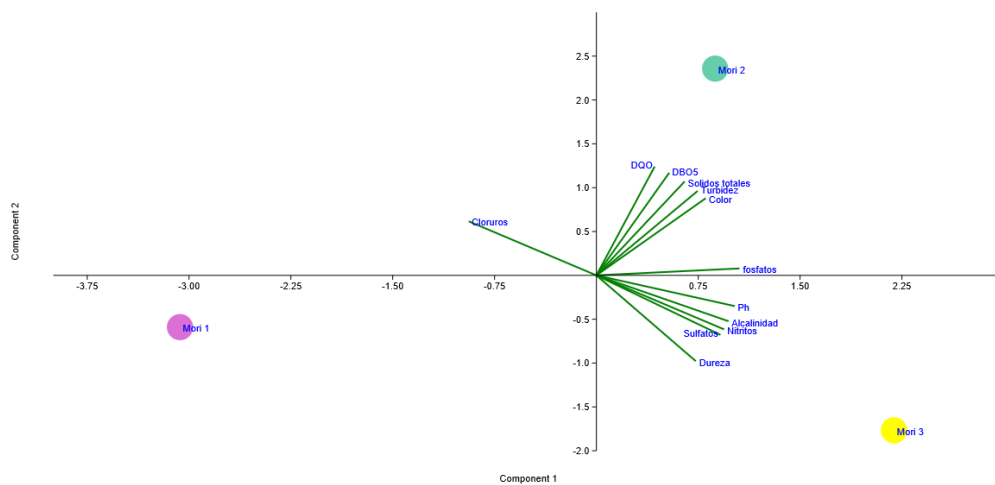


Figura 36: ACP época lluvia con ausencia de Coliformes.

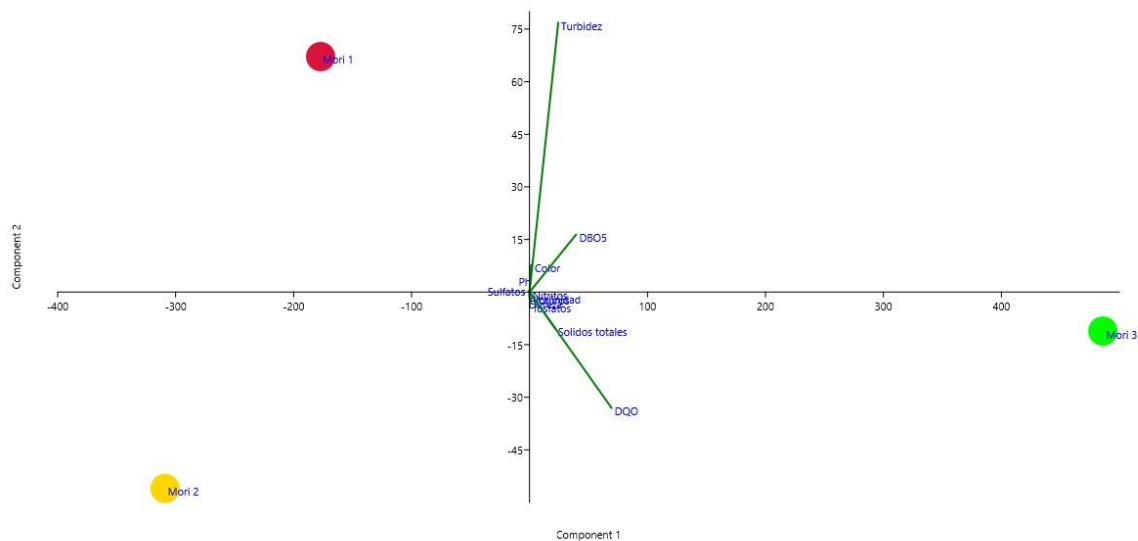


Figura 37: ACP época seca sin Coliformes.

8. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito comparar la diversidad de plantas y microalgas presentes en tres morichales en Tame, Arauca. Los morichales conforman comunidades vegetales cuyo elemento florístico más llamativo es la palma *M. flexuosa*, la cual está presente en ambientes inundables, se encuentra distribuida no solo en Colombia, sino que también está presente en Venezuela, Brasil, Perú, Ecuador y las Guyanas (González, 1987). Su condición pantanosa sirve como un gran reservorio de microorganismos y microalgas que son susceptibles a los cambios fisicoquímicos del agua lo que permite observar cambios dentro la composición biótica del morichal. Por la poca información que se tiene de estos ecosistemas en Colombia se toma como referentes estudios en Brasil, Venezuela y Perú; para el análisis de la composición florística, también se tuvo en cuenta información sobre bosques de galería ya que el morichal corresponde a un tipo particular de esta vegetación (Caro., 2008), para el análisis de microalgas la información sobre humedales, se obtuvo de estudios realizados en humedales en zonas andinas y en ríos y morichales del Meta, mientras que en el departamento de Arauca cuenta con información acerca de su composición fitoplanctónica y parámetros fisicoquímicos.

7.1. Composición florística

En los sitios de estudio, la composición florística, presentó semejanzas en cuanto a especies y géneros con la reportada en los trabajos de Fernández (2007) para los llanos venezolanos; Caro (2008), Pérez & Mijares (2013) en morichales de la Orinoquia Colombiana y Urrego (1997) en la Amazonia Colombiana (Tabla 7).

Tabla 9: Comparación de la flora con el estudio realizado.

Autor	Especies compartidas	Géneros compartidos
Fernández (2007)	<i>M. flexuosa</i>	<i>Inga, Protium, Miconia, Alchornea, Xylopi, Hirtella.</i>
	<i>Tapirira guianensis</i>	
Caro (2008)	<i>M. flexuosa</i>	<i>Miconia, Henriettella, Socratea, Inga Virola, Xylopi, Ficus.</i>
	<i>Xylopi Amazonica</i>	
	<i>Socratea exorrhiza</i>	
	<i>Tapirira guianensis</i>	
	<i>Protium glabrescens</i>	
Pérez & Mijares (2013)	<i>Alchornea triplinervia</i>	<i>Herrania, socratea, Miconia Psychotria, Inga, Protium, Xylopi, Ficus.</i>
	<i>Henriettella cf. goudotiana</i>	
	<i>Terminalia amazonia</i>	
	<i>M. flexuosa</i>	
	<i>Socratea exorrhiza</i>	
	<i>Tapirira guianensis</i>	
	<i>M. flexuosa</i>	
Urrego (1997)	<i>M. flexuosa</i>	<i>Trichilia, Myrcia, Protium, Miconia, Dendropanax, Erythroxylum, Eugenia, Inga, Alchornea, Xylopi.</i>
	<i>Tapirira guianensis</i>	

En el morichal tres se registró el mayor número de especies (120), familias (49) y géneros (91), donde la riqueza estuvo mejor representada por la familia Melastomataceae (9,84%) con 12 especies, seguida por Araceae con un (7,38%) con 9 especies, Fabaceae (5,74%) con 7 especies, mientras el resto de las familias presentaron desde 6 especies que disminuyeron

hasta llegar a una. El segundo mayor valor lo aportó el morichal 2 con un total de 35 familias, 58 géneros y 76 especies donde la familia Araceae tuvo la mayor riqueza con 7 especies, equivalente a un 9,33%, mientras que Melastomataceae, Aracaceae y Fabaceae lograron 6,67% cada uno de la riqueza del morichal. El morichal uno estuvo representado por 38 familias, 68 géneros y 89 especies, donde la familia Melastomataceae estuvo mejor representada con 16,09% de la riqueza del morichal, posteriormente esta la familia Poaceae con 14,94% de la riqueza, Cyperaceae con 6,90% de riqueza; presentando semejanzas en riqueza con lo expuesto por Gentry (1988) para el Neotropico, así como para Venezuela por Aristeguieta (1968), Delascio (1990, 1999), Aymard (2000), Camaripano & Castillo (2003) y Fernandez (2007) y para Colombia, Ardila (2004), Perez (2005). A nivel general del muestreo y no discriminando por morichal, las familias más abundantes fueron Melastomataceae, seguida por Poaceae y Araceae, A diferencia de los trabajos de Caro (2008), donde las familias con más riqueza en el morichal trabajado fueron las Arecaceae y Burseraceae, Moraceae y Annoceae mostrando así la dominancia de las palmas en este tipo de ecosistema, mientras que en el morichal estudiado por Pérez (2013) las familias con mayor riqueza fueron Melastomataceae y Moraceae coincidiendo solo en la familia Melastomataceae siendo esta la que predominó en los tres morichales estudiados (ver figura 38).

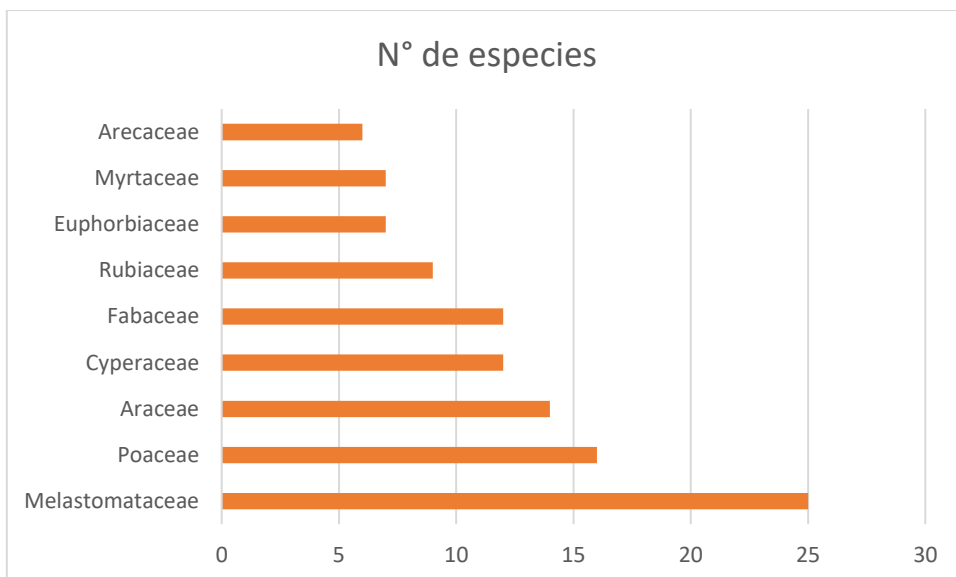


Figura 38: Familias con mayor número de especies a nivel general del muestreo sin discriminación por morichal.

La curva de rarefacción bajo el método de chao – Jost (2012) indica que el muestreo de plantas vasculares alcanzó un valor aceptable en cuanto al número considerable de especies efectivas en el morichal tres, seguido por el morichal uno y dos con un 75% lo que es indicativo del muestreo suficiente para los dos sitios (ver figura 7).

Se puede ver que el morichal más rico en especies fue el morichal tres, con valores mucho más alto que los del morichales uno y dos; esto puede deberse a que aunque es un lugar fragmentado y muy intervenido las personas evitan la tala de este morichal, es un lugar aislado que facilitado la recuperación de la biodiversidad en el lugar, mientras que los otros dos morichales tiene mayor intervención por cuenta de animales. En el morichal uno predomina las Poáceas y hay muy pocos árboles que compartan dosel con *M. flexuosa*, para el morichal dos este aunque se creía que era el de menor intervención, se encontró mayor homogeneidad florística.

En la distribución de la curva de abundancias (ver figura 13) se observó que los tres morichales comparten especies dominantes, que no se encuentran en las misma posición con respecto a la abundancia por morichal. Para el morichal uno; *Tococa bullifera*, *M. flexuosa* y *Maprounea guianensis* son las especies más abundantes y dominantes; para el morichal dos; *Maruritia flexuosa*, *Philodenron longirrhizum* y *Spatiphyllum juaninensis*, para el morichal tres; *Helicostylis elegans*, *Mauritia flexuosa* y *Miconia voronovii*, siendo *M. flexuosa* la especie compartida entre los tres morichales ya que es la planta distintiva de estos ecosistemas. La característica física de cada uno de los morichales puede determinar la presencia de estas especies, en el caso del morichal dos todo el morichal es pantanoso y esto facilita el crecimiento de los individuos de *Philodendros* y *Spatiphyllum*, mientras que en los morichales uno y tres los espejos de agua están localizados formando lagunas y esto facilita más la presencia de plantas leñosas en los alrededores de las lagunas.

7.2. Diversidad de plantas en los tres morichales (diversidad alfa)

De acuerdo con lo planteado por Montoya-Molina *et al.*, (2016) la diversidad se puede estimar mediante el número de especies efectivas que permite una mejor interpretación de riqueza en cada uno de los morichales. En la diversidad de orden 0D se diferencia notoriamente el morichal tres como el sitio con mayor riqueza, aunque es el morichal con mayor intervención antrópica, mostro ser el de mayor riqueza de especies, a diferencia del morichal uno con mediana intervención y el morichal dos con la menor intervención, esto puede deberse a que aunque hay una mayor intervención antrópica, las personas evitan que en este lugar se tale o queme, al relacionar las especies abundantes, en la diversidad 1D el

morichal tres mantiene su posición con un número efectivo de especie (55,16), seguido por el morichal uno con número efectivo de especies de (49,16), se puede ver que en los valores de diversidad de orden 2D no hay una diferencia ostensible en el número efectivo de especies dominantes entre los morichales con valores para el morichal 1, 2 y 3 de (27,34 – 23,36 – 29,86 respectivamente) ya que los ecosistemas de morichal son comunidades diversa con poca dominancia siendo *M. flexuosa* la especie más dominantes (Caro., 2008; Pérez & Mijares., 2013).

7.3. Diversidad de algas

Los muestreos mostraron que para la época seca se registraron 19 géneros, los cuales se agruparon en 4 clases (Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Cyanophyceae), mientras que la época de lluvia mostró 18 géneros que se agruparon en 4 clases siendo las misma de la época seca. Para la época seca cada uno de los morichales presentaron una Riqueza diferente, el morichal uno las Chlorophyceae 54,55% fueron las de mayor riqueza, mientras que Cianophyceae y Euglenophyceae presentaron un 18,18%; con la menor riqueza estuvo Bacillariophyceae con 9,09%, para el morichal dos las Chlorophyceae presentaron una mayor riqueza con un 50%, seguida por Bacillariophyceae con un 30% y Euglenophyceae con un 20%; por último el morichal tres donde solo estuvieron presentes las Chlorophyceae con un 50% y las Bacillariophyceae con un 50% (ver figura 39). Para la época de lluvia la riqueza varió un poco en cada uno de los morichales, las Chlorophyceae 55,56%, Bacillariophyceae 27,78%, la Cyanophyceae con un 11% y las Euglenophytas 5%, Para el morichal dos las Chlorophyceae también representaron la mayor riqueza con 61,54%, las Bacillariophyceae con 23% y Cyanophyceae con un 15,38%, y para el morichal tres se

mantiene las Chlorophyceae con 60% y las Bacillariophyceae con 40% (ver figura 40), de acuerdo a lo encontrado con Baylón et .al., (2018); y Gonzales et .al (2003).

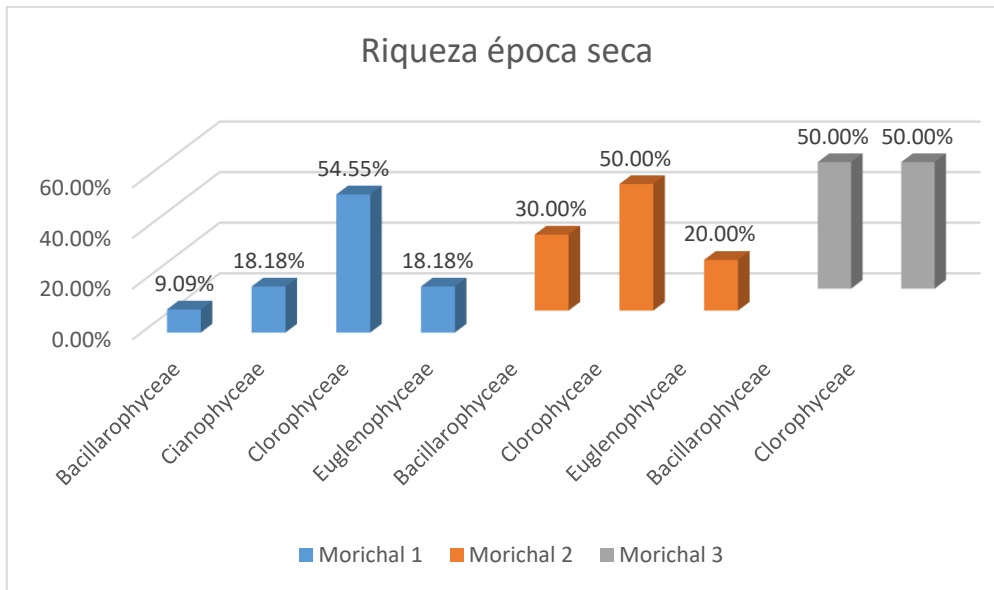


Figura 39: Riqueza de los tres morichales en época seca.

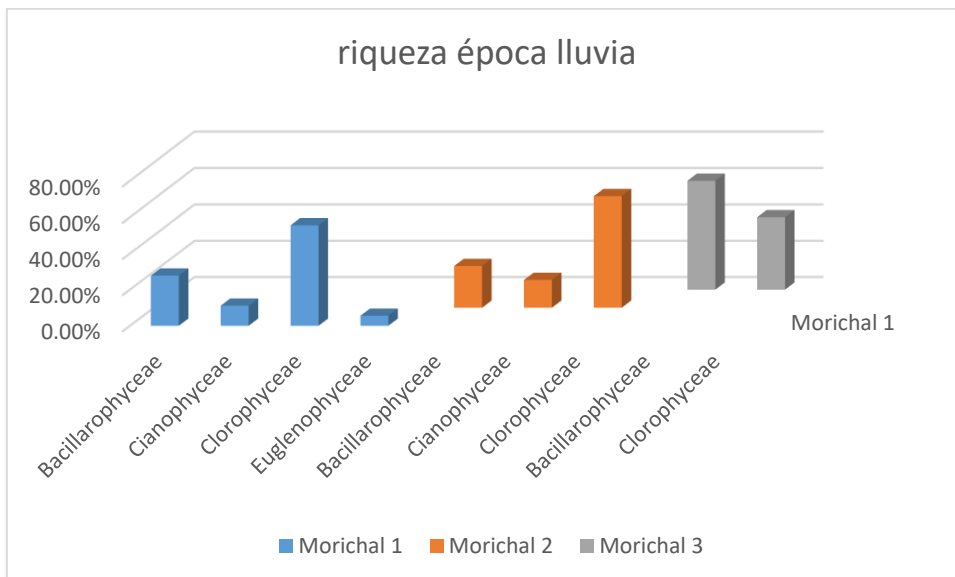


Figura 40: Riqueza de los tres morichales en época lluvia.

Los bioindicadores se han usado desde hace mucho tiempo para evaluar los estados del agua, aunque no hay un indicador universal todos los organismos sirven como indicadores, pero unos son más sensibles que otros y su reacción a los cambios se ven rápidamente reflejados. Las microalgas son un grupo que está presente en todas las fuentes de agua, y ayudan a determinar el estado trófico de un cuerpo de agua, su alta sensibilidad las hace propicias para estos estudios, por tal motivo con los grupos que encontramos en los muestreos, se quiso dar un indicio del estado de contaminación en el que se encuentran los tres morichales en los cuales solo hubo presencia de cuatro clases (Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae y Euglenophyceae). Las Euglenas, se encuentran normalmente en ambientes con alto porcentaje de materia orgánica y nutrientes, aportando oxígeno y evitando condiciones anóxicas en ambientes con estas características, se favorece el crecimiento de bacterias aerobias que contribuyen a la depuración de las aguas (Wetzel; 1981, Pinilla; 1998, Duque & Donato; 1992), las Euglenas estuvieron muy presentes en el primer morichal con un 83,48% de abundancia, para el segundo morichal la abundancia fue menor con solo un 0,88%, y para el morichal tres no hubo presencia de estas, Mientras que las Chlorophyceae se encuentran en medios mesotróficos y oligotróficos, con un pH con tendencia a la acidez, con baja mineralización y conductividad, la presencia de esta fue un poco baja, los géneros presentes se relacionan con envejecimiento natural de las comunidades acuáticas y el consumo de los nutrientes disponibles (Ramirez; 1992, Duque & Donato; 1992, Ruiz *et. al.*, 1984) las Chlorophyceae estuvieron representadas en el morichal 1 por *Botryococcus* con una abundancia de 10,14%, para el morichal 2 *Euastrum* con un 4,38% de abundancia y en el morichal tres *Monoraphidium* obtuvo la mayor abundancia con un 60% . Las Bacillariophyceae habitan en ambientes con relación de N/P altos, niveles de pH ligeramente acidos, ambientes Eutroficos, con turbulencia y en procesos de sucesión planctónica, esta

clase estuvo altamente representada por el género *Pinnularia* la cual está presente en ambientes con poca conductividad y con pH ácidos (Duque & Donato., 1992), estas estuvieron representadas por *Navicula* para el morichal uno con menos del 1%, mientras que en el morichal dos estuvieron presentes *Navicula*, *Cymbella* y *Pinuralria* que fue la de mayor abundancia con un 71,44% . Las Cyanophyceae tiene un amplio rango de tolerancia a muchos factores ambientales permitiéndoles así adaptarse con facilidad ante cualquier cambio, estas se desarrollan cuando las condiciones ambientales se desvían notablemente de las habituales, lo cual se ve reflejado en el aumento o disminución de estas (Márquez & Guillot; 1988, Duque & Donato; 1992, Pinilla; 1995) el único morichal con presencia de Cyanpphyceae en época seca fue el morichal uno que estuvo representado por la *Oscillaria* y la *Anabaena* las cuales no superaron el 1% de abundancia.

Para el morichal uno en épocas secas las especies de Euglena fueron las de mayor presencia, seguida de *Botryococcus*, *Closterium* y *Chlorella*, por medio de estas y teniendo en cuenta que el pH del morichal que en promedio esta entre 5-6 tendiendo a la neutralidad, con una DQO alto y una baja relación de N/P nos indica que el morichal no está en óptimas condiciones, mientras que en el morichal dos especies del género *Pinnularias* fueron la de mayor presencia, seguida por las especies de *Cymbella* y *Navicula*, esto nos indica que es un ambiente más oligotrófico ya que presenta niveles de pH acido, un DQO bajo, mientras que la DBO es alta. En este morichal también tiene presencia géneros de las Desmidiaceas como lo son: *Closterium*, *Euastrum*, *cosmarium*, entre otros que se asocian a ambientes conservados, lo que lleva a inferir que este morichal se encuentra en un ambiente con mejor calidad de agua, por otra parte para el morichal tres fue el más pobre tanto en abundancia como en riquezas; hallándose *Monoraphydium* y *Naviculas* en la época seca, aunque estas

prefieren lugares donde el pH tiende a la acidez. En este caso el pH mostró neutralidad y tendencia a la alcalinidad mientras que entre los valores de DQO y DBO no hay una diferencia notoria esto puede deberse a las condiciones de dicho ecosistema que la mayor parte de sus aguas se encuentran condiciones loticas.

8.5. Relación fisicoquímica y bacteriológica del agua

Se observó que para la época seca los cloruros y el DQO fueron los parámetros fisicoquímicos que más influyeron en las condiciones del agua del morichal, los niveles de DQO no fueron demasiado altos aunque en los sitios se observó materia orgánica en descomposición ya que los niveles del agua eran bajos, los niveles de Cloruros también fueron bajos, aunque estas fuentes hídricas no son de consumo humano, así que los animales como vacas, caballos y aves son las que normalmente hacen uso de estas fuentes.

Para la época lluviosa la turbidez y los sólidos totales fueron los que mayor influencia tuvieron, los altos niveles de turbidez hacen que los procesos fotosintéticos se vean afectados y que la temperatura del agua aumente por la absorción de luz por parte de la materia suspendida, los sólidos totales afectan de forma significativa a los microorganismos que están en estas fuentes ya que cubren los huevos, peces, anfibios o larvas afectando el intercambio de gases y así causando su posterior muerte. De acuerdo a estos resultados las aguas de estos morichales no están en condiciones para consumo humano ni en temporada de sequía, ni temporada de lluvias, los animales son los únicos que pueden aprovechar estas fuentes hídricas.

8.6. Relación de la diversidad de plantas y microalgas

La relación entre la diversidad de plantas y de microalgas en cada uno de los morichales, se mostró de la siguiente forma, el morichal con más riqueza en especies de plantas fue el morichal tres, seguido del morichal uno y por último el morichal dos, esto pudo deberse a que las características de cada uno de los sitios siempre fue diferente. En el morichal tres habían más especies de dosel acompañando a *Mauritia* mientras que en el morichal 2 abundaban las Aráceas con alta presencia de *Philodendron* y *Spathiphyllum* mientras que en el morichal uno la presencia de arbustos fue mayor con dominancia de la familia Melastomataceae en su mayoría por especies del género *Tococa* y *Miconia* . Para las microalgas el morichal con más diversidad fue el morichal uno, seguido por el morichal dos y finaliza el morichal tres, donde la riqueza fue realmente escasa, con base en esta información, se puede determinar que la diversidad de plantas vasculares no depende de la diversidades de micrialgas, no hay una relación apreciable, por lo tanto son independientes.

9. Conclusiones

- La diversidad de plantas fue diferente en los tres morichales; con un valor más alto en el morichal tres, de 123 especies, posteriormente se halla la del morichal uno con 95 y finalmente la del morichal dos con 77 especies, presentándose una diferencia notoria entre los valores de diversidad para los tres morichales, La diversidad en microalgas no tuvo diferencia marcadas entre los morichales, siendo de 18 especies para el morichal uno, 12 para el morichal dos y 5 para el morichal tres.
- Las familias con mayor riqueza de especies fueron las Melastomataceae con 25 especies, seguida de Poaceae con 16 especies, Araceae con 14, *Mauritia flexuosa* en los tres morichales fue la más abundante, mientras que las microalgas esta se agruparon solo en 4 clases, tanto en la época seca, como en la de lluvia, la clase Chlorophyceae fue la de mayor riqueza, seguida de Bacillariophyceae.
- No se halló relación alguna entre la diversidad de la plantas y la de microalgas ya que no siguieron tendencia ni directamente ni inversamente, de tal manera la diversidad de plantas y de microalgas en los distintos morichales no se puede determinar relación alguna.
- Los tres morichales presentaron altos niveles de materia orgánica, así como altos niveles de DQO, se asume que está en un estado acelerado de eutrofización.

- Los parámetros fisicoquímicos, presentan valores similares entre morichales por lo que se puede establecer que no hay diferencias marcadas entre estos, así como tampoco fueron grandes las diferencias entre las épocas seca y de lluvia.
- Se puede proponer cierta relación entre las microalgas y el disturbio, en donde el morichal tres con la mayor incidencia antrópica por su ubicación en la zona urbana presenta la menor concentración de microalgas.
- La presencia de las Coliformes totales nos indican que estas aguas no son aptas para consumo humano.
- No se pudo establecer una relación entre los factores fisicoquímicos y el valor de biodiversidad porque los valores de los parámetros físico-químicos fluctuaron entre morichales no habiendo una tendencia en su comportamiento hacia valores altos o bajos y una tendencia en el comportamiento de los valores de diversidad en plantas y o en algas en los morichales.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar un muestreo constante durante un año para las microalgas, en cada uno de los morichales estudiados.

- Hacer un estudio sobre la regeneración de la palma *Mauritia fleuxosa*, en estos morichales, para evaluar si existe pérdida progresiva de los individuos por intervención antrópica.
- Para poder hablar a partir de las microalgas como bioindicadores se debe llevar a especie.
- Se recomienda hacer estudios complementarios de fauna.
- Se recomienda hacer utilizar multiparámetros para tomar medidas *in situ*.

11. Bibliografía

- Aristeguieta, L. 1968. Consideraciones sobre la flora de los morichales llaneros al norte del Orinoco: Acta botánica venezolana 3 (1,2, 3,4): 1-22p. Caracas.
- Arndt, U., & Schweizer, B. (1991). The Use of Bioindicators for Environmental Monitoring in Tropical and Subtropical Countries. En H. Ellenberg, Biological Monitoring: Signals from the Environment (pp. 158-206). Vieweg & Sohn, Braunschweig, Germany.
- Baptiste, L.G. & Ariza, A., 2008. Ecología de las Sabanas Inundables de Casanare. En: A. Salamanca, L. Baleta, & J. Benítez (eds.) *Memorias, 1° Congreso Internacional de Producción y Desarrollo Sostenible, Versión Sabanas inundables, 1° Simposio de Recursos Genéticos del Trópico Húmedo*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Barsanti, L; & Gualtieri, P. 2006. Algae Anatomy, Biochemistry and Biotechnology. Taylor and Francias group, LLC. USA.
- Baylón M., Roa K., Libio T., Tapia L., Jara E., Macedo D., Salvatierra A & Dextre A. 2018. Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en la laguna altoandina del departamento de Pasco (Perú). *Ecología aplicada*, 17(1), 10.201704/rea.vL7il.1180.
- Bellinger, W. & Sigeo, D. 2010. Freshwater Algae. Identification and use as bioindicators. Edit. Wiley-Blackwell, USA.
- Brodie, J. & Lewis, J. 2007. Unravelling the algae. • e past, present and future of algal systematics. • e systematics association special volumen Series 75. CRC Press. London, UK.

- Cabrera, D. & Rivera, O. 2016. Composición florística y estructura de los bosques ribereños de la cuenca baja del río Pauto, Casanare, Colombia. *Caldasia* 38(1): 53-85p. Doi: 10.15446/Caldasia 38(1).57829.
- Caro, M. 2008. *Caracterización florística y estructural de la vegetación de un morichal en la hacienda Mataredonda, Municipio de San Martín, Meta.* (Trabajo de pregrado, Ecología). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.
- Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness tan size. *Ecology*, 93(12): 2533-2547.
- Coesel, P. F.M. 1982. Structural Characteristics and Adaptations of Desmid Communities, *Journal of Ecology*, Vol. 70, No. 1 (Mar., 1982), pp. 163-177p.
- Correa G. D. & Stevenson R.P. 2010. Estructura y Diversidad de Bosques de Galeria en una sábana estacional de los Llanos Orientales, Colombianos (reserva Tomo grande, Vichada), Orinoquia. Vol 14 (1) 31-48p.
- Delascio, F.1990. Contribución al conocimiento florístico de los morichales del Estado Guárico, Venezuela: Morichal redondo Hato Becerra. *Acta Botánica de venezuélica*. Vol 16 (1): 27-38p.
- Dezzeo N., Flores S., Zambrano S., Rodgers L., & Ochoa E. (2008). Estructura y composición de Bosque seco y Sabanas en los Llanos Orientales del Orinoco, Venezuela. *Interciencia*. Vol 33 (10). 733-740p.
- Dueñas C. A. Betancur J. y Galindo T. R. 2007. Estructura y composición de un bosque húmedo tropical del Catatumbo. *Revista Colombia Forestal*. Vol 10 (20). 26-39p.

- Duque, S. R. & Donato, J. CH. 1992. Biología y ecología del Fitoplancton de las aguas dulces en Colombia. Cuadernos Divulgativos No. 35. Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias 21 p.
- Environment Agency. (2008). Science report: Review and implementation study of biomonitoring for assessment of air quality outcomes. Bristol: Environmental Agency.
- Etter, A. 1998a. Bosque Húmedo Tropical. En: Chávez, M.E & Arango, N (Ed.). Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad Colombia I. diversidad biológica. 1997. IAvH y PNUD, Bogotá. 106-133 p.
- Etter, A. 1998b. Mapa general de Ecosistemas de Colombia (Escala 1: 2'000.000). IAvH y PNUD, Bogotá.
- Etter, A., 1993.- Diversidad ecosistémica en Colombia hoy: 43-61 (en) *Nuestra Diversidad Biológica*, CEREC, Fundación Alejandro Ángel Escobar, Bogotá, D. C. Colombia.
- Fernández, A. 2007. Los morichales de los Llanos de Venezuela. En: R. Duno de Stefano, G. Aymard, & Huber, O. (eds.) *Catálogo Anotado e Ilustrado de la Flora Vasculare de los Llanos de Venezuela, Parte I: Introducción geobotánica*. FUDENA – Fundación Empresas Polar – FIBV, Caracas. 91–98p.
- Galeano, G. & Bernal, R. (2010) Palmas de Colombia. Guía de Campo. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia Universidad Nacional de Colombia, 688 p.

- García, J.M., Sarmiento, L.F., Salvador, M., & Porras, L.S. 2017 Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta. UGCiencia, 23, 47-62.
- Gentry, A. H. 1993. El Significado de la Biodiversidad. pgs. en: S. Cárdenas & H. D. Correa (eds.), Nuestra diversidad Biológica. Colección María Restrepo de Angel & CEREC, Fundación Alejandro Escobar. Bogotá, Colombia.
- Gonzales E.J., Ortaz M., Peña C., Montes E., Mantos M.L., & Mendoza J. 2003. Fitoplancton de cinco embalses de Venezuela con diferente estado trófico. Limnetica. 22 (1-2) Pp 24.
- González-B., V. 1987. Los morichales de los Llanos Orientales: un enfoque ecológico. Venezuela, Caracas. Ediciones Corpoven 1987. 56 pp.
- Huber, O. & Riina, R. (eds.). 1997. Glosario Fitoecológico de las Américas. Vol. 1 América del Sur: Países Hispanoparlantes. Ediciones Tamandúa. 500 pg. Caracas, Venezuela.
- Isaza, C., Galeano, G. y Bernal, R. 2013. Manejo actual de *Mauritia flexuosa* para la producción de frutos en el sur de la Amazonia colombiana. Capítulo 13. 247-276 p. *En: Lasso, C. A., Rial, A. & González-B, V. (Editores). 2013. VII. Morichales y canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela. Parte I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.*
- Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaudoise Nat*, 44: 223-270.

- Jiménez, A.A., & Barba. A.A. (2008) Determinación de los parámetros físico-químicos de la calidad de aguas. Universidad Carlos III. Vol 2 (23) 12-19 p.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363-375.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into dependent alpha na beta components. *Ecology*, 88: 2427-2439.
- Koller, M.; Muhr, A.; & Braunegg, G. 2014. Microalgae as versatile cellular factories for valued products. *Algal Research* 6, Part A (0), 52-63.
- Lasso, C. A. 2014. Tipología de aguas (blancas, claras y negras) y su relación con la identificación y caracterización de los humedales de la Orinoquia. 50-61 p. *En*: Lasso, C. A., Rial. A, Colonnello. G, Machado-Allison. A y Trujillo. F (Editores). XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia- Venezuela). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Lee, R.E. 2008. *Phycology*, 4th edition. Cambridge University Press. USA.
- Manzi M. & Coomes T.O. (2008), Managing Amazonian palms for community use: A case of aguaje palm (*Mauritia flexuosa*) in Peru. *Forest Ecology and Management*. Vol 257 (2009). 510-517 p.
- Marciales, L., Diaz, J., Cruz, P., & Medina, V. (2012). Evaluación de la composición del plancton en cuatro lagunas de rebalse del rio Metica (Puerto López, Meta, Colombia). *Orinoquia – Universidad de los Llanos*. Vol 16 (2). 1-14 p.
- Marquel G. & Guillot, G, 1988. Proyecto estudios ecológicos de embalses colombianos. Etapa prospectiva, informe final FONDO FEN COLOMBIA . Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 242p.

- Matteucci, S. & Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washinton, D.C, Estados Unidos.
- Mendes, N. F., De Melo Valente, R., Correa – Rego, M.M, & Esposito M.C. (2016). The floral biology and reproductive system of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in a restinga environment in northeastern Brazil. The New York Botanical Garden Press, Bronx, NY 10458-5126 U.S.A.
- Mesa S. L & Lasso C.A. 2013. Aproximación geoquímica al subsistema acuático de los morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia. Capítulo 5. Pp. 85 - 95. *En: Lasso, C. A., Rial. A & González-B, V. (Editores). 2013. VII. Morichales y canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela. Parte I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.*
- Montoya-Molina, S., Isaza-López, L., & León, J. 2016. Esracabajos coprófagos (Scarabaeidae: Sacarabeinae) de la cuenca del Río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. *Dugesiana*, 23(2): 125-133.
- Morgan, F.; Barker, G.; Briggs, C.; Price, R.; & Keys, H. 2007. Environmental Domains of Antarctica. Antarctica New Zealand, Department of Conservation, p.89.
- Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities. . *Mem. Fac. Sci. Kyushu. Univ. Ser. E. Bio*, 3: 65-80.

- Mulato, M. 2014 Vegetación de Bosque de Galería en ambientes de aguas blancas y aguas negras del piedemonte Araucano. (tesis de pregrado del programa de Biología). Universidad de Pamplona. Pamplona Norte de Santander.
- Muller J. 1970 Palynological evidents on early differentions of angiosperms. *Biological Review*. Vol 45. 417 - 450 p.
- Nuñez-Avellaneda, M. (ed.) 2008. Microalgas acuáticas: la otra escala de la biodiversidad en la Amazonía colombiana. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi-. 240p.
- Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M. N., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2005) Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química., Thomson Editoriales Spain Paraninfo, 688 p.
- Ospina. A, N., Peña, E.J. (2004). Alternativas de monitoreo de calidad de aguas: algas como bioindicadores. *Acta Novoa*. Vol 2 (4). 513-517 p.
- Pérez, K. E. & Mijares, F.J. 2013. Distribución, composición florística, estructura y estado de conservación de los morichales en el departamento de Arauca, Colombia. Capítulo 6. 99-118 p. *En*: Lasso, C. A., Rial. A & González-B, V. (Editores). 2013. VII. Morichales y canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela. Parte I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Pinilla G. 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá, Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones; 1998. 18 p.

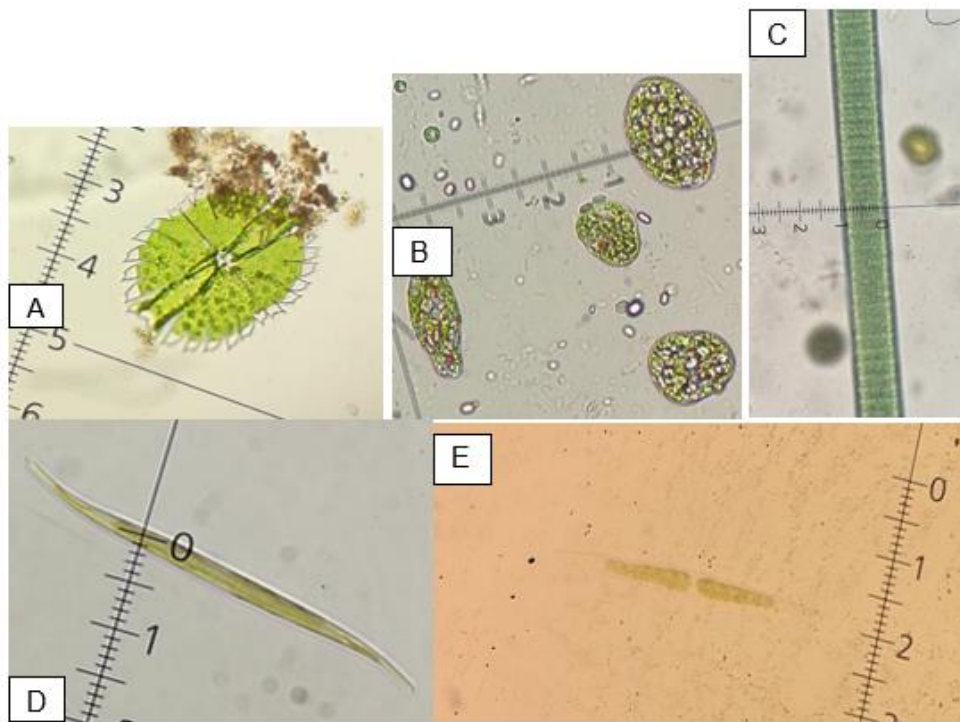
- Pinilla, G. 1995. Ecología regional de pequeños lagos artificiales en el Altiplano Cundiboyacense. Tesis Maestría en Ecología, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá. 185 p.
- Pitman, N.C., Andino, J.E.G, Aulestia, J.E.G, Cerón C.E, Neill D.A, Palacios, W, Rivas-Torres, G., Silman M.R & Terborgh J.W. (2014). Distribution and abundance of tree species in swamp forests of Amazonian Ecuador. *Revista Ecography*. Vol 37 (9). 902-915 p.
- Pitman, N.C., J.E.G. Andino, J.E, M. Aulestia, Cerón C.E, Neill, D.A, Palacios W., Rivas-Torres G., M.R. Silman M.R. & Terborgh J.W. 2014. Distribution and abundance of tree species in swamp forests of Amazonian Ecuador. *Ecography* 37(9): 902-915 p.
- Ponce M. 2000. Algunos aspectos de la biología poblacional de *Mauritia flexuosa* L. f. (palma moriche) en los llanos sur orientales del Estado Guárico, Venezuela. Tesis doctoral. Universidad Central de Venezuela. Venezuela, Caracas.
- Prescott, G.W. 1954. How to know the Fresh-Water algae. W.M. C. Brown Company, USA.
- Quinteros, Y., Roca A.F. & Quinteros V. 2016. Ecología, uso y conservación de los aguajales en el Alto Mayo, San Martín. Un estudio sobre las concentraciones de *Mauritia flexuosa* en la selva peruana. Capítulo 11. 264-283 p. *En: Lasso, C. A., Colonnello G. & Moraes R. (Editores), XIV. Morichales, cananguchales y otros palmares inundables de Suramérica. Parte II: Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y*

Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

- Ramirez, J.J. 1992. Contribución al conocimiento ecológico y taxonómico del fitoplancton de algunos cuerpos de agua importantes para el sector eléctrico colombiano. Universidad de Antioquia, 77 p.
- Rangel, J., & Velásquez, A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación, en J.O. Rangel, P.D. Lowey y Aguilar, M. Colombia Diversidad Biótica II. Bogotá.
- Rial, A. (2011). Las comunidades de morichales en los llanos orientales de Venezuela y Colombia y el delta del Orinoco: impactos de la actividad humana sobre su integridad y funcionamiento. 125 p. *En*: Lasso, C. A. Rial, A. Matallana, C. Ramírez, W. Señaris, J. Díaz-Pulido, A. Corzo, G. Machado-Allison, A. (Eds.). 2011. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco. II Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D.C., Colombia. 125 pp.
- Rivera CA, Zapata AM, Pérez D, Morales Y, Ovalle H, y Álvarez JP. (2010) Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río Orinoco (Orinoquía, Colombia). *Acta biol. Colomb.* Vol 15(1). 145 – 166 p.
- Streble, H. A. & Krauter, D. 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 372 p.

- Vincelli, P. 1981. Estudio de la vegetación del territorio faunístico “El Tuparro”: CESPEDESIA. Vol 10 (37-38): 7-51 p.
- Wetzel, R. Limnología. Barcelona: Ediciones Omega S.A; 1981. 679 p
- Wilson E. O. 1992. The effects of complex social-lifenon evolution and biodiversity.Oikos. Vol 63 (1). 13-18 p.
- Yucra, H. A & Tapia, P.M . 2008. el uso de microalgas como bioindicadoras de polución orgánica en brisas de Oquendo, Callao, Perú. Biologist (Lima). Vol. 6, 41-47p.

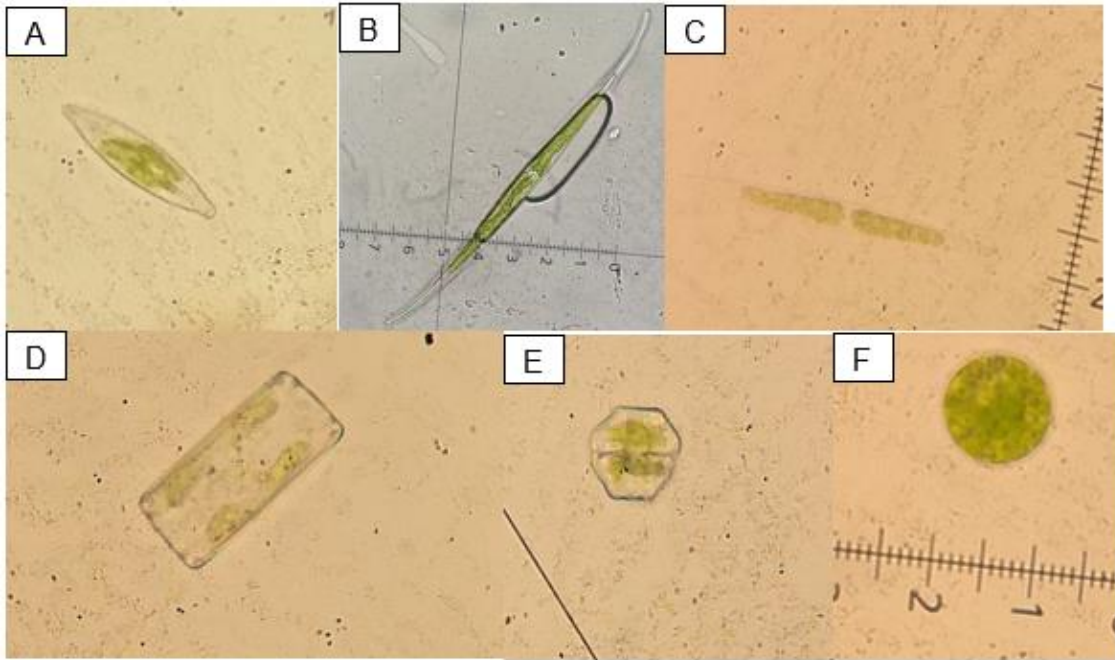
12. ANEXOS



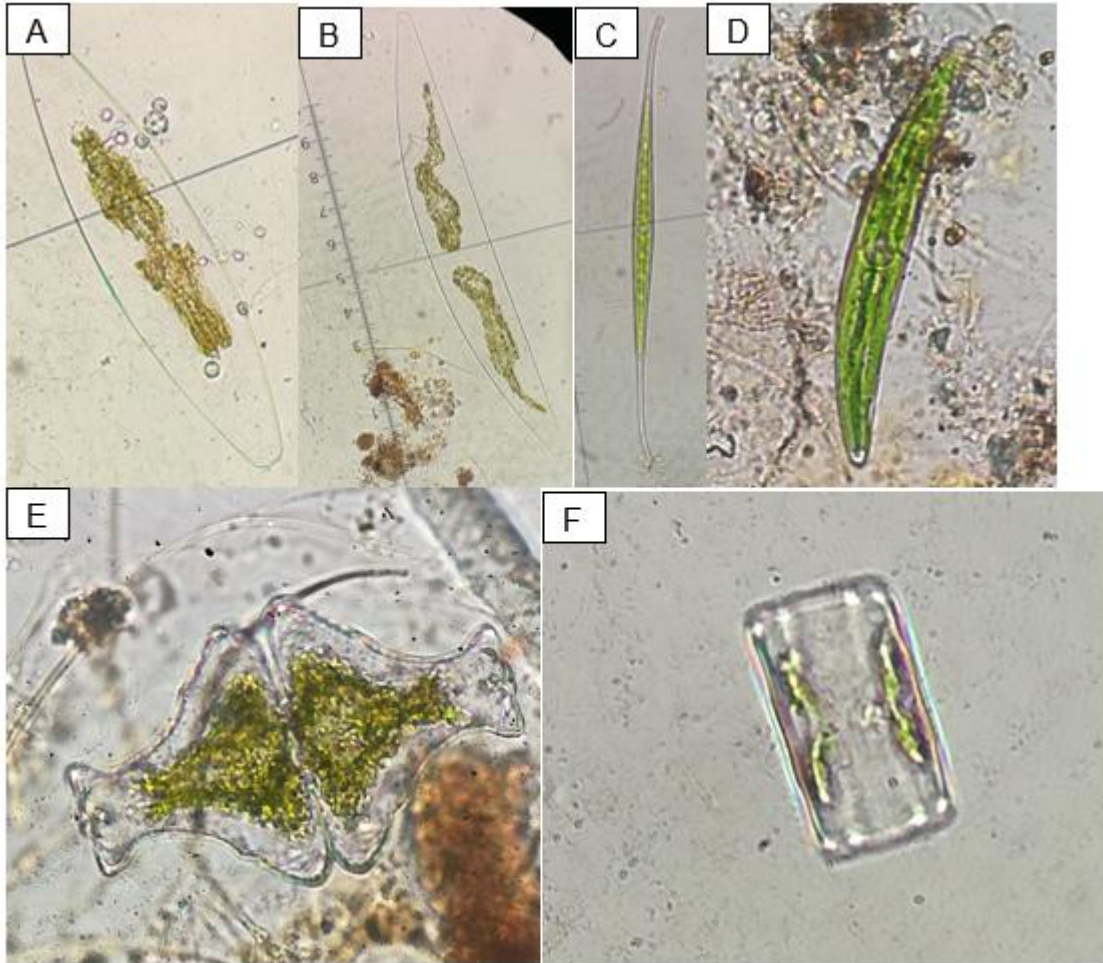
Anexo 1: Fotografías de las microalgas encontradas; A) Micrasteria spp. B) Euglenas spp. C) Oscillatoria spp. D)



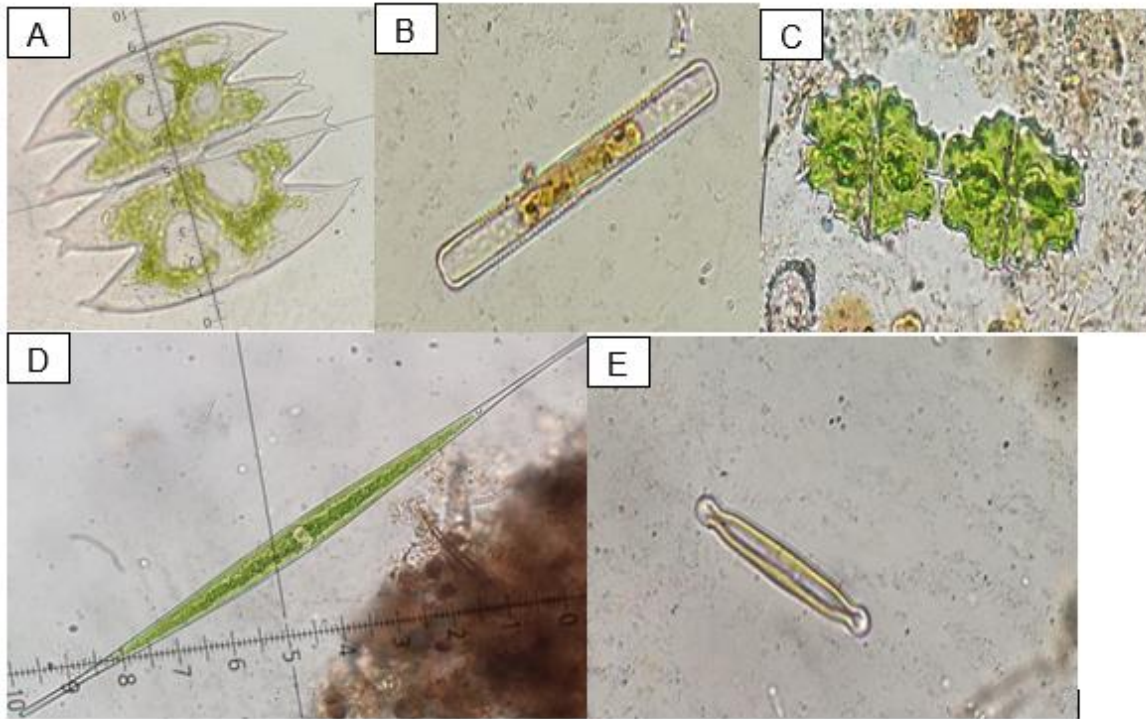
Anexo X: A) B) C) Pinnularia spp. D) E) Closterium spp.



Anexo X: A) Navicula spp.

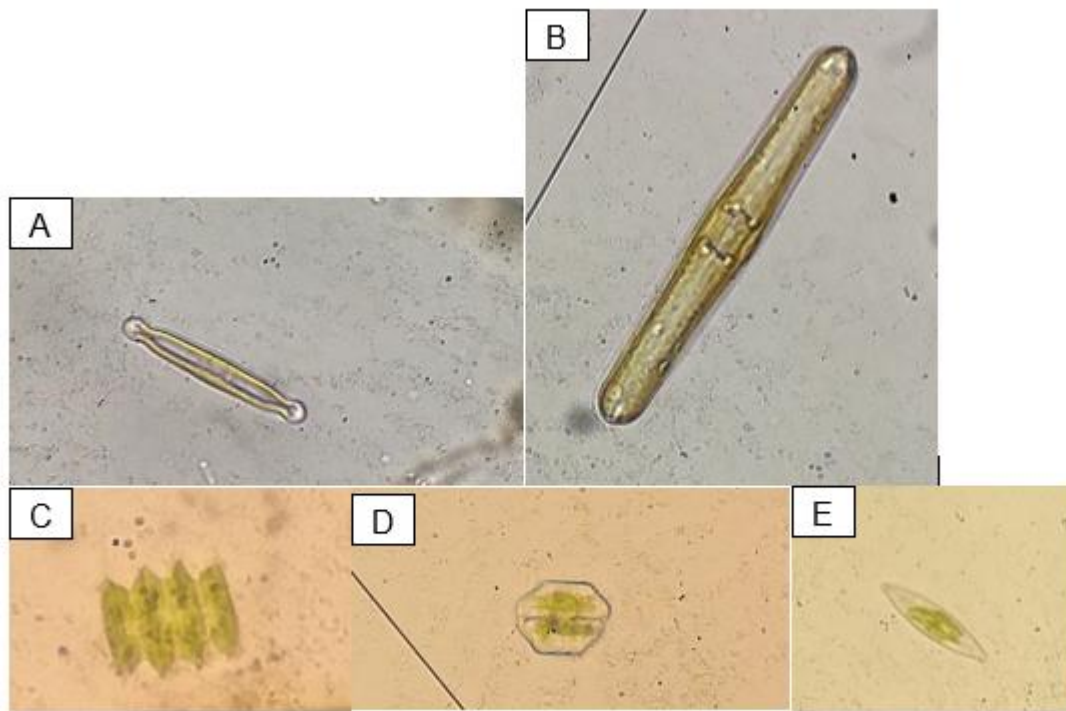


Anexo X: A) B) C) Y D) Closterium spp. E) Euastrum spp. F)



AnexoX: A) *Micrateria* spp. B) *Pinnularia* spp. C) *Euastrum* spp.

D) *Closterium* spp.



Anexo X: A, B y E) *Navicula* spp. D) *Cosmarium* spp.