

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, Diciembre 14 de 2017

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

GUILLERMO SÁNCHEZ MARINEZ, con C.C. No. 7709231 de Neiva,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado Sucesión perifítica en aguas termales San Sebastián zona de amortiguación PNN Puracé,
La Plata (Huila).

presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de

Magister en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: GUILLERMO SANCHEZ

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA						
	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO							
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Sucesión Perifítica en aguas termales San Sebastián Zona de Amortiguación PNN Puracé, La Plata (Huila).

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
SANCHEZ MARINEZ	GUILLERMO

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
RODRIGUEZ SIERRA	CLAUDIA MILENA

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magister en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

FACULTAD: Facultad de Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO:

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 172

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas ☒ Fotografías ☐ Grabaciones en discos ☐ Ilustraciones en general ☒ Grabados ☐ Láminas ☐
 Litografías ☐ Mapas ☐ Música impresa ☐ Planos ☐ Retratos ☐ Sin ilustraciones ☐ Tablas o Cuadros ☒

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>		<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Perifiton	Peryphyton	6.		
2. Aguas Termales	Hot Springs	7.		
3. Ecoturismo	Ecotourism	8.		
4. Abundancia	Abundance	9.		
5. Diversidad	Diversity	10.		
6. Gestión Ambiental	Environmental Management			

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El perifiton se define como una unidad compleja de microorganismos adheridos a un sustrato (vivo o muerto, natural o artificial, orgánico o inorgánico). El estudio se desarrolló en el ecosistema termal San Sebastián, se evaluó el proceso sucesional de las microalgas perifíticas, en tres campañas de muestreo desde diciembre de 2013 hasta mayo de 2014, mediante la metodología de sustratos naturales y artificiales, con el fin de analizar la variación en épocas de lluvia y sequía. El propósito fue determinar cómo varían las microalgas perifíticas en espacio-tiempo, y como los factores ambientales influyen en esta variación, y así generar una estrategia de gestión ambiental para el ecosistema.

Las variables ambientales y las abundancias de las morfoespecies perifíticas se analizaron por el método de análisis de correspondencia canónica. El análisis de componentes principales (ACP) y de discriminante (AD) evidenció el patrón de relación y comportamiento entre las variables fisicoquímicas. Se identificaron 25 morfoespecies. Las morfoespecies con mayor riqueza fueron *Navícula sp*, *Eunotia sp* y *Oscillatoria sp*. La conductividad, el pH y la temperatura fueron los parámetros que más relacionaron con las morfoespecies. Durante las primeras semanas de exposición a los sustratos, *Oscillatoria sp* y *Chroococcus* fueron dominantes. A partir del tercer mes se registraron los mayores valores de riqueza y diversidad de morfoespecies. Los índices de diversidad de Shannon (1 – 2 bit/ind), Equidad de Pielou (0.21 – 0.75) y Dominancia de Simpson (0.3 – 0.82), reflejaron un ecosistema poco diverso, de baja equitatividad y muy dominante.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Periphyton is defined as a complex unit of microorganisms attached to a substrate (living or dead, natural or artificial, organic or inorganic). The study was developed in the San Sebastián thermal ecosystem, the successional process of the peripheral microalgae was evaluated in three sampling campaigns from December 2013 to May 2014, using the methodology of natural and artificial substrates, in order to analyze the variation in times of rain and drought. The purpose was to determine how the peripheral microalgae vary in space-time, and how environmental factors influence this variation, and thus generate an environmental management strategy for the ecosystem.

The environmental variables and the abundances of the peripheral morphospecies were analyzed by the canonical correspondence analysis method. The analysis of principal components (ACP) and discriminant (AD) showed the pattern of relationship and behavior between physicochemical variables. 25 morphospecies were identified. The morphospecies with greater richness were Navicle sp, Eunotia sp and Oscillatoria sp. Conductivity, pH and temperature were the parameters that most related to morphospecies. During the first weeks of exposure to substrates, Oscillatoria sp and Chroococcus were dominant. As of the third month, the highest morphospecies richness and diversity values were recorded. The Shannon diversity indices (1 - 2 bit / ind), Pielou Equity (0.21 - 0.75) and Simpson Dominance (0.3 - 0.82), reflected a very diverse, low equitable and very dominant ecosystem.

APROBACION DE LA TESIS

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: MSc. Claudia Milena Rodríguez Sierra

Firma:

Nombre Jurado: PhD. Juan Carlos Alonso González

Firma:

Nombre Jurado: PhD. Mario Sánchez Ramírez

Firma:

Nombre Director: MSc. Claudia Milena Rodríguez Sierra

Firma:

**SUCESIÓN PERIFÍTICA EN AGUAS TERMALES SAN SEBASTIÁN ZONA DE
AMORTIGUACIÓN PNN PURACÉ, LA PLATA (HUILA)**



GUILLERMO SÁNCHEZ MARINEZ
Ingeniero Agrícola

**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN ECOLOGIA Y GESTIÓN DE ECOSISTMAS ESTRATÉGICOS
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
NEIVA
2017**

**SUCESIÓN PERIFÍTICA EN AGUAS TERMALES SAN SEBASTIÁN ZONA DE
AMORTIGUACIÓN PNN PURACÉ, LA PLATA (HUILA)**

GUILLERMO SÁNCHEZ MARINEZ
Ingeniero Agrícola

**Trabajo presentado para optar por el título de:
MAGISTER EN ECOLOGIA Y GESTION DE ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS**

Directora
CLUDIA MILENA RODRIGUEZ SIERRA
Bióloga, Esp, MsC.

FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN ECOLOGIA Y GESTIÓN DE ECOSISTMAS ESTRATÉGICOS
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
NEIVA
2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Neiva, Noviembre de 2017.

AGRADECIMIENTOS

A la docente de la Universidad Surcolombiana Claudia Milena Rodríguez Sierra, directora de trabajo de grado, por su apoyo en el desarrollo de la investigación, aporte de referentes documentales y vinculación al semillero Yuma Challwani.

A la Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas por su colaboración en cuanto a la gestión en el uso permanente del laboratorio de Acuicultura Continental, en especial el préstamo de los equipos de microscopía óptica.

A los integrantes y coordinador del semillero Yuma Challwani por sus permanentes mesas de trabajo y de socialización y en los numerosos aportes en las etapas de desarrollo de mi trabajo de grado.

A Santiago Duque, docente de la Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia, por su gestión en la facilitación de la estancia corta en el Laboratorio de Limnología.

A los profesionales Marvin Jiménez Narváez y Yullis Quintero Martínez por sus aportes en el análisis estadístico de los datos.

Al señor Luis Quintero propietario del predio San Sebastián, por permitir la realización de la fase de campo en su predio, zona de área termal San Sebastián y su permanente guía y acompañamiento en las etapas de premuestreo y muestreo.

Al Programa Ondas de Colciencias por su apoyo técnico en cuanto a la capacitación en la línea de investigación en biodiversidad, logístico con el acompañamiento permanente de un asesor y económico en cuanto a la entrega de recursos económicos durante el proceso de investigación, así como permitirme vincular e inculcar a los estudiantes del grado once en la fase de muestreo y acercarlos desde la experiencia en el aula, al fascinante mundo de la ciencia.

Al docente Manuel Federico Trujillo Montilla de la Institución Educativa Villalosada y al directivo docente Raúl Trujillo Trujillo, rector de la Institución Educativa Las Acacias, por su colaboración en las fases de muestreo.

A los visitantes y turistas a la zona termal por su participación en la realización de las entrevistas y cuidado de los bioensayos instalados durante las fases de premuestreo y muestreo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo primeramente a Dios Todopoderoso, por darme la sabiduría y el entendimiento necesario para sacar adelante mis estudios.

A mis padres Guillermo Sánchez Trigueros (Q.E.P.D) y Gloria Inés Marinez Escobedo, por su apoyo siempre incondicional y su esfuerzo para materializar este sueño cumplido pese a las múltiples dificultades.

A mi esposa Leidy Lorena Sánchez Vargas y mi hija Karem Lorena Sánchez Sánchez, por estar siempre a mi lado y comprenderme en esos momentos difíciles de dedicación exclusiva al estudio.

A mis hermanos Gloria Sánchez Marinez y Sergio Andrés Sánchez Marinez, que a pesar de la distancia siempre estuvieron ahí presentes para colaborarme de diversas maneras.

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE ANEXOS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
JUSTIFICACIÓN	17
1. OBJETIVOS.....	19
1.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2. MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES.....	20
2.1. CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS DE LAS ALGAS PERIFÍTICAS.....	20
2.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS DE AMORTIGUACIÓN.	26
2.3. DEFINICIONES DE REFERENTES TERMALES.....	27
2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA, MINERAL Y BIÓTICA DE LAS AGUAS TERMALES.....	35
2.5. RELACIONES BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS EN LAS AGUAS TERMALES.	38
2.6. USO DE LAS AGUAS TERMALES EN EL CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL.	39
2.7. GESTIÓN AMBIENTAL Y SU RELACIÓN CON LA ORDENACIÓN DEL RECURSO HIDROBIOLÓGICO.	40
3. METODOLOGÍA	43
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	43
3.2. FASE PRELIMINAR DE LABORATORIO.....	45

3.3.	FASE DE CAMPO.....	46
3.4.	FASE DE LABORATORIO.....	49
3.5.	FASE DE ANÁLISIS DE DATOS	49
3.6.	FASE DE ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS.	50
3.7.	PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL ECOSISTEMA TERMAL SAN	52
4.	RESULTADOS.....	54
4.1.	FASE DE CAMPO.....	54
4.2.	CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL AGUA DEL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN.	58
4.3.	FASE DE ANÁLISIS DE DATOS.	65
4.4.	ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICO.	70
5.	PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	86
5.1.	OBJETIVOS.	86
5.2.	ENTREVISTAS.	87
5.3.	SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS Y PROBLEMAS IDENTIFICADOS.....	88
5.4.	ANÁLISIS RETROSPECTIVO Y PROSPECTIVO DEL VALOR ESTRATÉGICO Y DE LOS PROBLEMAS DEL ECOSISTEMA.	98
5.5.	PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO PRELIMINAR DE GESTIÓN AMBIENTAL.	105
6.	DISCUSION	110
6.1.	SUCESIONES ECOLÓGICAS DE LAS MICROALGAS PERIFÉRICAS.	110
6.2.	EL AMBIENTE FISCOQUÍMICO DEL TERMAL.....	115
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	119
7.1.	CONCLUSIONES.	119
7.2.	RECOMENDACIONES.	120
8.	BIBLIOGRAFIA.....	121
9.	ANEXOS	136

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS ALGAS PERIFÍTICAS. A) COSMARIUM SP. B) ANABAENA SP. C) OSCILLATORIA SP. D) NAVÍCULA SP. FUENTE WWW.ALGAEBASE.ORG/.	20
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. A) VEREDA SAN SEBASTIÁN. B) ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN.	43
FIGURA 3. SOPORTE DE SUSTRATOS. A) SUSTRATO ARTIFICIAL EN ACRÍLICO SOSTENIDO EN BASTIDOR DE PVC. B) SUSTRATO ARTIFICIAL EN CERÁMICA SOSTENIDO EN BASTIDOR DE MADERA.	45
FIGURA 4. SUSTRATO NATURAL A) ROCA.	46
FIGURA 5. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL ECOSISTEMA TERMAL. A) PUNTO 1 (P1), B) PUNTO 2 (P2), C) PUNTO 3 (P3).	47
FIGURA 6. RASPADO, RECOLECCIÓN Y FIJACIÓN DEL MATERIAL PERIFÍTICO. A) RASPADO SUSTRATO ARTIFICIAL CERÁMICA. B) RASPADO SUSTRATO ARTIFICIAL ACRÍLICO. C) RASPADO SUSTRATO NATURAL ROCA.	47
FIGURA 7. IMPLEMENTOS Y REACTIVOS EMPLEADOS PARA LA FIJACIÓN DEL MATERIAL PERIFÍTICO. A) SOLUCIÓN TRANSEAU B). AGUA DESTILADA. C) LUGOL. D) IMPLEMENTOS.	48
FIGURA 8. ABREVIATURAS EN CLÚSTER.	51
FIGURA 9. ABREVIATURAS DEL BILOT DEL ACC.	51
FIGURA 10. RIQUEZA DE ALGAS PERIFÍTICAS PERIODO DE PREMUESTREO.	54
FIGURA 11. RIQUEZA DE TAXA. A) PREMUESTREO. B) MUESTREO	54
FIGURA 12. CATÁLOGO FOTOGRÁFICO DE LAS MORFOESPECIES PERIFÍTICAS DEL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN	58
FIGURA 13. ABUNDANCIA DEL PERIFITON EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	58
FIGURA 14. COMPARACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	59
FIGURA 15. COMPARACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	59
FIGURA 16. COMPARACIÓN DEL PH CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	60
FIGURA 17. COMPARACIÓN DE LA TEMPERATURA CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	61
FIGURA 18. COMPARACIÓN DE LA DUREZA CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	61
FIGURA 19. COMPARACIÓN DE LA ALCALINIDAD CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	62
FIGURA 20. COMPARACIÓN DE LOS SULFATOS CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	63
FIGURA 21. COMPARACIÓN DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	63
FIGURA 22. COMPARACIÓN DE LA CLOROFILA A CONSIDERANDO LA AGRUPACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	64
FIGURA 23. PRECIPITACIÓN MENSUAL PERÍODO 2003 – 2014. FUENTE IDEAM 2017.	65
FIGURA 24. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS CLASES TAXONÓMICAS ETAPA DE MUESTREO.	66
FIGURA 25. ABUNDANCIA DEL PERIFITON EN LOS PERÍODOS HIDROBIOLÓGICOS DE MUESTREO.	66
FIGURA 26. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON WIENER PARA LOS PERÍODOS DE MUESTREO.	68
FIGURA 27. ÍNDICE DE EQUIDAD DE PIELOU PARA LOS PERÍODOS DE MUESTREO.	69
FIGURA 28. ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON PARA LOS PERÍODOS DE MUESTREO.	70

FIGURA 29. ANÁLISIS CLÚSTER PARA LAS ABUNDANCIAS EN LOS MUESTREOS.	73
FIGURA 30. ANÁLISIS CLÚSTER PARA LAS ABUNDANCIAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	74
FIGURA 31. ANÁLISIS CLÚSTER PARA LAS ABUNDANCIAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	75
FIGURA 32. CÍRCULO DE CORRELACIONES DE LAS VARIABLES DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS. A) (EJE X = COMP 1, EJE Y = COMP 2). B) (EJE X = COMP 2, EJE Y = COMP 3).....	77
FIGURA 33. GRADO DE PONDERACIÓN DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS BASADO EN EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ACP. A) COMPONENTES 1 Y 2. B) COMPONENTES 2 Y 3.	78
FIGURA 34. DISPERSIÓN DE LOS GRUPOS Y SU RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS A PARTIR DE LA FUNCIÓN DISCRIMINANTE. A) MUESTREOS. B) PUNTOS DE MUESTREO.	81
FIGURA 35. BIPLLOT BASADO EN EL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS CANÓNICAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO Y MORFOESPECIES.	82
FIGURA 36. CÍRCULO DE CORRELACIONES BASADO EN EL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS CANÓNICAS DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS.	83
FIGURA 37. TRIPLLOT BASADO EN EL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS CANÓNICAS PARA LOS PUNTOS DE MUESTREO, MORFOESPECIES Y VARIABLES FISICOQUÍMICAS.	84
FIGURA 38. FLUJOGRAMA DE LA INFLUENCIA Y DEPENDENCIA DE LOS CRITERIOS PRESELECCIONADOS A PARTIR DE LOS CRITERIOS ECOLÓGICOS Y SOCIOCULTURALES DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL.	92
FIGURA 39. VALORES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS CRITERIOS SELECCIONADOS EN LOS ESCENARIOS PROPUESTOS A PARTIR DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL. A) C14 TURISMO Y RECREACIÓN. B) C13 ACTIVIDADES ACADÉMICAS Y CIENTÍFICAS. C) C4 AGUA PARA CONSUMO HUMANO. D) C3 PESCA Y ACUICULTURA. E) C11 RECONOCIMIENTO LEGAL Y ACADÉMICO.	103
FIGURA 40. VALORES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS CRITERIOS SELECCIONADOS EN LOS ESCENARIOS PROPUESTOS A PARTIR DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL. A) P1 VÍAS DE ACCESO. B) DESCONOCIMIENTO DEL VALOR ECOTURÍSTICO. C) P3 CONTAMINACIÓN HÍDRICA. D) P4 APROVECHAMIENTO PISCÍCOLA. E) P5 FALTA DE INVESTIGACIÓN.	105

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. INVESTIGACIONES REALIZADAS A NIVEL MUNDIAL SOBRE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA.	21
TABLA 2. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN SURAMÉRICA SOBRE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA.	22
TABLA 3. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN COLOMBIA SOBRE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA..	23
TABLA 4. POTENCIAL DE LAS AGUAS TERMALES EN SURAMÉRICA.	27
TABLA 5. FUENTES TERMALES REPORTADAS EN COLOMBIA (INSTITUTO GEOLÓGICO COLOMBIANO, 2017. RECUPERADO DE HTTP://HIDROTERMALES.SGC.GOV.CO/INVTERMALES/).	29
TABLA 6. PRINCIPALES FUENTES TERMALES DE SURAMÉRICA DE ACUERDO A SU TEMPERATURA.	35
TABLA 7. FUENTES TERMALES DE COLOMBIA DE ACUERDO A SU TEMPERATURA. (FUENTE SISTEMA GEOLÓGICO COLOMBIANO, 2017).	37
TABLA 8. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	44
TABLA 9. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN.	46
TABLA 10. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EVALUADOS TERMAL SAN SEBASTIÁN.	48
TABLA 11. HERRAMIENTA CONSTRUIDA PARA LA TABULACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	50
TABLA 12. RIQUEZA MORFOESPECIES PERIODO DE PREMUESTREO.	55
TABLA 13. RIQUEZA DE TAXA DURANTE EL PERÍODO DE MUESTREO.	56
TABLA 14. RIQUEZA MORFOESPECIES PERIFÍTICAS PERIODO DE MUESTREO.	56
TABLA 15. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON WIENER PERIODO DE MUESTREO.	67
TABLA 16. ÍNDICE DE EQUIDAD DE PIELOU PERIODO DE MUESTREO.	68
TABLA 17. ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON PERIODO DE MUESTREO.	69
TABLA 18. TEST DE NORMALIDAD DE SHAPIRO WILKS-MUESTRAS.	70
TABLA 19. TEST DE NORMALIDAD SHAPIRO WILKS-PUNTOS DE MUESTREO.	71
TABLA 20. TEST NORMALIDAD Y ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA A LAS CLASES PERIFÍTICAS (MUESTREOS).	72
TABLA 21. TEST NORMALIDAD Y ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA A LAS CLASES PERIFÍTICAS (PUNTOS DE MUESTREO).	72
TABLA 22. PRUEBA DE RANGOS PARA PUNTOS DE MUESTREO.	72
TABLA 23. RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS EJES PARA EL ACP.	75
TABLA 24. PONDERACIONES DE LAS VARIABLES EN LAS TRES PRIMERAS COMPONENTES PRINCIPALES.	77
TABLA 25. TEST DE SHAPIRO WILKS PARA LA IGUALDAD DE MEDIAS DE LOS GRUPOS DE MUESTRAS.	78
TABLA 26. PODER DISCRIMINATORIO DE LAS VARIABLES EN LOS GRUPOS DE PUNTOS DE MUESTREO.	79
TABLA 27. TEST DE SHAPIRO PARA LA IGUALDAD DE MEDIAS DE LOS GRUPOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	79
TABLA 28. PODER DISCRIMINATORIO DE LAS VARIABLES EN LOS GRUPOS DE PUNTOS DE MUESTREO.	80
TABLA 29. PRUEBA DE PERMUTACIÓN DE MONTECARLO.	85
TABLA 30. LISTA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS SOBRE EL TERMAL SAN SEBASTIÁN LA PLATA (HUILA).	87
TABLA 31. CRITERIOS IDENTIFICADOS EN LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	87
TABLA 32. FUNCIONARIOS Y LÍDERES ENTREVISTADOS.	88
TABLA 33. CRITERIOS ECOLÓGICOS Y SOCIOCULTURALES DERIVADOS DE LAS ENTREVISTAS.	89
TABLA 34. ORDEN DE FRECUENCIA ABSOLUTA DE LOS CRITERIOS IDENTIFICADOS MEDIANTE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	90

TABLA 35. ORDEN DE FRECUENCIA ABSOLUTA DE LOS CRITERIOS IDENTIFICADOS MEDIANTE LAS ENTREVISTAS.....	90
TABLA 36. PROBLEMAS QUE DISMINUYEN O PUEDEN DISMINUIR LA IMPORTANCIA O EL VALOR ESTRATÉGICO DEL CRITERIO, SEGÚN LOS ENTREVISTADOS.....	90
TABLA 37. CRITERIOS ECOLÓGICOS Y SOCIOCULTURALES IDENTIFICADOS POR LOS GRUPOS DE TRABAJO DURANTE LA PRÁCTICA DE CAMPO A ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN.	92
TABLA 38. JERARQUIZACIÓN Y PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS SEGÚN EL FLUJOGRAMA DE INFLUENCIA-DEPENDENCIA.	93
TABLA 39. JERARQUIZACIÓN DE LOS CRITERIOS SEGÚN LOS MÉTODOS DE FRECUENCIA Y COEFICIENTE DE PONDERACIÓN, Y FLUJOGRAMA DE INFLUENCIA-DEPENDENCIA	93
TABLA 40. CRITERIOS SELECCIONADOS A PARTIR DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA, LAS ENTREVISTAS Y LA PRÁCTICA DE CAMPO.	94
TABLA 41. CRITERIOS SELECCIONADOS A PARTIR DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA, LAS ENTREVISTAS Y LA PRÁCTICA DE CAMPO.	94
TABLA 42. CALIDAD AMBIENTAL DE LOS CRITERIOS ECOLÓGICOS Y SOCIOCULTURALES, DEL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN, EN DIFERENTES ESCENARIOS.....	101
TABLA 43. CALIDAD AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS, DEL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN, EN DIFERENTES ESCENARIOS.....	101
TABLA 44. OBJETIVOS DEL PLAN DE MANEJO SIMPLIFICADO PARA EL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN.	105
TABLA 45. HIPÓTESIS DEL PLAN DE MANEJO SIMPLIFICADO PARA EL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIÁN.	106
TABLA 46. LISTA DE PROYECTOS POR HIPÓTESIS.....	107
TABLA 47. LISTA DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DEL PLAN DE MANEJO PRELIMINAR.	107

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ABUNDANCIA PRELIMINAR DE CLASES DE ALGAS PERIFÍTICAS DURANTE LOS PREMUESTREOS.	137
ANEXO 2. ABUNDANCIA PRELIMINAR DE CLASES DE ALGAS PERIFÍTICAS DURANTE LOS PREMUESTREOS.	138
ANEXO 3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS ALGAS PERIFÍTICAS EN EL TERMAL SAN SEBASTIÁN.	139
ANEXO 4. VALORES MÁXIMO, MÍNIMO, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.	140
ANEXO 5. ÍNDICES BIOLÓGICOS DE DIVERSIDAD.	141
ANEXO 6. ABUNDANCIA DEL PERIFITON A NIVEL DE MORFOESPECIES EN EL PERÍODO DE ESTUDIO.....	142
ANEXO 7. ABREVIATURA EN CLÚSTER.	144
ANEXO 8. ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA ENTRE LA ABUNDANCIA PERIFÍTICA Y LAS VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS EN EL TERMAL SAN SEBASTIÁN.	146
ANEXO 9. ESTADÍSTICO DE LOS EJES PARA EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ACP.	147
ANEXO 10. FORMULARIO DE ENTREVISTA.....	148
ANEXO 11. RELACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.	152
ANEXO 12. CATÁLOGO DE ALGAS PERIFÍTICAS.	153
ANEXO 13. FOLLETO DE DIVULGACIÓN INVESTIGACIÓN.....	171

RESUMEN

El perifiton se define como una comunidad compleja de microorganismos adheridos a un sustrato (vivo o muerto, natural o artificial, orgánico o inorgánico). El estudio se desarrolló en el ecosistema termal San Sebastián en el municipio de La Plata (Huila), se evaluó el proceso sucesional de las microalgas perifíticas, en tres campañas de muestreo desde diciembre de 2013 hasta mayo de 2014, mediante la metodología de sustratos naturales y artificiales, con el fin de analizar la variación en épocas de lluvia y sequía. El propósito fue determinar cómo varía la comunidad perifítica durante el proceso de sucesión y como los factores ambientales influyen en esta variación, y así generar una estrategia de gestión ambiental que conserve y proteja este ecosistema. Las algas perifíticas se identificaron a nivel de morfoespecie. Se estimaron la riqueza y abundancia para cada punto de muestreo. El efecto de las variables ambientales y las abundancias de las morfoespecies perifíticas se analizaron por el método de ordenación ACC (análisis de correspondencia canónica). Con un análisis de componentes principales (ACP) y de discriminante (AD) se evidencio el patrón de relación y comportamiento entre las variables ambientales estudiadas. Se identificaron 23 morfoespecies y 2 especies. La densidad varió entre 1.17×10^2 y 1.55×10^2 cel/ml. Las morfoespecies con mayor riqueza fueron *Navícula sp*, *Eunotia sp* y *Oscillatoria sp*. Hubo diferencias entre las épocas de muestreo. La conductividad, el pH y la temperatura fueron las variables que más se relacionaron con las morfoespecies. Durante las primeras semanas de exposición a los sustratos, *Oscillatoria* y *Chroococcus* fueron dominantes. A partir del tercer mes se registraron los mayores valores de riqueza y diversidad de morfoespecies. Los índices de diversidad de Shannon Wiener (1 - 2 bit/ind), Equidad de Pielou (0.21 - 0.75) y Dominancia de Simpson (0.3 – 0.82), reflejaron un ecosistema poco diverso, de baja equitatividad y muy dominante.

Palabras claves: perifiton, aguas termales, abundancia, diversidad, gestión ambiental.

ABSTRACT

The peryphyton is defined as a complex community of microorganisms attached to a substrate (live or dead, natural or artificial, organic or inorganic). The study was developed in the hot spring ecosystem San Sebastián, the successional process of the microalgae was evaluated in three sampling campaigns from December 2013 to May 2014, using the methodology of natural and artificial substrates, in order to analyze the Variation in times of rain and drought. The purpose was to determine how the peryphytic community varies during the succession process and how environmental factors influence this variation, and thus generate an environmental management strategy that conserves and protects this ecosystem. Peripheral algae were identified at the morphospecies level. Wealth and abundance were estimated for each sampling point. The effect of the environmental variables and the abundances of the peryphytic morphospecies were analyzed by the ACC ordering method (canonical correspondence analysis). With an analysis of main components (ACP) and discriminant (AD), the pattern of relationship and behavior between the environmental variables studied was evidenced. Twenty-three morphospecies and two species were identified. The density varied between 1.17×10^2 and 1.55×10^2 cells / ml. The most important morphospecies were *Navícula sp*, *Eunotia sp* and *Oscillatoria sp*. There were differences between sampling times. Conductivity, pH and temperature were the variables that were most related to morphospecies. During the first weeks of exposure to substrates, *Oscillatory* and *Chroococcus* were dominant. From the third month, the highest values of richness and diversity of morphospecies were recorded. The diversity indexes of Shanon (1 - 2 bit / ind), Pielou Equity (0.21 - 0.75) and Simpson's Dominance (0.3 - 0.82) reflected a poorly diverse, very equitable and very dominant ecosystem.

Keywords: peryphyton, hot springs, ecotourism, abundance, diversity, environmental management.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se han realizado estudios para identificar la relación existente entre la composición de las aguas termales y las comunidades planctónicas presentes en estos ecosistemas. Las descargas hidrotermales aparentemente tiene un efecto considerable en las comunidades biológicas adyacentes, ya que las comunidades planctónicas encontradas alrededor frecuentemente muestran adaptaciones es este tipo de hábitats (Estradas *et al.*, 2009).

Muchos autores afirman que estos ecosistemas solo es posible utilizarlos desde el punto de vista terapéutico y que por sus condiciones fisicoquímicas extremas es muy difícil que las formas de vida tradicionales puedan tener asiento en ellos.

Se conoce como hidrotermalismo al conjunto de eventos producidos por el agua a una temperatura mayor que la ambiental. Los lugares donde brota esta agua se les conoce como manantiales termales. Entre los fenómenos naturales más espectaculares están los manantiales termales con temperaturas muy cercanas al punto de ebullición del agua (Jerjes y Gómez, 2004).

Para el caso particular de Colombia, en muchos lugares de las montañas es posible observar el afloramiento de aguas termales las cuales por sus características únicas de temperatura y sustancias disueltas en ella, han sido utilizadas desde tiempos prehispánicos en diferentes actividades sobre todo relacionadas con la salud.

El recurso hídrico en Colombia está representado en numerosos cuerpos de agua que se localizan a lo largo y ancho del territorio nacional. Por su carácter orográfico de poseer tres cordilleras el país presenta una gran actividad volcánica sobre todo en las cordilleras Central y Oriental.

Las microalgas adheridas a sustratos duros como piedras, troncos, raíces u otros, se conocen como perifiton. Esta comunidad conforma el principal punto de entrada de la energía a estos ecosistemas, gracias a su capacidad fotosintética que les permite capturar energía lumínica proveniente del sol y transformarla en compuestos orgánicos (carbohidratos), a partir de los cuales se mantienen niveles tróficos superiores. El perifiton cobra importancia en los fondos rocosos de las aguas transparentes, situación propia de las cordilleras (Ramírez y Viña, 1998)

Algunas investigaciones previas han demostrado que ciertas características del perifiton como la biomasa, la diversidad y la composición taxonómica responden a gran parte de los cambios en la calidad del agua. Estos resultados permiten señalar que la comunidad perifítica es una buena indicadora de la calidad del agua. Por otra parte, ya se ha establecido que la abundancia y composición de la comunidad de algas perifíticas está relacionado con los factores medioambientales (Vis *et al.*, 1998).

La forma más apropiada para conocer el verdadero potencial de estos ecosistemas radica en la medida en que se realicen monitoreos constantes y confiables de variables físicas, químicas y por supuesto biológicas.

Existen estudios sobre caracterización fisicoquímica de aguas minerales en Colombia, adelantados en la villa termal de Paipa (pozo azul), en la terma del Nevado del Ruiz, termales de Santa Rosa de Cabal, los cuales fueron abordados desde la perspectiva de calidad del agua, la cual fue comparada con normas nacionales e internacionales, pero que se quedan cortos en aspectos relacionados con la microbiología, estudios clínicos, y ciclo hidrológico de la fuente (Sánchez *et al.*, 1999).

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el estado ecológico de las comunidades perifíticas presentes en las aguas termales de San Sebastián – La Plata (Huila), como es su dinámica temporal en distintas épocas del año, en relación con las variables ambientales y su comportamiento en términos de composición, riqueza y abundancia. La información resultante de la aplicación metodológica de gestión ambiental permitió la elaboración de una propuesta de plan de manejo, con lo cual se reconoce este ecosistema como estratégico para el municipio de La Plata y la región suroccidente del departamento del Huila.

Los resultados obtenidos son importantes ya que permiten identificar potenciales utilidades de estas aguas en términos biológicos y ecológicos, contribuyen como referente conceptual para otras investigaciones futuras de estos ecosistemas no solo en la región huilense sino Surcolombiana y Nacional y permite consolidar la actividad científica en el ámbito limnológico.

JUSTIFICACIÓN

Las aguas termales o minerales son aquellas que naturalmente brotan de la tierra (de manera espontánea o mediante sondeo) y llevan en disolución sustancias minerales. Cuando se usan para la curación de alguna dolencia se denominan Mineromedicinales (Armijo *et al.*, 2008).

De acuerdo al catálogo de aguas termales del suroccidente colombiano, se han inventariado y clasificado quince fuentes termales y una laguna tibia en el Volcán Puracé, y en los alrededores de la cadena volcánica de los Coconucos (Garzón, 1997). Estos ecosistemas presentan condiciones fisicoquímicas y biológicas especiales y extremas, las cuales están relacionadas especialmente con la temperatura. El conocimiento de estas aguas se remonta a las épocas prehispánicas donde las culturas precolombinas conocían de su existencia sobre todo en el altiplano cundiboyacense. Estas aguas también denominadas aguas minerales han sido clasificadas por diferentes fuentes atendiendo a diversos criterios: uso, origen, temperatura, mineralización, pH, caudal, tonacidad, composición química, acción fisiológica, acción terapéutica, etc. (Armijo *et al.*, 2008).

Las aguas termales presentan una gran diversidad de microorganismos característicos de cada tipo de agua, y que dependen de sus propiedades fisicoquímicas (temperatura, pH, composición). También pueden existir microorganismos procedentes de otros hábitats considerados como contaminantes, pero que coexisten con los anteriores. Por sus altas temperaturas y elevadas concentraciones de sales, estas aguas solo permiten el desarrollo de unas pocas especies de algas que se adaptan a estos ambientes extremos, que son desfavorables para la vida de muchos organismos (De la Rosa y Mosso, 1998).

El perifiton es una comunidad compuesta principalmente de algas, así como bacterias, hongos e invertebrados, la cual se encuentra en los ecosistemas de agua dulce de todo el mundo. Esta comunidad se reconoce como un importante indicador biológico de la calidad del agua; es por ello que ha generado un gran interés en sistemas limnológicos de todo el mundo como un medio para monitorear y regular la concentración de nutrientes. Desde el punto de vista biológico, el perifiton es una comunidad que amerita un estudio detallado por su conspicua biodiversidad y su indudable importancia como soporte y regulador de los ecosistemas acuáticos (Tavera y Novelo, 2011).

La importancia que en general se le atribuye al perifiton en los ecosistemas acuáticos fue resumida por Moreira (1988) quien destacó su producción de metabolitos orgánicos que alimentan diversos organismos; su contribución con más del 70% de la materia orgánica a la productividad total; sus altas tasas de reciclaje; su posibilidad de proporcionar abrigo y alimento a varios tipos de organismos, principalmente peces, su alta productividad primaria y su papel como mejor indicador biológico que el fitoplancton.

A nivel nacional los pocos estudios sobre caracterización de comunidades perifíticas han sido llevados a cabo principalmente en ecosistemas lenticos (Donato *et al.*, 1996, Sierra y Ramírez 2000). Investigaciones sobre comunidades perifíticas en ríos y quebradas son abordadas principalmente para estudios de calidad de aguas e impacto ambiental basados en raspado sobre sustratos naturales (Montoya y Ramírez, 2007).

En Colombia, las investigaciones biológicas en aguas termales de origen volcánico son escasas. Para la laguna Aguas Tibias se encontró el trabajo de Escobar (2004), en el cual la autora realizó un estudio preliminar de las características físicas, químicas, determinación de las comunidades productoras y la producción primaria, encontrando un ecosistema en condiciones extremas, por los parámetros analizados en este sistema. Los datos más sobresalientes fueron: el pH entre 8,0 y 8,6, conductividad que osciló entre 790 y 900 $\mu\text{mhos/cm}$, valores de clorofila *a* entre los 600 y 620 mg/m^3 y una biomasa entre 40.200 y 41.500 mg/m^3 para dos sitios de muestreo. Teniendo en cuenta estos y otros parámetros tomados en los sitios de muestreo, demostró que era un sistema eutrofizado (Salazar, *et al.*, 2011).

Teniendo en cuenta la escasa información del perifiton de aguas termales y la importancia que tiene esta comunidad para evaluar la calidad ecosistémica de ambientes acuáticos continentales, la presente investigación tiene como propósito identificar la riqueza y abundancia de las comunidades perifíticas asociadas al ecosistema termal San Sebastián del municipio de La Plata (Huila), a partir de la utilización de sustratos naturales y artificiales. Además, cómo su relación con las variables fisicoquímicas del ambiente permite establecer la biodiversidad en términos de índices biológicos. Finalmente esta información puede constituirse como insumo básico para la elaboración de una propuesta de gestión ambiental que permita reconocer este ecosistema como estratégico para la zona suroccidente del departamento de Huila.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Determinar la dinámica sucesional espacio temporal de las microalgas perifíticas como referente de valoración integral para el planteamiento de una estrategia de gestión ambiental del ecosistema termal San Sebastián, municipio de La Plata (Huila).

1.2. Objetivos Específicos.

Determinar taxonómicamente las algas perifíticas presentes en el agua termal de San Sebastián.

Establecer las relaciones entre las microalgas perifíticas y las variables ambientales del ecosistema termal, así como la variación espacio temporal del ensamble perifítico.

Determinar los índices de biodiversidad de Shannon Wiener, Equidad de Pielou y Dominancia de Simpson para la comunidad de estudio.

Formular una propuesta preliminar de utilización sostenible del ecosistema termal en términos de gestión ambiental.

2. MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES

2.1. Características diagnósticas de las algas perifíticas.

El perifiton es una comunidad compuesta principalmente de algas, así como bacterias, hongos e invertebrados, la cual se encuentra en los ecosistemas de agua dulce de todo el mundo. El “cieno” o “lama”, como suele llamarse a esta comunidad, se reconoce como un importante indicador biológico de la calidad del agua; es por ello que ha generado un gran interés en sistemas limnológicos de todo el mundo como un medio para monitorear y regular la concentración de nutrientes. (Tavera y Novelo, 2011, Roldan, 2008, Moschini, 1999, Allan, 1995, Wetzel, 1983).

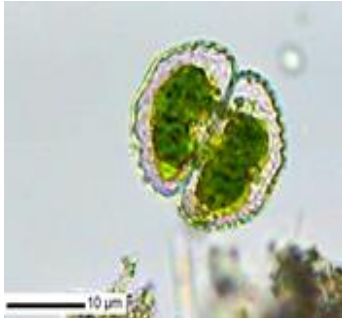
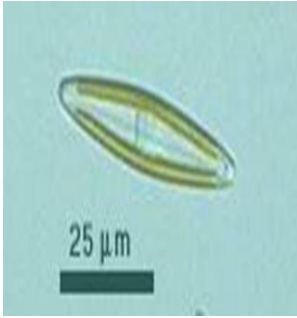
<i>Cosmarium sp.</i> (Corda ex Ralfs 1848)	<i>Anabaena sp.</i> (Bory ex Bornet & Ralfs 1888)	<i>Oscillatoria sp.</i> (Gomont 1892)	<i>Navicula sp.</i> (Bory de Saint – Vincent 1822)
			
Clasificación taxonómica Dominio: Eucariota Reino: Plantae Filo: Chlorophyta Clase: Zygnematophyceae Orden: Desmiales Familia: Desmidiaceae Género: Cosmarium	Clasificación taxonómica Dominio: Procariota Reino: Protista Filo: Cyanophyta Clase: Cyanophyceae Orden: Nostocales Familia: Nostocaceae Género: Anabaena.	Clasificación taxonómica Dominio: Procariota Reino: Eubacteria Filo: Cyanobacteria Clase: Cyanophyceae Orden: Oscillatoriales Familia: Oscillatoriaceae Género: Oscillatoria	Clasificación taxonómica Dominio: Eucariota Reino: Chromista Filo: Bacillariophyta Clase: Bacillariophyceae Orden: Naviculales Familia: Naviculaceae Género: Navícula.
A	B	C	D

Figura 1. Clasificación taxonómica de las algas perifíticas. A) *Cosmarium sp.* B) *Anabaena sp.* C) *Oscillatoria sp.* D) *Navícula sp.* Fuente www.algaebase.org/.

En las siguientes tablas se presentan algunos estudios realizados sobre las microalgas perifíticas a nivel mundial en diferentes ecosistemas (Tabla 1), Suramérica (Tabla 2) y Colombia (Tabla 3) (Gordillo-Guerra, 2014).

Tabla 1. Investigaciones realizadas a nivel mundial sobre la comunidad perifítica.

MUNDIAL			
Año	Autores	País	Aportación
1999	Bussse, S., Jahn, R & Schulz, C.	Alemania	Se discutieron el efecto de la desalinización sobre la comunidad de diatomeas perifíticas bénticas en los ríos del norte de Thuringia.
2003	Casco M.A & Tola. J.	España	Se evaluaron los efectos de la perturbación por la fluctuación del nivel de agua en la biomasa y la diversidad del embalse La Minilla.
2006	Chou, J.Y., Sheng, J.C. & Wang, W.L.	Taiwán	Se reportó por primera vez un género y especie de macroalga (<i>Hidrodictyon reticulatum</i>).
2007	Rodríguez, M.P & López, C.	España	Se realizó el estudio de diatomeas y calidad del agua de los ríos del Macizo Central de Gallego, mediante la aplicación de índices diatomológicos.
2007	Gualtero, D.M.	Puerto Rico	Se realizó un análisis de la variación temporal de la comunidad epilítica de sistemas loticos de Puerto Rico, con énfasis en las diatomeas, y sus relaciones con algunos parámetros físicoquímicos.
2008	Silva, A.M., Sili, C., & Torzillo, G.	Costa Rica	Se describieron las poblaciones naturales y de cultivo de cianobacterias, clorofíceas y diatomeas de varios ríos de Costa Rica, con el fin de contribuir al conocimiento de las microalgas bentónicas de una zona tropical.
2009	Ortega <i>Et al.</i>	México	Se analizó en estado trófico que presenta actualmente el lago en Michoacán (México)
2012	Rovira <i>Et al.</i>	España	Se evaluó la distribución de las asociaciones de diatomeas bentónicas y su relación con los factores ambientales en un estuario altamente estratificado del Mediterráneo (estuario del Ebro).
2013	Porter, E., Frost, P & Xenopoulos, M.	Canadá	Se evaluaron 41 arroyos ubicados en el sur de Ontario (Canadá) donde se estudiaron los cambios de la composición de las comunidades de diatomeas bentónicas ante la influencia de la salinidad.

Tabla 2. Investigaciones realizadas en Suramérica sobre la comunidad perifítica.

SURAMERICA			
Año	Autores	País	Aportación
1989	Cruz, V & Salazar, P.	Venezuela	Se analizó el aporte mensual promedio de biomasa de perifiton al sistema, durante el período de inundación en la sabana inundable de Mantecal (Venezuela).
2001	Branco, L.H., Necchi, O & Branco, C.	Brasil	Se demostró que las cianobacterias se pueden desarrollar en entornos con medios a baja concentración de iones y condiciones de estrés de nutrientes en ecosistemas loticos del estado de Sao Paulo (Brasil).
2005	Pizarro, H & Alemanni, M.E.	Argentina	Se estudió la influencia en la biomasa del perifiton y algunas variables fisicoquímicas en sustratos artificiales en el tramo inferior del río Lujan (Argentina).
2005	Vouilloud, A., Sala, S & Sabbatini, M.R.	Argentina	Se registraron algunos taxones de diatomeas perifíticas por primera vez para la República Argentina.
2010	Giorgi, A & Feijoo, C.	Argentina	Se evaluó la variación temporal de la biomasa de perifiton sobre <i>Egeria densa</i> en el arroyo Las Flores (Argentina).
2011	Amaidén & Gari	Argentina	Se analizó la composición específica y distribución espacio temporal de algas epilíticas y su relación con variables fisicoquímicas en un mesohábitat de corredera de un arroyo serrano Córdoba (Argentina).

Tabla 3. Investigaciones realizadas en Colombia sobre la comunidad perifítica.

Año	Autores	Aportación
1999	Sala, E., Duque, S., Avellaneda, M & Lamaro, A.	Se realizó la revisión de algunos taxones de los órdenes centrales y pennales, donde se citan por primera vez cuatro de ellos <i>Aulacoseira granulata</i> varo <i>enqustissime</i> , <i>Achnanthes intlete</i> , <i>Gyrosigma spencerii</i> y <i>Stauroneis phoenicenteron</i> , para la cuenca amazónica colombiana.
2000	Castillo-León, C.T.	Se cuantificó la productividad primaria fitoperifítica por clorofila A, en tres períodos hidrológicos (aguas bajas, ascenso y altas), a diferentes profundidades, determinando si estos factores inciden sobre la productividad y la biomasa fitoperifítica en relación con la mineralización de las aguas.
2002	Peña, V. & Pinilla, G.A.	Se desarrolló un estudio para caracterizar la composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en la ensenada de Utría (región Pacífica), donde se revelo la presencia de especies estuarinas, neríticas y oceánicas.
2004	Díaz, C. & Rivera, C.A	Se estudió la relación entre algunas variables fisicoquímicas e hidrológicas con la comunidad de diatomeas perifíticas, en veinte ríos de la cuenca alta y media del río Bogotá.
2005	Zapata-Anzola, M.P. & Donato-Rondón, J.C.	Se evaluó como la velocidad de la corriente y otras variables ambientales direccionan a los cambios diarios de composición y abundancia del perifiton en sustratos artificiales en el río Tota (Boyacá)
2006	Arcos-Pulido, M.P. & Gómez-Prieto, A.C.	Se encontraron diferencias espacio-temporales en términos de composición y abundancia, distribución y sucesión de grupos de microalgas durante las etapas de colonización. Se determinó el proceso de eutrofización y el estado de contaminación de las aguas en un humedal de Bogotá D.C.
2008	Bustamante, C.A., Dávila, C.A., Torres, S.L & Ortiz, J.F.	Se evaluó la distribución y abundancia de las microalgas asociadas al perifiton del río Quindío. Se determinó la existencia de las divisiones <i>Bacillariophyta</i> , <i>Cyanophyta</i> y <i>Chlorophyta</i> , y las limitaciones de la comunidad asociadas a las condiciones climáticas,

		fisicoquímicas, tróficas, hidrodinámicas y geomorfológicas, del río en su trayecto.
2008	Montoya-Moreno, Y & Aguirre-Ramírez, N.	Se evaluaron los grupos de algas perifíticas que se desarrollaron alrededor de las principales macrófitas acuáticas de la Ciénaga de Patícos, donde se reportaron 43 especies, predominando las diatomeas.
2008	Sala, S.E & Ramírez, J.J.	Se evaluó las diatomeas provenientes de los sistemas lénticos y lóticos andinos de los departamentos de Antioquia, Santander y Choco, encontrando las órdenes Thalassiosirales, Aulacoseirales, Fragilariales, Cybellales, Achnantales, Naviculales, Thalassiosiphysales, registradas por primera vez en Colombia y Suramérica.
2009	Vidal, L.A., Camacho, O & Bohórquez, D.	Se registró por primera vez en la costa Caribe Colombiana la especie <i>Nitzschia martiana</i> (Agardh) Van Heurck (<i>Bacillariophyceae</i>), viviendo en tubos sobre sustrato rocoso.
2009	Morales, S. & Peña, E.J.	Se evaluó el perifiton de tres lagos en la meseta de Popayán y su uso como indicador del estado trófico de dichos ecosistemas.
2010	Lozano, Y., Vidal, L & Navas, G.	Se realizó una revisión bibliográfica de información disponible sobre las especies registradas de diatomeas, para la zona costera y oceánica del mar Caribe Colombiano, a partir de un listado de 337 taxones, 312 especies, 19 variedades, 54 familias y 106 géneros.
2010	Morales, S., Donato, J & Castro, M.	Se evaluó el incremento de nutrientes en la adición de amonio y fosfatos sobre la estructura de una comunidad de diatomeas en sustratos artificiales en el sector medio del río Tota (Boyacá).
2010	Pinilla, A., Duarte, C & Vega, L.	Se determinó el Índice de Estado Limnológico (LEL) para las ciénagas del Canal del Dique, estableciendo que el estado limnológico de la mayoría de las ciénagas de esta región es aceptable.
2011	Mejía, D.	Se estudió la composición, diversidad y variaciones espacio-temporales de las diatomeas perifíticas y se evaluaron algunas características fisicoquímicas del agua.
2011	Pedraza, E & Donato, J.	Se evaluaron las comunidades asociadas a la hojarasca, el tronco y la roca, estableciendo la estructura de las diatomeas bénticas y los

2012	Montoya <i>et al.</i>	factores ambientales que la determinan, en diferentes tramos y sustratos a lo largo del río. Se dieron a conocer algunas especies abundantes o de amplia distribución, analizadas a través de técnicas de microscopia electrónica de barrido y óptica.
2012	Montoya-Moreno & Aguirre	Se evaluó la variación espacial y temporal de los ensambles perifíticos de algas epifíticas asociadas a raíces de macrófitas, en tres ciclos hidrológicos en la Planicie Inundable de Ayapel. Se instalaron láminas de acetato en dos ambientes del sistema lagunar de Yahuaraca (Amazonas), para estimar sucesión o dinámica de las algas perifíticas.
2013	Andramunio-Acero, C.	Se dio a conocer el estado del arte en la investigación del perifiton en Colombia, mediante el análisis de diferentes líneas de investigación y su grado de avance.
2013	Montoya, Y & Aguirre, N.	Se analizó la variación en la estructura de la comunidad perifítica (microalgas) durante el proceso de sucesión; se evaluaron los factores ambientales que determinan esta variación.
2015	Osorio, F.J., Rodríguez, J & Montoya, Y.	

La fracción algal más representativa del perifiton en los sistemas dulceacuícolas está relacionado con siete *phyllum*: *Euglenophyta*, *Chrysophyta*, *Cryptophyta*, *Pyrrophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, y *Bacillariophyta*, (Ramírez, 2000) de las cuales las clases más representativas son las siguientes:

Cyanophyceae (llamadas también cianófitas o cianobacterias), son organismos procarióticos, con pigmentos fotosintéticos como la clorofila, carotenos y ficocianina. En general son fotosintetizadoras pero algunas viven heterotróficamente. Presentan un tamaño que varía entre 3 – 55 μm . Su reproducción se lleva a cabo por división celular por fragmentación de colonia o de filamentos, y por esporas. Viven en diversos ambientes acuáticos, en algunos casos sobre rocas y árboles, e incluso en colonizan ambientes que no ofrecen posibilidades de vida a otras plantas, como termales soportando temperaturas de hasta 90°C, glaciares y paredes rocosas. También pueden vivir en simbiosis con hongos formando líquenes. (Guiry y Guiry, 2011, Streble y Krauter, 1985).

Chlorophyceae (también llamadas algas verdes), presentan distintos niveles morfológicos de organización: monadal, capsal, cocal, trical, parenquimatoso o sifonal. Se conocen alrededor de 8000 algas verdes, la mayoría de las cuales son cosmopolitas y viven en agua dulce; tan solo un 10% de las especies viven en el mar. Presentan un tamaño de células que varía entre 2 – 55 μm y en colonias hasta de 400 μm . La mayoría de las algas verdes prefieren aguas mesosaprobias. Se reproducen asexual y

sexualmente. Crecen en aguas con un amplio rango de salinidad desde aguas oligotróficas a eutróficas, en las algas verdes se encuentran representados todos los niveles morfológicos básicos de organización definidos para las algas. (Guiry y Guiry, 2011, Streble y Krauter, 1985).

Bacillariophyceae (también llamadas diatomeas), se encuentran en casi todos los hábitat acuáticos como libres vivientes, autótrofos fotosintéticos, heterótrofos incoloros o simbioses fotosintéticos. Son siempre unicelulares y algunas especies forman colonias. Se reproducen asexualmente (bipartición) y sexual (formación de auxósporas). Presentan un tamaño que varía entre 5 – 40 µm de ancho y 12 – 500 µm de largo. Las diatomeas no planctónicas de ambientes de lagos, lagunas y ríos, crecen adheridas a otras plantas o rocas (epifiton y epilíton), o sobre otras superficies no vivientes o sobre sedimentos. Constituyen la mayor parte de las algas perifíticas de aguas continentales. Desde el punto de vista ecológico constituyen uno de los más importantes grupos en los sistemas biológicos de evaluación de calidad de aguas y son componentes esenciales de las redes alimentarias en los ecosistemas dulceacuícolas. Las diatomeas no viven únicamente en el agua, numerosas especies habitan también en el suelo, donde constituyen un elemento importante de la microflora (Guiry y Guiry, 2011, Parra y Bicudo, 1996, Streble y Krauter, 1985).

En casi todas las latitudes el perifiton de aguas dulces presenta una estructura típica dominada por diatomeas, algas verdes y cianobacterias (Kalf, 2002). Los géneros más comunes de algas epilíticas (adheridas a piedras) están *Anabaena*, *Asterionella*, *Gyrosoma*, *Oscillatoria* y naviculaceas en general; y dentro de las epifíticas (adheridas a macrófitas) se destacan *Cocconeis*, *Cymbella*, *Achnanthes* y *Gomphonema* (Roldan *et al.*, 2000).

2.2. Caracterización de las zonas de amortiguación.

Las zonas de amortiguación o de amortiguamiento son aquellas adyacentes a las Áreas Naturales Protegidas que conforman espacios de transición entre las zonas protegidas y su entorno. Su establecimiento intenta minimizar las repercusiones de las actividades humanas que se realizan en los territorios inmediatos a las Áreas Naturales Protegidas. Estas áreas son de diversa extensión y actúan como zonas “buffer” o de contención ante el impacto directo a las zonas que se protegen (Angulo, 2007).

El establecimiento de las zonas de amortiguamiento es una herramienta importante para la protección de los Parques Nacionales Naturales ya que permiten amortiguar los impactos negativos en el área protegida. Sin embargo varios autores llaman la atención sobre la dificultad de implementar zonas de amortiguamiento debido a la ausencia de criterios consistentes y coherentes con los procesos de delimitación y manejo de estas áreas (Miller *et al.*, 2001).

Con respecto a la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Puracé, se requiere de la acción inmediata de las instituciones responsables de su manejo y

gestión con el fin de administrar y concertar los usos e intensidad de los mismos con los pobladores del área. Constituye un ecosistema estratégico de importancia por su biodiversidad, riqueza del patrimonio natural que contiene y genera recursos hídricos, como por ejemplo, las aguas usadas para consumo humano (CDIM-ESAP, 2000)

2.3. Definiciones de referentes termales.

Los manantiales o fuentes termales son las manifestaciones más comunes de los ambientes geotérmicos. Una de sus principales características en comparación con las fuentes no termales y aguas superficiales, es la estabilidad en temperatura y flujo. Descargan aguas caliente ($>45^{\circ}\text{C}$) o tibia ($<45^{\circ}\text{C}$) y gases, principalmente CO_2 (gas carbónico) y H_2S (Sulfuro de hidrogeno) (Alfaro, 2002). Los lugares donde brota esta agua se les conoce como manantiales termales, destacándose como espectacular los fenómenos naturales relacionado con los manantiales termales, cuyas temperaturas están cercanas al punto de ebullición del agua. Estos sistemas hidrotermales constituyen los vestigios más importantes de la evolución y diferenciación temprana de la corteza terrestre. (Jerjes y Gómez, 2004). Estas aguas pueden brotar de manera espontánea o mediante sondeo, y llevar inmersas sustancias disueltas, por lo cual se les atribuyen propiedades mineromedicinales (Armijo, *et al.*, 2008). La actividad volcánica ha jugado un papel importante en la formación de cuerpos de aguas en áreas de actividad tectónica localizados a lo largo de la Cordillera de los Andes. (Roldan, 1992), siendo para el caso de Colombia de origen geotermal, distribuidas en la región Andina (Alfaro, Aguirre y Jaramillo, 2002).

A nivel de Centro y Suramérica, se han llevado a cabo estudios para determinar el potencial geotérmico y las características de las aguas termales, los cuales se detallan a continuación.

Tabla 4. Potencial de las aguas termales en Suramérica.

REGIÓN	PAISES	TRABAJO	AUTOR	AÑO
Centroamérica	Costa Rica	Desarrollo de la Energía Geotérmica: Caso Costa Rica.	Mayorga, G.	2001
		Inventario de fuentes termales del Parque Nacional Natural Los Nevados.	Ingeominas	2002
Suramérica	Colombia	Programa de exploración de aguas subterráneas.	Ingeominas	2004
		Mapa Geotérmico de Colombia	Ingeominas	2009
	Venezuela	Visión Generalizada sobre la Energía Geotérmica en	Márquez, P.	2011

	Venezuela			
	Geotermia en el	Aguilera, E.	2010	
Ecuador	Ecuador: una hoja de ruta para su desarrollo sustentable.			
	Modernos baños	Steinmuller, K.	2001	
Perú	termales en el sur de la cordillera Volcánica del Perú			
	Situación y Perspectivas para el Desarrollo de la Geotermia en América Latina y el Caribe: Caso Bolivia	ENDE Empresa Nacional de Electricidad	2008	
Bolivia				
	Catastro y caracterización de las fuentes de aguas minerales y termales de Chile.	Hauser, A.	1997	
Chile				
	Energía Geotérmica y su implementación en Chile.	Valenzuela, F.	2011	

Según el mapa geotérmico elaborado por especialistas de INGEOMINAS desde el año 1996, esta cantidad asciende a más de 300 fuentes, muchas de ellas con altas temperaturas, asociadas a sistemas volcánicos en las tres cordilleras del país (Cordillera Central). Los departamentos que conforman el Macizo Colombiano, específicamente Huila y Cauca, registran en su inventario termal varias fuentes, ubicadas sobre todo en la región occidental, en la congruencia de los Parques Nacionales Naturales Nevado del Huila y Puracé (Garzón, 1997). Pese a la gran cantidad de ecosistemas termales presentes en nuestro país, sólo algunos registran estudios físicoquímicos, como es el caso de las fuentes termales ubicadas en el Nevado del Ruiz, Santa Rosa de Cabal y Paipa, los cuales registran niveles de pH que van de ligeramente ácidos o ligeramente alcalinos, con presencia de componentes bioactivos de ácido silícico, yodo, estroncio, y aguas minerales bicarbonatadas, sulfatadas y cloruradas, que potencialmente pueden ser utilizadas en tratamientos medicinales, pero requieren de mayor estudio desde el punto de vista microbiológico (Sánchez, *et al.*, 1999).

En Colombia las fuentes termales se encuentran distribuidas por regiones geográficas, las cuales se relacionan a continuación.

**Tabla 5. Fuentes termales reportadas en Colombia (Instituto Geológico Colombiano, 2017.
Recuperado de <http://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>).**

Región	Departamento	Municipio	Características Físicoquímicas				
			Temperatura °C	pH	Conductividad (μS/cm)	Clasificación química	Altura (m.s.n.m)
Andina	Antioquia	Dabeiba	29.7	7.39	17920	Clorurada	1090
			26.1	7.97	16290	Clorurada	296
			28.4	7.84	15200	Clorurada	552
		Nariño	43.6	6.46	9612	Clorurada	736
			36.3	6.18	5468	Clorurada bicarbonatada	726
			44.4	6.25	10130	Clorurada	706
			43.1	6.50	10360	Clorurada bicarbonatada	720
			38.4	6.24	7690	Clorurada bicarbonatada	716
		Santo Domingo	31.6	9.34	371	Bicarbonatada	1540
		Peque	35.1	9.65	325	Bicarbonatada	1899
	Boyacá	Santa María	36.1	6.9	730	Clorurada	487
			33.9	5.96	347	Clorurada	507
		Ramiriquí	21.9	7.4	854	Bicarbonatada	2166
		Tuta	27.4	6.97	157.7	Bicarbonatada	2950
		Ventquemada	27.1	4.82	283	Bicarbonatada	2340
		Rondón	46.5	5.9	214	Bicarbonatada cálcica Magnésica sódica	1841
		Labranzagrande	37.1	6.5	257.7	Bicarbonatada	1067
		San Mateo	44.3	6.5	1440	Clorurada	1348
		Iza	53.2	6.7	2910	Clorurada sódica	2600
			51.1	6.60	3305	Clorurada	2600
		Cúitva	54.2	6.7	630	Bicarbonatada	2440
		Motavita	30.7	6.8	173	Bicarbonatada	2702
		Guicán	28.9	7.24	1398	Clorurada	2525
		Paipa	52.3	7.37	46090	Sulfatada	2418
			20.7	4.17	246.3	Sulfatada	2600
			30.2	6.30	27600	Sulfatada	2490
			72.4	6.88	83670	Sulfatada	2442
			23.2	5.7	172.2	Bicarbonatada	2520
			52.5	6.86	49790	Sulfatada	2412
			73.7	7.28	84020	Sulfatada	2495
			53.4	7	39700	Sulfatada	2432
			55.3	6.83	38300	Sulfatada	2432
			21.6	6.52	54900		2500
			21	6.5	46000	Sulfatada	2500
			75.5	7.4	22000	Sulfatada sódica	2420
		Sáchica	35.6	6.17	6660	Clorurada	2181
		Moniquirá	28.6	7	7000	Clorurada	1675

Andina		El Espino	59.5	6	7170	Clorurada	1795
		Pesca	23.9	6.30	103	Bicarbonatada	2745
		Sativanorte	41.5	7.05	760	Bicarbonatada	1708
		Pachavita	37.3	6.7	732	Bicarbonatada	1719
		Zetaquirá	65.6	8.14	565	Bicarbonatada	1384
		Tuta	27.7	6.03	102.5	Bicarbonatada	2622
		Chinavita	46.5	6.64	608	Bicarbonatada	1635
		Páez	45.8	6.4	536	Clorurada	668
	Caldas	Villamaría	95	7.61	3610	Clorurada	2401
			46	6.11	3230	Clorurada	2650
			58	6.26	2468	Clorurada	2570
			88	7.78	3430	Clorurada	2490
			84	6.7	3880	Clorurada	2409
			53	6.38	1178	Sulfatada	3540
			31	6.12	3100	Bicarbonatada	1710
			30.6	6.73	139.20	Bicarbonatada	2571
			29.5	1.97	5850	Sulfatada	3261
			27	6.1	1328	Bicarbonatada	3000
			51	6.71	2825	Clorurada	2300
			62.5	6.58	4900	Clorurada	2339
			67.5	6.19	3670	Clorurada	2221
			45	1.74	8570	Sulfatada	3380
			44.5	1.73	8410	Sulfatada	3378
			53	6.24	703	Bicarbonatada	3333
			46	5.94	1196	Bicarbonatada	3320
			48	1.71	9070	Sulfatada	3362
			63	1.62	10650	Sulfatada	3410
			62.5	1.61	10540	Sulfatada	3410
			58	1.61	10230	Sulfatada	3410
		Samaná	32.6	6.52	5479		1200
			33	6.22	3200	Clorurada	1000
			39	6.26	7770	Clorurada	998
			37.9	6.48	12550		983
			42	6.25	9190	Clorurada	967
			43.6	6.46	9612		540
			36.3	6.18	5468		540
			37.9	6.48	12550	Clorurada	659
			38.4	6.24	7690	Clorurada	780
	Cauca	Páez	38.5	7.24	1347	Clorurada	2920
			37.4	6.73	1140	Clorurada	1941
			42.1	6.66	1272	Clorurada	1944
			32.4	7.31	724	Clorurada	1913
		Puracé	74.1	6.52	10740	Sulfatada	2624
			54	6.42	8500	Clorurada	2750
			23.8	6.81	339	Bicarbonatada	2660
			38	6.82	964	Bicarbonatada	2627
			37.2	6.86	1001	Bicarbonatada	2631
			30.9	7.1	7690	Clorurada-bicarbonatada	2623
			30.3	6.93	606	Bicarbonatada	2643
			33	6.63	1316	Bicarbonatada	2629
			23.2	2.54	2902	Sulfatada	2696

Andina			23.2	2.46	2498	Sulfatada	2609
			44.6	1.71	8080	Sulfatada	3605
			47	1.73	8860	Sulfatada	3200
			33.5	4.35	1654	Sulfatada	2780
			69.5	3.36	2799	Sulfatada	2750
			67.5	3.38	2875	Sulfatada	2751
			32.9	4.57	1635	Sulfatada	3212
			34.3	4.7	1791	Sulfatada	3230
			90.1	3.76	5030	Clorurada	3112
			88.3	2.54	1260	Sulfatada	3112
			25.4	2.24	3760	Sulfatada	2893
			34.8	6.61	2028	Bicarbonatada	2685
		Sotará	33.8	5.84	908	Bicarbonatada	3471
		Totoró	48.7	6.3	510	Bicarbonatada	3322
			48.1	6.36	514	Bicarbonatada	3318
			24.1	6.53	11860	Clorurada	2604
			25.2	7.12	174	Bicarbonatada	2895
			46.3	6.43	6870	Clorurada-bicarbonatada	2549
			47.5	6.43	7190	Clorurada-bicarbonatada	2670
			53.7	6.55	7220	Bicarbonatada-clorurada	2684
			52.9	6.56	7140	Bicarbonatada-clorurada	2686
	Cundinamarca	San Francisco	48.9	7.39	396.6	Clorurada	2183
		Guasca	37.7	6.73	54.53		2643
		Tabio	37.1	7.01	2620	Clorurada	2595
			32	6.88	2060	Clorurada	2610
			35.4	7.45	2924	Clorurada	2631
			48.6	7.24	4231		2623
			45.2	7.22	4267		2622
		Paratebuena	72.3	6	1563	Clorurada	338
			75.4	6.10	1523	Clorurada	323
			41.6	6.19	108.6		314
		Suesca	32.9	5.9	44.1		2723
		Ricaurte	31.5	6.66	899.5		301
			32.1	7.25	891		294
		Chipaque	38.9	7.46	266.4		2802
		Choachí	32.1	7.13	655.7		1819
			40.5	7.41	777.4		1852
			22.6	7.2	693.3		1849
			49.7	7.6	606.7		1829
			41.5	7.25	615.5		1827
			32.6	7.2	865.1		1841
			36.7	7.56	852.6		1848
			25.3	7.36	765.4		1835
			29.1	7.25	668.4		1883
		Tocaima	33.7	7.08	1284		354
		Manta	32.9	7.3	1220	Bicarbonatada	1637
			36.8	6.75	983	Bicarbonatada	1634
		Tibirita	45.8	6.49	2521		1609

			50.8	6.15	1363	Clorurada	1664
		Yacopí	46.9	6.51	28500		999
Andina		Nemocon	34.7	6.8	193.7		2679
			24	5.93	50.10		2624
			21.9	5.63	37.37		2627
		Ütica	30.2	7.12	2220		522
		Gachetá	57.9	7		Bicarbonatada	1835
		Agua de Dios	36.2	6.14	115.3	Bicarbonatada	329
			36.4	6.24	128.5		368
		Chocontá	53.9	7.95	258.6		2337
			58.6	7.31	256.4		2345
			50.5	7.28	338.1		2327
			58.3	7.23	234	Bicarbonatada	2345
			43.9	6.96	124.2		2483
			45.3	6.44	91.92		2442
			25.7	6.25	50.78		2612
			45.9	6.68	101.1		2456
		Guatavita	39.1	6.35	123.8		2623
		Junín	48.5	6.68	1943		1835
		La Calera	27.1	7.73	12650	Clorurada	2673
			32.6	7.64	12020		2656
	Huila	Yaguará	28.5	7.16	229.3	Bicarbonatada	560
		Altamira	32.2	4.57	69.3	Sulfatada	
		Timaná	27.3	7.27	1329	Bicarbonatada	1400
		Colombia	42.7	7.3	4040	Clorurada	
		Saladoblanco	30.4	9.52	300	Bicarbonatada	1800
			35.4	9.79	246.8	Bicarbonatada	840
			26.4	7.21	2462	Clorurada	1500
		Rivera	48.8	8.54	1232	Sulfatada	830
			34.5	7.8	1075	Sulfatada	940
			50.5	8.83	1368	Sulfatada	890
			46.5	8.43	1199	Sulfatada	830
		Teruel	26.2	6.63	142.1	Bicarbonatada	723
		Tarqui	27.6	7.24	553	Bicarbonatada	1267
		Garzón	35.6	6.09	138.2	Sulfatada	810
		La Plata	41.3	8.54	698	Clorurada	
		Campoalegre	38.1	8.08	2065	Sulfatada	790
	Nariño	El Tablón de Gómez	26	6.32	603	Sulfatada	2575
			24	6.31	545	Sulfatada	2340
		La Cruz	39	5.79	1510	Clorurada	2480
			55	6.51	5170	Clorurada	2530
			42	6.11	2483	Clorurada	2350
			62	6.7	6370	Clorurada	2340
		Cumbal	36	6.26	1371	Bicarbonatada	2181
			40.3	6.22	1117		3198
			31	6.37	2450	Bicarbonatada-sulfatada	3079
			26.9	6.26	3100	Sulfatada-Bicarbonatada	3049
			20.4	5.31	1838	Sulfatada	3745
			32.9	6.58	3310	Bicarbonatada	2345
			24.5	5.44	2004	Sulfatada	3750

				42	6.08	3220	Bicarbonatada -sulfatada	2029
				35.9	6.46	2709	Bicarbonatada	2360
Andina		Pasto		25.2	6.55	2527	Bicarbonatada	2445
				24.6	6.34	2258	Bicarbonatada	2435
				30.5	6.28	2349	Bicarbonatada	2440
				28	2.65	3320	Sulfatada	2580
				41	7.11	2408	Clorurada	3141
		Mallama (Piedrancha)		47	6.31	6560	Clorurada	2550
				22.1	6.46	2400	Sulfatada	2220
		Consacá		22.5	7.35	2325	Sulfatada	2327
				22	7.05	201.5	Bicarbonatada	2982
		Guachucal		31	6.31	3280	Bicarbonatada	2939
				60.7	2.61	1738	Sulfatada	3685
		Sapuyes		61.2	2.5	1300	Sulfatada	3675
				69.1	5.57	870	Bicarbonatada	
				30	6.37	8900	Clorurada	2761
				25	7.17	302	Bicarbonatada	2620
		Ipiales		45.7	5.92	111.4	Bicarbonatada	560
	Norte Santander	Cúcuta		50.7	7.04	654	Bicarbonatada	823
				45	6.59	489	Bicarbonatada	922
		Bochalema		53.8	5.59	272.2	Clorurada	508
				42.2	6.69	227.9	Bicarbonatada	2295
		Toledo		35.1	3.72	239.7	Sulfatada	1350
		Labateca		21.2	4.13			3600
	Risaralda	Santa Rosa de Cabal		76	6.36	3120	Clorurada	2361
				70.5	6.48	3280	Clorurada	2327
				80.5	6.29	3190	Clorurada	2341
				50	5.89	1164	Clorurada	2498
				64	6.18	2416	Clorurada	2285
				82	6.42	3330	Clorurada	2358
				81	6.34	3330	Clorurada	2356
				61.5	6.36	2331	Bicarbonatada	2221
				61	6.5	2273	Bicarbonatada	2220
				62	6.32	2292	Bicarbonatada	2197
				58	6.28	2078	Bicarbonatada	2177
				56	6.11	2019	Bicarbonatada	2120
				56	6.13	1958	Bicarbonatada	2176
				60	6.14	2050	Bicarbonatada	2150
				56	6.03	2065	Bicarbonatada	2120
				55	6.23	1960	Bicarbonatada	2181
				52	6.8	2028	Bicarbonatada	2128
				63	6.27	2298	Bicarbonatada	2198
	Santander	San Andrés		31	6.51	2687	Clorurada- Bicarbonatada	2622
		Concepción		32.6	6.46	287.1	Bicarbonatada	1939
		San José de Miranda		34.9	6.39	1283	Bicarbonatada	1420
	Tolima	Murillo		32	3.07	2539	Sulfatada	3910
				29.5	3.77	2888	Sulfatada	3831
				22.5	6.26	2038	Bicarbonatada -sulfatada	3370

			21.5	6.41	1194	Bicarbonatada	3368
			28	6.28	1568	Sulfatada	3320
			19.5	3.89	2156	Sulfatada	3740
			32	3.03	2653	Sulfatada	4010
			41.5	8.21	277.1	Bicarbonatada	2340
			29.5	6.65	159.8	Bicarbonatada	2350
			38	7.17	2920	Clorurada	2361
			48	7.09	2673	Clorurada	2372
			21	5.45	2229	Sulfatada	3715
			31	3.12	2421	Sulfatada cálcica	3870
Andina		Alpujarra	43.5	7.51	1157	Bicarbonatada	649
		Casablanca	58	1.25	21620	Sulfatada	3630
		Ibague	27	6.23	1311	Bicarbonatada	3569
			37	6.2	2581	Bicarbonatada	2400
			29	6.17	1972	Bicarbonatada	1994
			28	6.5	1943	Bicarbonatada	2370
			32	6.33	1766	Bicarbonatada	2421
			33.2	7.44	1420	Sulfatada	2773
			48.5	6.33	3130	Bicarbonatada	2700
			55	6.47	3740	Bicarbonatada	2728
			49	6.43	3290	Bicarbonatada	2730
			46.5	6.67	3300	Bicarbonatada -sulfatada	2766
			49.5	6.36	3180	Bicarbonatada -sulfatada	2740
			47.5	6.16	2676	Sulfatada	2792
			52.5	6.27	2960	Sulfatada	2746
			46	6.2	2843	Sulfatada-bicarbonatada	2585
			50	6.49	3350	Bicarbonatada	2752
		Ortega	27	7.09	403	Bicarbonatada	660
		Anzoátegui	38.7	6.13	1264	Sulfatada	3861
			50.5	6	1845	Sulfatada	3985
			41.5	6.01	1647	Sulfatada	3990
		Villahermosa	23	3.37	4380	Sulfatada	4500
		Casablanca	58	2.69	2675	Sulfatada	4520
		Herveo	40	6.29	3050	Bicarbonatada	2220
			29	6.75	1211	Bicarbonatada	2570
		Santa Isabel	35	9.24	231.6	Bicarbonatada	2470
			40	9.37	252.4	Bicarbonatada	2465
Orinoquía	Arauca	Tame	33	6.6	33.4	Bicarbonatada	763
	Casanare	La Salina	39.3	6.18	2780	Clorurada	1460
		Recetor	44.2	6.7	911	Clorurada	656
		Yopal	35.4	7.4	399	Clorurada	618
		Villavicencio	34.2	7.2	1510	Clorurada	849
	Meta	San Juan de Arama	43.9	6.17	89.09	Bicarbonatada	344
			42.6	6.17	71.92	Bicarbonatada	344
			45.6	6.8	145.22	Bicarbonatada	346
			40.3	8.46	818.1	Bicarbonatada	467
			35.7	8.28	889.9	Bicarbonatada	481
		Barranca de Upía	40.8	4.5	28	Sulfatada	297

Caribe	Atlántico	Usiacurí	31.1	8	1251	Bicarbonatada	89
	Cesar	Becerril	31.5	7.7	1125	Bicarbonatada	131
	Magdalena	Ciénaga	40.8	8	2066	Clorurada	23
Amazonía	Guaviare	Calamar	43.5	7.74	363.5	Bicarbonatada	275
			44.3	7.73	360.7	Bicarbonatada	274
	Putumayo	Colón	39.8	7.5	819	Bicarbonatada	2083
			51.8	9.14	1666	Clorurada	2048
		Santiago	78.5	7.33	3190	Clorurada	2015
		Sibundoy	25.2	9.71	212.5	Sulfatada	2185
Pacífica	Choco	Nuquí	45	6.12	8830	Clorurada	47
			36.8	8.4	1008	Clorurada	23
			34.1	8.98	665	Bicarbonatada	11
		Unguía	36.2	8.84	936	Sulfatada	69

2.4. Composición química, mineral y biótica de las aguas termales.

Desde el punto de vista hidroterapéutico las aguas termales se pueden clasificar en hipotermas (menos de 35°C), mesotermas (entre 35 y 45°C) e hipotermas (mayor a 45°C). (Fagundo y González, 2000). En las siguientes tablas se presentan las principales fuentes termales de acuerdo a su temperatura, a nivel de Suramérica (Tabla 6) y Colombia (Tabla 7).

Tabla 6. Principales fuentes termales de Suramérica de acuerdo a su temperatura.

País	Provincia	Nombre del termal	Temperatura °C	Clasificación	Autor
Argentina	Entre Ríos	Chajari	37°C – 40°C	Mesotermal	Termales de la Argentina, 2017
		Colón	33°C – 40°C	Mesotermal	
		Concordia	36°C – 44°C	Mesotermal	
		Federación	42.5°C	Mesotermal	
		Gualeguaych u	37°C – 42°C	Mesotermal	
	La Pampa	Bernardo	30.5°C	Hipotermal	
		Larroudé			
		Guatraché	32°C	Hipotermal	
	San Luis	Balde	44.5°C	Mesotermal	
		San	39°C	Mesotermal	
	San Juan	Jerónimo			
		Pismanta	45°C	Mesotermal	
		Jujuy	Reyes	52°C – 58°C	
	Neuquén	Copahue	40°C – 67°C	Hipertermal	
Santiago del Estero	Río Hondo	40°C	Mesotermal		
Bolivia	Santa Cruz	Hervores	41°C – 45°C	Mesotermal	Bolivia turismo, 2017
		Burriño	35°C	Mesotermal	
		El Puente	25°C	Hipotermal	
	La Paz	Mocomoco	25°C	Hipotermal	

Brasil	Oruro	Urmiri	34°C – 36°C	Mesotermal	El día. S.A, 2017
	Santa Catarina	Piratoba	35°C	Mesotermal	
		Ita	34°C	Hipotermal	
		Gravatal	37°C	Mesotermal	
Chile	Atacama	Puritama	33°C	Hipotermal	Enviajes.cl, 2017. Recorriendo, viajando por Chile y el mundo, 2017.
	Pucón	Geométricas	45°C	Mesotermal	
	Villarica	Coñaripe	60°C – 78°C	Hipertermal	
	Puyehue	Aguas Calientes	35°C – 37°C	Mesotermal	
	Linares	Panimavida	32°C	Hipotermal	
	Araucania	Malleco	83°C	Hipertermal	
	Macaya	Macaya	35°C	Mesotermal	
	Colchane	Enquelga	30°C	Hipotermal	
Ecuador	Guayas	Balao Chico	40°C	Mesotermal	Foros Ecuador, 2017
		El Naranjal	40°C	Mesotermal	
	Cuenca	Baños de Cuenca	78°C	Hipertermal	
Paraguay	Quito	Rumiloma	27°C – 31°C	Hipotermal	Destinos América, 2017
	Chaco	Chaco	40°C – 42°C	Mesotermal	
Perú	Cajamarca	Baños del Inca	79°C	Hipertermal	About Español, 2017. Turismo al Peru.com, 2017
		Aguas Calientes	36°C – 40°C	Mesotermal	
	Cusco	Lares	36°C – 44°C	Mesotermal	
	Huaraz	Chancos de Ancash	33°C – 54°C	Mesotermal, Hipertermal	
	Arequipa	Yura	20°C – 28°C	Hipotermal	
		Churin	28°C	Hipotermal	
	Lima	Collpa	35°C – 40°C	Mesotermal	
	La Libertad	El Edén	60°C	Hipertermal	
	Tacna	Ticaco	75°C	Hipertermal	
	Apurímac	Pincahuacho	50°C	Hipertermal	
		Daymón	44°C	Mesotermal	
	Salto	Arapey	38°C	Mesotermal	
		Salto Grande	45°C	Mesotermal	
		Guaviyú	38°C	Mesotermal	
Uruguay	Paysandú	Almiron	34°C	Hipotermal	Termas Uruguay. Com, 2014
		San Nicanor	40°C	Mesotermal	
		Trincheras	92°C	Hipertermal	
Venezuela	Valencia	San Juan de los Morros	33.5°C	Hipotermal	Venezuelatuya .com, 2017

Tabla 7. Fuentes termales de Colombia de acuerdo a su temperatura. (Fuente Sistema Geológico Colombiano, 2017).

Región	Departamento	Clasificación		
		Hipotermal	Mesotermal	Hipertermal
Andina	Antioquía	3	5	0
	Boyacá	14	6	15
	Caldas	6	9	15
	Cauca	15	6	13
	Cundinamarca	18	13	17
	Huila	9	4	3
	Nariño	16	7	6
	Norte de Santander	0	3	3
	Risaralda	1	0	18
	Santander	3	0	0
	Tolima	7	10	13
Orinoquía	Arauca	1	0	0
	Casanare	0	3	0
	Meta	0	5	1
Caribe	Atlántico	1	0	0
	Cesar	1	0	0
	Magdalena	0	1	0
Amazonía	Guaviare	0	2	0
	Putumayo	1	1	2
Pacífica	Chocó	1	3	0

Las aguas minerales han sido clasificadas por diferentes fuentes atendiendo a diversos criterios: uso, origen, temperatura, mineralización, pH, caudal, tonacidad, composición química, acción fisiológica, acción terapéutica, etc (Armijo *et al.*, 2008). Las aguas termales presentan una gran diversidad de microorganismos característicos de cada tipo de agua, y que dependen de sus propiedades fisicoquímicas (temperatura, pH, composición). También pueden existir microorganismos procedentes de otros hábitats considerados como contaminantes, pero que coexisten con los anteriores. Las aguas termales son ambientes extremos ya que por sus altas temperaturas y elevadas concentraciones de sales, ofrecen condiciones desfavorables para la vida de muchos organismos (De la Rosa y Mosso, 1998).

Las aguas termales se pueden clasificar en función de la temperatura, cuando aquellas aguas que en su punto de emergencia poseen una temperatura mayor a la temperatura media anual. Esta diferencia debe ser superior a 4 y 5°C. Desde el punto de hidroterapéutico las aguas termales se pueden clasificar en hipotermas (menos de 35°C), mesotermas (entre 35 y 45°C) e hipertermas (mayor a 45°C) (Fagundo y González, 2000).

De acuerdo al catálogo de aguas termales del suroccidente colombiano, se han inventariado y clasificado quince fuentes termales y una laguna tibia en el Volcán Puracé, y en los alrededores de la cadena volcánica de los Coconucos (Garzón, 1997).

Se puede observar que en aspecto hidrotermal, existen unos estudios interesantes sobre las potencialidades que estos reservorios presentan en términos de composición química, potabilidad y termalismo, pero que faltan estudios con mayor profundidad en cuanto a su utilización en fines ecoturísticos.

2.5. Relaciones biológicas y químicas en las aguas termales.

A nivel mundial se han realizado estudios para identificar la relación existente entre la composición de las aguas termales y las comunidades fito y zooplanctónicas presentes en estos ecosistemas. Las descargas hidrotermales aparentemente tiene un efecto considerable en las comunidades biológicas adyacentes, ya que las comunidades planctónicas encontradas alrededor frecuentemente muestran adaptaciones a este tipo de hábitats. El fitoplancton además de jugar un papel importante como productor primario, se considera como indicador de la calidad del agua, ya que al presentar tasas muy rápidas de reproducción, responden rápidamente también a cambios físicoquímicos del agua (Estradas *et al.*, 2009).

Los procesos químicos en ventilas termales en Bahía Concepción (México), aunque se encuentran bien estudiados en general, en la parte biológica no se cuenta con datos suficientes que permitan establecer la relación biológica – geoquímica que tiene lugar en estos sistemas. Los resultados físicoquímicos en esta área de estudio indicaron pH alcalino entre 8,1 y 8,4, temperatura superficial de 27,5°C y elevadas concentraciones de amonio (Estradas *et al.*, 2009).

La diversidad de las especies que existen en un determinado hábitat es una consecuencia de la relación entre los organismos y el ambiente, y desde un punto de vista ecológico, cómo está organizada en la comunidad microbiana y qué valor tiene para la estructura y función de toda la comunidad. Actualmente existe un gran interés por el estudio de la biodiversidad de los ambientes extremos con el fin de determinar cuáles son las características peculiares que permiten a estos microorganismos sobrevivir y qué papel tienen en los ciclos de la naturaleza. Las aguas minerales termales de los balnearios son uno de estos hábitats extremos ya que tienen altas temperaturas y elevadas concentraciones de sales, condiciones desfavorables para la vida de muchos seres vivos. Las aguas minerales como cualquier ambiente acuático natural, poseen una población microbiana autóctona que suele ser característica de cada tipo de agua y que depende de sus propiedades físicoquímicas (temperatura, pH, sales minerales, nutrientes). También pueden encontrarse en ellas microorganismos alóctonos, procedentes de otros hábitats (suelo, heces, vegetales) (De la Rosa y Mosso, 1998).

En Colombia, las investigaciones biológicas con aguas termales de origen volcánico son escasas. Para la laguna Aguas Tibias se encontró el trabajo de Escobar (2004), en

el cual la autora realizó un estudio preliminar de las características físicas, químicas, determinación de las comunidades productoras y la producción primaria, encontrando un ecosistema en condiciones extremas, por los parámetros analizados en este sistema. Los datos más sobresalientes fueron: el pH entre 8,0 y 8,6, conductividad que osciló entre 790 y 900 $\mu\text{mhos/cm}$, valores de clorofila *a* entre los 600 y 620 mg/m^3 y una biomasa entre 40.200 y 41.500 mg/m^3 para dos sitios de muestreo. Teniendo en cuenta estos y otros parámetros tomados en los sitios de muestreo, demostró que era un sistema eutrofizado (Salazar, *et al.*, 2011).

Existen estudios sobre caracterización fisicoquímica de aguas minerales en Colombia, adelantados en la villa termal de Paipa (pozo azul), en la terma del Nevado del Ruiz, termales de Santa Rosa de Cabal, los cuales fueron abordados desde la perspectiva de calidad del agua, la cual fue comparada con normas nacionales e internacionales (Sánchez *et al.*, 1999).

2.6. Uso de las aguas termales en el contexto Nacional e Internacional.

Los manantiales de las fuentes termales de la cadena volcánica colombiana, están localizados entre las cotas de 1720 y 4700 msnm. En el segmento norte, hay 30 fuentes termales con temperaturas entre 22 y 92°C, distribuidas en los volcanes Cerro Bravo, Nevado del Ruiz, Paramillo de Santa Rosa, Nevado del Tolima y Cerro Machín. En el segmento central, hay 20 fuentes termales con temperaturas entre 24 y 90°C distribuidas en los volcanes Nevado del Huila, Cadena de los Coconucos y Sotará. En el segmento sur, hay 25 fuentes termales (22 – 76°C) distribuidas en los volcanes Doña Juana, Galeras, Azufral, Patascoy, Cumbal y Chiles (Garzón, 1997).

La ocurrencia de fuentes termales en Colombia ha sido reconocida por los habitantes locales desde tiempos inmemoriales pero ha sido registrada solamente desde finales del siglo XIX. El conocimiento de este recurso aún es muy limitado. En el departamento de Cundinamarca, las aguas termales han sido utilizadas desde antes de la llegada de los españoles. Es así como, según información registrada por los cronistas de las Indias, los caciques Muisca Tuna y Suba usaban el agua manantial Sie Chitupcua, localizado en Suba, con fines terapéuticos. Se han inventariado recursos termales en el departamento de Cundinamarca, en donde se han encontrado 42 manantiales aguas minerales con potencial importante para el aprovechamiento mineromedicinal, de envasado para consumo humano, como fuente de energía térmica en actividades como acuicultura, invernaderos, calefacción residencial, secado y aplicaciones agrícolas (Alfaro *et al.*, 2003). Se piensa que los mayas conocieron la importancia de la comunidad perifítica, ya que aparece documentado en las crónicas históricas y en las huellas prehispánicas de esta civilización. Es muy probable que los mayas hayan intuido claramente el potencial del perifiton como fertilizante (Tavera y Novelo, 2011).

Las fuentes de aguas termales hoy día, benefician diversas comunidades en el mundo, gracias a sus características terapéuticas, recreacionales, así como la de brindar agua potable (envasada) o para uso doméstico, una vez realizado un pretratamiento “sencillo”. En el estado Trujillo (Venezuela) se han reportado diversas fuentes termales

potencialmente explotables en alguno de los ámbitos mencionados. Las variables estudiadas mostraron valores de conductividad entre 165 y 1000 $\mu\text{hms/cm}$, naturaleza química de las aguas entre bicarbonatada sódica, cálcica y sulfatada, temperatura del agua entre 27°C (hipotermiales) y 80°C (hipertermiales). Los estudios físicos e hidrogeoquímicos de estas aguas permiten establecer que pueden ser utilizadas en diferentes usos como balneoterapia, piscicultura, piscinas y riego (bajo ciertas condiciones físicoquímicas y de cultivo) (Moreno *et al.*, 2007).

En España, estudios en la Sierra de Segura, provincias de Jaén, Granada y Albacete, indican aguas termales con composición química bicarbonatada cálcica, poco mineralizadas con pH salinos (Moral *et al.*, 2005). Cuba cuenta con una gran cantidad y variedad de yacimientos de aguas minerales, en virtud de las condiciones específicas de cada ecosistema físico-geográfico, los microorganismos presentes y del clima tropical del país. En ese medio se originan elementos, sustancias, nutrientes y productos bioquímicos de acción terapéutica, beneficiosos para la cura de determinadas afecciones y enfermedades. Estas aguas termales presentan temperaturas superiores a 30°C, componentes mayoritarios, minoritarios y gases disueltos que le confieren propiedades medicinales, siendo los principales agentes terapéuticos el sulfato, el calcio y el ácido sulfhídrico (Sánchez, 2000).

Una de las aplicaciones que a futuro tienen las fuentes termales es la Acuicultura Geotérmica. En estos proyectos el objetivo es calentar el agua a la temperatura óptima para el crecimiento de los peces. El camarón y el bagre alcanzan su nivel óptimo de crecimiento a aproximadamente 32°C, con un 50% de crecimiento óptimo logrado entre 20 y 26°C (Alfaro *et al.*, 2003). En el mundo existen ejemplos exitosos de cultivo de frutas y vegetales a partir de ambientes generados por la geotermia, como es el caso de los invernaderos en donde son ampliamente difundidos los cultivos de tomate, pepino cohombro, rosas y lechuga (Alfaro *et al.*, 2003). El uso de recursos geotérmicos para proveer el calor necesario en invernaderos es practicado en un gran número de países: Francia, Hungría, Islandia, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Rumania, Estados Unidos, Rusia, India y algunos otros. Por ejemplo, en Islandia se cultivan unas 1000 toneladas de vegetales en un área de 11 hectáreas utilizando fluidos geotérmicos, con lo que ese país se ahorra al año cerca de 20000 toneladas métricas de petróleo, que gastaría si los invernaderos utilizaran este combustible (Prol Ledesma, 1996).

2.7. Gestión ambiental y su relación con la ordenación del recurso hidrobiológico.

La gestión ambiental es un proceso permanente y de aproximaciones sucesivas en el cual diversos actores públicos y privados y de la sociedad civil desarrollan un conjunto de esfuerzos específicos con el propósito de preservar, restaurar, conservar y utilizar de manera sustentable el medio ambiente. Sus propósitos están dirigidos a modificar una situación actual a otra deseada, de conformidad a la percepción que sobre ella tengan los actores involucrados. Por su injerencia amplia, la gestión ambiental puede ser abordada bajo diversas perspectivas y con diferentes escalas. Por ejemplo, se puede centrar en el ámbito rural o urbano, en una política específica (ej. contaminación

del aire de un centro urbano, etc.), en una amenaza ambiental global (ej. impacto de emisiones sobre el calentamiento de la tierra, etc.), en el impacto ambiental de una actividad económica específica (ej. minería, energía, agricultura, etc.), o en la conservación y uso sostenible de un recurso estratégico (ej. bosques, aguas, etc.). La gestión ambiental, por lo tanto, puede ser abordada a distintos niveles de gobierno (federal o central, provincial o estatal, municipal, etc.), o de grupos del sector privado en su concepción amplia, o en diversos ámbitos territoriales (global, regional, subregional, nivel metropolitano, ciudades, barrios, poblados, cuencas hidrográficas, etc.) (Rodríguez y Espinosa, 2002).

La gestión ambiental no puede abordarse desde una perspectiva aislada de las comunidades locales, ya que este implica una construcción social participativa donde se ponen en juego diversos intereses que deben procurar un beneficio general y no particular de la ciudadanía.

La Gestión Ambiental del Recurso Hídrico aborda el manejo y solución integral de los problemas ambientales relacionados con la disponibilidad y calidad del agua en una región determinada, mediante el uso selectivo y combinado de herramientas jurídicas, de planeación, técnicas, económicas, financieras y administrativas, orientadas por diversas estrategias de gestión que responden a una política ambiental nacional para el manejo integral del agua; y que garantizan la sostenibilidad del recurso para las generaciones futuras (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009).

En esta dirección, la participación ciudadana en la gestión ambiental local requiere del reconocimiento de la diversidad y de poner en diálogo las distintas maneras como las personas, en su calidad de ciudadanos y habitantes diversos, hacen, valoran y piensan su entorno, individual y colectivamente, en territorios específicos. Esto, con el fin empezar la tarea de reconocer cuáles son las visiones sobre el mundo que se construyen desde lo local, lo que permitiría identificar todo aquello que le da forma, desde lo social, a sus paisajes y que está determinando la existencia de escenarios de riesgo y exclusión, de libertades (dominaciones) y equidades (inequidades) y de manejo insostenible de los entornos sociales y naturales (Palacio, 2005).

El recurso hidrobiológico no solamente está representado en las zonas protegidas de los Parques Nacionales Naturales, sino también en aquellas zonas donde por su ubicación periférica se convierten en un filtro ecológico que permite que las condiciones bióticas y abióticas, se mantengan y dejen la posibilidad de que las comunidades puedan aprovechar de manera sustentable los recursos ecosistémicos. Estas zonas llamadas de amortiguación, representan un eslabón intermedio entre los centros poblados y las reservas naturales protegidas, y requieren de un manejo adecuado desde una perspectiva conservacionista, donde no solamente se deben tener en cuenta para tal fin los ecosistemas terrestres, sino también los acuáticos.

Los servicios provistos por los ecosistemas de agua dulce incluyen control de las inundaciones, transporte, recreación, purificación de los desechos urbanos e industriales, hábitat para plantas y animales, producción de peces y otros alimentos y

bienes de mercado. Estos beneficios al ser humano son lo que los ecólogos llaman servicios ecológicos, definidos como los procesos y las condiciones a través de las cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los conforman, sostienen y colman la vida humana. A largo plazo, los ecosistemas de agua dulce saludables tienen más probabilidad de conservar la capacidad adaptativa para mantener la producción de estos servicios ante futuras alteraciones ambientales tales como el cambio climático (Baron *et al.*, 2003).

El manejo integrado de ecosistemas es hoy una de las mejores opciones para la conservación y uso sustentable de los recursos naturales, ya que incorpora la participación ciudadana como elemento fundamental; además del concepto de adaptabilidad, ecosistemas e interacción entre componentes físicos, ecológicos y sociales. Sin embargo, su implementación debe ir acompañada de otros requerimientos, tales como la descentralización en la toma de decisiones. Donde cada región con sus características económicas-sociales y ecológicas propias, pueda decidir qué tipo de desarrollo es el más adecuado a nivel local, regional (Delgado *et al.*, 2007).

La conservación y el uso sustentable de la biodiversidad se relacionan directamente con la posibilidad de garantizar una calidad de vida a las generaciones presentes y futuras, constituyendo un aspecto indispensable para el enriquecimiento social y cultural. Se perfilan como elementos estratégicos para la superación de la pobreza y para el mantenimiento en el largo plazo de la economía de las distintas poblaciones del planeta. Por lo tanto, la biodiversidad es un recurso trascendental para el desarrollo humano sostenible y constituye una oportunidad para aprender a conocerla, respetarla y utilizarla de forma sustentable. Se considera que el empleo estratégico de herramientas de intervención social, como la comunicación y la educación ambiental, dirigidas a implicar a los diferentes interesados para producir un cambio en las políticas que afectan a estos mismos actores, es un proceso que facilita enormemente el camino hacia la sustentabilidad. La conservación y uso sustentable de la diversidad biológica dependen de la construcción de diálogos intersectoriales y consenso, entre sectores sociales, económicos y políticos con intereses en juego (Andelman, 2003).

Los análisis limnológicos se orientan a determinar características fisicoquímicas del agua y de las comunidades asociadas. Se parte del principio de que a cada tipo de ecosistema acuático está asociada una comunidad particular de organismos. Los aspectos biológicos han adquirido una creciente importancia en el estudio de los ecosistemas acuáticos, porque las variables físicoquímicas dan una idea puntual sobre la calidad del agua, pero no informan sobre las variaciones en el tiempo. Ya que las características de las comunidades acuáticas (por ejemplo, fitoplancton) actúan como testigos del deterioro ambiental de las corrientes superficiales. Una actividad humana que modifica temporalmente los ecosistemas acuáticos, y altera su equilibrio hidrobiológico en términos ecológicos es el turismo, el cual trae consecuencias negativas para la biodiversidad presente en ellos (García *et al.*, 2007).

3. METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio.

El municipio de La Plata está ubicado en la parte sur occidente del departamento del Huila, en las estribaciones de la cordillera Central, geográficamente se encuentra situado en las coordenadas 2°23'00" de latitud norte y 75°56'00" de longitud oeste (Figura 2). Limita por el norte con el departamento del Cauca, por el sur con el municipio de La Argentina, por el oriente con los municipios de Paicol y El Pital y por el occidente con el departamento del Cauca. Presenta una extensión total de 1271 km², de los cuales 879 km² corresponden al área urbana y 392 km² al área rural (Figura 2A). Se encuentra a 122 km de la ciudad de Neiva, a una altura de 1118 m.s.n.m. con una temperatura media de 23°C (CDIM-ESAP, 2000). El estudio se desarrolló en la vereda San Sebastián (Figura 2B), en el ecosistema termal del mismo nombre, en las instalaciones del predio San Sebastián de propiedad del señor Luis Quintero, el cual dista a 23 km del casco urbano del municipio de La Plata, en la vía que conduce al municipio de La Argentina.

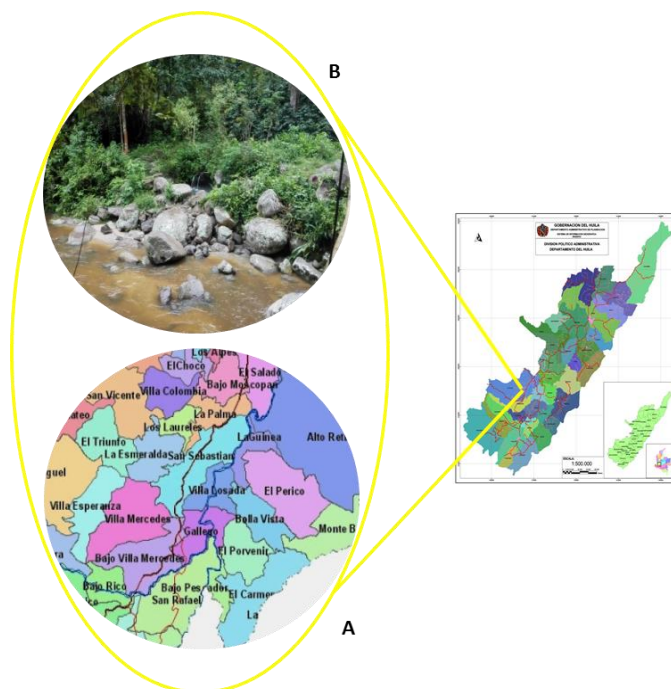


Figura 2. Localización del área de estudio. A) Vereda San Sebastián. B) Ecosistema termal San Sebastián.

Las principales características del área de estudio se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8. Descripción del área de estudio.

Componente	Característica	Fuente
Geología	Se caracteriza por presentar secuencias de rocas con diversos orígenes y edades. Existen rocas antiguas de origen ígneo y metamórfico, que forman paisajes montañosos de pendientes fuertes y suelos superficiales, paisajes de montaña con pendientes moderadas a fuertes y suelos superficiales a moderadamente superficiales. Rocas metamórficas migmatíticas de posible edad Precámbrica, rocas de composición granodiorítica-tonalítica, con texturas ígneas. Cuerpo metamórfico formado en condiciones de presión y temperatura de facies anfibolita y granulita, constituido por granitos anatócticos, granulitas cuarzo-feldespáticas y gneises migmatíticos, los cuales separa por primera vez de la Cuarzomonzodiorita de Páez.	CDIM-ESAP, 2000. Rodríguez, <i>et al</i> , 2015.
Vegetación	En la región predominan bosques naturales, cuyo estrato dominante está conformado de especies de tronco o tallo leñoso siendo producto de la dinámica ecológica. La totalidad de los bosques ha sido intervenida por el hombre, aprovechando sus mejores maderas, degradando progresivamente este recurso. Se destacan comunidades de tipo selvático, con desarrollo particular de plantas herbáceas y trepadoras, al igual que epífitas. Se destaca el crecimiento de los líquenes sobre los troncos de los árboles, que les confieren una característica blanquecina. La hojarasca es abundante, pero su espesor es mínimo.	CDIM-ESAP, 2000. Rangel y Lozano, 1986
Clima	El patrón de lluvias en la región es de carácter bimodal con una precipitación promedio entre los 1500 y 2700 m.m. Los meses más lluviosos están comprendidos entre abril - mayo y octubre - noviembre, mientras que los más secos están entre diciembre - enero y agosto – septiembre. La humedad relativa es del 79% y presenta una temperatura promedio de 23°C.	CDIM-ESAP, 2000.
Hidrología	El municipio cuenta con una gran cantidad de recursos hídricos que transcurren por sus diferentes veredas que finalmente tributas al río Páez. Las áreas de escurrimiento de estas fuentes hídricas dan origen a la subcuenta del río La Plata, unidad importante para el desarrollo socioeconómico de la región.	CDIM-ESAP, 2000.
Limnología	El sistema acuático más importante es el río La Plata, el cual presenta las siguientes características fisicoquímicas: pH cercano a la neutralidad, conductividad promedio entre 47 y 66,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, temperatura media de 18°C, oxígeno disuelto de 7,9 ppm.	Rodríguez <i>et al</i> , 2016.

3.2. Fase preliminar de laboratorio

3.2.1. Montaje de soporte para seleccionar sustratos.

Para la caracterización de sucesiones de algas perifíticas fue necesario construir dos soportes, siguiendo metodologías propuestas por Pizarro y Alemanni, (2005), Donato, (1996). Una vez contruidos se procedió con la selección de sustratos que se iban a emplear teniendo en cuenta aspectos como: tipo de material empleado como sustrato artificial (acrílico y cerámica), dimensión del sustrato artificial, distancia de separación entre sustratos artificiales, visualización de adherencia de algas a los sustratos y profundidad de ubicación de los mismos, para lo cual se tomaron y adaptaron, metodologías propuestas por Andramunio, (2013), Mejía, (2011), Castro, (2009), Montoya y Ramírez, (2007), Zapata y Donato, (2005), Poff *et al.*, (1990); (Figura 3)

El primer soporte consistió en un bastidor rectangular construido en PVC de 50 cm (largo) x 25 cm (ancho), en el cual se colocaron láminas deacrílico transparente de 20 cm (largo) x 5 cm (alto) como sustratos artificiales. (Figura 3A)

El segundo soporte consistió en un bastidor rectangular construido en madera de 30 cm (largo) x 11 cm (ancho) en el cual se colocaron láminas de cerámica de color blanco de 10 cm (ancho) x 5 cm (alto). (Figura 3B).



A.



B.

Figura 3. Soporte de sustratos. A) Sustrato artificial en acrílico sostenido en bastidor de PVC. B) Sustrato artificial en cerámica sostenido en bastidor de madera.

Una vez contruidos se ubicaron en el área más profunda del ecosistema termal San Sebastián, en posición vertical a la corriente principal y sumergidos a 10 cm, siguiendo metodología propuesta por Montoya y Ramírez (2007), Zapata y Donato (2005), Wetzel (1983), Sladeckova (1962), con el propósito de seleccionar el material de construcción del bastidor más adecuado para las condiciones del ecosistema termal, así como, seleccionar el material de mayor adhesión de microalgas perifíticas.



A.

Figura 4. Sustrato natural A) Roca.

Y con el fin de conocer la dinámica normal del ecosistema termal San Sebastián y caracterizar la diversidad de algas perifíticas se empleó un sustrato natural propio del cuerpo de agua (roca) (Figura 4), siguiendo la metodología de Gordillo-Guerra (2014), Jiménez *et al.*, (2014), Ramírez y Plata (2008), Bustamante y Dávila, (2008), Díaz Quirós y Rivera Rendón (2004).

3.3. Fase de campo

3.3.1. Duración de premuestreos y muestreos.

Los premuestreos se llevaron a cabo en el período comprendido entre febrero a mayo de 2013 (3 meses) y los muestreos se desarrollaron entre los meses de diciembre de 2013 a mayo de 2014 (6 meses). Entendiéndose en el texto M1 (Diciembre de 2013), M2 (Enero de 2014), M3 (Febrero de 2014), M4 (Marzo de 2014), M5 (Abril de 2014), M6 (Mayo de 2014).

3.3.2. Ubicación de los puntos de muestreo.

Siguiendo metodología propuesta por Osorio *et al.*, (2015), Ramírez, (2008), al interior del ecosistema termal se identificaron los puntos de muestreo los cuales se ubicaron y denominaron de la siguiente manera, Punto 1 (P1) a la entrada del ecosistema termal, Punto 2 (P2) en el centro del termal, Punto 3 (P3) en la salida del termal. A continuación se presenta la georreferenciación de los puntos de muestreo. (Tabla 9). Los puntos de muestreo se escogieron para identificar como se presenta el estado sucesional en tiempo y espacio de las algas perifíticas.

Tabla 9. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en el ecosistema termal San Sebastián.

PUNTO	N	W	UBICACIÓN
P1	2°16'51.009"	75°59'24.701"	Ubicado a 2 metros del nacimiento.
P2	2°16'50.594"	75°59'24.750"	Ubicado equidistante a P1 y P3 (centro del ecosistema termal).
P3	2°16'51.094"	75°59'24.492"	Ubicado a 2 metros de P2 (salida del ecosistema termal).

La ubicación de los puntos de muestreo se relaciona a continuación:



Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo en el ecosistema termal. A) Punto 1 (P1), B) Punto 2 (P2), C) Punto 3 (P3).

3.3.3. Recolección de muestras.

El material adherido a los sustratos naturales y artificiales se recogió empleando la metodología de raspado directo (se empleó un cepillo de cerdas finas) (Figura 6A, B), en un área de 3,5 cm x 3,5 cm x 0,1 cm dimensiones. (Roldan y Ramírez, 2008; Wetzel y Likens, 2001, Barbour *et al.*, 1999).

El raspado realizado para los sustratos artificiales se desarrolló seleccionando al azar 2 láminas/soporte/mes/punto de muestreo y para el sustrato natural 1 roca/mes/punto de muestreo (Díaz Quiroz y Rivera Rendón, 2004; Donato y Martínez, 2003). El material colectado fue preservado para iniciar análisis cualitativo y cuantitativo (Figura 6C) (Andreu y Camacho, 2002; Roldan, 1992).

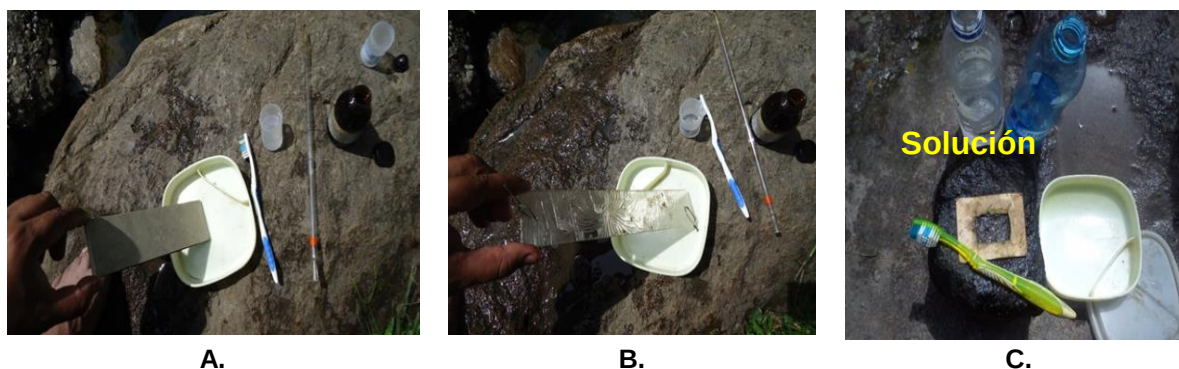


Figura 6. Raspado, recolección y fijación del material perifítico. A) Raspado sustrato artificial cerámica. B) Raspado sustrato artificial acrílico. C) Raspado sustrato natural roca.

3.3.4. Preservación (fijación y tinción) de muestras.

Las muestras para el análisis cualitativo y cuantitativo se manejaron en frascos plásticos debidamente rotulados. El volumen almacenado en cada frasco fue de 100 ml, el cual se fijó en solución Transeau (constituida por: agua, etanol al 90% y formol al 5%, en proporción 6:3:1 respectivamente) (Pinilla 2017 y 1999; Bicudo y Menezes, 2006, Whitford y Schumacher, 1968;). Posteriormente las muestras recibieron tinción con 0.2 ml de lugol yodado (Biggs 2000). (Figura 7).



Figura 7. Implementos y reactivos empleados para la fijación del material perifítico. A) Solución Transeau B). Agua destilada. C) Lugol. D) Implementos.

3.3.5. Caracterización fisicoquímica del agua del ecosistema termal San Sebastián.

En el ecosistema termal San Sebastián se tomaron 9 parámetros para la caracterización fisicoquímica, siguiendo los protocolos para preservación de muestras del laboratorio Ambiental Diagnosticamos SAS de la ciudad de Neiva, donde se valoraron. Así mismo, de acuerdo a metodologías propuestas por Salazar *et al.*, (2011), Castro (2009), Bustamante *et al.*, (2008), APHA-AWWA-WPCF (1992), los cuales se detallan a continuación.

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos evaluados termal San Sebastián.

Parámetro evaluado	Punto muestreo	Periodicidad	Unidades	Equipo/método utilizado
Oxígeno disuelto	P1, P2, P3	Se tomaron seis (6) muestras de agua <i>in Situ</i> (Pinilla, 2017), entre los meses de diciembre de 2013 a mayo de 2014.	mg/l	Oxímetro YSI por el método electrométrico SM22 4500 O G
Conductividad			µS/cm	Conductímetro WTW modelo LF538 por método electrométrico SM22 2510 A
pH			Unidades de pH	Potenciómetro ORION 520 por el método electrométrico SM22 4500-H+B
Temperatura			°C	Termómetro Infrarrojo EIR-2
Dureza total			mg CaCO ₃ /l	Método SM22 2340 C
Alcalinidad total			mg CaCO ₃ /l	Método SM22 2320-B
Sulfatos			mg/l	HACH 8051 por método espectrofotométrico
Sólidos suspendidos totales SST			mg/l	Baño María Marca Precision Scientific, Modelo 66738, horno de secado a 103° ± 2. Marca Fisher Scientific por el método gravimétrico (secado de 103°C) SM22 2540 D
Clorofila		Se tomaron seis (2) muestras de agua <i>in Situ</i> (Pinilla, 2017), entre los meses de abril y mayo de 2014	mg/m ³	Centrífugas Hettich

3.4. Fase de laboratorio

La fase de laboratorio se desarrolló en los Laboratorios de Acuicultura Continental de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Surcolombiana, así como en el laboratorio de Limnología de la Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia.

3.4.1. Identificación taxonómica de algas perifíticas.

El análisis cuantitativo se desarrolló empleando un microscopio invertido marca Olympus CK2 y el análisis cualitativo utilizando microscopio óptico marca Leica EZ HD para la toma de fotografías y análisis de imagen en software LAZ EZ versión 2.0.0.

Para la identificación del perifiton se emplearon claves taxonómicas de Bicudo y Menezes (2016, 2006, 1970), Bellinger, 2010, Komárek, 2003, Wetzel y Likens, 2000, Cox, 1996, Kramer & Lange Bertalot (1991, 1988, 1986), Needham y Needham, 1978, se determinó hasta morfoespecie o en su defecto hasta género. Paralelamente se desarrolló la pasantía en la Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia donde se contó con el apoyo del docente Santiago Duque, para la verificación de la presente determinación.

3.4.2. Cuantificación de algas perifíticas.

El conteo del perifiton se realizó por la técnica descrita por Utermohl 1958 (Ortega *et al.*, 2014, Palma, 2011, Salazar *et al.*, 2011, Elozegi y Sabater, 2009, Martínez, 2009, Lund *et al.*, 1958). Las muestras en las cámaras de sedimentación, se dejaron decantar dos horas por cada ml empleado (10 ml/cámara). Las algas sedimentadas en cámara se contaron empleando un microscopio invertido Olympus CK2 (aumento 10X, 20X y 40X), y la abundancia se calculó teniendo en cuenta el volumen sedimentado y el número de campos visuales contados. Siguiendo metodologías propuestas por Salazar *et al.*, 2011; Ramírez, 1992; se contaron entre 30 y 45 campos por cámara de sedimentación dado que favorece una aproximación del 90% de los organismos presentes en la superficie de conteo.

3.5. Fase de Análisis de Datos

3.5.1. Diseño experimental.

El diseño experimental consistió en la construcción de tres bloques aleatorizados (soportes) con 12 láminas, considerando tres puntos de muestreo de colonización por seis meses de muestreo. Los bloques aleatorizados se muestrearon una vez por mes. El periodo de tiempo de lluvias altas corresponde a los meses de diciembre de 2013 a febrero de 2014 y de lluvias bajas de marzo a mayo de 2014.

Tabla 11. Herramienta construida para la tabulación de la información.

Período de tiempo	Punto 1						Punto 2						Punto 3					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Lluvias altas																		
Lluvias bajas																		

3.5.2. Evaluación de abundancia.

Se determinó la abundancia a partir de la sumatoria de los individuos pertenecientes a la misma taxa (Sánchez *et al.*, 2007).

3.5.3. Evaluación del índice de Diversidad de Shannon Wiener

Con el fin de determinar la biodiversidad específica del ecosistema se utilizó el índice de diversidad de Shannon Wiener (H') (bits de información), el cual se determinó a partir del número de morfoespecies colectadas y con los datos de abundancia (Mejía, 2011, Palma, 2011, Ramírez y Plata, 2008, Magurran, 2004, Gary y Corigliano, 2004, Ramírez, 1998).

3.5.4. Evaluación del Índice de Equidad de Pielou.

Con el fin de establecer la uniformidad de las morfoespecies se utilizó el Índice de Equidad de Pielou, el cual determina la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada en cada muestreo (Jiménez *et al.*, 2014, Mejía, 2011, Ramírez y Plata, 2008, Montoya y Ramírez, 2007).

3.5.5. Evaluación del Índice de Dominancia de Simpson.

Se estimó el índice de dominancia de Simpson para determinar la riqueza de los organismos del ecosistema en cada muestreo y de esta manera cuantificar la biodiversidad (Jiménez *et al.*, 2014, Salazar *et al.*, 2011, Mejía, 2011, Castro, 2009, Ramírez y Plata, 2008).

3.6. Fase de Análisis de Datos Estadísticos.

3.6.1. Análisis estadístico.

3.6.1.1. Análisis de la prueba ANOVA aplicada a muestreos, puntos de muestreo y algas perifíticas.

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza ANOVA, realizando en primera instancia un test de normalidad paramétrico por medio de la prueba de Shapiro Wilks. Dado el caso, al no existir normalidad en los datos se procedió a realizar un análisis de varianza no paramétrico (Prueba de Friedman), para conocer si existieron diferencias entre clases de algas perifíticas, en los parámetros físicoquímicos, entre

muestreos y puntos de muestreo. Se empleó estadística descriptiva (media, desviación estándar, mínimo, máximo, coeficiente de variación), en concordancia con Jiménez *et al*, (2014), Salazar *et al*, (2011), Arcos y Gómez, (2006) utilizando el paquete estadístico SPSS STATISTICS 17.0 y STATISTICA 7 (software de libre acceso).

3.6.1.2. Análisis de aglomeramiento jerárquico.

Con los datos de abundancias totales se realizó un análisis de aglomeramiento jerárquico (Clúster) mediante el método de agrupamiento de Bray Curtis (Salazar *et al*, 2011; Mejía, 2011; Castro, 2009), comparando entre muestreos y puntos de muestreo, para establecer posibles patrones de organización y sucesión. Las abreviaturas que se encuentran en el clúster se encuentran en el Anexo 7 son:



Figura 8. Abreviaturas en Clúster.

3.6.1.3. Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis discriminante (AD)

De igual manera, se realizó el análisis estadístico multivariado de componentes principales (ACP) siguiendo metodologías propuestas por Jiménez *et al*, (2014), Andramunio, (2013), González, (2012), Palma, (2011), así mismo se realizó el análisis discriminante (AD) sobre la matriz de datos físicoquímicos para evidenciar el patrón de relación y comportamiento entre las variables estudiadas de acuerdo con Palma, (2011), Mejía, (2011), Castro, (2009), Guisande *et al*, (2006), utilizando el paquete estadístico SPSS STATISTICS 17.0 y STATISTICA 7 (software de libre acceso).

3.6.1.4. Análisis de Correspondencia Canónica

Para evaluar el efecto de los parámetros físicoquímicos y las abundancias de las morfoespecies perifíticas se empleó el método de ordenación de análisis de correspondencia canónica (ACC) utilizando el paquete estadístico SPSS STATISTICS 17.0 y STATISTICA 7 (software de libre acceso), según lo propuesto por Jiménez *et al*, (2014), Andramunio, (2013), Palma, (2011), Gari y Amaiden, (2011), Ter Braak y Smilauer, (1998). A continuación se muestra un ejemplo de las abreviaturas que se encuentran en el Biplot basado en el ACC.

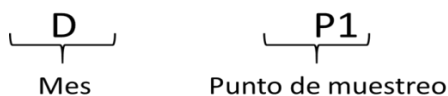


Figura 9. Abreviaturas del Biplot del ACC.

3.6.1.5. Prueba de Permutación de Montecarlo.

Para determinar si se presenta o no la relación lineal entre las especies y las variables físico-químicas, se realizó la prueba de Permutación de Montecarlo.

Con la prueba de Permutación de Montecarlo, (prueba de hipótesis) que nos permitió determinar la relación lineal entre la abundancia de especies y las variables físico-químicas, es decir, se contrastaron las siguientes hipótesis:

H_0 : *Las columnas de la tabla de abundancia NO están relacionadas linealmente con las columnas de las variables fisicoquímicas*

vs.

H_1 : *Las columnas de la tabla de abundancia SÍ están relacionadas linealmente con las columnas de las variables fisicoquímicas*

3.7. Propuesta de Gestión Ambiental para el ecosistema termal San Sebastián.

La propuesta de gestión ambiental del ecosistema termal se desarrolló de acuerdo a la metodología propuesta por Olaya y Sánchez, (2005), el cual contempla las siguientes etapas:

3.7.1. Actividades iniciales: Consulta, síntesis bibliográfica y entrevistas.

3.7.1.1. Consulta y síntesis bibliográfica

Con base en documentos como PBOT (2000), Plan de Desarrollo (2012) y Los Termes encantados de San Sebastián (2015), relacionados con el municipio de La Plata (Huila) y en especial del ecosistema termal San Sebastián, se destacó la importancia de este ecosistema para la comunidad Plateña y en general para la zona occidente del departamento del Huila. De la información encontrada se hizo énfasis en aquella, que explicó, por qué el termal debe ser considerado como un ecosistema estratégico para el municipio. Se escogieron tres criterios considerados relevantes ecológico, sociocultural, económico.

3.7.1.2. Entrevistas

La entrevista se empleó como un método de investigación científica empleando la comunicación verbal para la recolección de información en relación con criterios ecológicos y ambientales, los cuales se relacionan en el Anexo 10 (Rodríguez, 2007).

3.7.1.3. Salida de campo

Se realizó una (1) salida de campo para reconocer de manera directa las condiciones actuales y la salud del ecosistema termal, con el fin de determinar los criterios *in situ* de

forma subjetiva del investigador desde el punto de vista ecológico, sociocultural, económico.

3.7.1.4. Selección, descripción de criterios y problemas a identificar.

Con el fin de seleccionar los criterios (mínimo tres) de los relacionados por Olaya y Sánchez, 2005, se procedió con la aplicación de la encuesta a la población que utiliza el servicio ecosistémico del termal San Sebastián.

A través del instrumento construido para tal fin (Anexo 10) la población describió los criterios, que a su consideración caracterizaron como problemas ecológicos y que a su vez consideraron pudieron disminuir la importancia o el valor estratégico de los criterios seleccionados, teniendo en cuenta aspectos ecológicos, económicos, sociales, institucionales y legales.

3.7.1.5. Análisis retrospectivo y prospectivo del valor estratégico y de los problemas del ecosistema.

Siguiendo metodología propuesta por Olaya y Sánchez, (2005) se realizó la descripción de los problemas y se caracterizó cada uno de ellos de acuerdo con los siguientes escenarios: pasado (como era el ecosistema termal hace 10 años), actual (en qué estado ecológico se encuentra en la actualidad), futuro optimista (como puede estar el ecosistema termal con manejo responsable y amigable con el ambiente en 10 años), futuro pesimista (como puede encontrarse el ecosistema termal sino se tienen en cuenta prácticas de conservación y protección ecológica en 10 años), futuro gestionado (con se vislumbra el ecosistema termal con la implementación de prácticas sostenibles de uso y aprovechamiento), con el fin de interpretar la variación en el tiempo del respectivo problema.

3.7.1.6. Propuesta de plan de manejo preliminar de gestión ambiental.

Teniendo en cuenta únicamente el escenario gestionado, se formularon los objetivos de manejo simplificado para minimizar los problemas seleccionados con anterioridad. Luego en concordancia con los objetivos se formularon 4 hipótesis, 3 proyectos por hipótesis y 3 proyectos por programa, que forman parte del plan de manejo preliminar de gestión ambiental del ecosistema termal San Sebastián, de acuerdo con lo planteado por Olaya y Sánchez, (2005). Lo anterior con el fin de aprovechar de manera responsable los bienes y servicio ecosistémicos de este espacio natural.

4. RESULTADOS

4.1. Fase de campo.

4.1.1. Composición de morfoespecies en etapas de premuestreo y muestreo.

La exposición de los sustratos artificiales en el termal San Sebastián, permitió determinar que el sustrato de baldosa presentó la mayor riqueza y abundancia en comparación con el sustrato de acrílico. Estos resultados también se compararon con el sustrato natural, ya que al estudiar ambos tipos de sustratos se puede tener una mejor idea de la dinámica del ensamble perifítico (Wetzel, 1983).

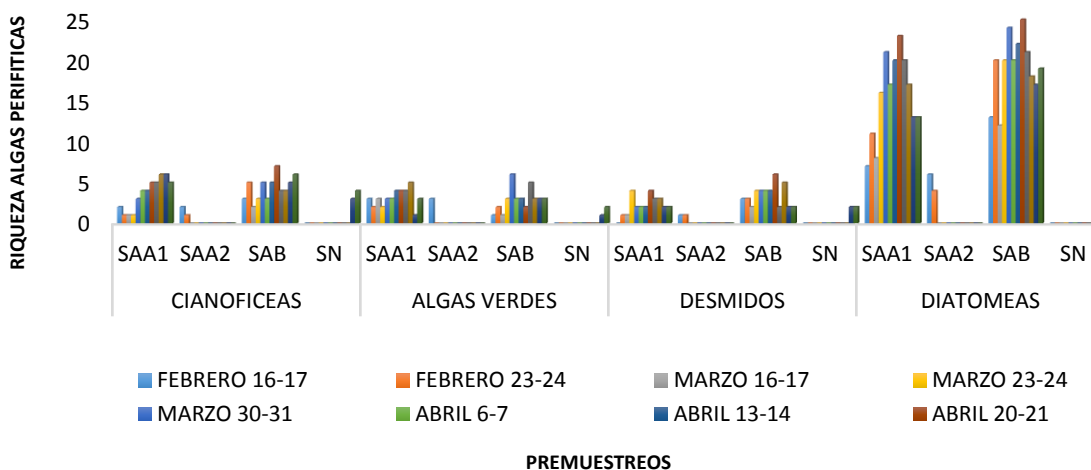


Figura 10. Riqueza de algas perifíticas periodo de premuestreo.

En el termal San Sebastián, en el período de premuestreo, se identificó un total de 18 morfoespecies perifíticas, siendo la clase *Bacillariophyceae* la que representa mayor riqueza de taxa con un 55,6%, seguido de la clase *Cyanophyceae* con 22,2%. Las demás clases de algas perifíticas *Chroobacteria*, *Zygnemophyceae*, *Chlorophyceae* y *Ulvophyceae* se ubican en los siguientes niveles de riqueza en proporción equivalente de 5,55%. (Figura 11A).

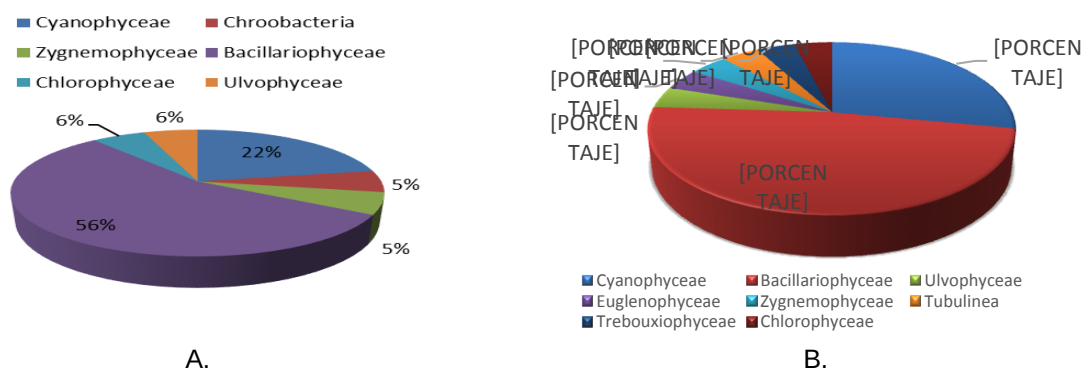


Figura 11. Riqueza de Taxa. A) Premuestreo. B) Muestreo

Las morfoespecies que predominaron con mayor frecuencia en el premuestreo fueron *Cosmarium sp* y *Oscillatoria sp*, mientras que las morfoespecies *Gomphonema sp*, *Eunotia sp*, *Ephitemia sp* y *Oedogonium sp*, predominaron solo en el muestreo. El sustrato artificial de cerámica presentó el mayor nivel de fijación de algas perifíticas en comparación con el sustrato artificial de acrílico, por lo cual se utilizó como material de adherencia para el muestreo. Las morfoespecies *Gomphonema sp* y *Oedogonium sp* son exclusivas del primero y segundo sustrato respectivamente.

Tabla 12. Riqueza morfoespecies periodo de premuestreo.

MORFOESPECIE	PREM 1		PREM 2		PREM 3		PREM 4		PREM 5		PREM 6		PREM 7		PREM 8		PREM 9		PREM 10		PREM 11		PREM 12	
	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA	SAB	SAA
<i>Spirulina</i>	X	X	X		X		X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oscillatoria</i>	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Anabaena</i>		X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phormidium</i>															X									
<i>Navicula</i>	X		X		X		X			X	X		X	X		X			X	X		X	X	
<i>Eunotia</i>									X															
<i>Cymbella</i>	X			X	X		X		X	X	X	X	X		X			X	X		X			X
<i>Surirella</i>				X	X		X	X	X	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X	
<i>Ephitemia</i>									X						X									
<i>Nitzschia</i>	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
<i>Cosmarium</i>	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chrococcus</i>							X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ulothrix</i>	X			X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oedogonium</i>		X																						
<i>Pinnularia</i>				X	X				X						X		X	X			X		X	X
<i>Frustulia</i>				X		X								X	X		X	X		X	X		X	X
<i>Amphora</i>					X				X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema</i>									X															

En el período de muestreo, se identificaron 25 morfoespecies pertenecientes 9 clases, de las cuales predominaron por su riqueza de taxa la clase *Bacillariophyceae* con un 48%, seguido de la clase *Cyanophyceae* con un 24%. Las restantes clases *Trebouxiophyceae*, *Chroobacteria*, *Zygnemophyceae*, *Ulvophyceae*, *Euglenophyceae*, *Chlorophyceae* y *Tubulinea* presentaron una riqueza de 4%. (Figura 11B, Tabla 12, Figura 12).

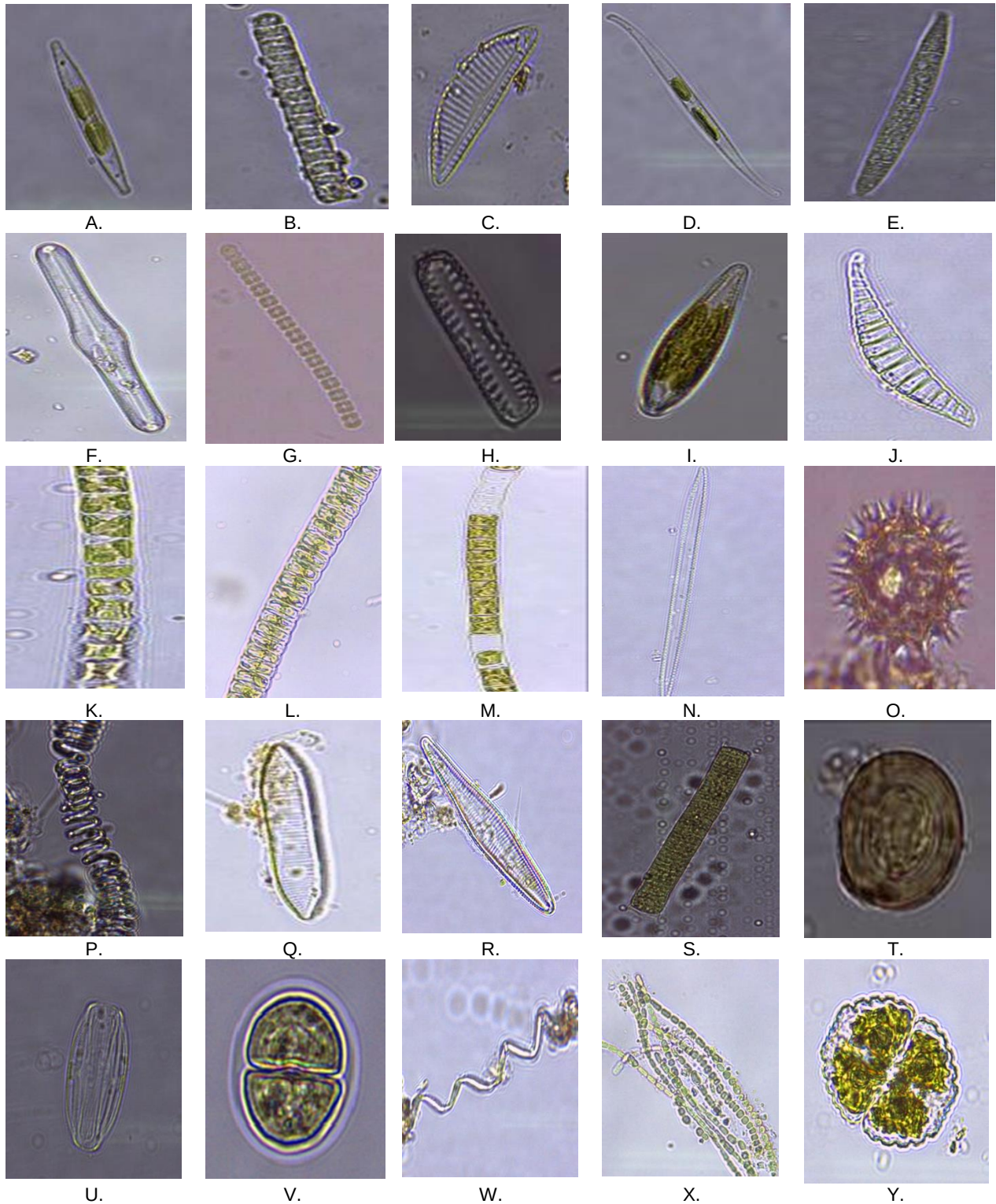
Tabla 13. Riqueza de Taxa durante el periodo de muestreo.

Clase	Morfoespecies
<i>Cyanophyceae</i>	6
<i>Tubulinea</i>	1
<i>Euglenophyceae</i>	1
<i>Trebouxioephyceae</i>	1
<i>Bacillariophyceae</i>	12
<i>Zygnemophyceae</i>	1
<i>Chroobacteria</i>	1
<i>Chlorophyceae</i>	1
<i>Ulvophyceae</i>	1
Total	25

Las morfoespecies con mayor presencia en los muestreos fueron *Oscillatoria sp*, *Chroococcus sp*, *Pinnularia sp* y *Navícula sp*. Por su parte las morfoespecies *Oedogonium sp*, *Tryblionella sp*, *Arcella sp*, *Spiroides sp*, *Frustulia sp* y *Trachelomonas sp* se identificaron como las menos frecuentes durante los muestreos realizados. En cuanto a puntos de muestreo, en el punto 3 se evidenció la mayor presencia de morfoespecies tanto para el sustrato artificial como para el sustrato natural

Tabla 14. Riqueza morfoespecies perifíticas periodo de muestreo.

M ORFOESPECIES	MUESTREO 1						MUESTREO 2						MUESTREO 3						MUESTREO 4						MUESTREO 5						MUESTREO 6					
	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3	
	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN		
Oscillatoria	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chroococcus	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Navicula			X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Amphora			X	X			X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X				X	X	
Eunotia			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X				X		
Spirulina					X		X				X					X			X			X					X	X								
Anabaena			X	X	X						X	X		X	X		X		X		X	X	X								X					
Ephitemia				X								X		X	X		X				X	X	X			X	X									
Pinnularia				X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X			X	X	X		X	X		X	X	X	
Cosmarium				X																	X					X	X									
Cymbella						X		X	X	X													X													
Phormidium			X				X		X		X			X	X	X				X		X				X	X									
Closteriopsis						X				X					X		X				X		X			X					X					
Surirella						X		X				X							X							X										
Pseudoanabaena			X					X		X		X		X		X			X				X		X	X		X	X				X			
Spiroides										X																										
Nitzschia								X		X	X		X	X	X	X	X			X	X	X					X						X	X		
Ulothrix													X	X		X				X	X	X					X									
Trachelomonas													X																							
Stenopterobia										X					X							X					X									
Gomphonema															X							X			X		X	X								
Frustulia																								X												
Arcella																										X										
Tryblionella																												X								
Oedogonium																													X							
	2	2	4	7	9	5	9	4	8	8	12	8	10	6	12	12	11	12	4	6	8	12	11	13	9	4	9	8	15	10	4	3	5	3	7	6



(A). *Navicula* sp, (B). *Phormidium* sp, (C). *Cymbella* sp, (D). *Stenopterobia* sp, (E). *Closteriopsis* sp, (F). *Pinnularia* cf *Maior*, (G). *Pseudanabaena* sp, (H). *Surirella* sp, (I). *Gomphonema* sp, (J). *Ephitemia* sp, (K). *Ulothrix* sp, (L). *Eunotia* sp, (M). *Oedogonium* sp, (N). *Nitzschia* sp, (O). *Trachelomonas* cf *Armata*, (P). *Spirulina* sp, (Q). *Tryblionella* sp, (R). *Frustulia* sp, (S). *Oscillatoria* sp, (T). *Arcella* sp, (U). *Amphora* sp, (V). *Chroococcus turgidus*, (W). *Spiroides* sp, (X). *Anabaena* sp, (Y). *Cosmarium* sp.

Figura 12. Catálogo Fotográfico De Las Morfoespecies Perifíticas Del Ecosistema Termal San Sebastián

Las mayores abundancias se presentaron en el punto 3 durante el muestreo 6 (64.554 cel/ml), seguido del punto 2 en el muestreo 4 (61.014 cel/ml). Las menores abundancias se presentaron en los puntos 1, 2 y 3 del muestreo 1 (11.245 cel/ml, 18.816 cel/ml y 22.196 cel/ml). (Figura 13).

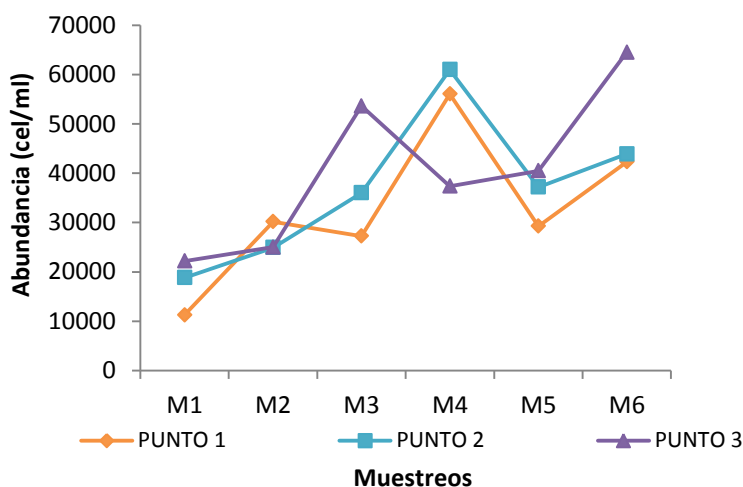


Figura 13. Abundancia del perifiton en los puntos de muestreo.

4.2. Caracterización fisicoquímica del agua del ecosistema termal San Sebastián.

A continuación se presentan las características fisicoquímicas generales del agua del ecosistema termal San Sebastián, incluyendo el registro del periodo de lluvias (precipitación alta) y periodo de sequía (precipitación baja) durante el período de muestreo. De igual forma se presentan para cada parámetro evaluado los resultados obtenidos en los 3 puntos de muestreo y el análisis de varianza (no paramétrico de Friedman).

4.2.1. Oxígeno Disuelto (OD).

Presentó un valor medio de 5,9 mg/l $\pm$ 1,35 para todo el período de muestreo. En el M1 presentó un valor mínimo de 6,3 mg/l en el P3 y máximo de 7,93 mg/l en el P2. En el M2 un valor de OD mínimo de 5,5 mg/l en el P1 y un máximo de 6,8 mg/l en el P2. En el M3 un valor de OD mínimo de 3,7 mg/l en el P1 y un máximo de 6,5 mg/l en el P2 y P3. . En el M4 presentó un valor de mínimo de 5,2 mg/l en el P2 y un máximo de 7,4 mg/l en el P1. En el M5 presentó un valor de mínimo de 3,9 mg/l en el P1 y un máximo de 5,7 mg/l en el P3. En el M6 presentó un valor de mínimo de 3,01 mg/l en el P1 y un máximo de 5,5 mg/l en el P1. Este parámetro no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tres puntos de muestreo de estudio.

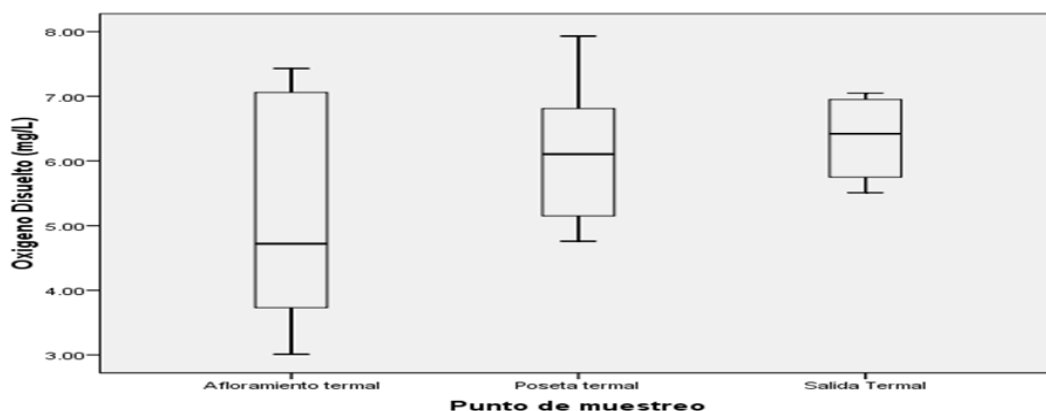


Figura 14. Comparación del oxígeno disuelto considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.2. Conductividad.

Presentó un valor medio de $632,3 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 45,15$ para todo el período de muestreo. En el M1 presentó un valor mínimo de $647 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P1 y máximo de $663 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P2. En el M2 un valor mínimo de $681 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P3 y un máximo de $702 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P2. En el M3 un valor mínimo de $645 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P2 y un máximo de $667 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P1. En el M4 presentó un valor de $599,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P2 y un máximo de $624 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P1. En el M5 presentó un valor de mínimo de $524,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P1 y un máximo de $592,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P3. En el M6 presentó un valor mínimo de $605,3 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P1 y un máximo de $614,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el P3. En general los valores de conductividad presentados fueron altos dada la naturaleza propia del agua termal. Esta variable no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tres puntos de muestreo de estudio.

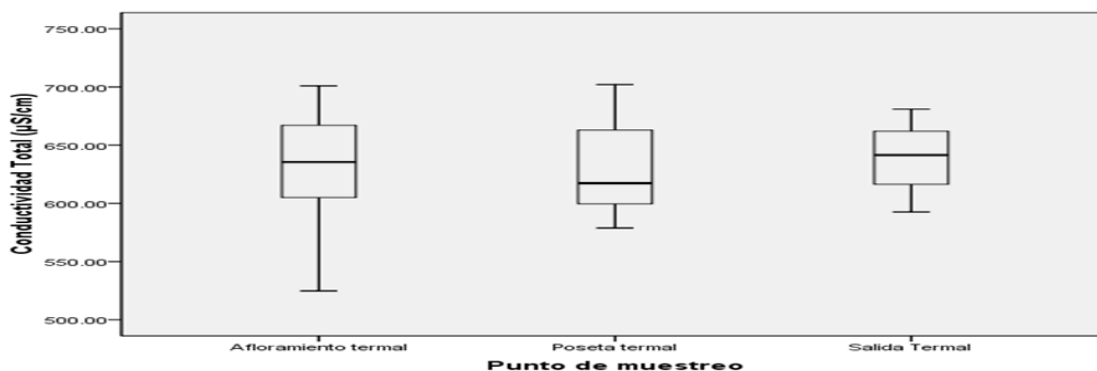


Figura 15. Comparación de la conductividad considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.3. pH.

Presentó un valor medio de 8,3 unidades $\pm$ 7,8 para todo el período de muestreo. En el M1 presentó un valor mínimo de 7,83 unidades en el P3 y máximo de 8,69 unidades en el P1. En el M2 un valor mínimo de 8,06 unidades en el P3 y un máximo de 8,1 unidades en el P1. En el M3 un valor mínimo de 8,8 unidades en el P3 y un máximo de 8,8 unidades en el P2. En el M4 presentó un valor de 7,8 unidades en el P1 y un máximo de 8,66 unidades en el P2. En el M5 presentó un valor de mínimo de 8,04 en el P3 y un máximo de 8,2 unidades en el P1. En el M6 presentó un valor mínimo de 8,04 en el P1 y P2, y un máximo de 8,2 unidades en el P3. Este parámetro registro valores superiores a 7 en todos los muestreos lo que indica la alcalinidad del ambiente termal. Se realizó un análisis de varianza considerando los puntos y no existió diferencia significativa, sin embargo se presentaron diferencias significativas ($p=0,0001$) en los muestreos 2 y 6 (Febrero y Mayo de 2014).

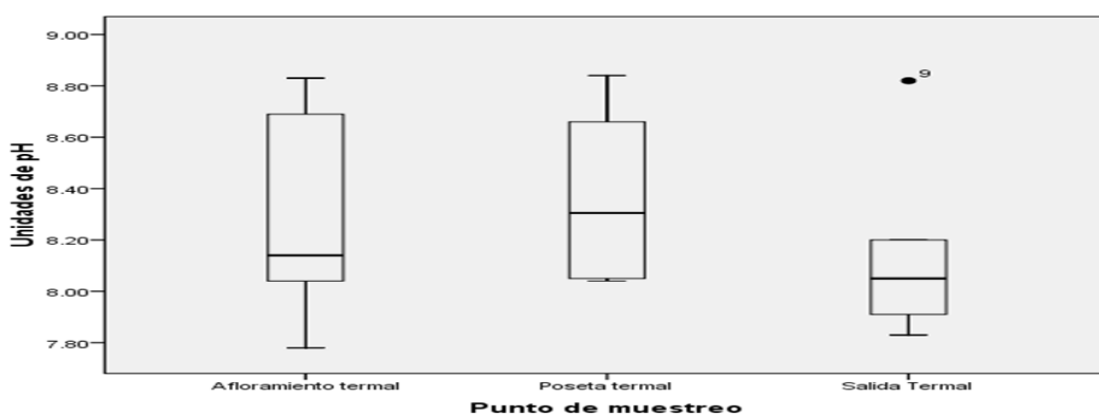


Figura 16. Comparación del pH considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.4. Temperatura.

Presentó un valor medio de 40,3 °C $\pm$ 0,74 para todo el período de muestreo. En el M1 presentó un valor mínimo de 39,6 °C en el P3 y máximo de 41,6 °C en el P1. En el M2 un valor mínimo de 39,7 °C en el P3 y un máximo de 41,4 °C en el P1. En el M3 un valor mínimo de 39,6 °C en el P3 y un máximo de 41,3 °C en el P1. En el M4 presentó un valor de 39,4 °C en el P1 y un máximo de 40,7 °C en el P1. En el M5 presentó un valor de mínimo de 39,2 °C en el P3 y un máximo de 40,8 °C en el P1. En el M6 presentó un valor mínimo de 39,6 °C en el P3 y un máximo de 41,2 °C en el P1. Esta variable no presentó diferencias significativas durante los muestreos realizados en el tiempo de estudio.

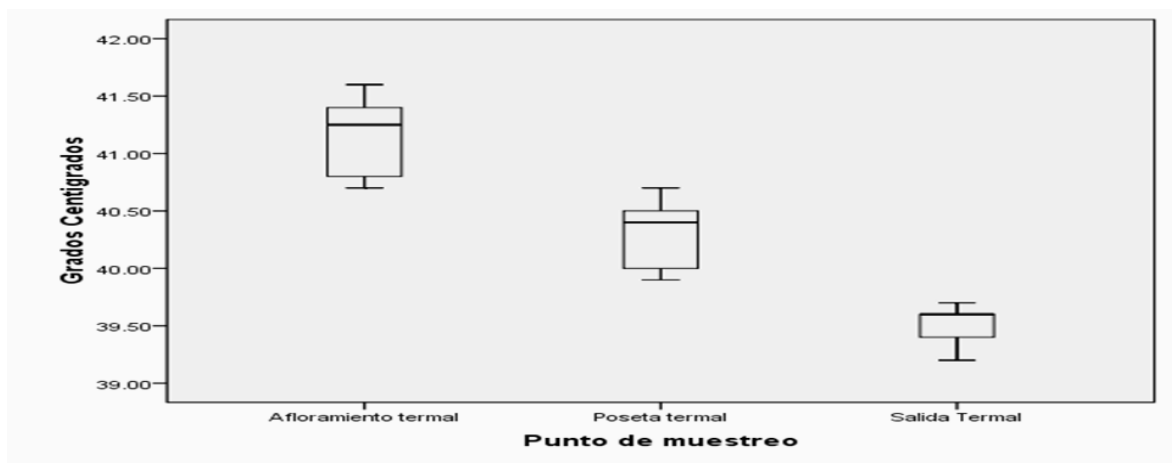


Figura 17. Comparación de la temperatura considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.5. Dureza.

Presentó un valor medio de $30,4 \text{ mgCaCO}_3/\text{l} \pm 5,05$ para todo el período de muestreo. En el M1 presentó un valor mínimo de $25,8 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P3 y máximo de $31,4 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P2. En el M2 un valor mínimo de $25,6 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P3 y un máximo de $28,6 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P2. En el M3 un valor mínimo de $25,2 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P1 y un máximo de $27,5 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P2. En el M4 presentó un valor de $26,1 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P2 y un máximo de $30,1 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P3. En el M5 presentó un valor de mínimo de $31,9 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P1 y un máximo de $36,9 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P3. En el M6 presentó un valor mínimo de $33,3 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P3 y un máximo de $44,5 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en el P1. En cuanto a los puntos de muestreo esta variable no registró diferencias significativas.

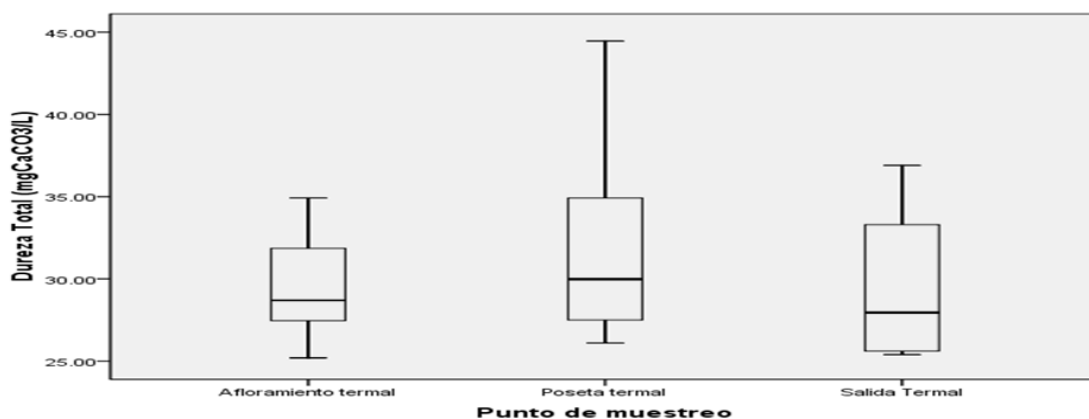


Figura 18. Comparación de la dureza considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.6. Alcalinidad

Presentó un valor medio de 49,2 mgCaCO₃/l $\pm$ 2,83 para todo el período de muestreo. En el M1 presentó un valor mínimo de 50,7 mgCaCO₃/l en el P1 y máximo de 58,7 mgCaCO₃/l en el P2. En el M2 un valor mínimo de 46,15 mgCaCO₃/l en el P3 y un máximo de 51,1mgCaCO₃/l en el P2. En el M3 un valor mínimo de 48,7 mgCaCO₃/l en el P3 y un máximo de 50,1 mgCaCO₃/l en el P1. En el M4 presentó un valor de 46,6 mgCaCO₃/l en el P3 y un máximo de 48,9 mgCaCO₃/l en el P2. En el M5 presentó un valor de mínimo de 46,4 mgCaCO₃/l en el P3 y un máximo de 48,7 mgCaCO₃/l en el P1. En el M6 presentó un valor mínimo de 46,7 mgCaCO₃/l en el P2 y un máximo de 47,9 mgCaCO₃/l en el P3. En general se no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tres puntos de muestreo de estudio.

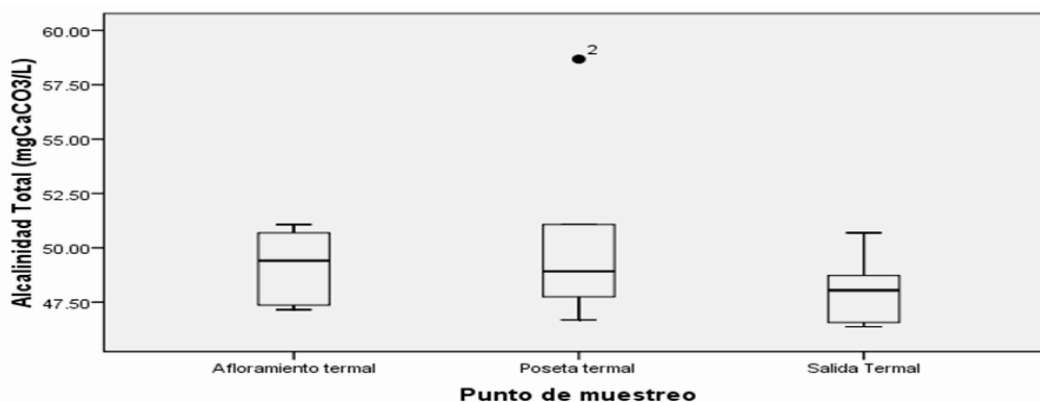


Figura 19. Comparación de la alcalinidad considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.7. Sulfatos.

Presentó un valor medio de 18,2 mg/l $\pm$ 1,7 para todo el período de muestreo. En el M1 presentó un valor mínimo de 17 mg/l en el P3 y máximo de 18 mg/l en el P2. En el M2 un valor mínimo de 17 mg/l en el P1 y un máximo de 18 mg/l en el P2. En el M3 un valor mínimo de 16 mg/l en el P1 y un máximo de 19 mg/l en el P2. En el M4 presentó un valor de 17 mg/l en el P2 y un máximo de 23 mg/l en el P3. En el M5 presentó un valor de mínimo de 17 mg/l en el P3 y un máximo de 18 mg/l en el P2. En el M6 presentó un valor mínimo de 18 mg/l en el P1 y un máximo de 21 mg/l en el P2. Se presentaron diferencias significativas en el punto 3 ($p=0,041$) y en los muestreos primero, segundo y quinto (Diciembre de 2013, Enero y Abril de 2014) ($p=0,0001$).

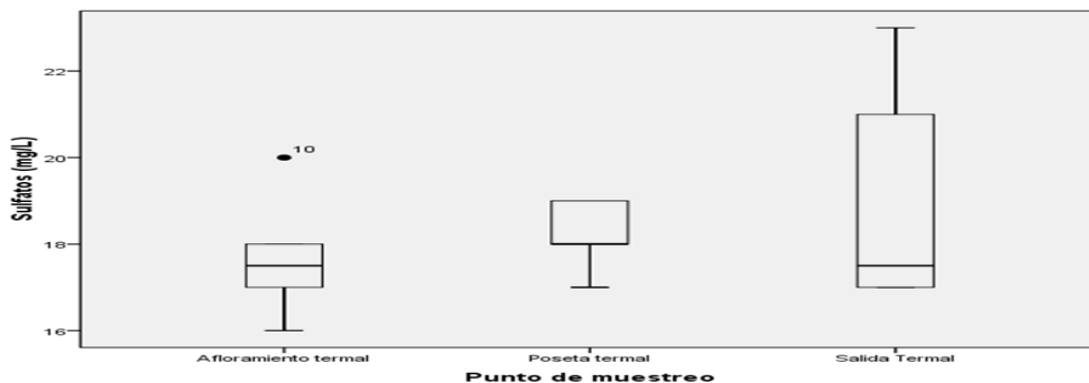


Figura 20. Comparación de los sulfatos considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.8. Sólidos Suspendidos Totales.

Presentó un valor medio de $11,3 \text{ mg/l} \pm 18,9$ para todo el período de muestreo. En el M1 presentó un valor mínimo de 3 mg/l en el P3 y máximo de 49 mg/l en el P1. En el M2 un valor mínimo de 3 mg/l en el P2 y un máximo de 48 mg/l en el P3. En el M3 un valor mínimo de 3 mg/l en el P3 y un máximo de $6,3 \text{ mg/l}$ en el P2. En el M4 presentó un valor de 3 mg/l en el P2 y un máximo de 70 mg/l en el P3. En el M5 presentó un valor de mínimo de 3 mg/l en el P2 y un máximo de $11,5 \text{ mg/l}$ en el P1. En el M6 presentó un valor mínimo y máximo de 3 mg/l en el P1, P2 y P3. Un análisis de varianza indica que existen diferencias significativas en los puntos 2 y 3 ($p < 0,001$ y $p < 0,0001$) y entre los puntos 1, 2 y 3 en el primer muestreo ($p < 0,036$).

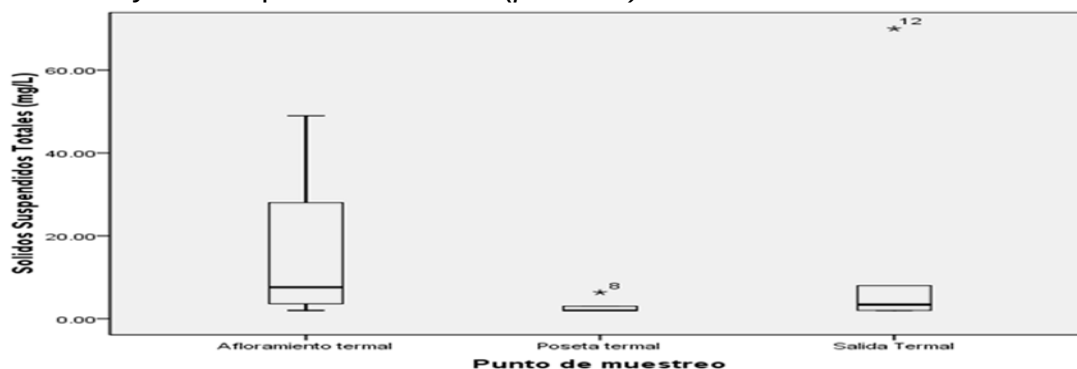


Figura 21. Comparación de los sólidos suspendidos totales considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.9. Clorofila.

Presentó un valor medio de $0,075 \text{ mg/m}^3 \pm 0,14$ para todo el período de muestreo. Este parámetro solo se determinó durante los muestreos 5 y 6. En el M5 presentó un valor de mínimo de $0,16 \text{ mg/m}^3$ en el P2 y un máximo de $0,48 \text{ mg/m}^3$ en el P3. En el M6 presentó un valor mínimo de $0,08 \text{ mg/m}^3$ en el P1 y máximo de $0,24 \text{ mg/m}^3$ en el P2.

Esta variable no presentó diferencias significativas durante los muestreos realizados en el tiempo de estudio.

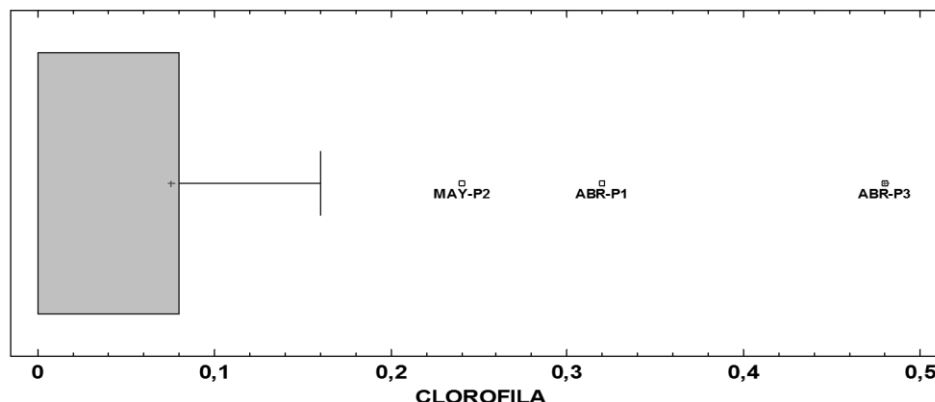


Figura 22. Comparación de la clorofila A considerando la agrupación de los puntos de muestreo.

4.2.10. Comportamiento de la precipitación y su influencia en el perifiton.

Para el estudio de perifiton fue necesario conocer el comportamiento pluviométrico dado que marcó la dinámica en el ecosistema de presencia-ausencia de algas perifíticas en el proceso sucesional. El nivel de precipitación caracterizado para el ecosistema termal también influyó en la abundancia, riqueza y diversidad de algas. En el período hidrológico de precipitación baja se registró la presencia de algas de las clases *Cyanophyceae* (cianobacterias) y *Bacillariophyceae* (diatomeas) las cuales por su capacidad de adaptación a cambios físicoquímicas en la columna de agua dominaron el proceso de colonización. En el período hidrológico de precipitación alta se registraron incrementos en la riqueza de las algas diatomeas debido a la estabilidad ambiental del ecosistema, es decir, estas algas alcanzaron su máximo nivel de colonización en los sustratos utilizados, lo que permitió a su vez la presencia de clases de algas como *Ulvophyceae* y *Trebouxiophyceae*.

En el área de estudio se registraron las mayores precipitaciones entre los meses de enero y marzo con valores de 106 mm y 107 mm respectivamente siendo considerados los meses de precipitación alta. Por el contrario los meses que registraron menor precipitación fueron febrero y abril con 42 mm y 52 mm respectivamente siendo considerados los meses de precipitación baja.

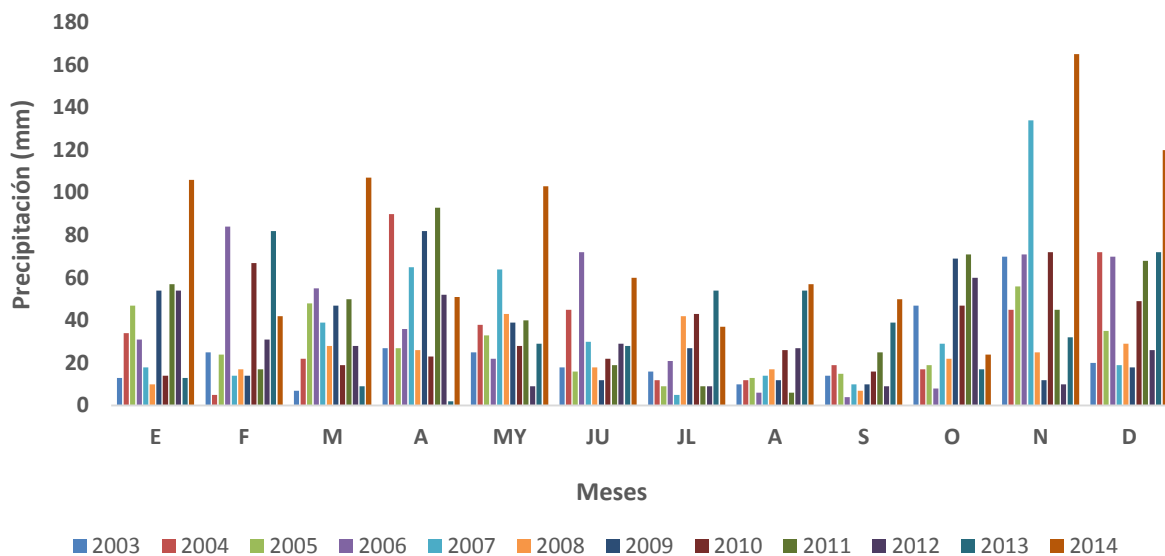


Figura 23. Precipitación mensual período 2003 – 2014. Fuente IDEAM 2017.

4.3. Fase de análisis de datos.

4.3.1. Evaluación de abundancia.

Durante el periodo de muestreo se encontró un total de 661.561 organismos de los cuales la clase *Cyanophyceae* con 62,79% representa la mayor abundancia, seguido de la clase *Chroobacteria* con 23,18% y la clase *Bacillariophyceae* con 13,13%. Las restantes 6 clases *Trebouxioephyceae*, *Zygnemophyceae*, *Ulvophyceae*, *Euglenophyceae*, *Chlorophyceae* y *Tubulinea* presentaron abundancias inferiores al 1%. (Figura 24).

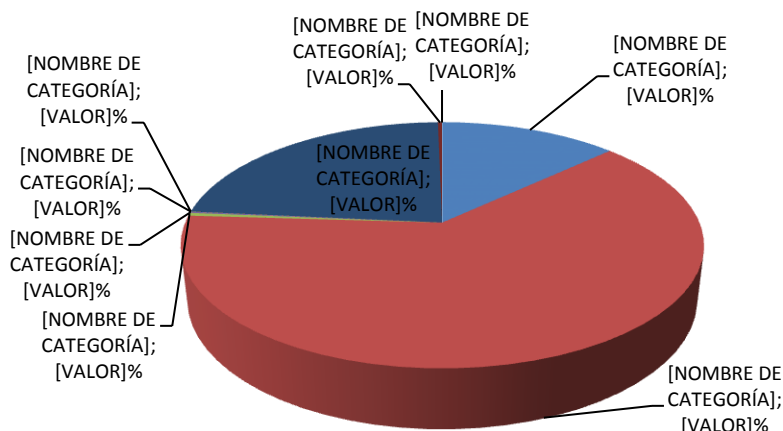


Figura 24. Abundancia relativa de las clases taxonómicas etapa de muestreo.

Las abundancias de las morfoespecies durante el período de alta precipitación (diciembre - febrero) se registraron con mayor abundancia en el muestreo 3 (116.944 cel/ml), mientras que durante el período de baja precipitación (marzo – mayo) el muestreo 4 registró los mayores valores de abundancia (154.499 cel/ml) (Figura 25). De igual manera, las morfoespecies en alta precipitación presentaron un 37,7% de abundancia, respecto al 62,3% que se presentó durante el período de baja precipitación.

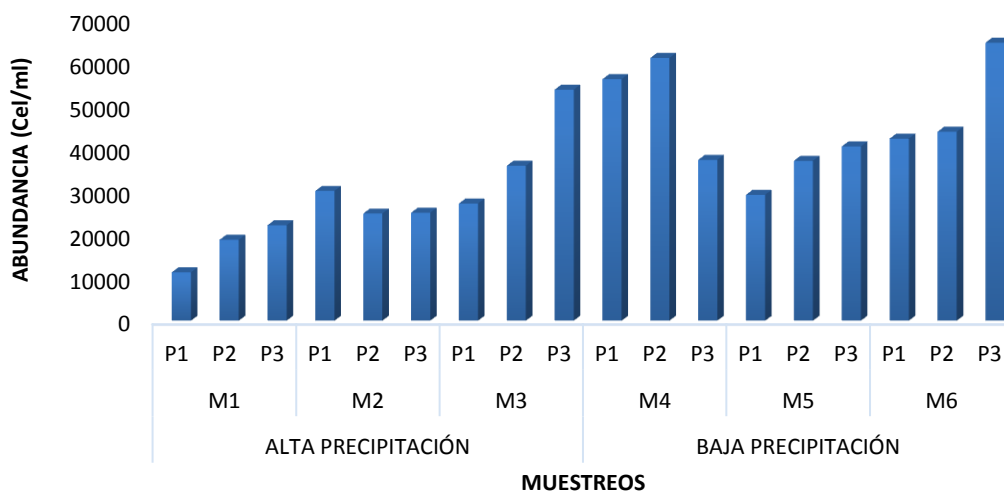


Figura 25. Abundancia del perifiton en los períodos hidrobiológicos de muestreo.

En lo referente a riqueza específica se identificaron 25 morfoespecies, siendo las morfoespecies *Oscillatoria sp*, *Choroococcus sp*, *Navícula sp* y *Anabaena sp* las de mayor frecuencia durante el período de muestreo. La mayor cantidad de taxones se presentó en el muestreo 3, seguido del muestreo 5 con 63 y 55 morfoespecies totales respectivamente. El M1 presentó baja cantidad de taxones con 29 en total para los tres

puntos estudiados, al igual que el M6 con 28 taxones. Al comparar la riqueza específica en los períodos de baja y alta precipitación se encontró una distribución porcentual similar en cuanto número de morfoespecies totales (141 y 137 respectivamente). Por su parte, la abundancia aumentó significativamente durante el M4 y el M6 en los puntos P1 y P2 donde se presentó una alta precipitación; no obstante el P3 registró una disminución de la abundancia de morfoespecies. El periodo de transición entre sequía y lluvia, es decir, entre el M3 y M4 se registraron aumentos en la abundancia en los puntos P1 y P2, y disminución en el P3. Las morfoespecies que presentaron aumentos de abundancia fueron *Choroococcus sp*, *Phormidium so*, *Pinnularia sp* y *Eunotia sp*, mientras que *Oscillatoria sp*, *Navícula sp* y *Ulothrix sp*, disminuyeron en alta proporción.

4.3.2. Evaluación del índice de Diversidad de Shannon Wiener

El índice de diversidad presentó un valor promedio de 1,46 bits/ind para todo el período de muestreo.

Tabla 15. Índice de diversidad de Shannon Wiener periodo de muestreo.

MUESTREO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
M1	1,19210	1,78456	2,00546
M2	1,31170	1,08343	1,14651
M3	2,01410	1,17903	1,96076
M4	1,28662	2,16394	1,32218
M5	0,61867	1,35395	1,54917
M6	1,31797	1,35531	1,69285

Para el M1 tuvo un valor mínimo de 1,2 bits/ind en el P1 y un máximo de 2 bits/ind en el P3. Para el M2 se reportó un valor mínimo de 1,1 bits/ind en el P2 y un máximo de 1,3 bits/ind en el P1. Para el M3 se obtuvo un valor mínimo de 1,2 bits/ind en el P2 y un máximo de 2,01 bits/ind en el P1. Para el M4 se registró un valor mínimo de 1,3 bits/ind en el P2 y un máximo de 2,2 bits/ind en el P2. Para el M5 se alcanzó un valor mínimo de 0,62 bits/ind en el P1 y un máximo de 1,6 bits/ind en el P3. Para el M6 se consiguió un valor mínimo de 1,3 bits/ind en el P2 y un máximo de 1,7 bits/ind en el P2. (Figura 26). En general el ecosistema termal presenta una escala de diversidad media (entre 1 y 2 bits/ind), determinando una ligera homogeneidad de las morfoespecies de algas perifíticas en el ecosistema termal.

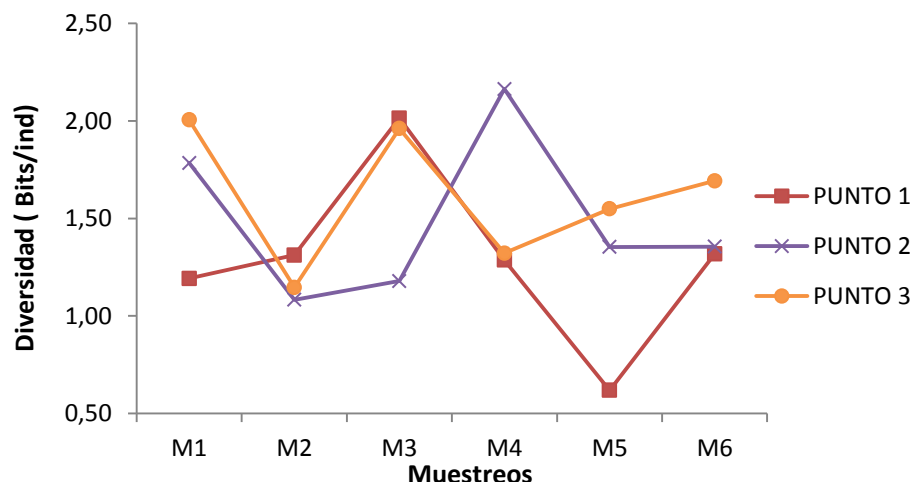


Figura 26. Índice de diversidad de Shannon Wiener para los períodos de muestreo.

4.3.3. Evaluación del Índice de Equidad de Pielou.

El índice de equidad presentó un valor promedio de 0,46 para todo el período de muestreo en el ecosistema termal de San Sebastián.

Tabla 16. Índice de equidad de Pielou periodo de muestreo.

MUESTREO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
M1	0,7521314	0,5948533	0,5797085
M2	0,3544713	0,3131819	0,3098299
M3	0,5822067	0,3288827	0,5469412
M4	0,4058847	0,584779	0,3573048
M5	0,2062248	0,3556144	0,4321307
M6	0,3967492	0,5243062	0,489344

Para el M1 se consiguió un valor mínimo de 0,58 (P3) y un máximo de 0,75 (P1). Para el M2 se alcanzó un valor mínimo de 0,31 en el P3 y un máximo de 0,35 en el P1. Para el M3 se registró un valor mínimo de 0,33 (P2) y un máximo de 0,58 (P1). Para el M4 se obtuvo un valor mínimo de 0,36 en el P3 y un máximo de 0,58 en el P2. Para el M5 se reportó un valor mínimo de 0,21 (P1) y un máximo de 0,43 (P3). Para el M6 se tuvo un valor mínimo de 0,4 en el P1 y un máximo de 0,52 en el P2. (Figura 27). Los valores de equidad indican que el ecosistema termal presentó bajos niveles de uniformidad o equitatividad en la distribución de las morfoespecies, es decir, existe una desigualdad en las abundancias de las morfoespecies para cada punto de muestreo.

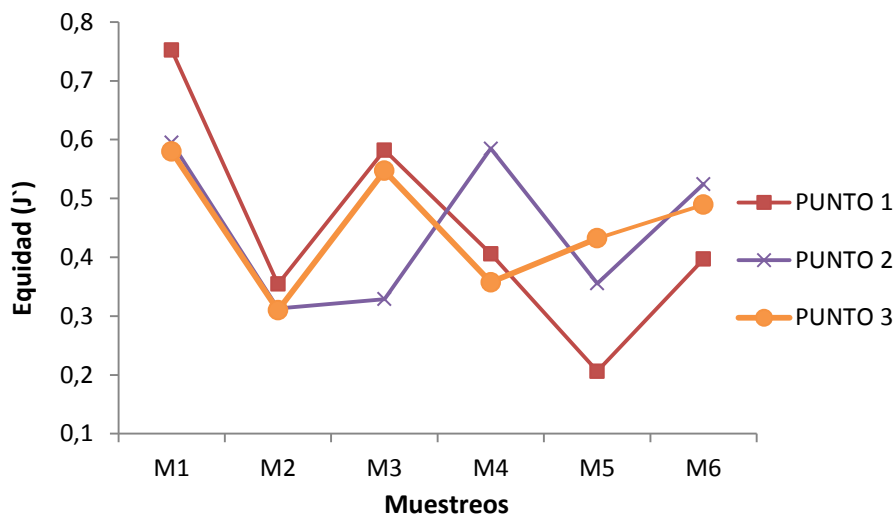


Figura 27. Índice de Equidad de Pielou para los períodos de muestreo.

4.3.4. Evaluación del Índice de Dominancia de Simpson

El índice de dominancia presentó un valor promedio de 0,54 para todo el período de muestreo.

Tabla 17. Índice de dominancia de Simpson periodo de muestreo.

MUESTREOS	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
M1	0,42970	0,35815	0,62900
M2	0,64309	0,71051	0,68950
M3	0,33250	0,67354	0,29900
M4	0,50128	0,27403	0,63788
M5	0,82967	0,64137	0,55850
M6	0,58869	0,55211	0,42073

Para el M1 se reportó un valor mínimo de 0,36 (P2) y un máximo de 0,63 (P3). Para el M2 se registró un valor mínimo de 0,64 (P1) y un máximo de 0,71 (P2). Para el M3 se consiguió un valor mínimo de 0,3 (P3) y un máximo de 0,67 (P2). Para el M4 se alcanzó un valor mínimo de 0,27 en el P2 y un máximo de 0,64 en el P3. Para el M5 tuvo un valor mínimo de 0,56 (P3) y un máximo de 0,83 (P1). Para el M6 tuvo un valor mínimo de 0,42 en el P3 y un máximo de 0,59 en el P1. . En general, la dominancia en el ecosistema termal registro valores bajos, en todo el estudio la dominancia estuvo representada con la morfoespecie *Chroococcus sp*, la cual presentó una frecuencia de ocurrencia de 54,48%, seguida de *Oscillatoria sp* 23,14%, *Navícula sp.* 7,12%, *Anabaena sp*, *Phormidium sp*, y *Amphora sp* en menor proporción, debido posiblemente a la capacidad de adaptación de estas algas a los ambientes extremos de temperatura, conductividad y pH. (Figura 28).

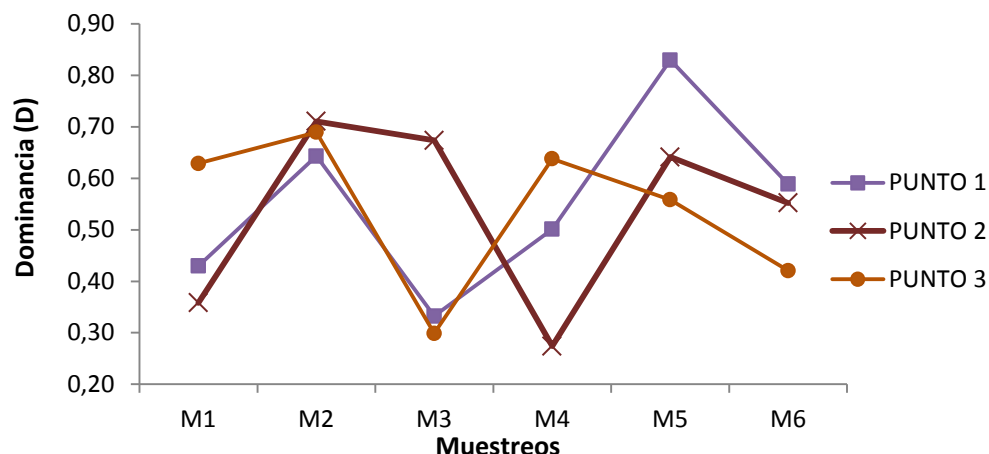


Figura 28. Índice de Dominancia de Simpson para los períodos de muestreo.

4.4. Análisis de datos estadístico.

4.4.1. Análisis de la prueba ANOVA aplicada a muestreos, puntos de muestreo y algas perifíticas.

El ANOVA que se llevó a cabo se realizó con la tabla de morfoespecies presentes en la fuente hidrotermal. Se tomó como grupo o tratamiento a los diferentes sustratos, es decir, los tratamientos: S.A (sustrato artificial) y S.N (sustrato natural), pero por el diseño de toma de las muestras se observó que había un factor de bloqueo, es decir, la zona donde se tomaron las muestras (cauce, sistema y salida), no tenía igualdad de condiciones.

Al realizar el estudio de normalidad de las muestras tomadas en la fuente hidrotermal y la normalidad por medio de la prueba de Shapiro Wilks, se encontró para cada morfoespecie de perifiton en el estudio (*Bacillariophyceae*, *Cyanophyceae*, *Trebouxiphyceae*, *Ulvophyceae*, *Euglenophyceae*, *Chlorophyceae*, *Chroobacteria*, *Zygnemophyceae* y *Tubulinea*):

- No hay normalidad en las muestras tomadas en el termal, ya que el *p-valor* para cada morfoespecie siempre es menor que 0,05 rechazando la hipótesis de normalidad (Tabla 18).

Tabla 18. Test de Normalidad de Shapiro Wilks-Muestras.

Morfoespecie	Estadístico W	p-valor
BACILLARÍOPHYCEAE	0.7635	<0.0001
CYANOPHYCEAE	0.867	0.0005
TREBOUXIOPHYCEAE	0.849	0.0002
ULVOPHYCEAE	0.673	<0.0001
EUGLENOPHYCEAE	0.362	<0.0001

CHLOROPHYCEAE	0.362	<0.0001
CHROOBACTERIA	0.72	<0.0001
ZYGNEMOPHYCEAE	0.745	<0.0001
TUBULINEA	0.362	<0.0001

Se rechaza la hipótesis de normalidad en los puntos de muestreos del termal, obsérvese que el *p-valor* para cada morfoespecie siempre es menor que 0.05 (Tabla 19)

Tabla 19. Test de Normalidad Shapiro Wilks-Puntos de muestreo.

Especie	Estadístico W	p-valor
BACILLARIOPHYCEAE	0.829	0.004
CYANOPHYCEAE	0.877	0.0233
TREBOUXIOPHYCEAE	0.875	0.0216
ULVOPHYCEAE	0.673	<0.0001
EUGLENOPHYCEAE	0.499	<0.0001
CHLOROPHYCEAE	0.499	<0.0001
CHROOBACTERIA	0.799	0.0015
ZYGNEMOPHYCEAE	0.692	<0.0001
TUBULINEA	0.499	<0.0001

La no normalidad de los datos, tanto para muestras como para puntos de muestreo en la fuente hidrotermal, conllevó a realizar un análisis de varianza no paramétrico (Prueba de Friedman), esta prueba encuentra tres diferencias estadísticamente significativas para las muestras (Tabla 20), es decir, rechaza la hipótesis de igualdad de medias como se explica a continuación:

- Hay diferencias estadísticamente significativas en la especie *Bacillariophyceae*, puesto que el p-valor es menor que 0.007, por lo tanto es menor que 0.05, lo que lleva al rechazo de la igualdad en las medias de las muestras, es decir las medias de los grupos son estadísticamente diferentes.
- Hay diferencias estadísticamente significativas en la especie *Trebouxioophyceae*, puesto que el p-valor es 0.0196, por lo tanto es menor que 0.05, lo que lleva al rechazo de la igualdad en las medias de las muestras, es decir las medias de los grupos son estadísticamente diferentes.
- Hay diferencias estadísticamente significativas en la especie *Chlorophyceae*, puesto que el p-valor es igual 0.0076 el cual es menor que 0.05, lo que lleva al rechazo de la igualdad en las medias de las muestras, es decir las medias de los grupos son estadísticamente diferentes.

Tabla 20. Test normalidad y análisis de varianza ANOVA a las clases perifíticas (muestreos).

CLASE	Estadístico F	p-valor
BACILLARIOPHYCEAE	7.118	<0.007
CYANOPHYCEAE	2.25	0.134
TREBOUXIOPHYCEAE	5.444	0.0196
ULVOPHYCEAE	0.2	0.655
EUGLENOPHYCEAE	1	0.3173
CHLOROPHYCEAE	7.118	0.0076
CHROOBACTERIA	0.818	0.366
ZYGNEMOPHYCEAE	2.667	0.1025
TUBULINEA	1	0.3173

Para el resto de especies encontradas en el estudio, no se encontró evidencia estadística para rechazar la hipótesis de igualdad de medias de las muestras, es decir, se considera que las muestras son estadísticamente iguales para estas especies, debido posiblemente a que las condiciones físicoquímicas del ambiente termal no variaron lo suficiente como para alterar la riqueza de las morfoespecies.

La realización del test de ANOVA para los puntos de muestreo de la fuente hidrotermal arrojó los siguientes resultados (Tabla 21)

Tabla 21. Test normalidad y análisis de varianza ANOVA a las clases perifíticas (puntos de muestreo).

CLASE	Estadístico F	p-valor
BACILLARIOPHYCEAE	6.333	0.0421
CYANOPHYCEAE	0.6667	0.7165
TREBOUXIOPHYCEAE	1.625	0.4437
ULVOPHYCEAE	0.6667	0.7165
EUGLENOPHYCEAE	2	0.3679
CHLOROPHYCEAE	2	0.3679
CHROOBACTERIA	1.333	0.5134
ZYGNEMOPHYCEAE	1.6	0.4493
TUBULINEA	2	0.3679

El análisis de varianza para los puntos de muestreo encontró sólo una diferencia significativa en la variable *Bacillariophyceae*, nótese que el *p-valor* es 0,0421, menor que 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad en las medias de los puntos de muestreo, es decir, al menos una de las medias es estadísticamente diferente. Por tal razón se realizó la prueba de rangos de Friedman (Tabla 22).

Tabla 22. Prueba de rangos para puntos de muestreo.

Diferencia de rangos	Estadístico	Grupo	Significancia
----------------------	-------------	-------	---------------

19	8.314	a	*
208	8.314	b	***
189	8.314	c	**

En la prueba de rangos de Friedman se observó que cada punto de muestreo es un grupo diferente, y que la diferencia de los rangos siempre es mayor que el estadístico, por lo tanto las mediciones de esta variable tomadas en el cauce difiere del sistema y de la salida del termal, las mediciones del sistema difieren del cauce y de la salida y las mediciones hechas en la salida del termal difieren del cauce y el sistema. Esto indica que la clase perifítica *Bacillariophyceae* presento una distribución diferente a los largo de los puntos de muestreo y donde en algunos de ellos dominó al inicio de la sucesión una o varias morfoespecies, que fueron dejando su lugar a otras a medida que el proceso de colonización en los sustratos avanzaba. De igual manera, la capacidad de adaptación de esta clase de algas permitió una gran riqueza en los puntos de muestreo estudiados.

4.4.2. Análisis de aglomeramiento jerárquico.

Al analizar el comportamiento temporal de los muestreos permitió identificar ocho conglomerados relativamente homogéneos según las abundancias de especies. Se observó cómo los conglomerados 1, 2 y 3 presentan una similaridad del 35%, mientras que los restantes conglomerados 4, 5, 6, 7 y 8 una similaridad de 86%. (Figura 29). De igual manera, no se presentaron patrones relacionados con el tipo de sustrato utilizado, mes o punto de muestreo debido a que los grupos son homogéneos según las medidas de abundancia. El agrupamiento de los conglomerados por muestreos permitió relacionar el patrón de sucesión alternante entre las *Cyanophyceae* (cianobacterias) y las *Bacillariophyceae* (diatomeas), que se registró con claridad cuando las condiciones fisicoquímicas de alta conductividad y pH. El aumento de la precipitación favoreció de manera positiva el crecimiento de las diatomeas, aumentando la riqueza de especies de esta clase de algas.

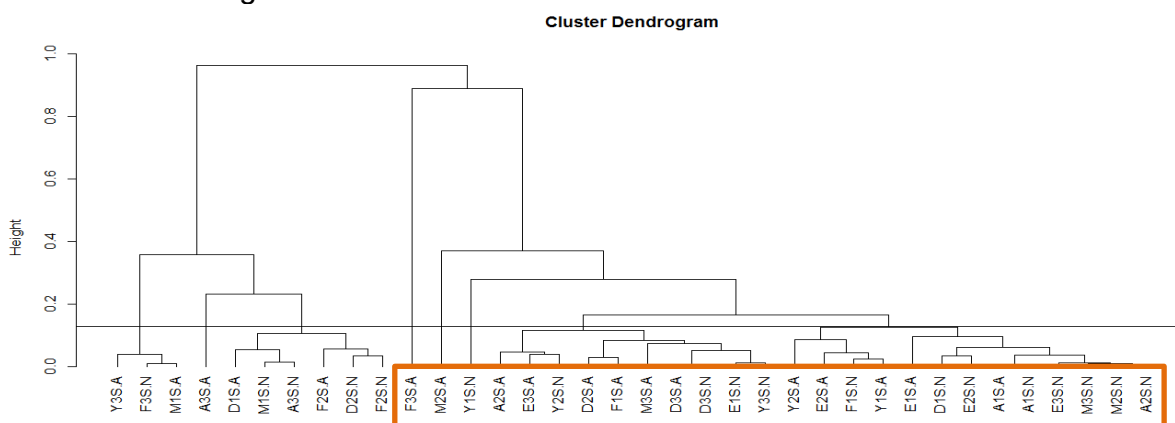


Figura 29. Análisis Clúster para las abundancias en los muestreos.

En cuanto al mismo análisis teniendo en cuenta los puntos de muestreo, se encontró que los puntos se deben clasificar en cinco conglomerados. Se observa que entre los conglomerados 1, 2 y 3 se presenta una similitud de 33%, mientras que los conglomerados 4 y 5 un 45%. (Figura 30). Se presentó una similitud baja debido a las variaciones de la comunidad entre cada una de los muestreos.

El agrupamiento de los conglomerados por puntos de muestreo permitió identificar que las *Cyanophyceae* (cianobacterias) presentaron dominancia absoluta cuando se registraron condiciones fisicoquímicas de alta alcalinidad, sólidos suspendidos totales y pH. No obstante, al bajar la alcalinidad, al aumentar la dureza y al estabilizarse la conductividad, se evidenció un patrón de crecimiento rápido de los organismos perifíticos *Ulvophyceae*, *Euglenophyceae*, *Trebouxiophyceae*, *Chlorophyceae*, *Zygnemophyceae* y *Tubulinea* del ecosistema termal, lo cual se favoreció por la disminución de la precipitación.

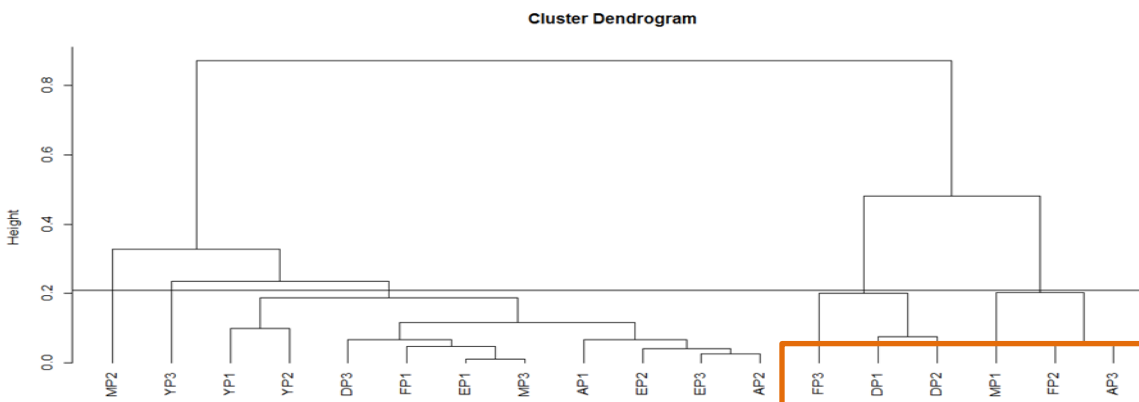


Figura 30. Análisis Clúster para las abundancias de los puntos de muestreo.

Al igual que el aglomeramiento de las muestras, para los puntos de muestreo también se obtuvieron grupos unitarios, en donde se clasificó el punto de transición del termal del mes de Marzo y el punto de salida del termal del mes de Mayo en los clúster 1 y 2 respectivamente debido a la falta de similitud en las abundancias de las especies con los demás puntos de muestreo. Sin embargo se conformó un conglomerado de diez puntos de muestreo (Clúster 3), (Figura 31) en donde se identifican características particulares tales como la presencia de los tres puntos del mes de Enero, los dos primeros puntos de Abril y Mayo y otros individuales, lo que indica que en estos meses se presentan abundancias similares de las especies estudiadas.

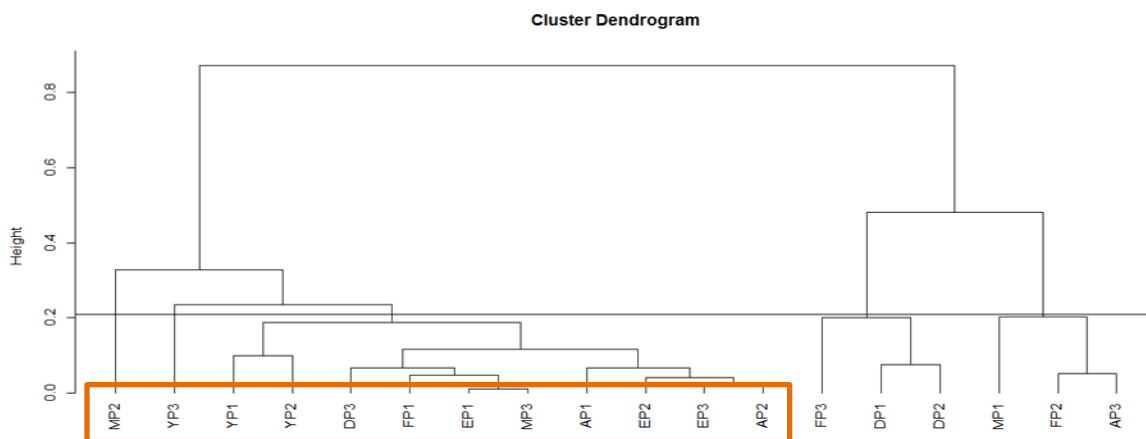


Figura 31. Análisis Clúster para las abundancias de los puntos de muestreo.

4.4.3. Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis discriminante (AD)

En la Tabla 23 se presentan las principales características de las tres primeras componentes principales, en donde se muestran sus valores propios, el porcentaje de la varianza explicada y la calidad de la representación de las variables en cada uno de los ejes.

Los datos poseen una variabilidad total de 8,99 (Tabla 23). Se pudo observar que la varianza del primer eje factorial o componente principal es 3,05, corresponde al 33,9% de la varianza total explicada. La variabilidad del segundo eje es 2,2 el cual recogió el 24,1% de toda la variabilidad y en el tercer eje se tiene una variabilidad de 1,12 que resumió otro 12,4%, para un total de 70,4% de la varianza total retenida por los tres ejes.

Con las componentes escogidas se logra explicar un poco más del 70% de la variabilidad total de los datos, lo cual es un gran resultado, puesto que de 9 variables se logró conformar tres nuevas que absorben en gran medida las características de las 9 iniciales. Sin embargo es importante conocer qué ejes proyectan de mejor forma a cada una de las variables, por ello se dirige ahora la atención a la magnitud de la calidad de la representación de las variables en cada eje.

Tabla 23. Resumen Estadístico de los ejes para el ACP.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigenvalue	3.0484	2.1674	1.1171
Porcentaje de Varianza Explicada	33.872	24.082	12.413
Porcentaje Acumulada de Varianza Explicada	33.872	57.954	70.367
Calidad de representación de las Variables en cada Eje			
ALCALINIDAD	-52.48	-0.84	2.45

OXIGENO	-11.2	51.24	6.28
SOLIDOS	0.43	57.99	-10.97
CONDUCTIVIDAD	-4.94	0.34	-64.93
DUREZA	55.41	-3.7	-11.41
SULFATOS	10.02	66.48	-6.88
pH	-43.47	-5.94	-7.47
TEMPERATURA	-23.15	-11.88	-28.35
CLOROFILA	57.08	-16.34	-0.67
Variabilidad Total	8.999		

En la Tabla 23 se puede notar que las variables alcalinidad, dureza, pH y clorofila estuvieron bien representadas en el eje 1, puesto que fue en donde consiguieron el valor absoluto de la medida de calidad de representación más alto de los tres ejes, lo que quiere decir que la variabilidad de este eje se debe a las mediciones de estas variables. Por otro lado, las variables oxígeno, sulfatos y sólidos están bien representadas en el eje 2, es decir, las mediciones de estas variables contribuyen a la variabilidad de la segunda componente; mientras que temperatura y conductividad están bien representadas en el eje 3.

El análisis de Componentes Principales (ACP) permitió analizar las variables fisicoquímicas y así determinar su semejanza entre muestreos y puntos de muestreo. El primer componente explicó el 33,9% y está asociado a la variable dureza, alcalinidad y pH. El segundo componente respondió al 58% y está asociado a las variables oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y sulfatos y el tercer componente explica el 70,4% asociado a la conductividad.

Este análisis permitió establecer que las variables que mayor diferenciación presentaron, están relacionadas con los contenidos altos de iones de carbonato y bicarbonato en el agua termal, lo que se reflejó también en el pH y la conductividad, teniendo en cuenta que la temperatura se mantuvo constante durante el período de estudio. Los resultados de los parámetros físicoquímicos durante el segundo muestreo registran los valores más altos de alcalinidad, conductividad y temperatura, mientras que los sólidos suspendidos totales y los sulfatos en el cuarto muestreo.

En la representación gráfica de los círculos unitarios (Figura 32), se evidencia la calidad de la representación de las variables determinadas en cada uno de los ejes de acuerdo con la proximidad del vector, que hace referencia a las variables evaluadas y al círculo del gráfico. En la figura 32A se presenta

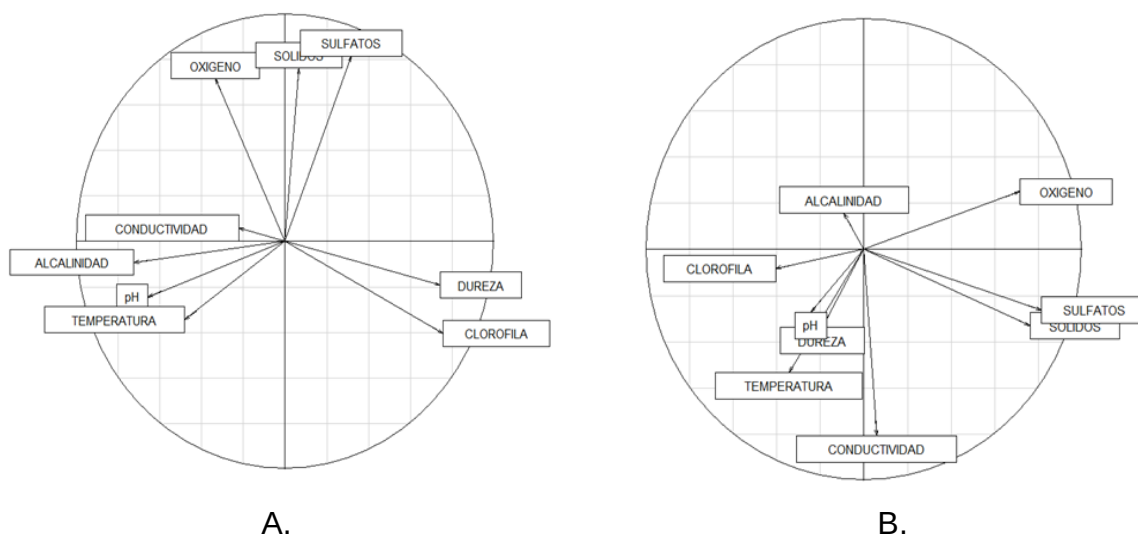


Figura 32. Círculo de Correlaciones de las variables de las variables fisicoquímicas. A) (Eje X = Comp 1, Eje Y = Comp 2). B) (Eje X = Comp 2, Eje Y = Comp 3).

La calidad de la representación de las variables en cada eje, dió un acercamiento al grupo de variables que se explicó por cada componente. Se identificó con gran nivel de precisión los grupos de variables que son absorbidos por cada eje, para lo cual fue necesario conocer las ponderaciones o pesos de cada variable sobre las componentes, y construir la combinación lineal que nos genera el ACP (Tabla 24).

Tabla 24. Ponderaciones de las variables en las tres primeras componentes principales.

Variable / Componente	Comp 1	Comp 2	Comp 3
ALCALINIDAD	-0.45084975	-0.06243240	0.13244774
OXIGENO	-0.20826811	0.48846169	0.21224469
SOLIDOS	0.04104078	0.51967751	-0.28054193
CONDUCTIVIDAD	-0.13825857	0.03998319	-0.68245881
DUREZA	0.46327268	-0.13122927	-0.28613371
SULFATOS	0.19700376	0.55638487	-0.22208718
pH	-0.41032480	-0.16634010	-0.23145156
TEMPERATURA	-0.29942713	-0.23517125	-0.45097535
CLOROFILA	0.47021699	-0.27583368	-0.06936992

Las variables alcalinidad, dureza, pH y clorofila, presentan mayor grado de asociación en el componente 1, mientras que el en componente 2 las variables oxígeno disuelto, solidos suspendidos totales y sulfatos representan la mayor variabilidad. Por su parte las variables conductividad y temperatura son las que recogen el mayor grado de

asociación en el componente 3. La Figura No 33B, muestra el grado de ponderación de las variables en los 3 componentes.

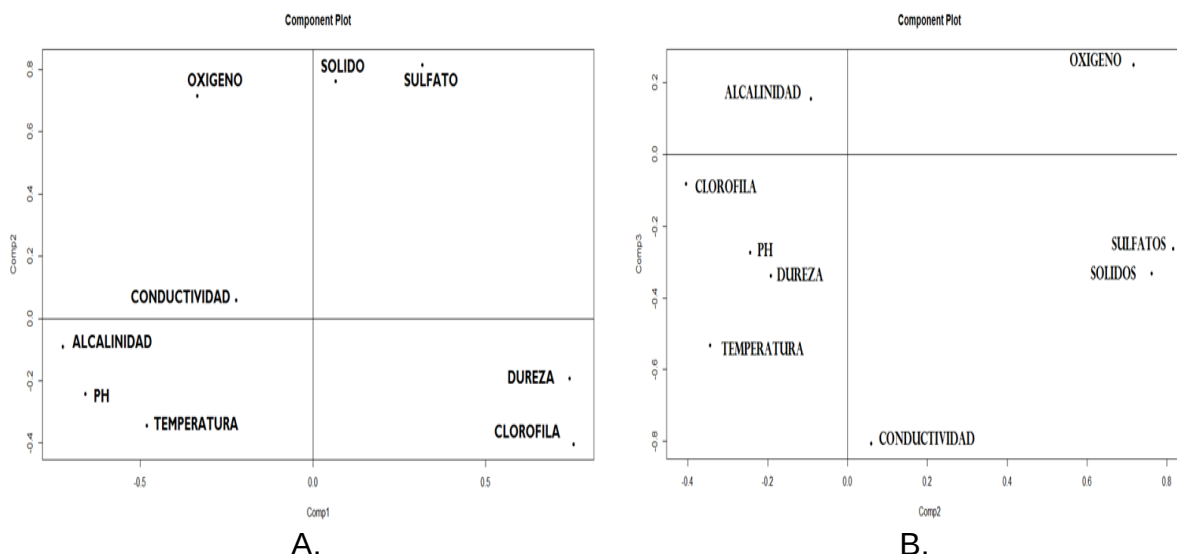


Figura 33. Grado de ponderación de las variables fisicoquímicas basado en el Análisis de Componentes Principales ACP. A) Componentes 1 y 2. B) Componentes 2 y 3.

Los puntos de muestreo del ecosistema termal no clasifican adecuadamente de acuerdo a las observaciones de las variables físicoquímicas medidas, es decir, no hay suficiente similitud en las medidas de las variables físicoquímicas de las observaciones dentro de cada punto y diferencia entre puntos de muestreo, para creer que los puntos arrojan medidas significativamente diferentes.

El análisis discriminante (AD) para los muestreos y puntos de muestreo con la se realizó con la clasificación hecha en el análisis de Aglomeramiento Jerárquico (Bray Curtis), es decir, con las 8 variables conformadas en el aglomeramiento jerárquico se tomaron los cinco grupos conformados por las mediciones correspondientes a los puntos de muestreo. En la Tabla 25, se muestra el resultado del test de Shapiro Wilks aplicado a los grupos de las muestras.

Tabla 25. Test de Shapiro Wilks para la igualdad de Medias de los grupos de muestras.

	Df	Shapiro	P-valor
Grupo	1	0.0636	2.656×10 ⁻¹³
Residuales	34		
Total	35		

El test de Shapiro Wilks aplicado a las muestras tomadas en el ecosistema termal, arrojó un *p-valor* igual a 2.656×10^{-13} el cual es $p < 0,05$, este resultado rechazó la hipótesis de igualdad de medias de los grupos, es decir, existen diferencias significativas en los promedios de cada grupo.

Se estudiaron las variables continuas medidas, para determinar cuál de ellas tenía el mayor poder discriminante. La variable pH fue la que presentó un mayor poder discriminatorio, dado que registró el menor *p-valor*, como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26. Poder discriminario de las variables en los grupos de puntos de muestreo.

		Df	Sum Sq	Mean Sq	F	p-valor
ALCALINIDAD	Grupo	1	1968.3	1968.26	4.2097	0.04796
	Residuals	34	15896.7	467.55		
	Total	35	17865			
OXIGENO	Grupo	1	44354	44354	10.048	0.003221
	Residuals	34	150077	4414		
	Total	35	194431			
SOLIDOS	Grupo	1	0.012	0.01193	0.0066	0.936
	Residuals	34	61.877	1.81991		
	Total	35	61.889			
CONDUCTIVIDAD	Grupo	1	2.3723	2.37228	2.6723	0.1113
	Residuals	34	30.1833	0.88774		
	Total	35	32.5556			
DUREZA	Grupo	1	0.13343	0.133433	2.5843	0.1172
	Residuals	34	1.75546	0.051631		
	Total	35	1.88889			
SULFATOS	Grupo	1	0.18755	0.187549	3.748	0.06122
	Residuals	34	1.70134	0.050039		
	Total	35	1.88889			
pH	Grupo	1	64201	64201	17.213	0.0002109
	Residuals	34	126815	3730		
	Total	35	191016			
TEMPERATURA	Grupo	1	14.639	14.6388	4.3062	0.04561
	Residuals	34	115.583	3.3995		
	Total	35	130.222			
CLOROFILA	Grupo	1	0.05992	0.059916	1.1138	0.2987
	Residuals	34	1.82897	0.053793		
	Total	35	1.88889			

La segunda variable con mayor poder discriminatorio es el oxígeno, mientras que la que menos tuvo poder discriminante fue solidos suspendidos totales. Se llevó a cabo el análisis discriminante para las mediciones hechas en los puntos de muestreo el cual se relaciona en la Tabla 27.

Tabla 27. Test de Shapiro para la igualdad de medias de los grupos de los puntos de muestreo.

	Df	Shapiro	P-valor
Grupo	1	0.0723	0.001115
Residuales	16		
Total	17		

De acuerdo a la misma estructura del análisis de los muestreos se procedió a evaluar qué variable tuvo mayor poder discriminatorio (Tabla 28).

Tabla 28. Poder discriminatorio de las variables en los grupos de puntos de muestreo.

		Df	Sum Sq	Mean Sq	F	p-valor
ALCALINIDAD	Grupo	1	0.318	0.318	0.03737055	0.8491
	Residuals	16	136.15	8.509375		
	Total	17	136.468			
OXIGENO	Grupo	1	5.5	5.5	3.42279269	0.083
	Residuals	16	25.71	1.606875		
	Total	17	31.21			
SOLIDOS	Grupo	1	218.2	218.2	0.59674552	0.4511
	Residuals	16	5850.4	365.65		
	Total	17	6068.6			
CONDUCTIVIDAD	Grupo	1	83	83	0.03840814	0.8472
	Residuals	16	34576	2161		
	Total	17	34659			
DUREZA	Grupo	1	0.68	0.68	0.02513979	0.8761
	Residuals	16	432.78	27.04875		
	Total	17	433.46			
SULFATOS	Grupo	1	0.154	0.154	0.05032988	0.825
	Residuals	16	48.957	3.0598125		
	Total	17	49.111			
pH	Grupo	1	0.0038	0.0038	0.02754871	0.871
	Residuals	16	2.207	0.1379375		
	Total	17	2.2108			
TEMPERATURA	Grupo	1	0.0672	0.0672	0.11499465	0.7389
	Residuals	16	9.35	0.584375		
	Total	17	9.4172			
CLOROFILA	Grupo	1	0.0101	0.0101	0.51155429	0.4845
	Residuals	16	0.3159	0.01974375		
	Total	17	0.326			

La variable con mayor poder discriminante fué oxígeno ($p\text{-valor} = 0.083$), mientras que la variable con menor poder discriminatorio es la dureza, dado que su $p\text{-valor}$ es 0.876.

En cuanto a los muestreos la variable con mayor poder discriminatorio fue el pH seguido del oxígeno disuelto. Esto se debe posiblemente a que la naturaleza alcalina del ecosistema termal regula las concentraciones de carbonatos y bicarbonatos, elevando la conductividad y por ende, la disponibilidad de oxígeno. Los sólidos suspendidos totales no presentaron mayor poder discriminatorio dado que sus valores se mantuvieron constante y salvo durante el M4 presentaron valores atípicos debido a que fue el periodo de mayor precipitación. Las dos funciones discriminantes obtenidas a partir del análisis, explican el 77,8% de la varianza total. El análisis discriminante aplicado a las muestras las discrimina en los mismos ocho grupos conformados de acuerdo a la semejanza existente entre ellas obtenidos en el aglomeramiento jerárquico.

En la Figura No 30 se muestra el gráfico de la dispersión de las muestras con la etiqueta del grupo al que pertenecen (1,2,3,4,5,6,7,8) en las funciones discriminantes Y_1 y Y_2 (LD1, LD2) (Figura 34).

En cuanto a los puntos de muestreo la variable con el mayor poder discriminatorio fue el oxígeno disuelto seguido de los sólidos suspendidos totales. Por su parte las

variables con menor poder discriminatorio fueron la dureza y el pH. Las dos funciones discriminantes obtenidas a partir del análisis explican el 82,3% de la varianza total. El análisis discriminante realizado a los puntos de muestreo, las discrimina en exactamente los mismos 5 grupos que han sido conformados en el análisis de clasificación de aglomeramiento jerárquico.

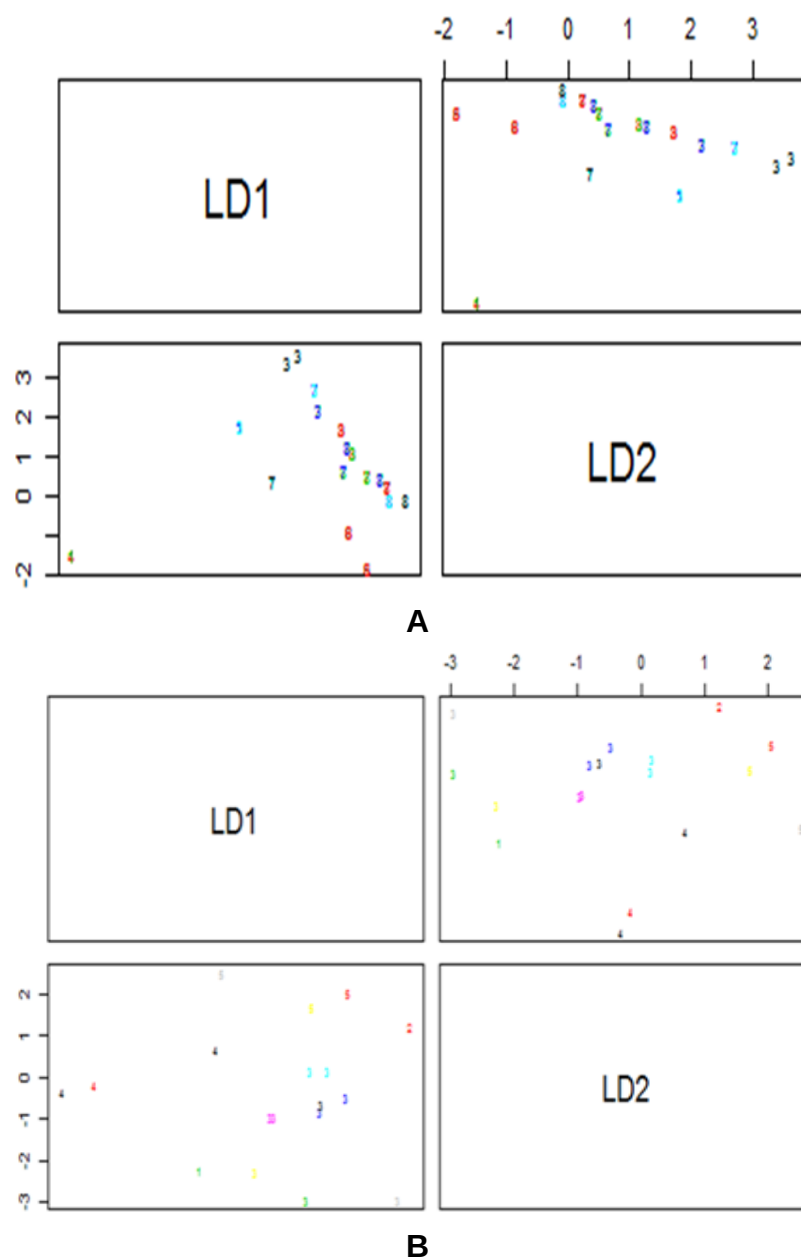


Figura 34. Dispersión de los grupos y su relación con el comportamiento de las variables fisicoquímicas a partir de la función discriminante. A) Muestreos. B) Puntos de muestreo.

4.4.4. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

El Análisis de Correspondencia Canónica registro una correlación significativa del 98,72% en cuanto a la explicación de la varianza acumulada en el tercer eje, entre la abundancia de los organismos perifíticos y el grupo de 5 variables ambientales, conductividad, pH, oxígeno disuelto, temperatura y alcalinidad. En el ACC la varianza total explicada por la interacción especie – ambiente fue alta. En el primer eje se halló una fuerte correlación positiva con la conductividad y una relación inversa con el pH; este factor explica el 44,51% de la varianza total. Por su parte, el segundo eje estuvo relacionado positivamente con la conductividad y negativamente con los sólidos suspendidos totales y los sulfatos, este factor explica el 40,03% de la varianza total.

En el análisis de correspondencia simple (ACS) aplicado a la tabla de abundancias de especies con los dos primeros ejes, se resume el 96.77% de la variabilidad total, el primer eje separa las clases taxonómicas *Tubulinea*, *Chroobacteria* y *Cyanophyceae* del resto de especies, además, se observa que los conteos de las especies encontradas en el cauce en los meses de diciembre y marzo, las clases encontradas en el sistema en los meses de febrero y diciembre y las clases halladas en la salida del thermal en los meses de abril y mayo están asociadas a la clase *Chroobacteria*, es decir, es más común encontrar esta clase en esos puntos del thermal en los meses mencionados; además las clases *Bacillariophyceae* y *Zygnemophyceae* están asociadas al conteo realizado en la salida del thermal en el mes de febrero, mientras que en el mes de diciembre, en la salida del thermal es común encontrar la clase *Trebouxiophyceae*. Por otro lado, la clase *Cyanophyceae* es muy habitual en todos los puntos del thermal y en casi todos los meses. Esta descripción se puede observar en la Figura 35.

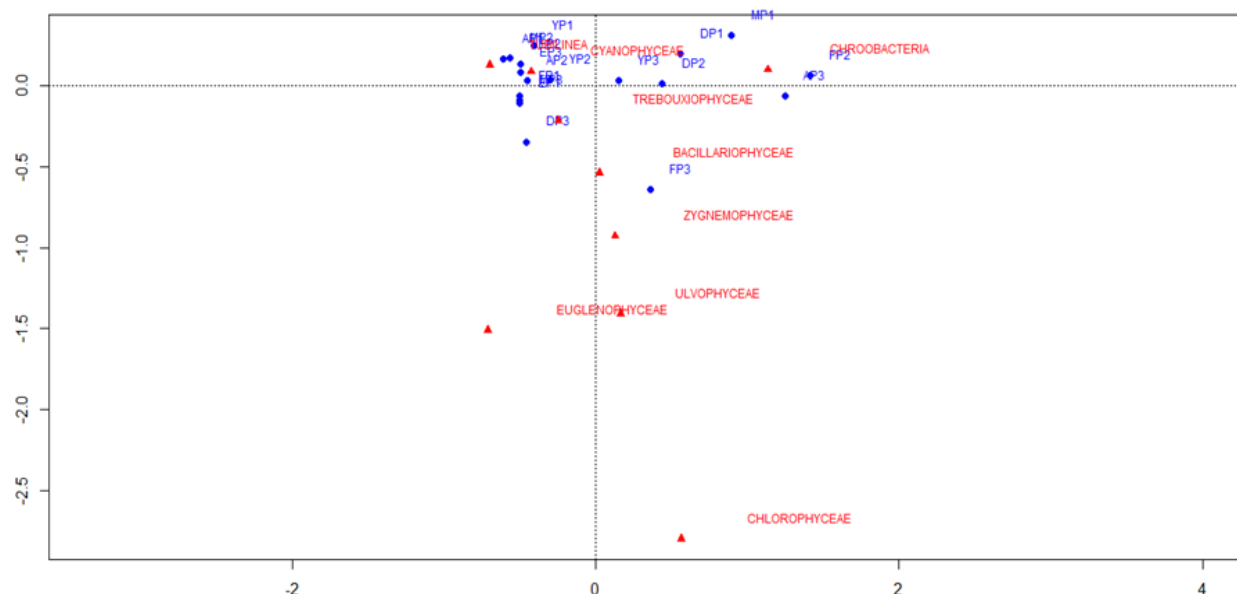


Figura 35. Biplot basado en el Análisis de Correspondencias Canónicas de los puntos de muestreo y morfoespecies.

El análisis de la tabla de abundancias con la tabla de las variables físico-químicas (ACC), nos permite apreciar que con los dos primeros ejes se obtuvo el 91,6% de la

varianza total acumulada (Anexo 8), éste gran porcentaje de variabilidad resumido por estos ejes se debe a que la mayor parte de la información de las variables ambientales se encuentra asociada a ellos.

Las variables mejor representadas en los dos primeros ejes son: conductividad, temperatura, pH, dureza y oxígeno. Además se observó también que de las cinco anteriores, la más asociada al segundo eje es oxígeno, mientras que el resto, están más asociadas al primero. Otros resultados importantes que se deben resaltar, es que las variables físico-químicas que presentaron mayor asociación con respecto a la distribución de las clases de perifiton fueron oxígeno, conductividad, pH y temperatura. Esto se explica posiblemente ya que cuando los anteriores parámetros físicoquímicos fueron altos, tanto la riqueza como la abundancia de las algas perifíticas se incrementó. La alta conductividad sumada al pH alcalino del agua del ecosistema termal favoreció el crecimiento sobre todo de las diatomeas y las cianofíceas, las cuales se alternaron la dominancia en los diferentes puntos de muestreo. (Figura 36).

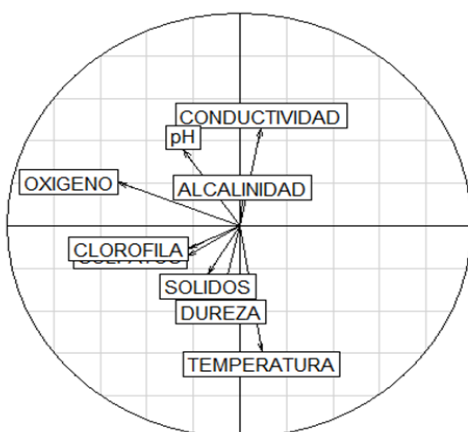


Figura 36. Círculo de correlaciones basado en el Análisis de Correspondencias Canónicas de las variables físicoquímicas.

El primer eje del ACC representó el 44,51% de la inercia proyectada por el mismo eje del ACS, indicando que las variables físicoquímicas relacionadas con este factor no explican las clases tan satisfactoriamente. El segundo eje del ACC representó el 84,54% de la inercia proyectada por el mismo eje del ACS, como los restantes ejes no aportaron ni el 20% de la variabilidad explicada por el ACS, se tiene que las variables físicoquímicas seleccionadas no explicaron tan satisfactoriamente la presencia de las clases taxonómicas.

Las clases taxonómicas *Euglenophyceae*, *Ulvophyceae*, *Bacillariophyceae* y *Zignemophyceae*, se relaciona principalmente con los parámetros físicoquímicos alcalinidad, oxígeno disuelto, pH y conductividad. Por su parte, la clase *Chlorophyceae* se relacionó con la conductividad. Las variables dureza, solidos suspendidos totales y sulfatos, se relacionaron con las clases *Cyanophyceae*, *Trebouxioophyceae*, *Chroobacteria* y *Tubulinea*. La variable físicoquímica temperatura no se asoció con

ninguna clase taxonómica (Figura 37). Las *Bacillariophyceae* (diatomeas) presentan una gran adaptación a las condiciones físicoquímicas, una vez estas se han estabilizado en el tiempo, y son capaces de mantenerse adheridas al sustrato pese a los movimientos del agua.

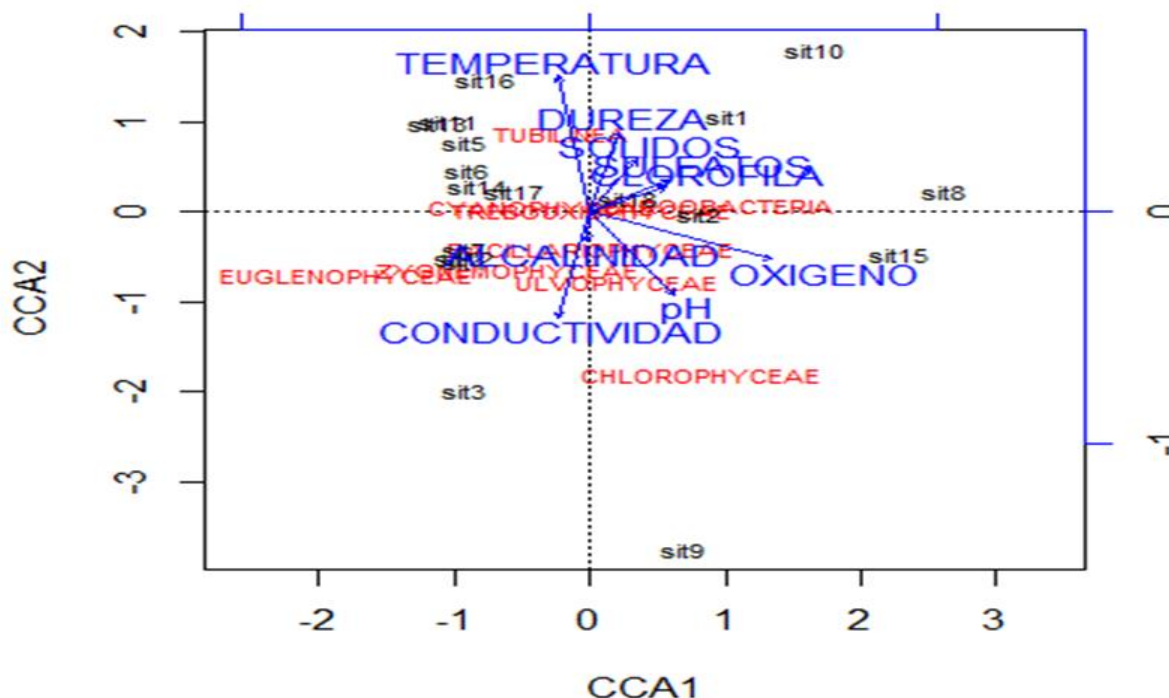


Figura 37. Triplot basado en el Análisis de Correspondencias Canónicas para los puntos de muestreo, morfoespecies y variables físicoquímicas.

4.4.5. Prueba de Permutación de Montecarlo.

Al realizar la prueba de Montecarlo a la abundancia de especies de perifiton encontradas en la fuente hidrotermal y a las variables físico-químicas se determinó que las columnas de la tabla de abundancia (diferentes especies) no están relacionadas linealmente con las columnas de las variables físico-químicas, se observa que el *p*-valor es 0,168 que es mayor que 0.05 no rechaza la hipótesis nula, es decir, no hay evidencia estadística para decir que existe una relación lineal entre las especies y las variables (Tabla 29), por lo tanto, se dice que las condiciones ambientales no explican la abundancia de las especies encontradas, ya que es posible que la variación de las mismas en el tiempo no fuera lo suficientemente significativo como para generar cambios en la cantidad de algas presentes en un determinado tiempo. Sin embargo variables como el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad, incidieron de manera directa en la abundancia de las algas perifíticas, dada su fluctuación en el periodo de estudio.

Tabla 29. Prueba de Permutación de Montecarlo.

	Df	Chi-Cuadrado	F	p-valor
Modelo	9	0.3305	1.7473	0.168
Residual	8	0.1681		
Total	17	0.4986		

5. PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL.

La propuesta de Gestión Ambiental se desarrolló de acuerdo a la metodología propuesta por el Grupo Ecosurc de la Universidad Surcolombiana para el curso de Ecología y Gestión de Cuencas Hidrográficas de la segunda cohorte de la Maestría en Ecología, la cual se relaciona a continuación.

FORMULACIÓN DEL PREDIAGNÓSTICO Y PLAN DE MANEJO PRELIMINAR DEL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIAN COMO ECOSISTEMA ESTRATÉGICO DEL MUNICIPIO DE LA PLATA (HUILA).

5.1. OBJETIVOS.

5.1.1. Objetivo General.

Formular el prediagnóstico y plan de manejo preliminar del ecosistema termal San Sebastián como ecosistema estratégico para el municipio de La Plata en el departamento del Huila.

5.1.2. Objetivos Específicos.

Formular el prediagnóstico del ecosistema con énfasis en su valor estratégico ecológico y sociocultural para el municipio de La Plata, y los problemas que disminuyen o podrían disminuir dicho valor.

Realizar un análisis prospectivo y retrospectivo preliminar del ecosistema, a partir del valor estratégico y problemas a los cuales se refiere el anterior objetivo.

Formular un plan de manejo simplificado del ecosistema, con énfasis en objetivos, hipótesis, programas y proyectos, acorde con los resultados del prediagnóstico y del análisis prospectivo y retrospectivo, mencionados en los dos anteriores objetivos.

5.1.3. Consulta y síntesis bibliográfica.

Respecto al municipio de La Plata se han escrito resultados de estudios de consultoría, libros y artículos. Algunos de éstos, contienen información general o detallada del ecosistema termal San Sebastián, siendo estos de interés para el ejercicio académico de reconocer y describir dicho ecosistema como estratégico del municipio de La Plata. En este sentido, se consideró necesario y útil consultar los documentos fundamentales y algunos documentos complementarios, cuyas referencias bibliográficas se presentan en la Tabla 30.

Tabla 30. Lista de referencias bibliográficas sobre el Termal San Sebastián La Plata (Huila).

Referencia Bibliográfica
Alcaldía Municipal de La Plata (Huila). Plan Básico de Ordenamiento Territorial La Plata (Huila). 2000. 699 p.
Alcaldía Municipal de La Plata (Huila). Plan de Desarrollo 2012-2015 “Unidos por la vía de la prosperidad”. 2012. 176 p.
Las aguas termales encantadas de San Sebastián. Recuperado de https://sedentaríocaminante.wordpress.com/2015/02/12/las-aguas-termales-encantadas-de-san-sebastian/

Los criterios de mayor importancia por los cuales se debe considerar el Termal San Sebastián como un ecosistema estratégico identificados en la revisión bibliográfica se relacionan en la Tabla 31.

Tabla 31. Criterios identificados en la revisión bibliográfica.

Referencia bibliográfica	(Ci)	Criterios identificados Nombre
Alcaldía Municipal de La Plata (Huila). Plan Básico de Ordenamiento Territorial La Plata (Huila)	C14	Turismo y recreación.
	C13	Actividades académicas y científicas
Alcaldía Municipal de La Plata (Huila). Plan de Desarrollo 2012-2015 “Unidos por la vía de la prosperidad”.	C14	Turismo y recreación.
	C13	Actividades académicas y científicas
Vigías del Patrimonio Cultural. Turismo en La Plata (Huila). http://laplatahuilacolombia.blogspot.com/	C14	Turismo y recreación.
	C23	Diversidad natural.

5.2. Entrevistas.

Se realizaron entrevistas con los principales actores sociales e institucionales con el fin de identificar y clasificar los criterios mediante los cuales el Termal San Sebastián se puede considerar como un ecosistema estratégico para el municipio de La Plata (Huila). La entrevista se desarrolló teniendo en cuenta las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las dos razones principales, por las cuales el termal San Sebastián puede considerarse un ecosistema importante o estratégico para el municipio de La Plata?

¿Cuál es el problema que más disminuye o puede disminuir la importancia o el valor estratégico correspondiente a cada una de las dos razones mencionadas por usted?

Para facilitar la comparación de los resultados de la entrevista aplicada, es necesaria que las razones referentes a las respuestas de las preguntas del anterior literal sean expresadas en la forma de los criterios que se presentan en la Tabla 32.

El listado de funcionarios, líderes y profesionales entrevistados se presenta a continuación en la Tabla 32:

Tabla 32. Funcionarios y líderes entrevistados.

FUNCIONARIOS, PROFESIONALES Y LIDERES			
No	Nombre	Cargo	Entidad
1	Carlos Arturo Ramírez Velázquez	Jefe de Núcleo	Secretaría de Educación Departamental
2	Henry Alexander Salazar	Secretario de Educación	Alcaldía de La Plata
3	Guillermo Alvira	Director	SENA sede La Plata
4	Aura Mery López Arias	Coordinadora	Institución Educativa Villalosada
5	Lina Fernanda Fajardo Embus	Secretaria de Planeación Municipal	Alcaldía de La Plata
6	Paola Andrea Ramos Lara	Personero Municipal	Alcaldía de La Plata
7	Gildardo Bello Pascuas	Rector	Institución Educativa San Sebastián
8	Joaquín Llanos	Presidente	Junta de Acción Comunal Vereda Villalosada
9	Javier Sancho	Presidente	Junta de Acción Comunal Vereda San Sebastián
10	Gloria Fanny Caupaz Flórez	Alcaldesa	Alcaldía de La Plata
11	Luis Armando Ricardo Castillo	Candidato a la Alcaldía del Municipio de La Plata 2016-2019	Independiente
12	Adriana Marcela Valencia Cardona	Candidato a la Alcaldía del Municipio de La Plata 2016-2019	Independiente
13	Rodney Perdomo Hurtado	Candidato a la Alcaldía del Municipio de La Plata 2016-2019	Independiente
14	Urbano López Arias	Concejal	Municipio de La Plata
15	Angélica Cruz Rojas	Coordinadora	Universidad Surcolombiana sede La Plata
16	Carlos Andrés Puyo	Coordinador	Comfamiliar sede La Plata

5.3. Selección, descripción de criterios y problemas identificados.

Los criterios ecológicos y socioculturales identificados mediante las entrevistas se relacionan en la Tabla 33.

Tabla 33. Criterios ecológicos y socioculturales derivados de las entrevistas.

FUNCIONARIOS, PROFESIONALES Y LIDERES			
No	Entrevistado (Nombre)	Código (Ci)	Nombre
1	Carlos Arturo Ramírez Velázquez	C13	Actividades académicas y científicas
		C14	Turismo y recreación
2	Henry Alexander Salazar	C14	Turismo y recreación
		C13	Actividades académicas y científicas
3	Guillermo Alvira	C14	Turismo y recreación
		C24	Singularidad
4	Aura Mery López Arias	C4	Agua para consumo humano
		C14	Turismo y recreación
5	Lina Marcela Fajardo Embus	C14	Turismo y recreación
		C11	Reconocimiento legal y académico
6	Paola Andrea Ramos Lara	C14	Turismo y recreación
		C11	Reconocimiento legal y académico
7	Gildardo Bello Pascuas	C14	Turismo y recreación
		C13	Actividades académicas y científicas
8	Joaquín Llanos	C14	Turismo y recreación
		C4	Agua para consumo humano
9	Javier Sancho	C14	Turismo y recreación
		C4	Agua para consumo humano
10	Gloria Fanny Caupaz Flórez	C14	Turismo y recreación
		C13	Actividades académicas y científicas
11	Luis Armando Ricardo Castillo	C14	Turismo y recreación
		C13	Actividades académicas y científicas
12	Adriana Marcela Valencia Cardona	C14	Turismo y recreación
		C13	Actividades académicas y científicas
13	Rodney Perdomo Hurtado	C14	Turismo y recreación
		C13	Actividades académicas y científicas
14	Urbano López Arias	C14	Turismo y recreación
		C4	Agua para consumo humano
15	Angélica Cruz Rojas	C3	Pesca y acuicultura
		C14	Turismo y recreación
16	Carlos Andrés Puyo	C13	Actividades académicas y científicas
		C14	Turismo y recreación

Los criterios identificados tanto en la revisión bibliográfica como en las entrevistas se jerarquizaron y se relacionan las Tablas 34 y 35.

Tabla 34. Orden de frecuencia absoluta de los criterios identificados mediante la revisión bibliográfica.

Criterios identificados mediante revisión bibliográfica		Frecuencia Absoluta de C_i *	Orden de frecuencia absoluta
Código (C_i)	Nombre		
C14	Turismo y recreación	3	1 °
C13	Actividades académicas y científicas	2	2 °
C23	Diversidad natural	1	3 °
* Frecuencia absoluta de C_i es el número de grupos G_j que identificaron el criterio C_i .			

Tabla 35. Orden de frecuencia absoluta de los criterios identificados mediante las entrevistas.

Criterios identificados mediante entrevistas		Frecuencia Absoluta de C_i *	Orden de frecuencia absoluta
Código (C_i)	Nombre		
C14	Turismo y recreación	18	1 °
C13	Actividades académicas y científicas	10	2 °
C4	Agua para consumo humano	6	3 °
C3	Pesca y acuicultura	1	4 °
C24	Singularidad	1	5 °
* Frecuencia absoluta de C_i es el número de grupos G_j que identificaron el criterio C_i .			

Los problemas asociados a los criterios ecológicos y socioculturales derivados de las entrevistas se relacionan en la Tabla 36.

Tabla 36. Problemas que disminuyen o pueden disminuir la importancia o el valor estratégico del criterio, según los entrevistados.

Entrevistado	Criterio(C_i)*	Problema que disminuye o puede disminuir la importancia o el valor estratégico del criterio
Carlos Arturo Ramírez Velázquez	C13	Vías de acceso al lugar
	C14	Falta de voluntad política por parte de la administración municipal
Henry Alexander Salazar	C14	Difícil ruta de ingreso al lugar
	C13	Contaminación hídrica
Guillermo Alvira	C14	Vías de acceso en pésimo estado
	C24	Deterioro del ecosistema por actividad humana

Aura Mery López Arias	C4	Contaminación del agua de diversas fuentes, bajos niveles de precipitación
	C14	Vías de acceso al lugar
Lina Marcela Fajardo Embus	C11	Falta voluntad política para el reconocimiento
	C13	Falta de conocimiento a cerca del lugar
Paola Andrea Ramos Lara	C11	Definición en el POT municipal
	C4	Contaminación hídrica
Gildardo Bello Pascuas	C14	Difícil ruta de acceso
	C13	Daño al ecosistema por mal uso
Joaquín Llanos	C14	Pésimo estado de la vía
	C4	Contaminación hídrica
Javier Sancho	C14	Mal estado de la vía de ingreso
	C4	Contaminación hídrica
Gloria Fanny Caupaz Flórez	C14	Vías de acceso en pésimo estado
	C13	Contaminación del agua termal
Luis Armando Ricardo Castillo	C14	Falta de voluntad política por parte del Estado
	C13	Contaminación y destrucción del ecosistema
Adriana Marcela Valencia Cardona	C14	Dificultades de ingreso por el mal estado de la vía
	C13	Daño al ecosistema por su mala utilización
Rodney Perdomo Hurtado	C14	Vías de acceso en pésimo estado
	C13	Destrucción del ecosistema
Urbano López Arias	C14	Dificultad para ingresar al lugar
	C4	Contaminación hídrica
Angélica Cruz Rojas	C3	Contaminación hídrica y sequia por falta de lluvias
	C14	Vías de acceso en pésimo estado
Carlos Andrés Puyo	C13	Daño al ecosistema hídrico
	C14	Dificultades de acceso

De acuerdo a las observaciones obtenidas de la salida de campo (sin incluir las entrevistas, ni la revisión bibliográfica), se identificaron los cinco criterios de mayor importancia para argumentar que el termal San Sebastián, es un ecosistema estratégico para el municipio de La Plata, y en este sentido se le asignó a cada criterio un orden de importancia (con números ordinales: 1°, 2°, 3°, 4°, 5°) y un coeficiente de ponderación (K_G) según dicho orden (1°, $K_G = 5$; 2°, $K_G = 4$; 3°, $K_G = 3$; 4°, $K_G = 2$; 5°, $K_G = 1$), los cuales se relacionan en la Tabla 37.

Tabla 37. Criterios ecológicos y socioculturales identificados por los grupos de trabajo durante la práctica de campo a ecosistema termal San Sebastián.

Orden y ponderación de la importancia		Criterio ecológico y sociocultural	
Orden	Coefficiente ponderación (K_G)	Código (C_i)*	Nombre
1º	5	C14	Turismo y recreación
2º	4	C13	Actividades académicas y científicas
3º	3	C4	Agua para consumo humano
4º	2	C3	Pesca y acuicultura
5º	1	C24	Reconocimiento legal y académico

Se construyó un diagrama de flujo en donde relaciono la influencia y dependencia de los 5 criterios anteriores, el cual está representado en la Figura 38.

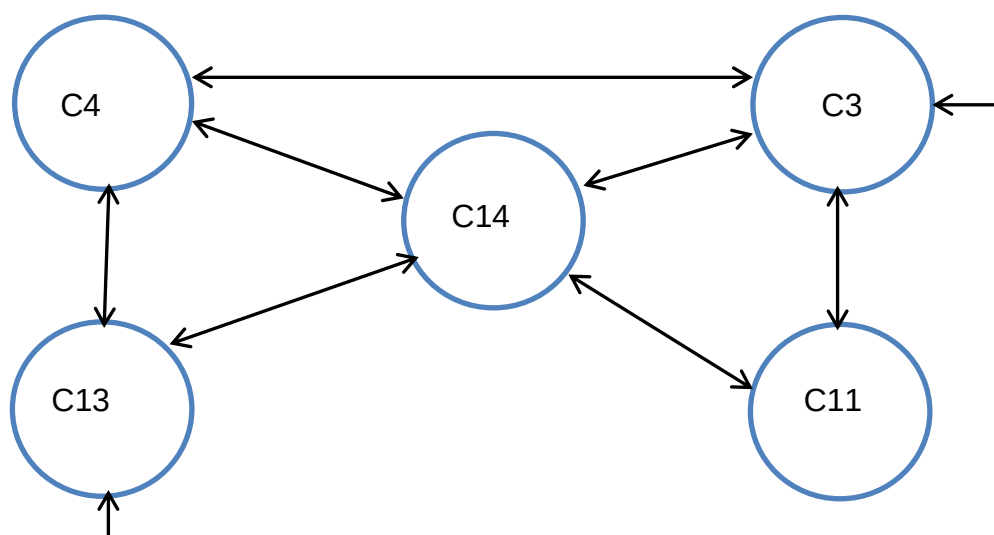


Figura 38. Flujograma de la influencia y dependencia de los criterios preseleccionados a partir de los criterios ecológicos y socioculturales del plan de gestión ambiental.

De acuerdo al diagrama definitivo en la Tabla 38 se determina el orden de influencia de los criterios.

Tabla 38. Jerarquización y ponderación de los criterios según el flujograma de influencia-dependencia.

Criterios ecológicos y socioculturales	
Orden	
1º	C14 Turismo y recreación.
2º	C13 Actividades académicas y científicas.
3º	C4 Agua para consumo humano
4º	C3 Pesca y acuicultura
5º	C11 Reconocimiento legal y académico

Los resultados del orden de los criterios según frecuencia relacionados en la tabla 19 y el orden de los criterios según flujograma de influencia-dependencia anotados en la Figura 38, determinaron el orden definitivo de los criterios mediante la combinación de los métodos 1 y 2 mencionados, los cuales se presentan en la Tabla 39.

Tabla 39. Jerarquización de los criterios según los métodos de frecuencia y coeficiente de ponderación, y flujograma de influencia-dependencia

Criterios ecológicos y socioculturales		Orden de importancia en números ordinales		
C_i	Nombre	Según frecuencia cuadro xx (método 1)	Según flujograma y orden del cuadro xx (método 2)	Según combinación métodos 1 y 2
C14	Turismo y recreación	1	1	1º
C13	Actividades académicas y científicas	2	3	2º
C4	Agua para consumo humano	3	2	3º
C3	Pesca y acuicultura	4	4	4º
C11	Reconocimiento legal y académico	5	5	5º

El orden de importancia de los criterios obtenidos según la revisión bibliográfica (Tabla 34), las entrevistas (Tabla 35) y la combinación de los métodos de reconocimiento de campo y diagrama de influencia-dependencia (Tabla 39) y, con base en éstos se determinó el orden final de los criterios, a partir del cual seleccionará los cinco primeros criterios, como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40. Criterios seleccionados a partir de la revisión bibliográfica, las entrevistas y la práctica de campo.

Criterios		Orden de importancia				Criterios seleccionados
C _i	Nombre	Según revisión bibliográfica	Según entrevistas	Según práctica de campo	Orden final	
C14	Turismo y recreación	1	1	1	1	SI
C13	Actividades académicas y científicas	2	2	2	2	SI
C4	Agua para consumo humano		3	3	3	SI
C3	Pesca y acuicultura		4	4		SI
C11	Reconocimiento legal y académico			5		SI
C24	Singularidad		5			NO
C23	Diversidad natural	3				NO

De conformidad con los resultados de la Tabla 40, se determinaron los problemas que disminuyen o pueden disminuir la importancia o el valor estratégico de dichos criterios, con base en las observaciones de campo y la información suministrada al respecto por los entrevistados. Para cada criterio se escogió el problema que identificó el mayor número de entrevistados y la práctica de campo, para luego registrarlo en la Tabla 41.

Tabla 41. Criterios seleccionados a partir de la revisión bibliográfica, las entrevistas y la práctica de campo.

Criterios seleccionados, según orden de mayor a menor importancia			Problema	
Orden	Código (C _i)	Nombre	Código (P _m)	Nombre
1°	C14	Turismo y recreación	P ₁	Mal estado de las vías de acceso, falta de voluntad política por parte de la administración municipal
2°	C13	Actividades académicas y científicas	P ₂	Contaminación hídrica, falta de conocimiento del lugar, daño al ecosistema por mal uso.
3°	C4	Agua para consumo humano	P ₃	Contaminación hídrica, bajos niveles de precipitación.
4°	C3	Pesca y acuicultura	P ₄	Contaminación del agua, disminución del caudal por sequía o falta de lluvias
5°	C11	Reconocimiento legal y académico	P ₅	Falta de interés por investigar por parte de las entidades educativas

Cada uno de los criterios seleccionados, de acuerdo con los datos de la Tabla 41 se describieron haciendo énfasis en el ámbito (ecológico, económico, social, institucional, legal), origen o causa, beneficios o impactos positivos, beneficiarios y localización geográfica. La fuente de información para la descripción del criterio se obtuvo mediante la práctica de campo y la revisión bibliográfica a profundidad, en especial de los documentos mencionados en la Tabla 34. Se describieron los cinco criterios seleccionados del ecosistema termal San Sebastián, según el orden de mayor a menor importancia, con las respectivas citas bibliográficas:

Nombre del criterio: Turismo y recreación.

El ecosistema es importante para el desarrollo de actividades o proyectos actuales o futuros con fines turísticos, ecoturísticos, recreativos o deportivos. (Olaya y Sánchez, 2005). Consolidar al municipio de La Plata como ciudad mayor de pernoctación y de encanto con un potencial hacia la actividad turística, arqueológica, recreativa y religiosa; Fortalecimiento de la oferta turística, visitando diferentes sitios turísticos como las termas de San Sebastián (Alcaldía Municipal de La Plata (Huila). (PBOT La Plata - Huila, 2000).

Nombre del criterio: Actividades académicas y científicas.

El ecosistema es importante para realizar actividades académicas y científicas tales como prácticas de campo, excursiones, trabajos de grado y proyectos de investigación, los cuales pueden ser desarrollados por universidades, instituciones educativas, institutos de investigación o corporaciones autónomas regionales. (Olaya y Sánchez, 2005). Vincular a las autoridades municipales, líderes comunitarios y docentes en la dinámica ambiental con el propósito de generar multiplicadores que vinculen a los pobladores del área urbana en la protección y defensa de los recursos naturales. (Alcaldía Municipal de La Plata (Huila). (PBOT La Plata - Huila, 2000).

Nombre del criterio: Agua para consumo humano.

El ecosistema tiene la función de producir, almacenar o conducir agua para consumo humano actual o futuro de cabeceras municipales, áreas metropolitanas o asentamientos rurales. El respectivo recurso hídrico puede ser de río, quebrada, lago, laguna, embalse o acuífero. (Olaya y Sánchez, 2005). El agua para consumo humano es aquellas que reúne las características físicas, químicas y microbiológicas, que la hacen apta para consumo directo como bebida, preparación de alimentos o higiene personal. (Ministerio de la Protección Social, 2007)

Nombre del criterio: Pesca y acuicultura.

El ecosistema tiene la función de producir, almacenar o conducir agua, recursos hidrobiológicos y otros componentes naturales de interés para la agricultura, la pesca de subsistencia, de fomento, deportiva, comercial o científica. (Olaya y Sánchez, 2005)

Nombre del criterio: Reconocimiento legal y académico.

Se reconoce que el ecosistema es o podría ser un área de manejo especial (Área Forestal Protectora, Santuario de Fauna, Reserva de la Biosfera), una Reserva Natural de la Sociedad Civil o un componente del Patrimonio Natural o Cultural. En cualquiera de estos casos el reconocimiento puede ser del orden municipal, departamental, nacional o internacional, según lo dispuesto en mandatos constitucionales, principios teleológicos (misión, visión, principios institucionales), disposiciones legales, planes de ordenamiento territorial, propuestas académicas universitarias u otro tipo de estudios (Olaya y Sánchez, 2005)

Los cinco problemas P_m anotados en la tabla No 23 fueron descritos haciendo énfasis en el ámbito (ecológico, económico, social, institucional, legal), origen o causa, impactos negativos; recursos naturales, ecosistemas, comunidades e instituciones perjudicadas si el problema no se resuelve y localización geográfica. La fuente de información para la descripción del problema fue obtenida mediante la salida de campo y la revisión bibliográfica hecha a profundidad, en especial de los documentos mencionados en la Tabla 35.

Problema P_1 . La vía de acceso al ecosistema termal San Sebastián se encuentra en mal estado, lo que dificulta su ingreso por parte de los habitantes de la región y de los turistas provenientes de diferentes partes del departamento. Para llegar al sitio es necesario recorrer un camino improvisado con numerosos sectores inestables en donde se han presentado derrumbes y movimientos de tierra, los cuales pueden ocasionar accidentes a las personas que transiten por el lugar. Se puede ingresar por varios sectores, no obstante no es posible llegar en vehículo hasta el termal, lo cual limita la intencionalidad de muchas personas para poder visitarlo. De igual manera el sitio no ofrece ningún tipo de infraestructura básica para las personas que deseen utilizar sus aguas con fines recreativos de esparcimiento familiar, lo que sumado a una falta de voluntad política por parte de la Administración Municipal para destinar los recursos necesarios y darle un verdadero significado ecoturístico, hacen del ecosistema termal un espacio que muy pocos conocen y valoran.

Problema P_2 . El ecosistema termal está catalogado por la Administración Municipal de La Plata (Huila), como un sitio de interés ecoturístico; sin embargo carece de estudios serios que permitan identificar el verdadero potencial que posee en diferentes aspectos (biológico, social, económico, entre otros). Las personas que visitan el lugar lo hacen para aprovechar las propiedades medicinales y curativas, que según el saber popular, son efectivas para aliviar cualquier tipo de dolencias sobre todo musculares y digestivas. Las personas que lo visitan no tienen la conciencia ambiental para mantener el lugar limpio y en ocasiones de observan residuos orgánicos como desechos de comida e inorgánicos como bolsas plásticas y empaques de alimentos, sobrenadando en las aguas termales, contaminando de esta forma el recurso hídrico. De igual manera, el entorno biológico que rodea el lugar, el cual está representado en varias especies de árboles y arbustos es constantemente intervenido para extraer madera o leña para

actividades cotidianas de los habitantes de la zona, lo que agrava aún más la problemática ecosistémica del sitio.

Problema P₃: Los habitantes de la zona desde tiempos inmemoriales han utilizado las aguas termales para sanar sus dolencias dadas las supuestas propiedades curativas que poseen. El saber popular de sus propiedades medicinales ha hecho que las personas que visitan estos ecosistemas beban las aguas de forma directa y sin ningún tratamiento previo, ya que según sus propias versiones, son benditas para curar problemas gástricos y digestivos, así como musculares. Sin embargo dada la mala utilización del lugar el cual se contamina por desechos orgánicos e inorgánicos, hacen que sus aguas puedan no ser tan benéficas para el consumo humano y coloquen en riesgo la salud de las personas que las toman. El termal es utilizado los fines de semana por familias que realizan paseos de olla y al final del día no depositan los desechos en bolsas, ni recogen los inservibles plásticos, desechables y de vidrio, ocasionando una contaminación hídrica significativa. De igual manera, el caudal del agua del termal, el cual aflora desde la una grieta en la roca, según los habitantes más antiguos de la zona, se ve disminuido aunque en una baja proporción en las épocas de verano, aunque de acuerdo a sus mismas versiones nunca se ha secado.

Problema P₄: En el ecosistema termal se ha observado que algunas especies de anfibios son capaces de soportar la temperatura del agua. Algunos habitantes de la zona manifiestan que en años anteriores se había pretendido conducir agua desde el termal hasta unos lagos que se habían construido para actividades piscícolas, ya que la temperatura del agua disminuía varios grados centígrados. De otro lado se desechó el proyecto piscícola debido a que se requería de un caudal de agua significativo, que pondría en riesgo el recurso hídrico en el termal. Para desarrollar un tipo de explotación piscícola en el ecosistema se requeriría de una gran inversión no solo en la parte económica sino también en investigación acuícola y limnológica para identificar las reales potencialidades del agua termal en términos de piscicultura sostenible.

Problema P₅: La investigación en nuestro país se realiza de manera muy limitada si se compara con otras naciones vecinas; los recursos asignados a la investigación son escasos, pese a que se cuenta en el país con investigadores de mucha trayectoria, la cual es reconocida incluso en el exterior. Las investigaciones de carácter biológico han tomado gran relevancia en la sociedad colombiana, debido al deterioro que sufre el ambiente en recursos naturales como el agua, la biodiversidad y en la importancia que tienen algunos ecosistemas desde diferentes ámbitos. Las investigaciones biológicas en el campo de las algas se han centrado en los embalses, lagos, lagunas, ciénagas, todos cuerpos de agua dulce a temperatura entre 8 – 25°C; los estudios en aguas termales son muy escasos y se relacionan apenas unos cuantos trabajos de investigación a nivel de pregrado y postgrado, lo que no permite dimensionar la biodiversidad algal que poseen (fitoplancton, perifiton), y por ende no se sabe a ciencia cierta su real potencialidad. Esto no permite que estos ecosistemas sean reconocidos y valorados por la sociedad más allá de que sirven para tratar ciertas dolencias o enfermedades, según la sabiduría popular.

5.4. Análisis retrospectivo y prospectivo del valor estratégico y de los problemas del ecosistema.

Se desarrolló la etapa de análisis retrospectivo y prospectivo a partir de los siguientes escenarios en el tiempo.

Escenario del pasado (E_p), de 1995 a 2004.

Escenario actual o contemporáneo (E_a), de 2005 a 2014.

Escenario de futuro de tendencias actuales o “de los mismos con las mismas” (E_f), de 2015 a 2024.

Escenario de futuro optimista (E_o), de 2015 a 2024

Escenario de futuro pesimista o catastrófico (E_c), de 2015 a 2024.

Escenario de futuro gestionado y concertado (E_g), de 2015 a 2024.

Se describió de manera resumida, para cada escenario, la variación dinámica del valor de los cinco criterios ecológicos y socioculturales seleccionados en el anterior ítem, en concordancia con los cinco problemas seleccionados y descritos en el mismo ítem. De manera complementaria, también se valoraron los criterios en el tiempo considerando tendencias del orden departamental y nacional en los ámbitos social, económico, ecológico, institucional y político. A continuación, se presenta la descripción de cada escenario.

Escenario del pasado (E_p), de 1995 a 2004: El ecosistema termal San Sebastián presenta una dinámica ambiental equilibrada, reflejada en un caudal de agua permanente y poco contaminado. Las vías de acceso son difíciles dada la topografía escarpada de las montañas que lo rodean. No es posible el ingreso al lugar por vehículos ni motos, solamente se puede acceder al el a pie por un improvisado camino construido a pica y pala por los moradores de la región. El termal se localiza en un predio privado que mantiene el lugar protegido de la intervención humana de forma masiva. El ecosistema es visitado con frecuencia por habitantes de la zona y esporádicamente por grupos de estudiantes y docentes de instituciones educativas de los municipios de La Plata y La Argentina, con el objetivo de llevar a cabo actividades turísticas y recreativas, pero sin llevar a cabo actividades de investigación. Se piensa en aprovechar las aguas termales para adelantar un proyecto piscícola, pero no se cuenta con investigaciones serias que soporten esta iniciativa. Se observa una incipiente voluntad política para adelantar planes y proyectos en el ecosistema que permitan identificar su verdadero potencial ecoturístico.

Escenario actual o contemporáneo (E_a), de 2005 a 2014: El ecosistema termal San Sebastián presenta una dinámica ambiental intervenida, que se ve reflejada en una modificación del entorno natural que lo rodea, en donde se puede apreciar tala de

árboles y la explotación de actividades agrícolas productivas como es el caso del cultivo de café. Las vías de acceso se han mejorado para permitir el ingreso de las personas que desean visitarlo, pero aún no se puede llegar en vehículo ni motocicleta. Los habitantes de la zona han habilitado diferentes rutas de ingreso y para ello han construido puentes sobre la quebrada Moscopán para disminuir el tiempo y los riesgos de los visitantes al ecosistema. El termal se localiza en un predio privado que mantiene el ecosistema protegido de un daño ambiental severo por parte de la acción humana masiva. El ecosistema es frecuentado por habitantes de la región y por estudiantes y docentes de las instituciones educativas de los municipios de La Plata y La Argentina, con el propósito de adelantar actividades no solo recreativas y turísticas, sino también de investigación del termal propiamente dicho y del entorno que lo rodea. Se observa a menudo contaminación orgánica (residuos de alimentos) e inorgánicas (empaques plásticos) en el agua, por falta de conciencia ambiental de los visitantes al lugar y por la escases de lugares apropiados para depositarlos. La intención de adelantar proyectos de carácter piscícola por medio de lagos se desecha debido a la alta inversión económica requerida y la falta de investigaciones serias acerca del verdadero potencial en términos físicoquímicos, biológicos y limnológicos de sus aguas termales. La Administración Municipal de La Plata intencionaliza la voluntad política de llevar a cabo actividades ecoturísticas en el ecosistema a través del POT.

Escenario de futuro de tendencias actuales o “de los mismos con las mismas” (E_f), de 2015 a 2024: El ecosistema termal San Sebastián presenta una dinámica ambiental intervenida, en donde el entorno natural se ha visto disminuido por la tala indiscriminada de árboles, que ha derivado en una disminución de las especies de animales por la destrucción de su hábitat. De igual manera, la ampliación de la frontera agrícola con cultivos como el café y los frutales han modificado el escenario natural. Las rutas de acceso han mejorado el flujo de visitantes, lo cual permite que la afluencia de personas al lugar aumente considerablemente. El ingreso de personas al lugar se realiza a pie por senderos que no permiten la entrada de vehículos ni motocicletas. Los visitantes al ecosistema presentan un bajo nivel de conciencia ambiental, que se manifiesta en la cantidad de material de origen orgánico e inorgánico que contamina las aguas. La investigación de las potencialidades del ecosistema en términos ecoturísticos, físicoquímicos, biológicos y limnológicos aún es incipiente pese al interés de algunos estudiantes y docentes de instituciones educativas y universidades por adelantar proyectos ambientales escolares y de trabajos de grados respectivamente. El municipio de La Plata por medio de las iniciativas contempladas en su POT pretende adquirir el predio privado donde se localiza el ecosistema termal, sin embargo la falta de acuerdo y entendimiento entre las partes, no permite que esta actividad se lleve a cabo.

Escenario de futuro optimista (E_o), de 2015 a 2024: El ecosistema termal San Sebastián presenta una dinámica ambiental equilibrada en donde se mantiene la diversidad natural en términos de flora y fauna. Las vías de acceso al lugar permiten que los visitantes puedan ingresar al termal sin problemas, por senderos peatonales y en vehículo o motocicleta sin restricción alguna y de forma segura. El predio ya no es privado y es administrado por el municipio de La Plata para llevar a cabo en el proyecto

de carácter ecoturístico y científico en convenio con entidades públicas y privadas. Tanto las instituciones educativas como las universidades realizan investigación en el ecosistema en la modalidad de proyectos ambientales escolares y de trabajo de grado a nivel de pregrado y postgrado, lo que permite identificar sus potencialidades en diferentes aspectos en el ámbito ecosistémico y sostenible. El ecosistema termal tiene reconocimiento legal y académico por parte de la comunidad. Esta condición permite que los habitantes de la zona y sus visitantes tengan una conciencia ambiental disminuyendo los niveles de contaminación en el lugar.

Escenario de futuro pesimista o catastrófico (E_c), de 2015 a 2024: El ecosistema termal San Sebastián presenta una dinámica ambiental desequilibrada, que se ve reflejada en una disminución considerable de plantas y animales. Los problemas de deforestación son evidentes y la expansión de la frontera agrícola se ha salido de control, sin tener en cuenta los problemas de erosión que se pueden desencadenar. Las vías de acceso al lugar se encuentran en mal estado, son inseguras y representan un riesgo para los visitantes; no es posible acceder al lugar en vehículo o motocicleta. El predio sigue siendo privado lo que dificulta que la administración municipal pueda invertir recursos económicos, ni intervenir en el para adelantar proyectos con fines ecoturísticos y de investigación. No existen investigaciones por parte de instituciones educativas ni de universidades que permitan identificar en la termal la potencialidad ecológica o natural para su aprovechamiento. Los visitantes al lugar no tienen conciencia ambiental de conservación, lo que se ve reflejado en el aumento de la contaminación ambiental en el sitio por desechos orgánicos e inorgánicos. Los visitantes al lugar provienen de los municipios de La Plata y La Argentina y continúan con sus actividades recreativas como única forma de aprovechamiento del ecosistema sin tener en cuenta otra forma de utilización del sitio.

Escenario de futuro gestionado y concertado (E_g), de 2015 a 2024: El ecosistema termal San Sebastián presenta una dinámica ambiental equilibrada, en donde las actividades humanas están en concordancia con el proceso natural del sitio. Se han diseñado planes y programas de carácter sostenible, debido a que el predio donde se localiza el ecosistema está bajo el control de la Administración Municipal de La Plata, la cual ha suscrito diferentes convenios interadministrativos con entidades públicas y privadas para el aprovechamiento del termal, en términos de investigación y ecoturismo. El manejo gubernamental se ve reflejado en un mejoramiento de la infraestructura vial y de servicios a la comunidad, la cual reconoce al ecosistema como un lugar importante y estratégico para el municipio por los servicios ambientales que ofrece. Tanto los estudiantes como los docentes de las instituciones educativas y las universidades de la zona realizan prácticas de campo y proyectos de investigación en el ecosistema, lo que permite un reconocimiento legal y académico del lugar.

Con base en el texto correspondiente a la descripción de los escenarios, las Tablas 42 y 43 muestran la calidad ambiental de los criterios y problemas seleccionados.

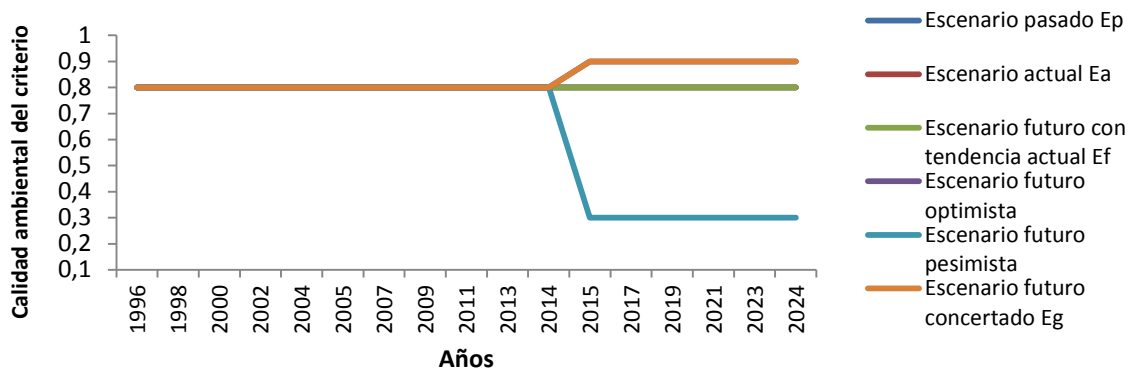
Tabla 42. Calidad ambiental de los criterios ecológicos y socioculturales, del ecosistema termal San Sebastián, en diferentes escenarios.

Escenario	Calidad ambiental* del criterio C_i				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Escenario del pasado (E_p)	0.8	0.2	0.2	0.1	0.1
Escenario actual o contemporáneo (E_a)	0.8	0.4	0.5	0.2	0.2
Escenario de futuro de tendencias actuales o “de los mismos con las mismas” (E_f)	0.8	0.5	0.6	0.3	0.2
Escenario de futuro optimista (E_o)	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7
Escenario de futuro pesimista o catastrófico (E_c)	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
Escenario de futuro gestionado y concertado ($E_{g,}$)	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7
*Calidad ambiental del criterio C_i en la escala de 0,0 a 1.0; es decir, desde criterio no representado a criterio muy bien representado.					

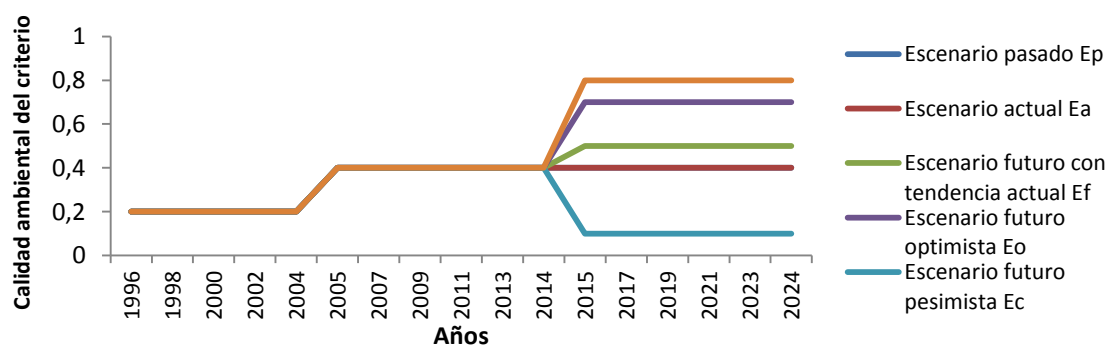
Tabla 43. Calidad ambiental de los problemas, del ecosistema termal San Sebastián, en diferentes escenarios.

Escenario	Calidad ambiental* del problema P_m				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
Escenario del pasado (E_p)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.6
Escenario actual o contemporáneo (E_a)	0.4	0.4	0.6	0.7	0.5
Escenario de futuro de tendencias actuales o “de los mismos con las mismas” (E_f)	0.4	0.3	0.5	0.7	0.5
Escenario de futuro optimista (E_o)	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8
Escenario de futuro pesimista o catastrófico (E_c)	0.3	0.2	0.3	0.5	0.4
Escenario de futuro gestionado y concertado ($E_{g,}$)	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
*Calidad ambiental del problema P_m en la escala de 0,0 a 1,0; es decir, desde problema muy grave a problema inexistente.					

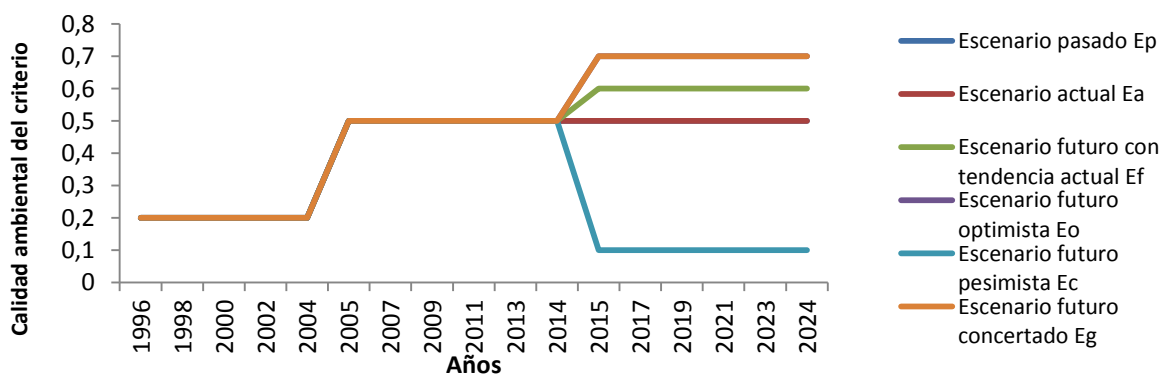
La representatividad de los valores de calidad ambiental de los criterios y problemas se muestra en las Figuras 39 y 40



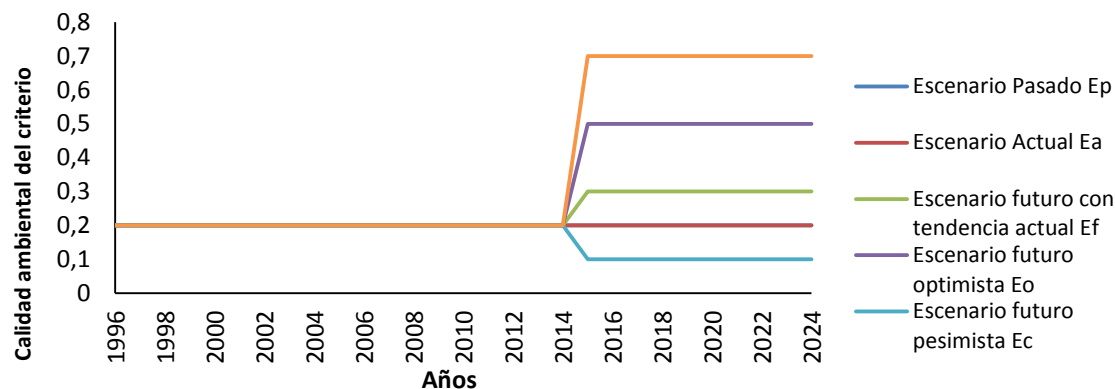
A.



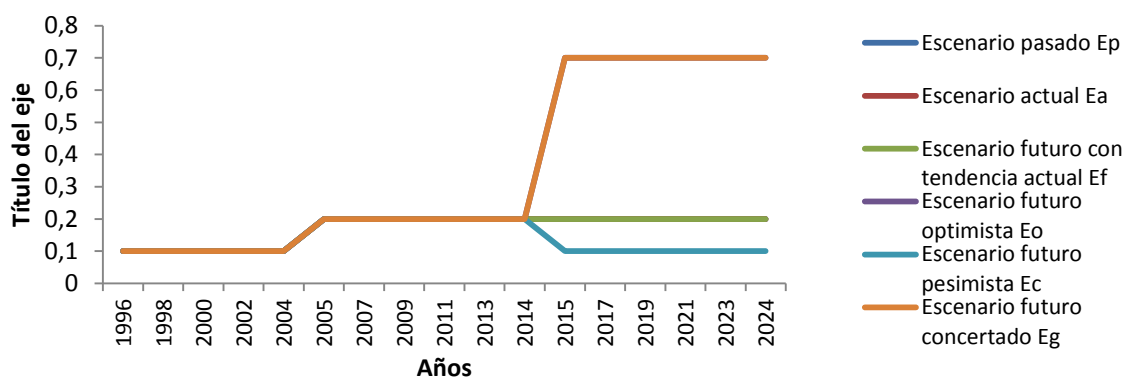
B.



C.

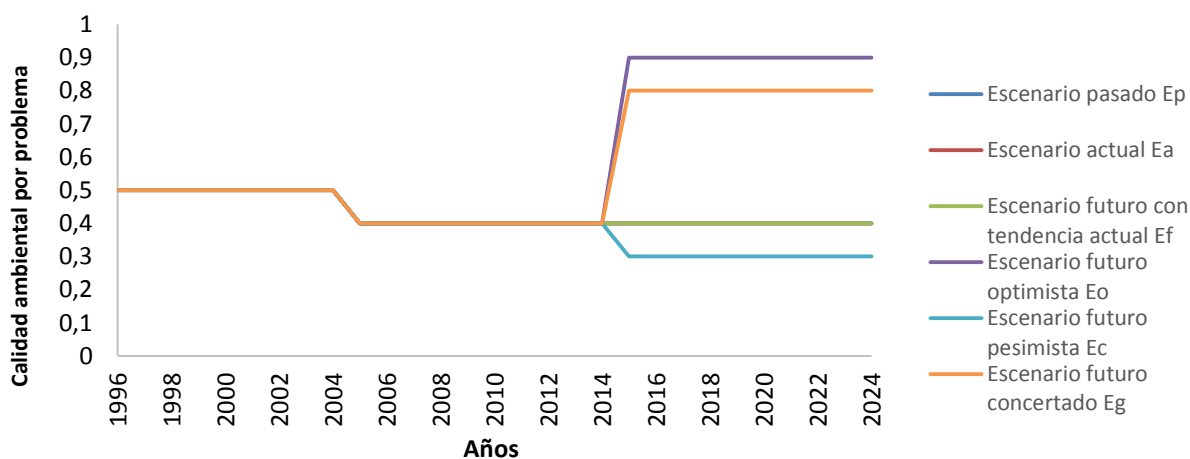


D.

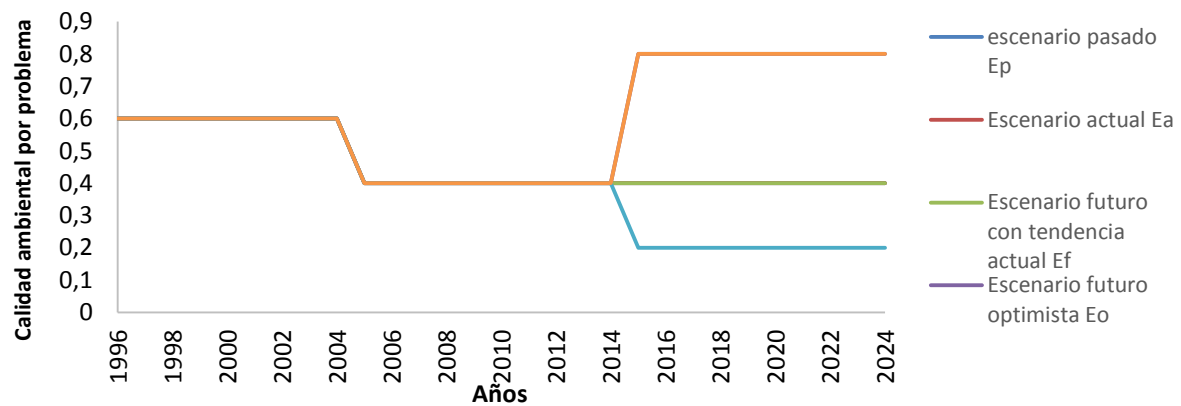


E.

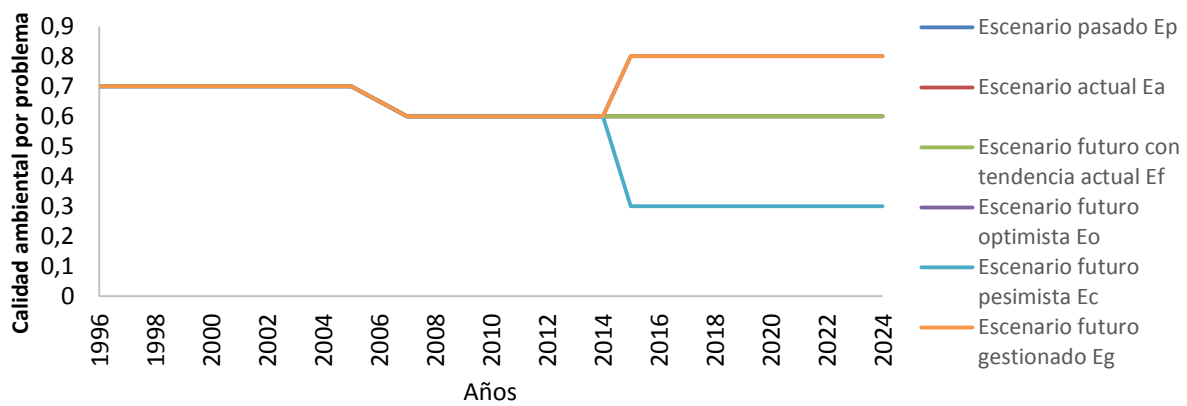
Figura 39. Valores de calidad ambiental de los criterios seleccionados en los escenarios propuestos a partir del plan de gestión ambiental. A) C14 Turismo y recreación. B) C13 Actividades académicas y científicas. C) C4 Agua para consumo humano. D) C3 Pesca y acuicultura. E) C11 Reconocimiento legal y académico.



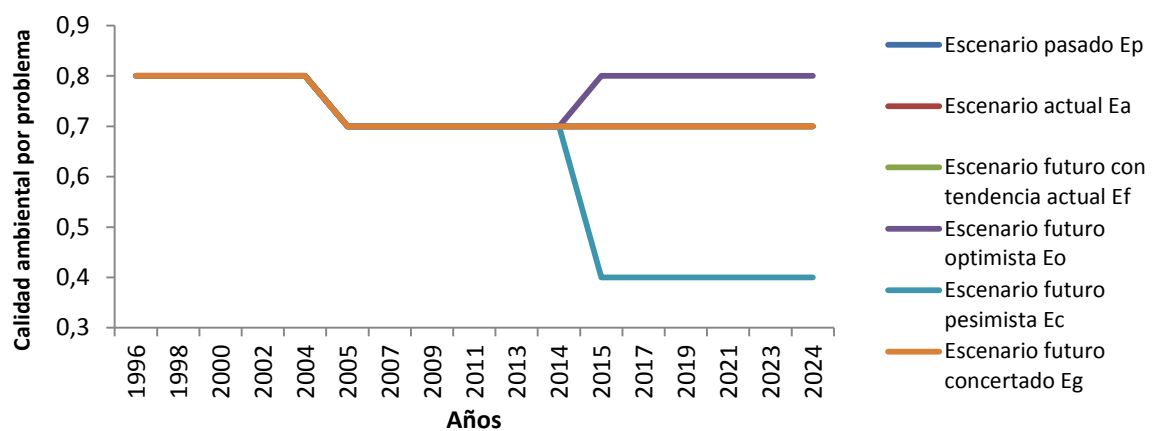
A.



B.



C.



D.

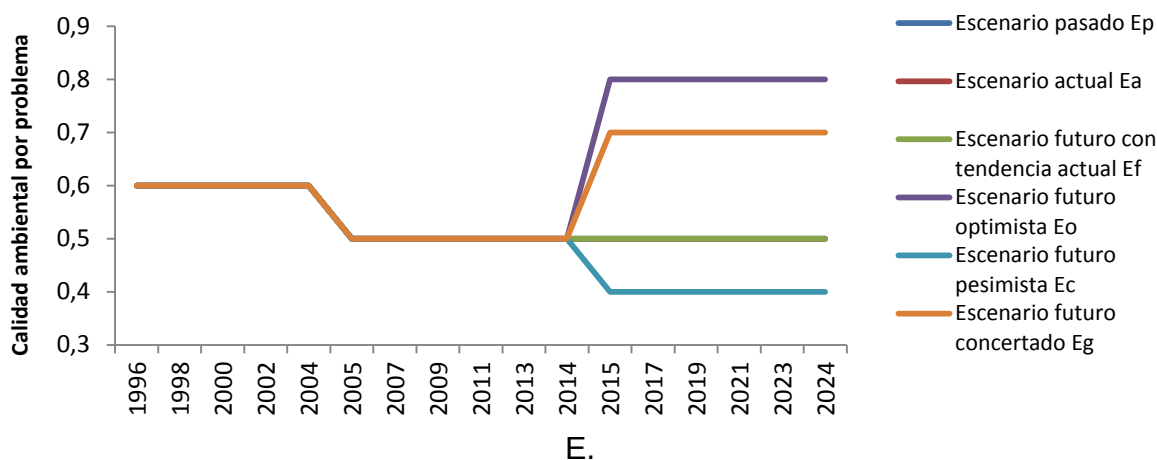


Figura 40. Valores de calidad ambiental de los problemas asociados a los criterios seleccionados en los escenarios propuestos a partir del plan de gestión ambiental. A) P1 Vías de acceso. B) Desconocimiento del valor ecoturístico. C) P3 Contaminación hídrica. D) P4 Aprovechamiento piscícola. E) P5 Falta de investigación.

5.5. Propuesta de plan de manejo preliminar de gestión ambiental.

A partir de los cinco criterios y los cinco problemas seleccionados, y teniendo en cuenta el escenario de futuro gestionado y concertado, se formularon entre tres y cinco objetivos del plan de manejo simplificado, de tal manera que, en conjunto, se consideraron en su totalidad tales criterios y problemas. Los objetivos se presentan en la Tabla 44.

Tabla 44. Objetivos del plan de manejo simplificado para el ecosistema termal San Sebastián.

Código (O _n)	Objetivos	Criterios que se maximizan (C _i)	Problemas que se minimizan (P _m)
	Enunciado		
O ₁	Maximizar las potencialidades naturales para incentivar el ecoturismo	C ₁₄ , C ₄	P ₁ , P ₂
O ₂	Maximizar la cantidad, calidad y uso eficiente del agua	C ₄ , C ₃ , C ₁₄	P ₂ , P ₃ , P ₄
O ₃	Minimizar las actividades antrópicas que afecten el equilibrio natural para mejorar los procesos ecológicos	C ₄ , C ₃ , C ₁₄ , C ₃	P ₂ , P ₃ , P ₄
O ₄	Maximizar la investigación para potenciar el uso adecuado del agua	C ₁₄ , C ₁₃ , C ₄ , C ₃ , C ₁₁	P ₂ , P ₃ , P ₄ , P ₅

En concordancia con los objetivos O_n , se formularon entre tres y cinco hipótesis, las cuales se presentan en la Tabla 45.

Tabla 45. Hipótesis del plan de manejo simplificado para el ecosistema termal San Sebastián.

Hipótesis			O_n que se cumplir án	C_i que se maximi- zarán	P_m que se minimi- zarán
Código (H_i)	Forma	Enunciado			
H_1	$p1 \wedge p2 \rightarrow Q$	Si se establece una verdadera conciencia ambiental ciudadana sobre el cuidado y conservación de los recursos naturales en términos de utilización razonable y sostenible de los mismos a través de acompañamiento permanente de entidades públicas y privadas; si se mejoran las vías de acceso al ecosistema, entonces se maximizarán las potencialidades naturales para incentivar el ecoturismo	O_1	C_{14}, C_4	P_1, P_2
H_2	$p1 \wedge p2 \rightarrow Q$	Si se construyen obras de infraestructura de captación y transporte de agua; si se realiza monitoreo permanente al recurso hídrico en términos físicoquímicos y biológicos, entonces se maximizará la cantidad, calidad y uso eficiente del agua.	O_2	$C_4, C_3,$ C_{14}	$P_2, P_3,$ P_4
H_3	$p1 \wedge p2 \rightarrow Q$	Si se adquiere el predio donde se localiza el ecosistema termal por parte de la Administración Municipal de La Plata; se designa un funcionario para su cuidado y conservación, entonces se minimizarán las actividades antrópicas que afecten el equilibrio natural para mejorar los procesos ecológicos	O_3	$C_4, C_3,$ C_{14}, C_3	$P_2, P_3,$ P_4
H_4	$P \rightarrow Q$	Si se incentiva el interés investigativo a nivel de educación básica, media y superior en términos de ecología y biodiversidad, entonces se maximizará la investigación para potenciar el uso adecuado del agua.	O_4	$C_{14},$ $C_{13}, C_4,$ C_3, C_{11}	$P_2, P_3,$ P_4, P_5

Para cada hipótesis se propuso el nombre de tres proyectos con los cuales se cumplirá de manera significativa la correspondiente hipótesis H_r , se maximizarán los criterios y se minimizarán los problemas respectivos. Se escribió el nombre de tales proyectos en la Tabla 46.

Tabla 46. Lista de proyectos por hipótesis.

Hipótesis (H_r)	Proyecto	
	Código (Py_s)	Nombre
H_1	Py_1	Construcción y habilitación de la vía de acceso al termal San Sebastián
	Py_2	Capacitación ciudadana en cultura y educación ambiental
	Py_3	Construcción de infraestructura turística y recreativa
H_2	Py_1	Construcción de obras de captación y conducción de agua
	Py_1	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del agua termal
	Py_1	Monitoreo permanente a la calidad del agua
H_3	Py_1	Compra del predio San Sebastián por parte del municipio de La Plata
	Py_2	Contratación de un funcionario para la protección del ecosistema termal
	Py_3	Cerramiento del área del ecosistema termal
H_4	Py_1	Implementación de la investigación como estrategia pedagógica y científica
	Py_1	Desarrollo de proyectos ambientales escolares y de servicio social
	Py_1	Formulación de trabajo de investigación a nivel de pregrado y postgrado

Una vez se estableció el nombre de los proyectos, éstos se agruparon por afinidad temática en programas, de acuerdo con lo consignado en la Tabla 47.

Tabla 47. Lista de programas y proyectos del plan de manejo preliminar.

Programa		Proyecto	
Código (Pg_t)	Nombre	Código (Py_s)	Nombre
Pg_1	Ecoturismo recreación sostenible y	Py_1	Construcción y habilitación de la vía de acceso al termal San Sebastián
		Py_2	Capacitación ciudadana en cultura y educación ambiental
		Py_3	Construcción de infraestructura turística y recreativa
Pg_2	Agua saludable termal	Py_1	Construcción de obras de captación y conducción de agua
		Py_2	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del agua termal

		Py ₃	Monitoreo permanente a la calidad del agua
Pg ₃	Conservación de ecosistemas estratégicos	Py ₁	Compra del predio San Sebastián por parte del municipio de La Plata
		Py ₂	Contratación de un funcionario para la protección del ecosistema termal
		Py ₃	Cerramiento del área del ecosistema termal
Pg ₄	Investigación ecosistémica	Py ₁	Implementación de la investigación como estrategia pedagógica y científica
		Py ₂	Desarrollo de proyectos ambientales escolares y de servicio social
		Py ₃	Formulación de trabajo de investigación a nivel de pregrado y postgrado

El ecosistema termal San Sebastián es un espacio natural poco intervenido que se localiza en un predio privado de la finca del mismo nombre perteneciente al señor Luis Quintero. De acuerdo al POT del municipio de La Plata está considerado como un lugar de interés ecoturístico y recreativo, lo que permite inferir una intencionalidad clara por parte del Estado para que en un futuro este espacio natural sea considerado como un ecosistema estratégico municipal. Sin embargo, al desconocerse las potencialidades ecológicas no se ha tenido un aprovechamiento real en términos ecosistémicos.

La propuesta de gestión ambiental planteada de acuerdo a la metodología del grupo ECOSUR de la Universidad Surcolombiana identifico como criterios ecológicos y socioculturales el turismo y la recreación, la disponibilidad del agua para consumo y humano y para actividades piscícolas y las actividades académicas y científicas, que a la postre permitan un reconocimiento legal y académico del ecosistema.

El escaso conocimiento científico del ecosistema termal no ha permitido que su estado ecológico se conserve y por ende sobre la importancia necesaria para la comunidad que lo visita con frecuencia. El presente estudio permitió identificar una variedad de organismos perifíticos que permiten inferir un espacio natural único, con algas que han sido reportadas en otros sistemas naturales similares en Colombia y que en la actualidad se está aprovechando de forma ecosistémica. Aunque la investigación realizada no contemplo la identificación mineral de las aguas, ni su poder medicinal y curativo, si permite potenciar el ecosistema desde el punto de vista ficológico, el cual requiere un mayor nivel de estudio.

Ante este panorama el interés de la comunidad entrevistada radica en el hecho de que se conoce el sistema termal, pero no existe en la administración municipal un verdadero compromiso y voluntad política por potencializar el sitio como un espacio que genere oferta de servicios ecoturísticos y recreativos. Se observa como la falta de infraestructura, vías de comunicación y compra de predios que permitan ejercer un control total sobre el termal, los factores que imposibilitan que este escenario ambiental

cobre una importancia dentro de la comunidad. Aunque el sistema no está intervenido de manera drástica por el hombre, si preocupa la continua expansión de la frontera agrícola, representada en cultivos permanentes como el café y frutales, que pueden poner en riesgo la fragilidad del ecosistema.

El análisis retrospectivo y prospectivo del ecosistema permitió identificar diferentes escenarios en donde se planteó la necesidad de promover programas tendientes a construir la infraestructura física necesaria para ofrecer servicios ecoturísticos y recreativos, la compra de los predios en el área de influencia del sistema termal con el objetivo de manejar el ecosistema como un espacio natural que debe conservarse pero también aprovecharse en términos sostenibles, adelantar en conjunto con las instituciones educativas del nivel de básica, media y superior, proyectos de investigación de carácter biológico y limnológico, que permita identificar las verdaderas potencialidades del termal en diferentes ámbitos, como su utilización en actividades agropecuarias y como fuente de abastecimiento de agua potable. De esta manera, la comunidad puede apropiarse del ecosistema y reconocerlo como un ecosistema estratégico dando la importancia que se merece.

Atendiendo a esta finalidad, como componente de gestión ambiental, se diseñó el catálogo de algas perifíticas identificadas en el periodo de estudio, con el fin de que los pobladores de la zona y los que visitan con frecuencia el ecosistema termal, conozcan cuales son los organismos perifíticos que se hallan en el lugar, sus características pero sobre todo, la importancia ecológica que tienen para el equilibrio hídrico natural y la oferta ecosistémica que ofrece para los visitantes. Esta información es muy importante ya que se constituye en el punto de partida de socialización a la comunidad en general a cerca de la fragilidad del ecosistema termal, y que por consiguiente debe ser protegido y conservado en el tiempo, sin dejar de lado que bajo prácticas responsables y sostenibles, es posible su aprovechamiento (Anexo 12).

Adicional a este catálogo, se elaboró un plegable educativo con el fin de los visitantes del termal conocieron la dinámica algal en espacio y tiempo y se ilustraran a cerca de la importancia que tiene para la ecología de un ecosistema, el estudio de las algas, que para muchos es desconocido. La información hace énfasis en la protección del ecosistema y a la sensibilización para no contaminar el agua termal, garantizando de esta manera la colonización natural sin intervención de las algas en su ambiente natural, y por ende, el equilibrio ecológico del mismo (Anexo 13).

6. DISCUSION

A continuación se discuten los tres ejes principales sobre los cuales se desarrolló el presente trabajo: ambiente fisicoquímico, microalgas perifíticas y la implementación de la propuesta de gestión ambiental del ecosistema termal.

6.1. Sucesiones ecológicas de las microalgas perifíticas.

La mayor riqueza de las microalgas perifíticas se registró en el punto 3 (P3) con 21 morfoespecies, mientras que los puntos 2 (P2) y 1 (P1), presentaron riqueza proporcional (18 y 17 morfoespecies respectivamente). En el P1 se destaca la presencia de la morfoespecie *Frustulia sp*, que se adapta a condiciones de baja conductividad; lo anterior se explica debido a que el punto 1 registro las menores valores de conductividad (628,14 $\mu\text{S/cm}$) en comparación con los demás puntos de muestreo. En el P2 se destaca la presencia de *Trachelomonas armata*, la cual es una microalga susceptible a altas concentraciones de sedimentos; su presencia se explica en el hecho de que el punto 2 presentó los niveles más bajos de Solidos Suspendidos Totales (2,89 mg/L) en comparación con los demás puntos de muestreo. En el punto 3 (P3)

Es natural que las diatomeas se encuentren mejor representadas en este tipo de ambientes extremos ya que poseen un exoesqueleto de sílice, el cual es un elemento abundante en la mayoría de las aguas y además es el constituyente común de las rocas ígneas, cuarzo y arena, las aguas volcánicas también lo contienen en abundancia. También es común que la mayoría de las morfoespecies de diatomeas registradas sean de la forma penales, ya que comparada con las céntricas se encuentran morfológicamente mejor adaptadas. (Moschini, 1999).

Las cianobacterias representaron las divisiones dominantes dadas las condiciones térmicas y fisicoquímicas extremas en algunas variables. Una posible causa del desarrollo de las cianobacterias en el sistema acuático termal es la limitación de nutrientes, especialmente nitrógeno, su capacidad para fijar el nitrógeno molecular, su capacidad para migrar a lo largo de la columna de agua para tener acceso a los nutrientes y su competencia exitosa frente a otras algas más grandes por su alta relación superficie – volumen. (Wenzel & Díaz, 2008).

Cuando los ambientes sufren cambios bruscos, ya sea por las intervenciones antrópicas o propias del sistema, las especies deben usar ambientes diferentes para subsistir e igualmente las perturbaciones interrumpen el curso sucesional normal; por tanto, los procesos en el ecosistema son independientes de las densidades poblacionales (Margalef, 1983). Esto explica que en un comienzo los primeros muestreos presentaron una gran abundancia de las algas perifíticas, sobre todo las cianobacterias y en menor proporción las diatomeas, la cual se mantuvo en constante crecimiento hasta el mes de abril de 2014 cuando disminuyo, por razones antrópicas derivadas de la utilización del ecosistema termal en actividades recreativas y turísticas y por la capacidad tope de carga del sustrato de colonización. Se puede inferir que

durante el mes de abril de 2014, el ecosistema termal alcanzo su máximo nivel de colonización perifítica, es decir, pasados cuatro meses después de colocar los soportes de colonización, razón por la cual es un etapa crítica para que los habitantes que usan con frecuencia este ecosistema limiten usarlo en actividades recreativas, ya cualquier perturbación en la calidad del agua, afectaría la riqueza y abundancia de las algas perifíticas.

Las diatomeas y las cianobacterias desarrollan filamentos sencillos, ramificados y células especiales para la fijación; la extensión de este filamento ayuda a que el organismo utilice otros volúmenes de agua conservando siempre la relación superficie/volumen (Margalef, 1983).

Euglenophyceae presentó una abundancia baja y su presencia en los muestreos fue pobre y esporádica. Este comportamiento se debe a que la mayoría de sus géneros son organismos planctónicos, lo que su presencia en el bentos es considerada como accidental (Andramunio, 2008).

Para los seis muestreos distribuidos en los tres puntos del ecosistema termal San Sebastián, la abundancia relativa fue mayor con el incremento de la edad de sucesión y este aumento estuvo influenciado principalmente por microalgas dominantes. Las clases dominantes fueron *Cyanophyceae* (cianobacterias) y *Bacillariophyceae* (diatomeas) representadas en las morfoespecies *Oscillatoria sp*, *Chroococcus turgidus*, *Navícula sp* y *Eunotia sp*, tanto para período de aguas altas como para aguas bajas. Estas morfoespecies mantuvieron poblaciones con densidades altas. Teniendo en cuenta información de diferentes latitudes, el estado sucesional se puede relacionar como tipo I y II, en donde a pesar de que las *Cyanophyceae* dominan todo el tiempo, en la etapa intermedia del período de estudio, se presenta un pulso entre estas y las *Bacillariophyceae*.

Las *Cyanophyceae* y las *Bacillariophyceae* presentaron las mayores abundancias debido a su alta capacidad de adaptabilidad para vivir en condiciones extremas donde la temperatura es limitante (Salazar *et al*, 2011). La presencia temprana o pionera de *Oscillatoria sp* se debe a que es una microalga que posee la facultad de adaptarse a diversas condiciones fisicoquímicas del agua (pH, conductividad, temperatura), y de fijarse a diferentes tipos de sustratos (lodos, rocas). Es considerada además como una alga cosmopolita. Por su parte, *Chroococcus turgidus* es una especie muy distribuida en lagos y charcas poco profundas y con amplio rango de pH, dureza y nutrientes (Guiry, 2017). Generalmente se mezcla con otras especies, con rareza se encuentra solitaria y es conocida en Japón, Norteamérica y Europa en temperaturas de hasta 45°C (López *et al*, 2015). *Navícula sp* es una morfoespecie cosmopolita, presente en cuerpos de agua dulce o salada (www.sib.gov.ar), considerada como una diatomea oportunista de bajo perfil que inmoviliza los rafeos y mantiene al alga pegada al sustrato, lo que la convierte en un género de fase bidimensional (Andramunio, 2009). *Eunotia sp* se caracteriza por ser una morfoespecie con alta tolerancia a cambio de conductividad y pH (ácido-alcálico), facilidad para colonizar ambientes por su rápido crecimiento formando parches, aumentando progresivamente su densidad (Gantiva, 2000).

El muestreo 1 (M1) presentó un dominio proporcional entre las clases *Cyanophyceae* y *Bacillariophyceae*, destacando la presencia de las morfoespecies *Oscillatoria sp*, *Chroococcus turgidus*, *Navícula sp* y *Eunotia sp*, donde se presentaron valores altos de alcalinidad, oxígeno disuelto y pH. El índice de biodiversidad de Shannon Wiener (1,66 bits/ind) reflejó un ecosistema termal medianamente equitativo, un Índice de Equidad de Pielou (0,64) que indica un ecosistema con abundancia similar entre las diferentes morfoespecies de microalgas perifíticas y un índice de dominancia de Simpson (0,47) donde no existe con claridad una dominancia específica de una morfoespecie. Las morfoespecies *Phormidium sp*, *Pseudanabaena sp* y *Cosmarium sp*, aparecieron de manera esporádica y con escasa abundancia. La microalga perifítica *Phormidium sp* es una morfoespecie reconocida en ambientes extremos (termales), mientras que *Pseudanabaena sp* y *Cosmarium sp*, son poco conocidas en este tipo de ecosistemas (Guiry, 2017). La microalga perifítica *Pseudanabaena sp* ha sido descrita como característica de ambientes termales por su condición de organismos oxifotótrofos que toleran temperaturas muy elevadas (López et al, 2016). La presencia de *Cosmarium sp* en este período de colonización puede considerarse como atípico ya que es considerada como un organismo perifítico de poblamiento tardío (Martínez y Donato, 2003).

El muestreo 2 (M2) permitió determinar que las diatomeas superaron en número de morfoespecies a las cianobacterias. La morfoespecie *Navícula sp*, no presentó registro dando paso a las morfoespecies *Pinnularia sp* y *Amphora sp*. También se encontraron las microalgas *Cymbella sp*, *Closteríopsis sp*, *Surirella sp* y *Stenopterobia sp*. La morfoespecie *Cymbella sp* es común en aguas alcalinas o básicas, presentando formas de cordones o almohadillas como estrategia de adherencia (Margalef, 1983), adaptada a sistemas acuáticos con alta conductividad y abundante en época de lluvias altas con una correlación positiva con la temperatura, preferiblemente cálidas y poco contaminadas (Michels et al, 2006). La microalga *Surirella sp* considerada como colonizadora intermedia prefiere aguas ácidas preferiblemente salobres (Guiry, 2017) por lo que su presencia en el ecosistema termal puede considerarse como atípica dado el alto valor del pH registrado durante el estudio. Investigadores como Duque y Donato, (1992) relacionan especies como *Pinnularia sp* y *Surirella sp* a pH bajos en asocio con algas del género *Eunotia sp* que soportan ciertos incrementos en concentración de nutrientes. Por su parte, *Stenopterobia sp* es típica de aguas poco profundas y sensible a la contaminación (www.biodiversidadvirtual.org), razón por la cual su registro indica que el ecosistema termal no presenta niveles altos de contaminación orgánica. De igual manera, está relacionada con la presencia de cloruros y es susceptible a cambios en el pH (Charles, 1985). Lo anterior coincide con las condiciones fisicoquímicas del ecosistema termal para estas dos variables, ya que de acuerdo al Sistema Geológico Colombiano (2017), las aguas del termal son consideradas como cloruradas y el pH no sufrió mayores alteraciones en su indicación alcalina.

En el muestreo 3 (M3) las diatomeas superaron a las cianobacterias en cuanto a riqueza. Se registró de nuevo la morfoespecie *Navícula sp*, y la microalga *Nitzschia sp*, la cual aunque se considera una morfoespecie colonizadora primaria (Martínez y

Donato, 2003) solo hasta esta etapa intermedia se registró. Se presentó el mayor número de morfoespecies de todo el período de estudio, así como el mayor valor de diversidad (1,72) y el menor de dominancia (0,43). La microalga *Nitzschia sp* pese a su estado de indefensión logra adaptarse a condiciones extremas de salinidad y de contaminación orgánica, por lo que es muy usada como bioindicadora de contaminación (www.flickr.com). Se destaca la presencia de la cianobacteria *Anabaena sp*, la cual pese a ser una microalga que tolera temperaturas superiores a los 70°C, no registro valores de abundancia significativos sino hasta esta etapa del estudio. La especie *Trachelomonas armata* pese a que presentó baja abundancia, es una buena indicadora de concentraciones de hierro. De igual manera, la baja abundancia de esta especie puede estar relacionada con las altas concentraciones de sedimentos que limitaron el crecimiento (Morales y Peña, 2008), dado los altos valores de los sólidos suspendidos totales registrados.

El muestreo 4 (M4), presentó la mayor cantidad de organismos perifíticos (910 organismos) en el cual la riqueza de las diatomeas fue mayor (12 morfoespecies) y se caracterizó por presentar el mismo patrón de colonización precedente en donde las diatomeas (*Navícula sp* y *Eunotia sp*) y cianobacterias (*Oscillatoria sp* y *Chroococcus turgidus*) continúan su colonización a tope. No obstante, se registró un descenso en la abundancia de *Pinnularia sp* que puede estar relacionada con una disminución de nutrientes en el ecosistema termal, producto de la precipitación, la cual fue la más alta durante el período de estudio. También se registra presencia de la morfoespecie *Gomphonema sp* la cual es considerada como una microalga de colonización intermedia, que tolera ciertos grados de alcalinidad (Morales y Peña, 2008)

El muestreo 5 (M5) presentó dominancia de las cianobacterias (*Oscillatoria sp* y *Chroococcus turgidus*), continuando el mismo patrón de sucesión perifítica de los muestreos anteriores. Destaca la presencia de todas las morfoespecies reportadas (12) con dominancia marcada de *Navícula sp*, *Nitzschia sp* y *Amphora sp*. Se registró el mayor número de morfoespecies (22) de las 25 reportadas, lo que indica que representó el 88% de la riqueza perifítica. Lo anterior puede estar relacionado con el tope máximo de capacidad de carga de los sustratos (Osorio et al, 2014). Se destaca el registro de morfoespecies de colonización tardía como *Gomphonema sp*, *Tryblionella sp*, *Oedogonium sp* y *Ulothrix sp* (Martínez y Donato, 2003), así como de la diatomea *Frustulia sp*. Las condiciones fisicoquímicas del agua variaron notablemente ya que la alcalinidad, el oxígeno disuelto y la conductividad presentaron valores bajos de concentración, aunque la dureza fue alta. La baja conductividad en el ecosistema termal permitió el desarrollo de la microalga *Frustulia sp*. (Spaulding y Edlund, 2008), y es considerada como una buena indicadora de la calidad del agua (Céspedes, 2014). La morfoespecie *Tryblionella sp* prefiere ambientes ligeramente básicos (Céspedes, 2014), por lo cual su desarrollo en el ecosistema termal se ve beneficiado dada la alcalinidad del agua. Por su parte, *Oedogonium sp*, es típica de aguas poco profundas y tiene la capacidad de adherirse al sustrato inorgánico mediante una celda de retención basal (Guiry, 2017).

El muestreo 6 (M6) se caracterizó por regresar a las etapas iniciales de sucesión donde las cianobacterias dominan el ensamble perifítico sobre las diatomeas. Las morfoespecies *Oscillatoria sp* y *Chroococcus turgidus* presentaron un patrón de colonización similar al muestreo 1, destacando su capacidad de adherencia a varios tipos de sustratos y a cambios de pH (Morales y Peña, 2008). Las concentraciones altas de nutrientes, la disminución de las precipitaciones y niveles del agua intermedios y el aumento de la temperatura del agua favorecen el desarrollo de las cianobacterias. (Montoya, 2013). Se destacó la presencia de la diatomea *Pinnularia sp*, la cual soporta bajas concentraciones de nutrientes y se adapta a diferentes irregularidades hidrológicas y a fluctuaciones de conductividad y temperatura (Palmer, 1969, Trobajo, 2003). Junto con *Navícula sp* y *Nitzschia sp*, estas microalgas han sido descritas como diatomeas heterotróficas facultativas, permitiendo su reproducción en ambientes extremos, lo que le da una variabilidad morfológica muy acusada que dificulta en gran medida su determinación taxonómica (Trobajo, 2003).

El índice de diversidad de Shannon calculado para el ecosistema termal San Sebastián presentó valores bajos entre 1 y 2 bit/ind, que representa un ecosistema con poco diverso. Por su parte el índice de dominancia de Simpson registro valores bajos sobre todo en el punto 2, en comparación con el punto 1 que registro los mayores. Los valores encontrados para este índice permitieron determinar la posibilidad entre un 42 a 82% de probabilidad de extraer dos individuos de la misma especie en un muestreo. El índice de equidad de Pielou presentó valores promedio altos al inicio del estudio los cuales fueron estabilizándose en términos medio al final. Este índice presentó su mayor valor en el punto 1 durante los dos primeros muestreos, mientras que el punto 1 en el penúltimo muestreo el más bajo de todo el período de estudio. De esta manera se puede inferir que el termal presenta bajos niveles de equitatividad.

Estos índices muestran que las microalgas perifíticas son poco diversas y de baja proporcionalidad, en otras palabras, con una baja dominancia de morfoespecies. Lo anterior se explica dadas que las condiciones ambientales y fisicoquímicas permanecieron poco intervenidas y con acción antrópica baja durante el período de estudio. La dominancia está marcada por la clase *Cyanophyceae* en todos los puntos y muestreos realizados con alternancia conjunta con las diatomeas.

El análisis de varianza ANOVA no paramétrico aplicado a las clases de algas perifíticas registro diferencia estadística significativa entre las clases *Bacillariophyceae*, *Trebouxiphyceae* y *Chlorophyceae* para los dos sustratos utilizados en el período de estudio. La presencia de las anteriores clases fue más alta en el sustrato artificial en comparación con el sustrato natural, lo que permite inferir que presentan una mayor adherencia a la lámina de cerámica blanca. En cuanto a los puntos de muestreo la clase *Bacillariophyceae* fue la única que presentó diferencias significativas, indicando que el mayor promedio de morfotipos se localizó en el punto 3.

El método de aglomeramiento jerárquico permitió obtener 8 grupos relativamente homogéneos según las abundancias de las morfoespecies. Sin embargo los clúster 2, 4, 5 y 6 están conformados por una sola muestra, dado que el análisis no encontró

similitud con otras muestras y no pudo clasificarse de manera eficiente. Este resultado nos informa que las muestras de grupos unitarios tienen abundancias muy diferentes al resto. Por tanto, las abundancias observadas en los sustratos artificiales de la zona 3 o salida del termal de los meses de Febrero y Abril, y la zona 2 o de transición del mes de Marzo, al igual que el sustrato natural del punto 1 o Alto del termal del mes Mayo son muy diferentes a las encontradas en las demás muestras.

El análisis de correspondencia canónica ACC realizado entre las abundancias y las variables fisicoquímica mostro que las variables que presentaron mayor asociación con respecto a la distribución de las morfoespecies de perifiton fueron oxígeno, conductividad, pH, alcalinidad y temperatura. Se determinó la afinidad existente entre las variables de clima-hábitat y las morfoespecies de perifiton. Se observó que la clase *Tubulinea* registró mucha afinidad con la variable temperatura, lo que indica que cambios en la temperatura afectan la presencia de esta especie en el ecosistema termal. De igual manera se observó que la clase *Chlorophyceae* se ve afectada por el pH de las aguas. La presencia de las clases *Euglenophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Zignemophyceae* y *Ulvophyceae* se ven afectadas por el pH así como por la alcalinidad, la conductividad y el oxígeno disuelto.

6.2. El ambiente fisicoquímico del termal.

Las variables fisicoquímicas analizadas evidenciaron un comportamiento homogéneo en los diferentes muestreos y puntos de muestreo, dado que no registraron significancia estadística a excepción de los sólidos suspendidos totales, sulfatos y pH. Un análisis detallado permitió establecer que los sólidos suspendidos totales presentaron diferencia significativa en los puntos 2 y 3, y durante el muestreo 1 en todos los puntos. Los sulfatos en el punto 3 y en los muestreos 1, 2 y 5. El pH en los muestreos 2 y 6. La diferencia significativa de los sólidos suspendidos totales puede estar relacionada con la baja precipitación durante el mes de diciembre de 2013, en comparación con los demás meses de estudio. Estos parámetros parecen estar afectados por la precipitación que con normalidad influencia aporte de nutrientes y material suspendido como los encontrados en sistemas alto andinos por Donato (1991).

El pH no presentó diferencias significativas entre los puntos de muestreo, pero si fue altamente significativa entre los muestreos 2 y 6 ($p=0,0001$). De igual manera el comportamiento de esta variable fue homogéneo tanto para aguas altas como para aguas bajas. Los valores de pH presentaron valores que tendieron a la alcalinidad oscilando entre 7,78 y 8,84; estos valores coinciden con los encontrados por Salazar *et al* (2011), en donde se concluye que el HCO_3^- presenta su máximo porcentaje y comienzan a cobrar importancia los $\text{CO}_3^{=}$ que en conjunto dan una condición tampón al sistema, ocasionando los altos valores de alcalinidad, dureza total y relativa estabilidad del pH a lo largo del tiempo. Los valores de pH registrados se consideran altos ya que según Kalff (2002), para zonas neotropicales corresponde a una baja alcalinidad con promedio de 75 mg/l. No obstante, son similares a los presentados por el Sistema Geológico Colombiano, Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales (2017), (de aquí en adelante SGC), donde se reportan valores de pH de 8,54, donde el sistema

termal se denomina Termal de Villalosada, en vez de San Sebastián. Así mismo se encuentran en el rango de valores propuestos por Roldan, (2008) para lagos naturales de alta montaña (6,5 – 8,5) y los registrados por Margalef (1983) y Donato (1991) para este tipo de sistemas alto andinos.

La alcalinidad registro valores bajos entre 49,2 y 58,68 mg CaCO_3/L los cuales son considerados como tolerantes. En agua altas presentó un mayor valor promedio durante el primer muestreo (diciembre de 2013), mientras que el menor en el tercer muestreo (febrero de 2014). Por su parte en aguas bajas se presentó una clara homogeneidad de esta variable entre los meses de marzo a mayo de 2014. Sin embargo, en general presentó una baja variabilidad durante el período de estudio. Los valores se consideran ligeramente altos con respecto a los reportados por el SGC, donde la alcalinidad es de 48 mg CaCO_3/L . La alcalinidad al presentar valores más elevados en comparación con la dureza, indica la presencia de iones carbonatos y bicarbonatos en el agua y por consiguiente una mayor conductividad y pH. La alcalinidad, no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis.

El oxígeno disuelto presentó valores de concentración altas, por encima del límite de calidad (5 mg/l), lo cual indica que no existen dificultades para la respiración de los organismos acuáticos y por ende poca cantidad de materia orgánica suspendida. En aguas altas se presentaron valores promedio más altos en comparación con las aguas bajas, siendo el muestreo 6 el que menores valores registro. El oxígeno disuelto presentó una leve fluctuación entre los meses de febrero y abril de 2014, debido a un importante descenso en el punto 1 y a la cantidad de materia orgánica presente en el agua, ocasionada por la caídas de hojas de los arbustos adyacentes; así mismo por la poca intensidad lumínica que llegaba al lugar, lo que dificulto los procesos fotosintéticos del sitio. Estos valores coinciden con los reportados por Díaz y Rivera, (2004) y Bustamante *et al*, (2008), para ecosistemas alto andinos, en donde el oxígeno disuelto registra altas concentraciones dada la morfología del cauce, la baja turbidez y la baja contaminación por materia orgánica.

Los sólidos suspendidos totales presentaron valores bajos a excepción de los puntos 1 y 3 en los muestreos 1 y 4 respectivamente. Lo anterior se explica dado el poco recorrido del afluente y a la poca intervención del cauce durante su tránsito a la quebrada Moscopán, pese a que presentó un coeficiente de variabilidad alto ($\text{CV}=165,27\%$). Lo anterior se explica por el incremento de los sólidos suspendidos durante el muestreo 4 (marzo de 2014), en donde se registró un valor atípico de 70 mg/L, ocasionado por un uso extensivo del ecosistema termal en el punto 2 por parte de la población que utiliza el sistema para actividades recreativas, lo que elevo considerablemente la turbiedad del agua en el punto 3. Los bajos valores de oxígeno disuelto y solidos suspendidos totales indican buenas condiciones ambientales y baja turbidez del agua, que se ve reflejado en una adecuada morfometría del cauce. (Bustamante *et al*, 2008). Los valores registrados difieren de los propuestos por Roldan, (2008), ya que en promedio los SST están por debajo de 10 mg/L, debido a la

circulación permanente de agua desde el lugar de afloramiento del termal hasta cuando llega a verter sus aguas a la quebrada Moscopán.

La conductividad registro valores altos durante el período de estudio, siendo en promedio mayores en lluvias altas. Aunque la conductividad en los diferentes meses de muestreo presentó valores entre 600 y 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se consideran tolerantes dentro del rango permitido, no obstante estos valores son altos para ecosistemas acuático continentales alto andinos (Donato, 1991). De igual manera, son elevados en comparación con los valores relacionados para ríos de Suramérica y para los sistemas fluviales de montañas andinas. (Margalef 1983, Allan, 1985 y Donato, 2003). Los valores de conductividad registrados en el ecosistema termal coinciden con los encontrados por Salazar *et al*, (2011), en la laguna Aguas Tibias de Coconuco (Cauca), debido a que ambos sistemas son de origen de volcánico, y determinan aguas que pueden ser cloruradas, sulfatadas y carbonatadas. También es similar al rango reportado por el SGC, (2017) para el ecosistema termal (698 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La temperatura promedio del sistema termal de 40°C incide directamente en el aumento de la conductividad, la cual es alta comparada con los demás sistemas de montaña. Entre los meses de marzo y abril de 2014 se registra un descenso significativo en los valores de conductividad, situación que puede estar asociada a la utilización del ecosistema termal para actividades recreativas derivadas de la época de vacaciones de semana santa. Por ser un ecosistema alto andino de origen volcánico las aguas son cálidas (Salazar *et al*, 2011) favoreciendo el crecimiento rápido de las microalgas perifíticas. La temperatura del ecosistema termal permite el crecimiento rápido de organismos denominados termófilos, los cuales tienen puntos óptimos por encima de 40°C. (Roldan, 2008). El comportamiento de la temperatura permaneció constante durante todo el estudio, con escasas variaciones lo que permitió que las variables fisicoquímicas no registraran fluctuaciones significativas

La dureza presentó un comportamiento homogéneo (25,2 – 40,46 mg CaCO_3/L) y no registro diferencias significativas. En aguas altas se presentaron valores promedio menores en comparación con las aguas bajas, lo que indica que esta variable puede estar afectada por la precipitación. Sin embargo, en el punto 2 en los muestreos 5 y 6 presentó un incremento sustancial que está relacionado con una estabilidad en el pH. Los valores registrados de dureza permiten clasificar el agua termal como blanda (Roldan, 2008). Las aguas termales del ecosistema termal San Sebastián se pueden considerar como muy productivas, ya que de acuerdo a Ohle (1984), los valores registrados son superiores a 25 mg/L.

Los sulfatos presentaron homogeneidad durante los puntos y muestreos y no presentaron diferencia significativa, a excepción del punto 3 y los muestreos 1, 2 y 5. En aguas altas los valores fluctuaron entre 16 y 19 mg/L, mientras que en aguas bajas estuvo entre 17 y 23 mg/L. Las cantidades de sulfatos en el agua termal pueden estar asociadas a la intensidad pluviométrica debido a que durante los meses de febrero y marzo se presentó una disminución importante en las lluvias, lo que significó un aumento en las concentraciones de esta variable. Las concentraciones de sulfatos se

consideran altas para los ecosistemas acuáticos de lentícos de montaña en Suramérica. (Margalef, 1983, Allan, 1995). Los valores de pH se hallan entre los registrados por Margalef (1983) y Donato (1991) para este tipo de sistemas alto andinos.

La temperatura del agua registro un valor promedio de 40,33°C, permaneciendo homogénea durante todo el período de estudio, tanto para aguas altas como para aguas bajas. En cuanto a los puntos de muestreos el punto 1 presentó los mayores valores, debido a que es la zona de emergencia del termal. No presentó diferencias estadísticamente significativas y registro un bajo coeficiente de variación (CV=1,85%). La temperatura del agua fue la variable que presentó la menor variación en el tiempo, la cual puede catalogarse como mesotermal (Armijo y San Martín, 1994). Así mismo, las aguas son cálidas por tratarse de un sistema de origen volcánico. (Salazar, 2011). La temperatura del agua junto a la gran luminosidad permiten el desarrollo de una variedad diversa de clases perifíticas, las cuales se ven reflejadas en la adherencia abundante tanto al sustrato natural como artificial. Incluso se observó el desarrollo de anfibios en etapa inicial en el interior del sistema termal en el punto 2. La estabilidad de la temperatura sumados a altos contenidos de oxígeno disuelto, al pH y la presencia de numerosos iones, favorecen el crecimiento de diversas poblaciones de algas y por consiguiente una alta capacidad productiva del ecosistema termal (Roldán, 1992).

El análisis de componentes principales (ACP) registro una correlación en el primer componente entre la alcalinidad, el pH y la dureza, lo cual puede estar relacionada con la cantidad de iones CaCO_3 presentes en el agua por el origen volcánico de las mismas, que le dan al sistema un comportamiento de reacción alcalina. El segundo componente presentó una alta correlación entre las variables oxígeno disuelto, sulfatos y sólidos suspendidos totales, las cuales pueden estar relacionadas con un caudal de agua termal permanente y constante, una regularidad en la morfometría del cauce, así como poca actividad antrópica durante el período de estudio. Finalmente el componente 3 registro una correlación alta entre las variables conductividad y temperatura, lo cual indica que esta última permite una mayor actividad eléctrica entre los iones y sustancias disueltas en el agua, aumentando también la capacidad productora del sistema entre los organismos acuáticos adaptados al mismo. El análisis de discriminante para los muestreos y los puntos de muestreo presentó un poder discriminatorio alto para las variables sólidos suspendidos totales, pH y oxígeno disuelto, que permiten inferir una clara segregación de estas con las demás variables y su diferenciación durante el período de estudio.

En general de acuerdo a los registros estudiados por Donato (2001) en otros ecosistemas lentícos alto andinos, las variables fisicoquímicas presentaron un comportamiento diferente, dadas las particulares geológicas del sistema (origen volcánico); de otro lado el suministro permanente de energía permite la estabilización del ecosistema y el desarrollo de comunidades productoras.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. Conclusiones.

La comunidad perifítica del ecosistema termal San Sebastián se caracterizó por la dominancia de las morfoespecies de cianobacterias (*Oscillatoria sp* y *Chroococcus turgidus*) y de las *Bacillariophyceae* (diatomeas) aunque estas últimas en menor proporción destacándose las morfoespecies *Navícula sp* y *Pinnularia sp*, por presentar índice bajos de diversidad, altos valores de dominancia y baja equitatividad, dadas las condiciones propias de ambientes extremos derivados de origen volcánico.

La variación en la composición de la comunidad perifítica se presentó principalmente entre los puntos de muestreo y en menor proporción entre muestreos. Así mismo, entre los sustratos, el artificial (cerámica blanca) registro mayor adherencia de las algas en comparación con el sustrato natural (rocas). Las algas perifíticas que presentaron mayor adherencia fueron las diatomeas, lo que evidencia su gran capacidad de adaptación a ambientes extremos de temperatura.

Las variables fisicoquímicas aunque registraron valores relativamente altos de conductividad, pH y temperatura, se ubican dentro de los rangos permitidos de tolerancia para el desarrollo de organismos planctónicos y otras especies acuáticas. Las variables fisicoquímicas mostraron un comportamiento homogéneo y no se presentaron diferencias estadísticas entre ellas, a excepción de los sólidos suspendidos totales y los sulfatos.

La poca actividad de origen natural y antrópica que se presenta solo por temporadas o por lapsos cortos de tiempo, permiten una estabilidad ecológica al sistema termal. La propuesta de gestión ambiental para el ecosistema termal San Sebastián permitió visionar diferentes escenarios en donde la concertación de las actividades deben estar orientadas a fortalecer las acciones investigativas, sobre todo de pregrado y postgrado que permita identificar potencialidades del sistema en diversos ámbitos y la conservación y utilización sostenible por parte de la comunidad, que a su vez deberá garantizar a la luz del POT los recursos necesarios, tanto humanos como técnicos y económicos que permitan el desarrollo de proyectos y programas.

7.2. Recomendaciones.

Como recomendación se pone en consideración ampliar los períodos de muestreo con el objetivo de identificar un mayor número de clases y morfoespecies perifíticas y por ende un estudio más detallado de este tipo de algas en ambientes termales. De igual manera, la utilización de otros materiales como sustratos artificiales, así como sustratos naturales para determinar procesos de sucesión y dinámica poblacional de las algas.

También el estudio de un mayor número de variables fisicoquímicas tales como nitratos, fosfatos, amonios, DBO, DQO, cloruros y metales, que permitan identificar diferentes estados y niveles tróficos. Se recomienda de manera paralela un análisis microbiológico para cualificar y cuantificar propiedades terapéuticas y alimentarias del sistema termal, dada la utilización del agua para consumo humano.

La investigación en diferentes campos como la acuicultura termal muy utilizada en otras latitudes con excelentes resultados se plantea como recomendación para futuros estudios con fines de establecimiento de sistemas productivos pecuarios, como una alternativa a la actividad ecoturística.

El ecosistema termal San Sebastián es un espacio natural importante para el municipio de La Plata, por consiguiente es conveniente que la Administración Municipal y en general la ciudadana Plateña tomen las medidas tendientes a conservar y proteger este lugar, no solo desde el ámbito biológico, sino también desde la realidad sociocultural, socioeconómica y conocimiento tradicional.

8. BIBLIOGRAFIA.

- About Español. (2017). *Los mejores baños termales del Perú*. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.aboutespanol.com/los-mejores-banos-termales-del-peru-1190555>
- Aguilera, E. (2010). Geotermia en el Ecuador: una hoja de ruta para su desarrollo sustentable. *Energía Geotérmica en Ecuador*. Primera Conferencia Nacional de Geotermia llevada a cabo en Ibarra (Ecuador).
- Alcaldía Municipal de La Plata (Huila). (2000). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Recuperado de http://www.huila.gov.co/documentos/SIR/Ordenamiento_
- Alcaldía Municipal de La Plata (Huila). (2012). *Plan de Desarrollo 2012-2015 "Unidos por la vía de la prosperidad"*. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/35454125/plan-de-desarrollo-alcaldia-municipal-la-plata-huila->.
- Alcaldía Municipal de San Agustín (Huila). (2013). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Recuperado de <http://www.cam.gov.co/index.php/component/phocadownload/category/269-documentos.html>
- Alfaro, C., Aguirre A., Bernal C., Nelson, F., y Gokcen., G. (2003). Inventario de Fuentes Termales del Departamento de Cundinamarca. Ministerio de Minas y Energía, Ingeominas. Bogotá, Colombia.
- Alfaro, C., Aguirre, A., Jaramillo I. (2002). Inventario de fuentes termales del Parque Nacional Natural Los Nevados. Ministerio de Minas y Energía, Ingeominas. Bogotá, Colombia.
- Allan, J. (1995). *Stream ecology*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Álvarez, M y Jacobsen B. (1992). Hypertrophic phytoplankton: an overview. *Freshwater Forum*, 2 (3), 184-199.
- Amaidén, M. A., & Gari, E. N. (2011). Perifiton en el mesohábitat de corredera de un arroyo serrano: dinámica estacional en relación a variables físico-químicas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 46(3-4), 235-250.
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation (APHA.AWWA-WPCF). (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

- Andelman, M. (2003). La comunicación ambiental en la planificación participativa de las políticas para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica. *Tópicos en educación ambiental*. Bogotá. 3(9), 49-59
- Andramunio-Acero, C. P. (2013). Dinámica sucesional y ecología trófica de la comunidad perifítica en dos ambientes del sistema lagunar de Yahuaraca (Amazonas, Colombia) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Andramunio, C., Duque, S, y Sierra C. (2008). Estudio Sucesional- Espacial de la Comunidad Fitoperifítica asociada a *Paspalum repens* en el lago Tarapoto (Amazonia Colombiana). *Revista de Ciencias*. Universidad del Valle. 2, 57-72.
- Andreu, E., Camacho, A. (2002). *Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales Ramsar*. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Secretaria General del Medio Ambiente. Madrid. España.
- Angulo, E. (2007). *Las zonas de amortiguamiento: Espacios para la conservación y la concertación*. Infoecología.
- Arcos, M & Gómez, A. (2006). *Microalgas Perifíticas como indicadores del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá, Colombia*. División de Investigaciones. Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá, Colombia.
- Armijo, F., De Michele, D., Giacomino, M., Belderrain, A, Corvillo, I., y Maraver., F. (2008). Análisis de las Aguas Minerales de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. *Balnea*. (4), 55-84.
- Armijo, M., y San Martín J. (1994). Clasificación de las aguas mineromedicinales. En: *Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia* (pp. 219-223), Madrid, España: Ed. Computense.
- Baron, J., Poff, L., Angermeier, P., Dahm, C., Gleick, P., Hairston, N., Steinman, A. (2003). Ecosistemas de agua dulce sustentables. *Tópicos en ecología*, 1-15.
- Bellinger, E., y Sigee, D. (2010). *Freshwater Algae: Identification and use as bioindicators*. doi 10.1002/9780470689554.
- Bicudo, C.E., y Bicudo, R.M. (1970). *Algas de águas continentais brasileiras*. São Paulo, Brasil. Editorial Universidad de Sao Paulo.
- Biggs, K., y Stream, C. (2000). *Periphyton monitoring manual*. NIWA for Ministry for the Environment. Christchurch. New Zeland.

- Biodiversidad Virtual. (2011). *Mundo microscópico*. Recuperado de <http://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Stenopterobia-sigmatella-img1752.html>
- Bolivia Turismo. (2017). *Aguas calientes, Roboré*. La Paz, Bolivia, Recuperado de <http://www.boliviaturismo.com.bo/aguas-calientes.php>
- Branco-Z, L. H., Necchi-Júnior, O., & Branco-Z, C. C. (2001). Ecological distribution of Cyanophyceae in lotic ecosystems of São Paulo State. *Revista Brasileira de Botânica*, 24, 99-108.
- Busse, S., Jahn, R., & Schulz, C. J. (1999). Desalinization of running waters: II. Benthic diatom communities: A comparative field study on responses to decreasing salinities. *Limnológica-Ecology and Management of Inland Waters*, 29, 465-474.
- Bustamante, C.A., y Davila, C.A. (2008). Composición y abundancia del fitoperifiton en el río Quindío. *Revista Investigaciones Universidad del Quindío*. (18). Armenia – Colombia, 15-21.
- Cantera, J., Carvajal, Y., y Castro, L. (2013). *Caudal Ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*. Editorial Universidad del Valle.
- Casco, M. A. & Toja, J. (2003). Efecto de la fluctuación de nivel del agua en la biomasa, la diversidad y las estrategias del perifiton de los embalses. *Limnética*, 22, 115-134.
- Castillo, C. T. (2000). Productividad y biomasa fitoperifítica en los lagos de Yahuaracaca y Tarapoto (Amazonas-Colombia). *Revista Ambiental Universidad de Pamplona*, 1, 59-68.
- Castro, D. (2009). Desarrollo de un índice de diatomeas perifíticas para evaluar el estado de los humedales de Bogotá. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- CDIM-ESAP. (2000). *Plan de Ordenamiento Territorial, municipio de La Plata (Huila)*. Recuperado de [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/urbano-%20la%20plata%20\(114%20pag%20-%20305%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/urbano-%20la%20plata%20(114%20pag%20-%20305%20kb).pdf)
- Céspedes, E. (2014). Análisis taxonómico de las principales especies de diatomeas (*Bacillariophyceae*) en seis sitios en la cuenca del río Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. (Tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias. San José, Costa Rica.
- Charles, D.F. (1985). Relationships between surface sediment diatom assemblages and lakes water characteristics in Adirondack lakes

- Chou, J. Y., Chang, J. S., & Wang, W. L. (2006). *Hydrodictyon reticulatum* (Hydrodictyaceae, Chlorophyta), A New Recorded Genus and Species of Freshwater Macroalga in Taiwan. *BioFormosa*, 41, 1-8.
- Cox, E. (1996). *Identification of Freshwater Diatoms from Live Material*. Londres, Inglaterra: Chapman & Hall.
- Cruz, V. & Salazar, P. (1989). Biomasa y producción primaria del perifiton en una sábana inundable de Venezuela. *Rev. Hydrobiol.Trop.*, 22, 213-222.
- De la Rosa, J., y Mosso, M.A. (1998). Diversidad Microbiana de las Aguas minerales Termales. En J.A. López. (Ed.), *Panorama Actual de las Aguas Minerales y Minero medicinales en España* (pp. 153-158). Madrid, España: Inforama S.A.
- Delgado, L., Bachmann, P y Oñate, B. (2007). Gobernanza ambiental: una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana. *Revista Ambiente y Desarrollo*. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 23(3), 68-73.
- Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (2005). *The Sage Handbook of Qualitative Research*. London, Inglaterra: Sage.
- Destinos América. (2017). *Las aguas termales del Chaco entre las mejores del País*. Asunción, Paraguay. Recuperado de <http://paraguay.destinosdeamerica.com/es/destinos/presidencia-roque-saenz-pena-2/noticias/las-aguas-termales-de-chaco-entre-las-mejores-del-pais>.
- Díaz-Quirós, C. & Rivera-Rondón, C. A. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales. *Caldasia* 26, 381-394
- Díaz, P., & Poutou, R. A. (1998). *Aislamiento de bacterias Gram Negativas termófilas autóctonas de manantiales termales de Iza, Boyacá*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Departamento de Microbiología. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Donato J.C., González, L.E., y Rodríguez, C.L. (1996). Ecología de dos sistemas acuáticos de páramo. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Jorge Álvarez Lleras*, (9). Bogotá, 168.
- Donato, J.C. (1991). Fitoplancton y aspectos físicos y químicos de la Laguna de Chingaza en Cundinamarca. *Caldasia*, 16(79), 489-500.

- Donato, J.C. (2001). Fitoplancton de los lagos andinos del norte de Sudamérica (Colombia). Bogotá, D.C. *Academia Colombiana de Ciencias exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras*. 2001, (19), 232.
- Donato, J.C., Martínez, L.F. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización en un río de alta montaña tropical (Boyacá – Colombia). *Caldasia*, 25(2), 337-354.
- Duque, S. (1996). Caracterización de ecosistemas acuáticos epicontinentales de Colombia con base en el fitoplancton. Bogotá, Colombia: *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)*, 25.
- El día.S.A. (1998- 2017). *Un paraíso termal en el sur de Brasil*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www.eldia.com/nota/2009-5-17-un-paraiso-termal-en-el-sur-de-brasil>
- Empresa Nacional de Electricidad ENDE. (2008). *Situación y Perspectivas para el Desarrollo de la Geotermia en América Latina y el Caribe: Caso Bolivia*. Lima (Perú).
- Enviajes.cl. (2017). *Las 10 mejores termas de Chile*. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de <http://enviajes.cl/chile/termas-de-chile/>
- Escobar, A. (2004). *Caracterización físico química y determinación de las comunidades productoras y de la productividad primaria de un ecosistema alto andino: Laguna Aguas Tibias - Puracé – Cauca*. (Tesis de pregrado). Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
- Estradas Romero, A., Prol Ledesma, R.M., y Zamudio, M.E. (2009). Relación de las Características Geoquímicas de Fluidos Hidrotermales con la abundancia y riqueza de Especies del Fitoplancton de Bahía Concepción, Baja California, Sur de México. *Sociedad Geológica Mexicana*, 61(1), 87 – 96.
- Fagundo, J.R., y González, P. (2000). Conferencia Aguas Naturales, Minerales y Mineromedicinales. *Centro Nacional de Termalismo “Víctor Santamaría”*. La Habana, Cuba.
- Fontana, A., Frey, J. (2005). The Interview, from neutral stance to political involvement. En N. K. Denzin & y S., Lincoln (Comp). *The Sage Handbook of Qualitative Research* (695-727). London, UK: Sage.
- Foros Ecuador. (2017). *Balnearios de aguas termales en Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado de <http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/viajes-y-turismo/64548-balnearios-de-aguas-termales-en-ecuador-quito-ba%C3%B1os-cuenca-y-m%C3%A1s>

- Gantiva, J. (2000). Composición y estructura del fitoperifiton en el lago Yahuaracaca (Amazonia Colombiana) durante dos períodos hidrológicos. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- García, C.A., Román, C., Vanegas, J.A., Arcila, M., y Dahiana, K. (2007). Análisis Físicoquímico y Biológico comparado en Dos Quebrada de Alta Montaña Neotropical. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*. (17), 57-80.
- Garzón, G. (1997). Catálogo de fuentes termales del suroccidente colombiano. Ingeominas.
- Giorgi, A., y Feijoo, C. (2010). Variación Temporal de la Biomasa del Perifiton de *Egeria densa*. *Planch* en un arroyo pampeano. *Limnética*, 29(2), 269-278
- Gordillo-Guerra, J.G. (2014). *Composición y estructura de la comunidad fitoperifítica de la cuenca del río Alvarado (Tolima – Colombia)*. (Tesis de pregrado). Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima, Colombia.
- Gualtero-Leal, D. M. & Trilleras - Motha, J. M. (2001). Estudio de la comunidad perifítica del embalse de Prado, departamento del Tolima. Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2011). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. searched on 10 November 2011.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2017). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. searched on 10 November 2011.
- Guisande, C.A., Barreiro, I., Maneiro, I., Riveiro, A. Vergara, A.R & A. Vaamonde, A. (2006). *Tratamiento de datos*. Madrid, España: Editorial. Díaz de Santos.
- Gurdián, A. (2010). *El paradigma cualitativo en la investigación socio-educativa*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Hauser, A. (1997). Catastro y Caracterización de las Fuentes de Aguas Minerales y Termales de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile* (50).
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw-Hill Interamericana Editores.
- INGEOMINAS. (2002). Inventario de las Fuentes Termales del Parque Nacional Natural Los Nevados. Recuperado de www.bdigital.unal.edu.co/7106/1/194722.2012.pdf

- INGEOMINAS. (2004). Programa de Exploración de Aguas Subterráneas. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=18820&shelfbrowse_itemnumber=19841
- INGEOMINAS. (2009) Mapa Geotérmico de Colombia. Recuperado de <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=44484>
- Instituto Geológico Colombiano. (2017). *Inventario Nacional de manifestaciones hidrotermales*. Bogotá. Recuperado de <http://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>
- Jerjes, A., Gómez, J.A. (2004). Los Sistemas Hidrotermales y el Origen de la Vida. *Revista Ciencias*, (7).
- Jiménez, P., Toro, B y Hernández, E. (2014). Relación entre la comunidad de fitoperifiton y diferentes fuentes de contaminación en una quebrada de los andes colombianos. *Boletín Científico Museo de Historia natural*. Universidad de Caldas. 18(1), 49-66.
- Kalff, J. (2002). *Limnology. Inland water ecosystems*. New Jersey, EEUU: Prentice-Hall.
- Komárek, J. (2003). Two Camptylonemopsis species (cyanoprokaryotes) from "Mata Atlantica" in Coastal Brazil. *Preslia* (75), 223 – 232.
- Krammer, K y Lange-Bertalot, H. (1991). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 3 Teil: centrales, fragilariceae, eunotiaceae. Stuttgart, Alemania: Gustav Fisher Verlag.
- Krammer, K., y Lange-Bertalot, H. (1986). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bacillariophyceae, Teil 1: Naviculaceae. Stuttgart, Alemania: Gustav Fisher Verlag.
- López, O., Montejano, G., Carmona, J., Cantoral, E y Absalón I. (2016). Diversidad algal de un ambiente extremo: el manantial geotermal Los Hervideros México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. México D.F. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.004>
- Lozano-Duque, Y., Vidal, L. A., & Navas, G. R. (2010). Listado de diatomeas (Bacillariophyta) registradas para el Mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39, 83-116.
- Lucca, N. y Berríos, R. (2003). *Investigación cualitativa, fundamentos, diseños y estrategias*. Colombia: Ediciones S. M.
- Lund, J. W., Kipling, C., y Lecren, E. D. (1958). *The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting*. *Hidrobiologia*, (11), 1-10.

- Magurrán, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Malden, USA: Blackwell Science Ltd.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona, España: Omega.
- Márquez., P. (2011). Visión Generalizada sobre la Energía Geotérmica en Venezuela. Perspectivas para su aprovechamiento. Venezuela.
- Mayorga, G. (2001). Desarrollo de la Energía Geotérmica: Caso Costa Rica.
- Mejía Rodríguez, D. M. (2011). Diatomeas perifíticas y algunas características limnológicas de un humedal urbano en la sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia
- Michels, A., G. Umaña & U. Raeder. (2006). Epilithic diatom assemblages in rivers draining into Golfo Dulce (Costa Rica) and their relationship to water chemistry, habitat characteristics and land use. *Arch. Hydrobiol.* 165: 167-190.
- Miller, K., Chang, E., y Johnson, N. (2001). *Defining common ground for the Mesoamerican biological corredor*. Washington D.C. USA: World Resources Institute.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda, y Desarrollo Territorial. (2009). *Informe de Gestión*. Bogotá. Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/InformesGestionAnual/2009.pdf>
- Ministerio de la Protección Social. (2007). *Normatividad*. Bogotá. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf
- Montoya-Moreno, Y. & Aguirre-Ramírez, N. (2008). Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical Colombiana. *Hidrobiológica*, 18, 189-197.
- Montoya-Moreno, Y & Aguirre, N. (2012). Aproximación multivariada a la dinámica del ensamblaje algal epifítico en un sistema de planos inundables tropical. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo* 2012; 31 (2): 83-95 p.
- Montoya, Y., y Aguirre, N. (2009). Dinámica del perifiton asociado con macrófitas en la ciénaga de Escobillitas y su relación con el pulso de inundación. *Revista Universidad Tecnológica del Chocó*, 28 (2), 196-202.
- Montoya, Y., y Aguirre, N. (2013). Dinámica del ensamblaje algal epifítico en el sistema de planos inundables de Ayapel a través del pulso de inundación. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, 16(2), 491-500.

- Montoya, Y., y Aguirre, N. (2013). Estado del arte del perifiton en Colombia. *Revista. Gestión y Ambiente*. 16(3), 91-117.
- Montoya, Y., y Ramírez, J. (2007). Variación Estructural de la Comunidad Perifítica colonizadora de sustratos artificiales en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. *Revista Biología Tropical*, 55(2), 585-593.
- Montoya-Moreno, Y., Sala, S.E., Vouilloud, A.A., Aguirre, N. (2012). Diatomeas (*Bacillariophyta*) perifíticas del complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. *Caldasia* 34(2):457-474 p.
- Moral, F., Cruz, J.J., y Rodríguez, M. (2005). Caracterización Fisicoquímica de las Aguas Subterráneas de la Sierra de Segura (Cordillera Bética). *Geogaceta*. (37), 4.
- Morales-Duarte, S. J., Donato-Rondón, J. C., & Castro, M. I. (2010). Respuesta de *Navícula rhynchocephala* (*Bacillariophyceae*) al incremento de nutrientes en un arroyo Andino (Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 15, 73-78
- Morales, S y Peña, E. (2009). Perifiton de tres lagos de la meseta de Popayán. *Revista de Ciencias*. Universidad del Valle. (12), 89-108
- Moreira, J. (1988). Produtividade primaria do periphyton em viveiros destinados a piscicultura. Dissertacao do Mestrado, Universidad. Federal de Bahia, Bahia, Brasil. 250 pp.
- Moreno, C., Díaz, J.C., Caraballo, H., Chacón., K., y Baptista., J.G. (2007). Caracterización Hidrogeoquímica de las Fuentes de Aguas Termales del Estado Trujillo Venezuela. *Academia* (4), 14.
- Moschini, C.V. (1999). Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas Aquáticos continentais (en) POMPÊO, M.L.M. (ed.) *Perspectivas da limnologia no Brasil*. São Luís (MA): Gráfica e Editora União.
- Munawar, M., y Munawar, I. F. (1986). The seasonality of phytoplankton in North American Great Lakes, a comparative synthesis. *Hydrobiologia*, (138), 85-115.
- Needham, J. G., y Needham, P. R. (1982). *Guía para el estudio de los seres de las aguas dulces*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.
- Olaya, A. (2010). Guía para la formulación del prediagnóstico y plan de manejo preliminar de la cuenca hidrográfica quebrada La Guagua, como un ecosistema estratégico del municipio de Palermo. Neiva, Huila, Colombia: Universidad Surcolombiana, 47.

- Olaya, A., y Sánchez, M. (2005). Significado ecológico y sociocultural de los ecosistemas estratégicos del Huila. En Olaya, A y Sánchez, M, (Ed.). *Del Macizo Colombiano al Desierto La Tatacoa: la ruta del río Magdalena en el Huila*. (pp. 17-29). Neiva, Huila, Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Ortega Murillo, M. d. R., Hernández Morales, R., Israde Alcántara, I., Alvarado Villanueva, R., Sánchez Heredia, J. D., Arredondo Ojeda, M. et al. (2009). El Perifiton de un lago hiposalino hipereutrófico en Michoacán, México. *Biológicas*, 11, 56-63.
- Osorio, J., Rodríguez, J y Montoya, Y. (2015). *Sucesión de microalgas perifíticas en tributarios del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia*. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.41932>
- Padisak, J. (2003). Phytoplankton. In O'Sullivan, P. E., y Reynolds, C. S. (Eds.), *The lakes handbook. Limnology and limnetic ecology* Oxford 1(pp. 251-308) Oxford, Inglaterra: Blackwell Publishing.
- Palacio, D y Hurtado R. (2005). Narrativas y redes de la gestión ambiental de los humedales de Bogotá. *Nómaditas* 22, 140-150.
- Palma, L. (2011). *Efecto de la conectividad del río Amazonas en la ecología del fitoplancton en lagos amazónicos*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Leticia, Amazonas, Colombia.
- Palmer, C.M. (1969). A composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.* 5: 78-82.
- Parra, O. & C. M. Bicudo. (1996). *Algas de Aguas Continentales: Introducción a la Biología y Sistemática*. Ediciones Universidad de Concepción.
- Pedraza-Garzón, E. & Donato-Rondón, J. (2011). Diversidad y distribución de diatomeas en un arroyo de montaña de los Andes Colombianos. *Caldasia*, 33, 177-191.
- Peña. E., Cantera, J., y Muñoz, E. (2012). Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos. Estudio de caso en la Laguna Sonso, Cuenca Alta del río Cauca. Editorial Universidad del Valle.
- Peña, E., Torres, A., y Zúñiga, O. (2013). Monitoreo del ciclo del carbono en ecosistemas de alta montaña del neotrópico. Editorial Universidad del Valle.
- Peña, V. & Pinilla, G. A. (2002). Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico Colombiano. *Revista de biología marina y oceanografía*, 37, 67-81.

- Pielou., E. C. (1966). Species Diversity And Pattern Diversity In The Study Of Ecology Of Ecological Succession. *Journal of Theoretical Biology*. 10 (2), 370-83.
- Pinilla G., y Guillot, G. (1999). Patrones de distribución del fitoplancton en reservorios de aguas lluvias en un altiplano de los andes colombianos. *Revista Geotrópica*. 4, 39-47.
- Pinilla, G. (2017). Capítulo 8. Estudio del perifiton y de macroinvertebrados acuáticos mediante sustratos artificiales 144-153. *En Prácticas de Limnología guías de laboratorio y campo*. Ediciones universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 327.
- Pinilla, G. (2017). Capítulo 11. Prácticas para el nivel ecosistémico. Análisis fisicoquímico del agua 183-189. *En Prácticas de Limnología guías de laboratorio y campo*. Ediciones universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 327.
- Pinilla, G. A., Duarte-Coy, J., & Vega-Mora, L. (2010). Índice de estado limnológico (IEL) para evaluar las condiciones ecológicas de las ciénagas del Canal del Dique. *Acta Biológica Colombiana*, 15, 169-188.
- Pizarro, H., y Alemanni, E. (2005). Variables físico-químicas del agua y su influencia en la biomasa del perifiton en un tramo inferior del Río Luján, Provincia de Buenos Aires. *Ecología Austral*. 15, 73-88.
- Poff, N., N. J. Voelz, J. V. Ward & R. E. Lee. (1990). Algal colonization under four experimentally- controlled current regimes in a high mountain stream. *American Benthological Society* 9: 303- 318.
- Porter-Goff, E. R., Frost, P. C., & Xenopoulos, M. A. (2013). Changes in riverine benthic diatom community structure along a chloride gradient. *Ecological Indicators*, 32, 97-106.
- Ramírez, A., y Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá, Colombia: Panamericana Editores.
- Ramírez, J. J. (1992). Contribución al conocimiento ecológico y taxonómico del fitoplancton de algunos cuerpos de agua importantes para el sector eléctrico colombiano. Medellín: FEN, ISA, Universidad de Antioquia, Medellín. p. 77.
- Ramírez, J.J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Ramírez, A. y Plata, Y. (2008). Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas loticos de alta montaña (Paramo de Santurbán, Norte de Santander,

- Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta Biológica Colombiana* 13(1): 199-216.
- Recorriendo, viajando por Chile y el mundo. (2017). *Las 10 mejores termas de Chile*. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de <http://recorriendo.com/2015/05/29/las-10-mejores-termas-de-chile/>
- Restrepo, M., Rincón, C.M. (2008). Aproximación a la Caracterización Ecológica de la Quebrada Fucha en la Reserva Forestal de los Cerros Orientales en la localidad de San Cristóbal (Bogotá – Colombia). *Biografía: Escritos sobre la Biología y la Enseñanza*. 2(1), 1-18.
- Rodríguez Becerra, M., Espinosa, G. (2002). *Gestión Ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas*. Washington, USA.
- Rodríguez, C. (2007). *La pesca de Arawana Osteoglossum bicirrhosum en el área de frontera Brasil - Colombia - Perú y evaluación de un sistema de manejo en cautiverio bajo condiciones de la Amazonia Colombiana*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, sede Amazonia.
- Rodríguez, D., Andrade, E., Pérez, A y Velázquez, M. (2016). Valoración de la calidad del agua del río La Plata mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores. *Revista Nova*. 2(2), 24-35.
- Rodríguez, G., Arango, M., zapata, G y Bermúdez, J. (2015). Estratigrafía, Petrografía y análisis multimétodo de procedencia de la formación Guineales, Norte de la cordillera Occidental de Colombia. <https://doi.org/10.18273/revbol.v38n1-2016006>
- Rodríguez, M. P., & Rodríguez, M. D. C. L. (2007). Diatomeas y calidad del agua de los ríos del Macizo Central gallego (Ourense, NO España) mediante la aplicación de índices diatomológicos. *Limnética*, 26(2), 351-358.
- Roldan, G., Bohórquez, A., Castaño, R., y Ardila, J. I. (2000). Estudio Limnológico del Embalse del Guavio (Colombia). *Revista Academia Colombiana de Ciencias*. 24(90), 73-84.
- Roldan, G., y Ramírez, J.J. (1992; 2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 1ª Edición. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Rovira, L., Trobajo, R., Leira, M., & Ibáñez, C. (2012). The effects of hydrological dynamics on benthic diatom community structure in a highly stratified estuary: the case of the Ebro Estuary (Catalonia, Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 101, 1-14.

- Sala, S. E., Duque, S. R., Núñez-Avellaneda, M., & Lamaro, A. A. (1999). Nuevos registros de diatomeas (*Bacillariophyceae*) de la Amazonia Colombiana. *Caldasia*, 21, 26-37.
- Salazar, M., Naundorf, G., Medina, M. (2011). Composición, Dinámica y Abundancia de la Comunidad Fitoplanctónica de una Laguna con Aguas de Origen Volcánico. *Revista Luna Azul*. (33).
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R., y Zambrano, L. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología, México D.F, 297.
- Sánchez, L. (2000). *Hidrogeoquímica del Sistema Hidrotermal "San Diego de los Baños – Bermejales", Pinar del Río*. (Tesis de Maestría). Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamaría". La Habana, Cuba.
- Sánchez, L., Fagundo, C., Romero, J., Moreno, A.M., y Cervantes, P. (1999). Caracterización Fisicoquímica Preliminar de Fuentes de Aguas Minerales de Colombia. *Curso de Termalismo*, 13.
- Segach, H. (2015). *Las aguas termales encantadas de San Sebastián*. Recuperado de <https://sedentaríocaminante.wordpress.com/2015/02/12/las-aguas-termales-encantadas-de-san-sebastian/>
- Servicio Geológico Colombiano. (2017). *Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*. Recuperado de <http://hidrotermales.sgc.gov.co/>
- Silva-Benavides, A. M., Sili, C., & Torzillo, G. (2008). Cyanoprocaryota y microalgas (*Chlorophyceae* y *Bacillariophyceae*) bentónicas dominantes en ríos de Costa Rica. *Rev.Biol.Trop*, 56, 221-235.
- Sierra, O.R., y Ramírez, J.J. (2000). Variación espacio – temporal de biopelículas en la represa La Fe, El Retiro, Antioquia (Colombia). *Actualidades Biológicas*. 22(73), 153-168
- Sladeckova, A. 1962. Limnological investigation methods for the periphyton ("Aufwuchs") community. *Bot. Rev.* 28: 236-350.
- Spaulding, S., and Edlund, M. (2008). *Frustulia*. In *Diatoms of the United States*. Retrieved November 17, 2017, from <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Frustulia>
- Steinmüller., K. (2001). Modernos baños termales en el sur de la Cordillera volcánica del Perú. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)*. Lima, Perú.

- Streble, H., & Krauter, D. (1985). *Atlas de los microorganismos de agua dulce: La vida en una gota de agua*. Barcelona: Omega.
- Tavera, R., y Novelo, E. (2011). El Perifiton de los Humedales de Yucatán y la Agricultura Maya. *Ciencias*. 102.
- Ter Braak, C.J.F. (1988). Partial Canonical correspondence Analysis. In H.H, Bock (ed.). *Classification Methods and Related Methods of Data Analysis*. (pp. 551-558) Amsterdam: North-Holland.
- Termas de la Argentina. (2017). *Portal termal de Argentina*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www.termasdeargentina.com.ar/>
- Termasuruguay.com (2014). *Origen aguas termales Uruguay*. Montevideo, Uruguay. Recuperado de <http://www.termasuruguay.com/informacion/origen-aguas-termales-uruguay.html>. Territorial/Acuerdo%20LA%20PLATA.pdf.
- Trobajo, R. (2003). Ecological analysis of periphytic diatoms in Mediterranean coastal wetlands (Emporda wetlands, NE Spain). (Tesis Doctoral). Universidad de Girona, España.
- Turismoalperu.com. (2017). *Los 10 mejores lugares de baños en el Perú*. Lima, Perú. Recuperado de <http://turismoalperu.com/los-mejores-10-lugares-de-banos-termales-del-peru/>
- Valenzuela, F. (2011). Energía Geotérmica y su implementación en Chile. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo (RIAT)*. 7(1): 1-9.
- Vargas Martínez, N.O. (2006). Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia. *Boletín Geológico y Minero*, 117 (1): 47-61
- Venezuelatuya.com. (2017). *Aguas termales de las Trincheras*. Caracas, Venezuela. Recuperado de <http://www.venezuelatuya.com/centro/trincheras.htm>
- Vidal, L. A., Noguera, C., Camacho-Hadad, O., & Bohórquez, D. (2009). Primer registro de *Nitzschia martiana* (Agardh) Van Heurck (*Bacillariophyceae*) viviendo en tubos en la costa Caribe Colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 33, 331-337.
- Vis, C., Hudon, C., Cattanco A., y Pinel-Alloul, B. (1998). Periphyton as an indicator of wáter quality in the St Lawrence River (Quebec, Canada). *Environmental pollution*, 101(1): 13-24.
- Vouilloud, A., Sala, S., & Sabbatini, M. R. (2005). Diatomeas perifíticas de la Cuenca del Río Sauce Grande (Buenos Aires, Argentina). *Iheringia, Serie Botánica*, 60, 77- 90.

- Wehr, J.D., y Sheath, R.G. (2003). *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. California, USA: Editorial Elsevier Science.
- Wenzel, M.T., Díaz, M.M. (2008). Cyanophyta del Parque Nacional Nahuel Huapi (Argentina), II. *Darwiniana*. 46(1): 51-65.
- Wetzel, G. (1983). *Periphyton of freshwater ecosystems, proceeding of the first international workshop on periphyton of freshwater ecosystems held in Vaxjo*, Sweden: Ed. Publisheis.
- Wetzel, R. y Likens, G.E. (2000). *Limnological Analyses*, 3rd. Edition. New York, USA: Springer- Verlag.
- Zapata, M., y Donato, J.C. (2005). Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota - Colombia). *Limnética*. 24(1-2): 327-338.

9. ANEXOS

Anexo 1. Abundancia preliminar de clases de algas perifíticas durante los premuestreos.

PREMUESTREO	MORFOESPECIES IDENTIFICADAS PRELIMINARMENTE															PARAMETRO A EVALUAR					
	CIANOFICEAS			ALGAS VERDES			DESMIDOS			DIATOMEAS			TOTALES								
FEBRERO 16 – 17	3	2	2	1	3	3	3	0	1	6	1	0	13	7	6	DISTANCIA ENTRE SUSTRATOS					
FEBRERO 23 – 24	5	1	1	2	2	0	3	1	1	10	7	2	20	11	4						
MARZO 16 – 17	2		1		1		3		2		1		7		3		12		8		DIMENSION DE LOS SUSTRATOS
MARZO 23 – 24	3		1		3		2		4		4		10		9		20		16		
MARZO 30 – 31	5		3		6		3		4		2		9		13		24		21		
ABRIL 6 – 7	3		4		3		3		4		2		10		8		20		17		
ABRIL 13 – 14	5		4		3		4		4		2		10		10		22		20		PROFUNDIDAD DE LOS SUSTRATOS
ABRIL 20 – 21	7		5		2		4		6		4		10		10		25		23		
ABRIL 27 – 28	4		5		5		4		2		3		10		8		21		20		
MAYO 4 - 5	4		6		3		5		5		3		6		4		18		17		
MAYO 11 – 12	5	6	3	3	1	1	2	2	2	7	4	6	17	13	12	BRILLO SOLAR RASPADO ÁREA CONOCIDA					
MAYO 18 - 19	6	5	4	3	3	2	2	2	2	8	3	4	19	13	12						
Baldosa			Acrílico 2 cm						Acrílico 5 cm						Sustrato Natural						

CIANOFICEAS:	52 baldosa blanca,	43 acrílico 2 cm, 3 acrílico 5 cm, 7 sustrato natural.
ALGAS VERDES:	35 baldosa blanca,	37 acrílico 2 cm, 3 acrílico 5 cm, 3 sustrato natural
DESMIDOS:	41 baldosa blanca,	26 acrílico 2 cm, 2 acrílico 5 cm, 4 sustrato natural
DIATOMEAS:	103 baldosa blanca,	79 acrílico 2 cm, 2 acrílico, 5 cm, 10 sustrato natural

Anexo 2. Abundancia preliminar de clases de algas perifíticas durante los premuestreos.

Morfoespecies	Muestreo 1						Muestreo 2						Muestreo 3						Muestreo 4						Muestreo 5						Muestreo 6					
	Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 1		Punto 2		Punto 3	
	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN		
Oscillatoria	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chroococcus	X	X	X		X	X		X	X	X		X		X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Navícula			X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X			X	X
Amphora			X	X			X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X					X	X		
Eunotia			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X					X		
Spirulina					X		X				X				X					X						X	X									
Anabaena				X	X	X				X		X	X		X		X		X		X		X									X				
Ephitemia					X							X		X	X		X				X						X	X								
Pinnularia					X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X			X	X	X		X	X		X	X	X	X
Cosmarium					X																		X					X	X							
Cymbella							X		X		X													X												
Phormidium				X			X			X		X			X	X		X			X		X			X	X									
Closteriopsis							X				X					X				X		X				X					X					
Surirella							X		X				X						X							X										
Pseudoanabaena				X					X		X		X		X				X				X		X	X		X	X					X		
Spiroides											X																									
Nitzschia									X		X	X		X	X	X			X	X	X							X						X	X	
Ulothrix														X	X		X			X	X	X					X									
Trachelomonas														X																						
Stenopterobia										X							X											X								
Gomphonema															X							X		X			X	X								
Frustulia																								X												
Arcella (tecameba)																									X											
Tryblionella																												X								
Oedogonium																													X							

SA: Sustrato artificial baldosa. SN: sustrato natural roca.

Anexo 3. Clasificación taxonómica de las algas perifíticas en el termal San Sebastián.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Phormidaceae	<i>Phormidium sp</i>	Kützing ex Gomont (1892)
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i>	Klebahn (1895)
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellaceae	<i>Closteríopsis sp</i>	Lemmermann, E. (1899)
Chlorophyta	Bacillariophyceae	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	Ehrenberg (1838)
Chlorophyta	Ulvophyceae	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix sp</i>	Kützing (1833)
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i>	
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp</i>	C.Agardh (1830)
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sp</i>	Kützing (1844)
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculaceae	<i>Navícula sp</i>	Bory de Saint-Vincent (1822)
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium sp</i>	Link ex Hirn (1900)
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp</i>	Ehrenberg (1843)
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellaceae	<i>Stenopterobia sp</i>	Brébisson ex Van Heurck (1896)
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellaceae	<i>Surirella sp</i>	Turpin (1828)
Chlorophyta	Bacillariophyceae	Bacillariaceae	<i>Tryblionella sp</i>	W.Smith (1853)
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiaceae	<i>Eunotia sp</i>	Ehrenmberg (1837)
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoraceae	<i>Oscillatoria sp</i>	Gomont (1892)
Chrysophyta	Bacillariophyceae	Amphypleuraceae	<i>Frustulia sp</i>	Rabenhorst (1853)
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacilloriaceae	<i>Nitzschia sp</i>	Hassall (1845)
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Spiroides sp</i>	Klebahn (1845)
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Spirulinaceae	<i>Spirulina sp</i>	Turpin ex Gommont (1892)
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	<i>Chroococcus turgidus</i>	Kützing (1849)
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena sp</i>	Bory ex Bornet & Ralfs (1888)
Chlorophyta	Zygnemophyceae	Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp</i>	Corda ex Ralfs (1848)
Amoebozoa	Tubulinea	Arcellidae	<i>Arcella sp</i>	Ehrenberg (1832)
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Catenulaceae	<i>Amphora sp</i>	Ehrenberg ex Kützing (1844)

Anexo 4. Valores máximo, mínimo, coeficiente de variación, de los diferentes parámetros fisicoquímicos.

Variable \ Estadístico	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente. de variación
ALCALINIDAD TOTAL (mg CaCO ₃ /L)	49,20	2,83	46,37	58,68	5,76%
OXIGENO DISUELTO (mg/L)	5,87	1,35	3,01	7,93	23,09%
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)	11,43	18,89	1,50	70,00	165,27%
CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	632,33	45,15	524,80	702,00	7,14%
DUREZA TOTAL (mg CaCO ₃ /L)	30,38	5,05	25,20	44,46	16,62%
SULFATOS (mg/L)	18,22	1,70	16,00	23,00	9,33%
pH (unidades de pH)	8,26	0,36	7,78	8,84	4,37%
TEMPERATURA (°C)	40,33	0,74	39,20	41,60	1,85%
COLOROFLA	0,075	0,14	0,00	0,48	183,29%

Anexo 5. Índices biológicos de diversidad.

MUESTREO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	MUESTREO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
M1	1,19210	1,78456	2,00546	M1	0,7521314	0,5948533	0,5797085
M2	1,31170	1,08343	1,14651	M2	0,3544713	0,3131819	0,3098299
M3	2,01410	1,17903	1,96076	M3	0,5822067	0,3288827	0,5469412
M4	1,28662	2,16394	1,32218	M4	0,4058847	0,584779	0,3573048
M5	0,61867	1,35395	1,54917	M5	0,2062248	0,3556144	0,4321307
M6	1,31797	1,35531	1,69285	M6	0,3967492	0,5243062	0,489344

A.

B.

MUESTREOS	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
M1	0,42970	0,35815	0,62900
M2	0,64309	0,71051	0,68950
M3	0,33250	0,67354	0,29900
M4	0,50128	0,27403	0,63788
M5	0,82967	0,64137	0,55850
M6	0,58869	0,55211	0,42073

C.

A. Índice de diversidad de Shannon. B: Índice de equidad de Pielou. C: Índice de dominancia de Simpson.

Anexo 6. Abundancia del perifiton a nivel de morfoespecies en el período de estudio

No	MORFOESPECIES	MUESTREO 1 DICIEMBRE DE 2013						MUESTREO 2 ENERO DE 2014						MUESTREO 3 FEBRERO DE 2014						MUESTREO 4 MARZO DE 2014						MUESTREO 5 ABRIL DE 2014						MUESTREO 6 MAYO DE 2014					
		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3	
		SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN	SA	SN		
1	Oscillatoria	100	8	5	100	2	2	2	2	4		8	1	5		100	100	7	100	100	100	4	2	2	2			11	2	100	100	4	20	16	15	100	4
2	Chroococcus		100	100	8	100	100	100	100	100	100	100	100	8	100	8	4	6	100	100		100		100	100	100	100	100	100	20	2	100	100	100	100	100	100
3	Navicula	12	5	13	4	18	18	4	5	5	5	14	2	13	11	11	4	100	5	4	2	4	3	5	2	6	6	12		20		4		12	2	6	10
4	Amphora					4	4	1		1		1	1	3		4	1	1				9		2		1		5		8		3				3	5
5	Eunotia			16	1	5	5	8	11	4	4	3	2	5		1	4					1	1	14	1			1	1	4						3	2
6	Spirulina					2	2													1								1									
7	Anabaena			1	1	1	1			6		1	1	100	4		1		1	2	1	8	100	1		1	1	2		1		2	25	4	20		
8	Ephitemia					1	1		2	1				1												1				2	1				1		
9	Pinnularia				1			1							1	1	1	2	1	1		1	1	12	2	1	1	1		5		2			4	4	
10	Cosmarium					4	4	1									1													3					1		
11	Cymbella											1		5		1						1															
12	Phormidium			4						5		1		4				2	1			100	1	1				2		2		2		4			
13	Closteriopsis							4	1		1	1						2		1	1	1		3		1			1				2				
14	Surirella					1	1		4		1	2		4		1		1	1	2		2	1					4									
15	Pseudoanabaena																																			1	
16	Spiroides											1																									
17	Nitzschia				1			2		1						1		1				1		2		1		5	1	3		1				1	3
18	Ulothrix																	3	1									1				1			1		
19	Trachelomonas					1	1																														
20	Stenopterobia											1				1								1				1									
21	Gomphonema								1												1			1													
22	Frustulia											1																									
23	Arcella (tecameba)																											1									
24	Tryblionella							1	1													1		1													
25	Oedogonium																1																				
		112	113	139	116	139	139	124	127	127	111	135	107	148	116	129	116	126	210	211	105	233	109	145	107	111	109	142	109	167	104	120	145	138	137	221	128
CAMPOS ANALIZADOS		12	6	5	6	5	5	5	5	5	6	5	6	5	6	5	5	4	6	4	6	5	6	6	6	5	6	5	6	5	5	5	5	4	5		
VOLUMEN MUESTRA FUJADA (ML)		10	10	10	10	10	10	10	5	10	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

AREA CAMPO MICROSCOPIO (MM2)	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128
------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Anexo 7. Abreviatura en clúster.

ABREVIATURA	MES	PUNTO DE MUESTREO	TIPO DE SUSTRATO
D1SA	Diciembre	Punto 1	Sustrato Artificial
D1SN	Diciembre	Punto1	Sustrato Natural
D2SA	Diciembre	Punto2	Sustrato Artificial
D2SN	Diciembre	Punto2	Sustrato Natural
D3SA	Diciembre	Punto3	Sustrato Artificial
D3SN	Diciembre-	Punto3	Sustrato Natural
E1SA	Enero	Punto1	Sustrato Artificial
E1SN	Enero-	Punto1	Sustrato Natural
E2SA	Enero	Punto2	Sustrato Artificial
E2SN	Enero	Punto2	Sustrato Natural
E3SA	(Enero	Punto3	Sustrato Artificial
E3SN	Enero	Punto3	Sustrato Natural
F1SA	Febrero	Punto1	Sustrato Artificial
F1SN	Febrero	Punto1	Sustrato Natural
F2SA	Febrero	Punto2	Sustrato Artificial
F2SN	Febrero	Punto2	Sustrato Natural
F3SA	Febrero	Punto3	Sustrato Artificial
F3SN	Febrero	Punto3	Sustrato Natural
M1SA	Marzo	Punto1	Sustrato Artificial
M1SN	Marzo	Punto1	Sustrato Natural
M2SA	Marzo	Punto2	Sustrato Artificial
M2SN	Marzo	Punto2	Sustrato

M3SA	Marzo	Punto3	Natural
M3SN	Marzo	Punto3	Sustrato
A1SA	Abril	Punto1	Artificial
A1SN	Abril	Punto1	Sustrato
A2SA	Abril-	Punto2	Natural
A2SN	Abril-	Punto2-	Sustrato
A3SA	Abril-	Punto3-	Artificial
A3SN	Abril-	Punto3	Sustrato
Y1SA	Mayo	Punto1	Natural
Y1SN	Mayo	Punto1	Sustrato
Y2SA	Mayo	Punto2	Artificial)
Y2SN	Mayo-	Punto2	Sustrato
Y3SA	Mayo	Punto3	Natural
Y3SN	Mayo	Punto3	Sustrato
			Natural

Anexo 8. Estadísticos del análisis de correspondencia canónica entre la abundancia perifítica y las variables fisicoquímicas en el termal San Sebastián.

Abundancia	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor Propio	0.2907	0.0291	0.006
Proporción de la varianza explicada	0.8797	0.0880	0.0195
Proporción de la varianza explicada acumulada	0.8797	0.9677	0.9872
Variabilidad Total: 0.3305			
Variables Físico Químicas			
Valor Propio	0.1294	0.0246	0.0077
Proporción de la varianza explicada	0.7697	0.1463	0.0458
Proporción de la varianza explicada acumulada	0.7697	0.9160	0.9618
Variabilidad Total: 0.1681			

Anexo 9. Estadístico de los ejes para el análisis de componentes principales ACP.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigenvalue	3.0484	2.1674	1.1171
Porcentaje de Varianza Explicada	33.872	24.082	12.413
Porcentaje Acumulada de Varianza Explicada	33.872	57.954	70.367
Calidad de representación de las Variables en cada Eje			
ALCALINIDAD	-52.48	-0.84	2.45
OXIGENO	-11.2	51.24	6.28
SOLIDOS	0.43	57.99	-10.97
CONDUCTIVIDAD	-4.94	0.34	-64.93
DUREZA	55.41	-3.7	-11.41
SULFATOS	10.02	66.48	-6.88
pH	-43.47	-5.94	-7.47
TEMPERATURA	-23.15	-11.88	-28.35
CLOROFILA	57.08	-16.34	-0.67
Variabilidad Total	8.999		

Anexo 10. Formulario de entrevista

CARACTERIZACION DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LA POBLACION QUE UTILIZA EL SERVICIO ECOSISTEMICO DEL ECOSISTEMA TERMAL SAN SEBASTIAN

INFORMACION PERSONAL

GENERO: Masculino _____ Femenino _____

NOMBRE DEL ENTREVISTADO: _____

EDAD _____

NIVEL DE ESTUDIOS: PRIMARIA _____ SECUNDARIA _____

UNIVERSIDAD _____

CONTEXTO AMBIENTAL

1. Marque los criterios que a su consideración representen los elementos que describen un ecosistema estratégico para el sur del departamento del Huila, empleando la tabla descrita por Olaya, (2010).

CRITERIOS	
Código (C _i)	NOMBRES
C ₁	Asentamientos humanos
C ₂	Paisaje y creación artística y literaria
C ₃	Pesca y acuicultura
C ₄	Agua para consumo humano
C ₅	Patrimonio histórico y arqueológico
C ₆	Control geopolítico y militar
C ₇	Emblemas del departamento del Huila y de sus municipios
C ₈	Agua y suelos para la agricultura y la ganadería
C ₉	Depuración natural de aguas
C ₁₀	Divulgación en los medios masivos de comunicación
C ₁₁	Reconocimiento legal y académico
C ₁₂	Agua para uso industrial
C ₁₃	Actividades educativas y científicas
C ₁₄	Turismo y recreación
C ₁₅	Identidad e intercambio y diversidad cultural
C ₁₆	Recursos minerales
C ₁₇	Hidroelectricidad
C ₁₈	Defensas y amenazas naturales
C ₁₉	Patrimonio paleontológico
C ₂₀	Área de influencia
C ₂₁	Vías de comunicación y telecomunicaciones
C ₂₂	Limites naturales y referentes de regionalización
C ₂₃	Diversidad natural
C ₂₄	Singularidad
C ₂₅	Interacciones entre ecosistemas

2. Describa la importancia de cada uno de los criterios seleccionados

3. En su opinión, que problema ecológico considera puede disminuir la calidad ambiental en el ecosistema termal San Sebastián

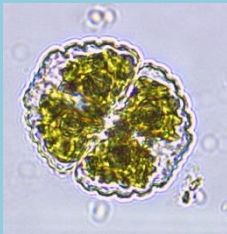
4. Considera usted, que los problemas ecológicos en el área de trabajo del presente estudio pueden disminuir la importancia o el valor estratégico a los criterios seleccionados, explique.

Anexo 11. Relación de análisis físicoquímicos.

Nº	FECHA DE MUESTREO	RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FÍSICOQUÍMICOS									
		PUNTO DE MUESTREO	ALCALINIDAD TOTAL (mg CaCO ₃ /l)	OXIGENO DISUELTO (mg/l)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)	DUREZA TOTAL (mg CaCO ₃ /l)	SULFATOS (mg/l)	pH (unidades de pH)	TEMPERATURA (°C)	CLOROFILA mg/m ³
M1	DICIEMBRE DE 2013	PUNTO 1	51,07	7,06	49	647	29,1	18	8,69	41,6	
		PUNTO 2	58,68	7,93	3	663	31,4	18	8,51	40,7	
		PUNTO 3	50,69	6,3	<3	660	25,8	17	7,83	39,6	
M2	ENERO DE 2014	PUNTO 1	50,69	5,51	3,6	701	27,46	17	8,1	41,4	
		PUNTO 2	51,07	6,81	<3	702	28,57	18	8,1	40,4	
		PUNTO 3	48,15	7,05	4,8	681	25,62	17	8,06	39,7	
M3	FEBRERO DE 2014	PUNTO 1	50,1	3,73	3,67	667	25,2	16	8,83	41,3	
		PUNTO 2	48,92	6,54	6,33	621,5	27,5	19	8,84	40,5	
		PUNTO 3	48,72	6,54	<3	662	25,4	18	8,82	39,6	
M4	MARZO DE 2014	PUNTO 1	47,15	7,43	28	624	28,3	20	7,78	40,7	
		PUNTO 2	48,92	5,15	<3	599,6	26,1	17	8,66	40	
		PUNTO 3	46,56	6,95	70	623	30,1	23	7,91	39,4	
M5	ABRIL DE 2014	PUNTO 1	48,72	3,93	11,5	524,8	31,86	17	8,18	40,8	0,32
		PUNTO 2	47,74	5,67	<3	578,8	34,92	18	8,05	39,9	0,16
		PUNTO 3	46,37	5,75	8	592,6	36,9	17	8,04	39,2	0,48
M6	MAYO DE 2014	PUNTO 1	47,36	3,01	<3	605,03	34,92	18	8,04	41,2	0,08
		PUNTO 2	46,68	4,76	<3	613,2	44,46	19	8,04	40,4	0,24
		PUNTO 3	47,94	5,51	<3	616,4	33,3	21	8,2	39,6	0,08

Anexo 12. Catálogo de algas perifíticas.

PERIFITON DEL TERMAL SAN SEBASTIAN MUNICIPIO DE LA PLATA – HUILA





UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTION DE ECOSISTEMA
ESTRATEGICOS

Perifiton del termal San Sebastián Municipio de La Plata – Huila

Neiva – Huila - 2015



Autor: Guillermo Sánchez Marínez
Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana
Candidato a Magister en Ecología y Ecosistemas
Estratégicos. Universidad Surcolombiana

Revisión: Claudia Milena Rodríguez Sierra
Bióloga. Universidad Javeriana
Esp. Acuicultura. Universidad de Los Llanos
Magister en Estudios Amazónicos. Universidad
Nacional de Colombia Sede Leticia.
Docente Universidad Surcolombiana Neiva.

Ilustraciones: Guillermo Sánchez Marínez.

Neiva, Huila, 2015.

CONTENIDO

Introducción.

Definiciones.

Ficha descriptiva 1: *Phormidium* sp.

Ficha descriptiva 2: *Pseudoanabaena* sp.

Ficha descriptiva 3: *Closteríopsis* sp.

Ficha descriptiva 4: *Gomphonema* sp.

Ficha descriptiva 5: *Ulothrix* sp.

Ficha descriptiva 6: *Trachelomonas* sp.

Ficha descriptiva 7: *Cymbella* sp.

Ficha descriptiva 8: *Ephitemia* sp.

Ficha descriptiva 9: *Navícula* sp.

Ficha descriptiva 10: *Oedogonium* sp.

Ficha descriptiva 11: *Pinnularia* sp.

Ficha descriptiva 12: *Stenopterobia* sp.

Ficha descriptiva 13: *Surirella* sp.

Ficha descriptiva 14: *Tryblionella* sp.

Ficha descriptiva 15: *Eunotia* sp.

Ficha descriptiva 16: *Oscillatoria* sp.

Ficha descriptiva 17: *Frustulia* sp.

Ficha descriptiva 18: *Nitzschia* sp.

Ficha descriptiva 19: *Spiroides* sp.

Ficha descriptiva 20: *Spirulina* sp.

Ficha descriptiva 21: *Chroococcus turgidus*

Ficha descriptiva 22: *Anabaena* sp.

Ficha descriptiva 23: *Cosmarium* sp.

Ficha descriptiva 24: *Arcella* sp.

Ficha descriptiva 25: *Amphora* sp.

PRESENTACION

Esta cartilla pretende dar a conocer los resultados del trabajo de tesis denominado “RELACIONES DE LA COMUNIDAD PERIFITICA DE LAS AGUAS TERMALES DE SAN SEBASTIAN ZONA DE AMORTIGUACION PARQUE NACIONAL NATURAL PURACE MUNICIPIO DE LA PLATA (HUILA)” como contribución a los procesos de gestión ambiental que desarrolla la Universidad Surcolombiana a través de la Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos.

El documento permite dar a conocer a la comunidad del municipio de La Plata la composición de la comunidad perifítica que presentan las aguas termales del ecosistema termal San Sebastián, como insumo básico para reconocer la importancia biológica de este espacio natural y como a la luz de la investigación adelantada, puede ser considerado como un ecosistema estratégico para el occidente del Huila.

INTRODUCCION

El recurso hídrico en Colombia está representado en numerosos cuerpos de agua que se localizan a lo largo y ancho del territorio nacional. Por su carácter orográfico de poseer tres cordilleras el país presenta una gran actividad volcánica sobre todo en las cordilleras Central y Oriental.

En muchos lugares de las montañas colombianas es posible observar el afloramiento de aguas termales las cuales por sus características únicas de temperatura y sustancias disueltas en ella, han sido utilizadas desde tiempos prehispánicos en diferentes actividades sobre todo relacionadas con la salud.

Las microalgas adheridas a sustratos duros como piedras, troncos, raíces u otros, se conocen como perifiton. Esta comunidad conforma el principal punto de entrada de la energía a estos ecosistemas, gracias a su capacidad fotosintética que les permite capturar energía lumínica proveniente del sol y transformarla en compuestos orgánicos (carbohidratos), a partir de los cuales se mantienen niveles tróficos superiores. El perifiton cobra importancia en los fondos rocosos de las aguas transparentes, situación propia de las cordilleras. (Ramírez y Viña, 1998)

A nivel mundial se han realizado estudios para identificar la relación existente entre la composición de las aguas termales y las comunidades planctónicas presentes en estos ecosistemas. Las descargas hidrotermales aparentemente tiene un efecto considerable en las comunidades biológicas adyacentes, ya que las comunidades planctónicas encontradas alrededor frecuentemente muestran adaptaciones es este tipo de hábitats. (Estradas – Romero *et al.* 2009).

El presente trabajo tiene como objetivo divulgar la composición del perifiton de las aguas termales de San Sebastián – La Plata (Huila) y como es su dinámica temporal en distintas épocas del año. La información resultante de este documento permitirá la elaboración de planes de gestión ambiental, con lo cual se podría reconocer este ecosistema como estratégico para el municipio de La Plata y la región suroccidente del departamento del Huila.

DEFINICIONES

1. Morfoespecie: Herramienta útil para una rápida evaluación de la diversidad. Concepto que se refiere a la separación de taxa basándose en características fácilmente observables por personas que no son especialistas en la taxonomía del grupo. Permite que la separación de los individuos la hagan personas no especializadas y que se reduzca el tiempo invertido en la identificación. (Derraik *et al*, 2002).
2. Perifiton: Organismos vegetales y animales que se adhieren a los tallos y hojas de plantas con raíces fijas en los fondos. Es la parte de la comunidad adherida, es decir, los organismos fijados al sustrato por rizoides, pedicelos u otros mecanismos. (Sladeckova, A. y V. Sladeczek. 1977).
3. Aguas termales: Son aguas mineromedicinales que al surgir poseen una temperatura superior al lugar de donde afloran. El agua se calienta al pasar por las diferentes capas subterráneas, en las cuales las rocas están a alta temperatura. (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Gobierno de España).
4. Diatomeas: Grupo de algas pardas eucarióticas que se caracterizan por presentar una cubierta silíceá llamada frustulo, el cual posee una gran variedad de formas han sido usadas por los expertos como características diagnósticas para clasificación y determinación taxonómica. (Round, 1990).
5. Cianofíceas: Son organismos procariotas que carecen de orgánulos delimitados por membranas. Son organismos fotosintéticos, presentes tanto en aguas aladas como dulces, e incluso en ambientes extremos como aguas termales. (www.aulados.net).
6. Clorófitas: Son algas verdes que se encuentran distribuidas por todo el mundo y su tamaño comprende desde las microscópicas, unicelulares, hasta las grandes algas formadas por filamentos de considerable longitud. Todas contienen clorofila, lo que les permite sintetizar sustancias alimenticias a partir de materias minerales, adicionalmente tienen carotenoides como la luteína y su alimento los almacenan en forma de almidón. (Lee, 2008).
7. Valvas: Relativo a la pared celular de las algas. (Gamma, 2005).
8. Rafe: fisura o apertura a lo largo del eje apical.

(http://www.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/sahyadri_enews/newsletter/issue26/article1/chap3.htm)

BIBLIOGRAFIA.

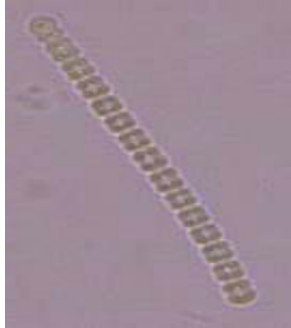
1. http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=43079
2. <http://faculty.engineering.asu.edu/pwesterhoff/research/regional-water-quality-issues/interactive-taxonomic-guide/common-taxa-from-baseline-monitoring-sites/cyanophytes-blue-green-algae/>
3. www.lcb.esalq.usp.br/.../2010rbepv5n3p74-88.pdf
4. http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=rb7097281a6db2e29&-session=abv4:BA73EAF01418b01330qT9832BF70
5. http://dbmuseblade.colorado.edu/DiatomTwo/dscb_site/species.php?g=Gomphonema&s=sp%201%20SCCWRP%20EWT
6. <http://www.unp.edu.ar/museovirtual/Algasmarinas/Algashtm/verdes/AV9.HTM>
<http://lkcnhm.nus.edu.sg/dna/organisms/details/662>
7. http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=jd3648bf62c5a425b&-session=abv4:BA73EAF01418b01330qT9832BF70 Trachelomas.cf armata
8. <https://www.flickr.com/photos/microagua/2705148612>
9. Streble, Heinz., Krauter, Dieter. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Ediciones Omega, Barcelona. 1987.
10. http://www.eos.ubc.ca/research/phytoplankton/diatoms/pennate/navicula/navicula_spp.html
11. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Navicula>
12. http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=w972d30fd9fadd15e&-session=abv4:BA73EAF01418b01330qT9832BF70
13. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Pinnularia>
14. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/surirella>
15. <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/taxon13850000.html>
16. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/eunotia>
17. <http://www.cyanodb.cz/Oscillatoria>
18. <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/taxon13540000.html>
19. <http://www.cyanodb.cz/Dolichospermum>
20. http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=43086

21. http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=43526
22. <http://www.arcella.nl/arcella>
23. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/amphora>
24. José G. B. Derraik, John W. Early, Gerard P. Closs, and Katharine J. M. Dickinson. Morphospecies and Taxonomic Species Comparison for Hymenoptera. US National Library of Medicine. National Institute of Health. 2010.
25. Sladeckova, A. y V. Sladeczek. 1977. Periphyton as indicator of the reservoir water quality II. Pseudoperiphyton. *Arch. Hidrobiol. Berth. Limgebh. Limnol.* 9.
26. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Gobierno de España.
27. ROUND, F; CRAWFORD, R. 1990. The Diatoms, biology and morphology of the genera, Cambridge University Press.
28. www.aulados.net Botánica 2008.
29. Lee, R. (2008). Phycology. Cambridge University Press. 547 págs.4.
30. Gamma Fuertes, María de los Ángeles. Biología 2. Biodiversidad Pluricelular. Pearson Educación. México, 2005.
31. http://www.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/sahyadri_enews/newsletter/issue26/article1/chap3.htm

FICHA DESCRIPTIVA 1.
MORFOESPECIE: *Phormidium* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Phormidaceae	<i>Phormidium</i> sp	Kützing ex Gomont (1892)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar filamentos sin ramificar, raramente solitarias. Generalmente lisas, finas y en capas de diversos sustratos (suelo, rocas mojadas, lodo, plantas acuáticas, piedras y maderas en aguas estancadas o corrientes). Las vainas se desarrollan facultativamente en frecuencias diferentes dependiendo del cambio de factores ambientales. Células ligeramente en forma de barril, más o menos isodiamétrica o ligeramente más cortas o más largas que ancho. Células de color verde azulado generalmente, rara vez de color marrón, rosado o violeta. Presente en diversos ecosistemas extremos (aguas termales, suelos desérticos).				

FICHA DESCRIPTIVA 2.
MORFOESPECIE: *Pseudoanabaena* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudoanabaena</i>	Klebahn (1895)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar celular que se colocan claramente de una a otra con constricciones visibles en paredes cruzadas. Células a menudo en forma de barril con los extremos redondeados u ovals. Las células cilíndricas son más abundantes (2-4 µm de largo). Los tricomas son de color verde oscuro a color verde azulado. Células cilíndrica de 0,8 – 1,5 µm de diámetro.				

FICHA DESCRIPTIVA 3.
MORFOESPECIE: *Closteriopsis* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp	Ehrenberg ex Kützing (1844)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar una cara pleural muy estrecha, la otra ancha y abombada. Por ello las superficies de las valvas se cortan en un ángulo agudo. Las rafes de la pared de la valva ventral con líneas transversales. Tamaño 20-140 µm de la largo y 20-65 µm de ancho. Muy frecuente.				

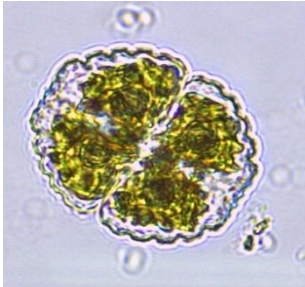
FICHA DESCRIPTIVA 3.
MORFOESPECIE: *Closteriopsis* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellaceae	<i>Closteriopsis</i> sp	Lemmermann, E. (1899)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar talos unicelulares. Células de 10 – 240 µm, con formas rectas a curvas, la mayoría con puntas alargadas y puntiagudas. Células con paredes celulares lisas, uninucleadas; centrales o parietales. Cloroplastos en forma de banda o torcido espiral. Alga de agua dulce, cosmopolita.				

FICHA DESCRIPTIVA 4.
MORFOESPECIE: *Gomphonema* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Chlorophyta	Bacillariophyceae	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	Ehrenberg (1838)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar válvas elíptico lanceoladas con ápices prolongadas y ampliamente redondeada. Longitud 34-38 µm, ancho de 8 µm. área Axial derecho, ampliado para formar un área central pequeña y rectangular. Frecuente en todas las partes en grandes cantidades en zanjas y arroyos, en aguas limpias.				

FICHA DESCRIPTIVA 23.
MORFOESPECIE: *Cosmarium* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Chlorophyta	Zygnemophyceae	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i> sp	Corda ex Ralfs (1848)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar células solitarias, pequeñas a grandes con pequeña, mediana y grande constricción. Pared celular suave, con dispersos los poros o adornado con pequeños o grandes gránulos. La hendidura entre las hemicelulas es profunda, Tamaño 40-50 µm de largo, 34-40 µm de ancho y 22-25 µm de grosor. Muy frecuente y ampliamente distribuidas en los lagos.				

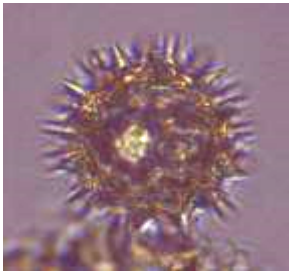
FICHA DESCRIPTIVA 24.
MORFOESPECIE: *Arcella* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Amoebozoa	Tubulinea	Arcellidae	<i>Arcella</i> sp	Ehrenberg (1832)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar cascarras más o menos en forma de paraguas con una abertura central de donde emergen pseudópodos digitiformes. Presenta tonalidad trasparente en época juvenil y marrón durante el envejecimiento. El núcleo es vesicular. La mayoría de las especies es binucleada, aunque algunas especies pueden tener diferente número de núcleos. También hay muchas vacuolas contráctiles presentes, algunas de las cuales pueden desarrollar vacuolas de dióxido de carbono en su citoplasma para flotar hasta la superficie del agua. Presentes en diversos hábitat acuáticos, se alimenta de diatomeas y algas verdes unicelulares				

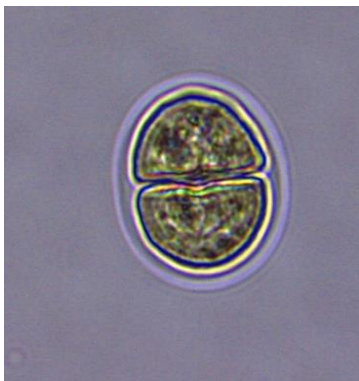
FICHA DESCRIPTIVA 5.
MORFOESPECIE: *Ulothrix* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Chlorophyta	Ulvophyceae	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i> sp	Kützting (1833)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar filamentos no ramificados de longitud indefinida. En etapa juvenil el filamento es sésil y pegado al sustrato. Las células son uninucleadas y capaces de división para formar zoosporas y gametos. El cloroplasto es una estructura única en forma de faja que en parte o totalmente rodea el protoplasto. Según la especie, el cloroplasto extiende la longitud entera de la célula o sólo una parte de la longitud. El número de pirenoides puede ser de uno o varios. Se encuentra frecuentemente entremezclada con otras algas filamentosas.				

FICHA DESCRIPTIVA 6.
MORFOESPECIE: *Trachelomonas cf armata*..

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i> <i>cf. armata</i>	Ehrenberg (1835)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar células solitarias completamente encerradas en una envoltente con un cuello agudamente definido o un collar que rodea un poro apical a través del cual emerge el flagelo locomotor muy largo; tamaño (esférica, ovoide, elipsoidal o alargado; (20)30-40(50) µm; célula adornada (poros, espinas, estrías) y quebradizos con sales de hierro y manganeso; mayoría de las especies es verde, fototróficas, con cloroplastos de diferentes tipos. Presente en agua dulce, en aguas ácidas a neutras (pH 4.5-7), y otros hábitats ricos en hierro y manganeso; común y cosmopolita.				

FICHA DESCRIPTIVA 21.
MORFOESPECIE: *Chroococcus turgidus* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	<i>Chroococcus turgidus</i>	Kützing (1849)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar células de color azulado o verdoso, más o menos esféricas y de 8 a 13 µm de diámetro. Cuando se acaban de dividir, la forma es hemisférica, quedando las células hermanas enfrentadas por la parte plana. Estas células raramente aparecen solitarias, normalmente forman colonias microscópicas de 2 a 8 células, pudiendo llegar, a veces, a formar colonias de hasta 32 células. Esta división puede ocurrir en los tres ejes del espacio. Cada una de las células tiene una capa o vaina gelatinosa a su alrededor. La vaina gelatinosa aparece en conjunto estratificada, de manera que cada capa corresponde a un episodio de división celular.				

FICHA DESCRIPTIVA 22.
MORFOESPECIE: *Anabaena* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp	Bory ex Bornet & Ralfs (1888)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar filamentos, solitarios o en racimos., generalmente enrolladas o enroscadas, a veces similar a tornillo en espiral. Células terminales a veces ligeramente alargadas, cónicas, cónico redondeadas o esféricas, no vacuolizadas. Varias especies planctónicas crecen sobre sustratos diferentes como plantas, rocas o material maderable.				

FICHA DESCRIPTIVA 7.
MORFOESPECIE: *Cymbella* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp	C.Agardh (1830)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar una distribución cosmopolita y común en muchos tipos de agua dulce. El rafe es central o ligeramente desplazado hacia abajo. Toda la superficie de las valvas aparece adornada con unas finas estrías paralelas claramente visibles. Es una diatomea solitaria, generalmente de vida libre que forma tallos mucilaginosos que se disponen perpendicularmente con respecto al eje longitudinal. Puede tolerar aguas levemente contaminadas tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos y aunque prefiere las aguas ligeramente alcalinas también puede vivir en las levemente				

ácidas.	
---------	--

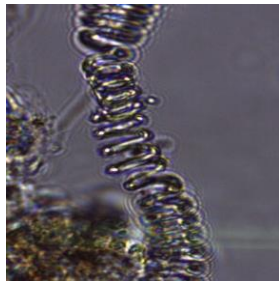
FICHA DESCRIPTIVA 8.
MORFOESPECIE: *Ephitemia* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiaceae	<i>Ephitemia</i> sp	Kützing (1844)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar costillas transversales bien marcadas, la parte del rafe sigue los bordes ventrales y en la zona central sube casi hasta el borde dorsal. Tamaño promedio 20 – 65 µm de largo y 8 – 15 µm de ancho. Generalmente en grandes cantidades en las orillas de aguas estancadas. Muy frecuente.				

FICHA DESCRIPTIVA 19.
MORFOESPECIE: *Spiroides* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Spiroides</i> sp	Klebahn (1845)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar un número complejo de organismos, presenta tricomas isopolares de crecimiento abundante. Forman filamentos solitarios o en pequeños grupos espiralados, rodeados por una gruesa envoltura gelatinosa difícilmente visible. Los filamentos pueden vivir aislados o libres. Frecuente en lagos y estanques.				

FICHA DESCRIPTIVA 20.
MORFOESPECIE: *Spirulina* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i> sp	Turpin ex Gomnont (1892)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar filamentos sin ramificar, siempre sin vainas, raramente solitarias (libre flotación), generalmente en racimos o esteras finas que son visibles macroscópicamente. Forman tornillo en espiral a lo largo de la célula. Células sin gránulos prominentes. Generalmente con contenido homogéneo. Varios organismos prefieren ambientes termales o minerales.				

--	--

FICHA DESCRIPTIVA 9.
MORFOESPECIE: *Navícula sp.*

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculaceae	<i>Navícula sp</i>	Bory de Saint-Vincent (1822)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar células en tubos o masas gelatinosas. Valvas fusiformes angulosas con polos obtusos claramente punteados, polos de las estrias transversales en hileras longitudinales uniformes. Cloroplastos en forma de placas. Tamaño 40-160 µm de largo y 12-30 µm de ancho. Frecuente en aguas estancadas, húmedas y acidas, y en general en todo tipo de aguas.				

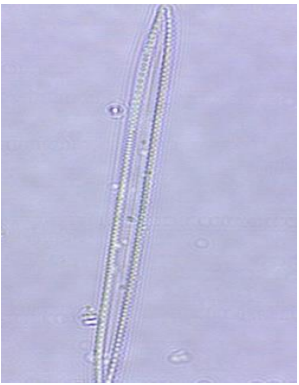
FICHA DESCRIPTIVA 10.
MORFOESPECIE: *Oedogonium sp.*

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium sp</i>	Link ex Hirn (1900)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar filamentos uniseriados no ramificados unidos al sustrato por las células basales; en ocasiones flotan libremente. Células vegetativas generalmente uniformes en tamaño y forma en cada especie; cilíndricas, pero a veces onduladas, Células vegetativas uninucleadas, muy vacuoladas. Después de período de movilidad corta, cada una de estas células se fija a un sustrato y se divide repetidamente para filamento nuevo de la forma. Mayor abundancia de especies en regiones templadas y subtropicales				

FICHA DESCRIPTIVA 17.
MORFOESPECIE: *Frustulia sp.*

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Chrysophyta	Bacillariophyceae	Amphipleuraceae	<i>Frustulia sp</i>	Rabenhorst (1853)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar células en tubos o masas gelatinosas. Valvas fusiformes angulosas con polos obtusos claramente punteados, polos de las estrias transversales en hileras longitudinales uniformes. Cloroplastos en forma de placas. Tamaño 40-160 µm de largo y 12-30 µm de ancho. Frecuente en aguas estancadas, húmedas y acidas, y en general en todo tipo de aguas.				

FICHA DESCRIPTIVA 18.
MORFOESPECIE: *Nitzschia* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp	Hassall (1845)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar células que tienen una variedad grande de tamaños, que van desde muy pequeñas a muy grandes. Presenta rafe excéntrico dentro de una quilla, Células solitarias o raramente formando colonias. El contorno de la valva puede parecer asimétrico pero generalmente es simétrico, si es vista desde la orientación correcta. Presenta cara pleural con extremos redondeados. Muy frecuente en aguas tranquilas.				

FICHA DESCRIPTIVA 11.
MORFOESPECIE: *Pinnularia* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp	Ehrenberg (1843)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar frustulas que pueden ser grandes, de hasta 300 µm de longitud. Las estrías son alveoladas. Internamente, las estrías se colocan dentro de cámaras. Las aberturas de las cámaras son evidentes como líneas longitudinales que cruzan las estrías. El sistema de rafe puede ser recto o complejo. Externamente, los extremos proximales del rafe son ampliados y doblados ligeramente hacia el mismo lado. Los extremos distales del rafe pueden formar una curva distinta, curva (una forma de signo de interrogación). El área central puede ampliarse en uno o ambos lados. Abundante en aguas ligeramente acidas.				

FICHA DESCRIPTIVA 12.
MORFOESPECIE: *Stenopterobia* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellaceae	<i>Stenopterobia</i> sp	Brébisson ex Van Heurck (1896)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar valvas lineal-lanceoladas con ápices agudos 17-20 µm largo, 4.5-5.5µm ancho, alas muy estrechas de 8-10 en 10. Presenta estrías transversales visibles, regulares, interrumpidas a lo largo de la línea media de la valva por una estrecha zona hialina. Presenta un cloroplasto por célula, que consiste en dos placas alargadas, conectadas por un estrecho istmo cerca de un extremo de la célula.				

FICHA DESCRIPTIVA 13.
MORFOESPECIE: *Surirella* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp	Turpin (1828)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar células que crecen individuales, aisladas. Pueden ser los frustules isopolar o heteropolar. El sistema de rafe se coloca en el margen de la valva. El rafe se encuentra dentro de un canal, que puede elevarse por encima de la superficie de la valva en algunas especies. Las células pueden ser altamente silicificadas, con espinas y nódulos de sílice en la superficie de la valva. Las células pueden ser relativamente pequeñas a muy grande (unos cientos de micrómetros). Son capaces de vivir dentro de granos de arena y sedimento fino.				

FICHA DESCRIPTIVA 14.
MORFOESPECIE: *Tryblionella* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Chlorophyta	Bacillariophyceae	Bacillariaceae	<i>Tryblionella</i> sp	W.Smith (1853)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar células solitarias. Los Frustules isopolar. Las valvas estructuralmente asimétricas, porque el sistema rafe siempre es marginal. Contorno de la valva ± simétricos, lineales a lanceolados o elíptico. Dos cloroplastos por célula, uno hacia cada uno de los polos. Cada cloroplasto generalmente es simple y es apresado a uno u otro.				

FICHA DESCRIPTIVA 15.
MORFOESPECIE: *Eunotia* sp.

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp	Ehrenmberg (1837)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar valvas asimétricas en el eje apical. La margen dorsal es convexa, lisa u ondular. El margen es recto o cóncavo. Las células se presentan solas, libre o de mucilaginoso los tallos, o en cinta de colonias. Célula muy diversa y numerosa sobre todo en ambientes ácidos. Pared ventral y dorsal algo abombada, tamaño 25-70 µm de la largo y 3-9 µm de ancho. Presente también en aguas limpias y húmicas.				

FICHA DESCRIPTIVA 16.
MORFOESPECIE: *Oscillatoria sp.*

Phylum	Clase	Familia	Especie	Autor
Cyanobacteria	Chroobacteria	Oscillatoraceae	<i>Oscillatoria sp.</i>	Gomont (1892)
Descripción			Esquema	
Se caracteriza por presentar filamentos simples, no ramificados, generalmente finos, suaves y con capas rara vez solitarias o en pequeños grupos. Células terminales redondeadas, Tamaño 2,5-16 μm de largo y 2,5-4,5 μm de ancho. Crecen en diferentes sustratos principalmente en aguas poco profundas. Muy frecuente en ambientes extremos como fuentes termales.				

Anexo 13. Folleto de divulgación investigación.

Investigación permitirán aprovechar sosteniblemente el ecosistema que se encuentra poco intervenido con acciones tendientes que conlleven a su conservación en el tiempo.

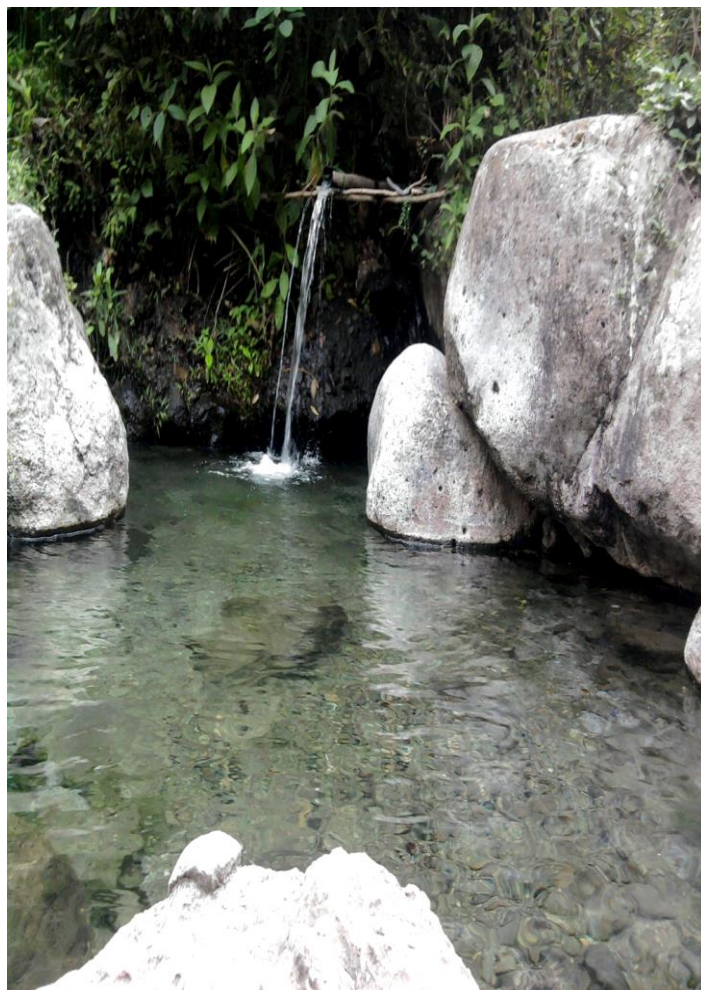
Las Fuentes de Aguas Termales hoy día, benefician diversas comunidades en el mundo, gracias a sus características terapéuticas, recreacionales, así como la de brindar agua potable (envasada) o para uso doméstico, una vez realizado un pretratamiento “sencillo”

Agradecimiento especial al señor Luis Quintero, propietario de la Finca donde se halla localizado el termal y la comunidad de la Vereda San Sebastián por su colaboración en el desarrollo de la investigación. De igual manera a los Licenciados Manuel Federico Trujillo Montilla y Félix María Mena Mosquera, docentes de la Institución Educativa San Miguel del municipio de La Plata – Huila por su colaboración en el montaje de los bioensayos.

DATOS DEL CONTACTO.

- Guillermo Sánchez Marinez. Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana. Coordinador Institucional. I.E. San Miguel La Plata (Huila). Candidato a Magister en Ecología. Usco. Cel. 3103368843. Email inggsm1978@hotmail.com.
- Claudia Milena Rodríguez Sierra. Bióloga. Universidad Javeriana. MSc en Estudios Amazónicos. Docente Programa Tecnología en Acuicultura Continental. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Surcolombiana. Av. Pastrana Borrero Cra 1ª Phone University: 57 + (8) 8758948 extensión 1143 y/o 1013. rodriguez-sierracm@usco.edu.co
- Grupo de Investigación Ecosistemas Surcolombianos ECOSUR Director Ph.D Alfredo Olaya Amaya maestriaegee@usco.edu.co Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola Universidad Surcolombiana. Neiva – Huila.

PERIFITON DE LAS AGUAS TERMALES DE SAN SEBASTIÁN, ZONA DE AMORTIGUACIÓN PARQUE NACIONAL NATURAL PURACÉ LA PLATA (HUILA)



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTION
DE ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS
NEIVA – HUILA - 2015**

INTRODUCCION

Las aguas termales o minerales son aquellas que naturalmente brotan de la tierra (de manera espontánea o mediante sondeo) y llevan en disolución sustancias minerales. Cuando se usan para la curación de alguna dolencia se denominan Mineromedicinales.

Nuestro país por estar localizado en el cinturón de Pacífico, es una zona geográfica en donde la actividad volcánica presenta una gran intensidad, la presencia de numerosos volcanes, sobre todo en la Cordillera Central, son una clara muestra de ello. Los departamentos que conforman el Macizo Colombiano, específicamente, Huila y Cauca, registran en su inventario termal varias fuentes, ubicadas sobre todo en la región occidental, en la congruencia de los Parques Nacionales Naturales Nevado del Huila y Puracé

En la región que comprende el Parque Nacional Natural Puracé, se han identificado varios reservorios minerales de carácter termal en Coconuco, San Juan, Puracé, todos ubicados en zonas de paramo y bosque primario, los cuales están sufriendo un deterioro por factores inherentes a la actividad antrópica. De igual forma, en San Sebastián, una vereda localizada en una zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Puracé, en donde se ha planteado la posibilidad de explorar otros usos del suelo (ecoturístico) se ha declarado este sitio como área de alternativa ecoturística por el Municipio de La Plata. De todas formas no se han realizado estudios limnológicos y sus potencialidades en esa materia aún no se conocen con certeza. (POT, 2000).

Con el desarrollo de la presente propuesta de investigación se pretende establecer la relación entre la comunidad perifítica del termal San Sebastián y su relación con las variables fisicoquímicas, así como la sucesión en el tiempo de dichas comunidades; para lo cual se adelantará un

estudio Limnológico que identifique las comunidades perifíticas con respecto a las fluctuaciones de algunas variables físicas, químicas y biológicas a través de sustratos naturales y artificiales, permitiendo clasificar este afluente térmico sobre variables de índices de biodiversidad (Shannon Wiener), Esta caracterización constituirá un insumo para la elaboración de una propuesta preliminar de gestión ambiental.

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Establecer aspectos ecológicos del perifiton de las aguas termales de San Sebastián, municipio de La Plata (Huila) teniendo en cuenta su dinámica sucesional en el tiempo y espacio, como referente de valoración integral para el planteamiento de una estrategia de gestión ambiental.

2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar y determinar los componentes perifíticos presentes en el agua termal de San Sebastián.
2. Establecer las relaciones entre las comunidades perifíticas y las variables ambientales del ecosistema termal.
3. Determinar el estado sucesional de las comunidades perifíticas en el tiempo.
4. Establecer los índices de biodiversidad para la comunidad de estudio.
5. Formular una propuesta preliminar de utilización sostenible del ecosistema termal en términos de gestión ambiental.

RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS E IMPACTO

El desarrollo de la presente propuesta de investigación permitirá establecer los aspectos ecológicos del perifiton y su relación con las variables fisicoquímicas de la fuente termal San Sebastián en la Zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Puracé, en el departamento de Huila, con el propósito de determinar su

potencial ambiental en términos de gestión para ser considerado un ecosistema estratégico para el occidente del Huila.

