

**VARIACIÓN DE LA COMUNIDAD DE ALGAS PERIFÍTICAS DEL CUERPO DE
AGUA INTERMITENTE QUEBRADA “POTRERILLO”, VEREDA POTRERILLOS,
MUNICIPIO DEL PATÍA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

JUAN PABLO DÍAZ ECHEVERRY

GUIDO FERNANDO ORTIZ ORDOÑEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS CONTINENTALES
POPAYÁN
2008**

**VARIACIÓN DE LA COMUNIDAD DE ALGAS PERIFÍTICAS DEL CUERPO DE
AGUA INTERMITENTE QUEBRADA ‘POTRERILLO’, VEREDA POTRERILLOS,
MUNICIPIO DEL PATÍA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**JUAN PABLO DÍAZ ECHEVERRY
GUIDO FERNANDO ORTIZ ORDOÑEZ**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar por el Título de Biólogos

**DIRECTOR
GERARDO I. NAUNDORF SANZ
Magister**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS CONTINENTALES
POPAYÁN
2008**

Nota de aceptación:

Firma del director
Mg. Gerardo Ignacio Naundorf Sanz

Firma del jurado
Mg. Sandra Morales

Firma del jurado
Mg. José Beltrán

Fecha de sustentación: Popayán, 20 de mayo de 2008

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	14
1. OBJETIVOS.....	17
1.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. ANTECEDENTES.....	18
3. MARCO TEORICO.....	22
3.1 RIOS INTERMITENTES.....	22
3.1.1 Variabilidad hidroquímica en un río intermitente.....	23
3.1.2 Las comunidades biológicas: composición, estructura y adaptaciones.....	25
3.1.3 Aspectos funcionales río intermitente.....	26
3.2 DEFINICIÓN DE COMUNIDAD.....	26
3.3 COMUNIDAD DE ALGAS: FITOPLANTON Y FITOBENTOS.....	27
3.4 PERIFITON.....	29
3.5 CONDICIONES FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA.....	32
3.5.1 Caudal.....	32
3.5.2 Categorías de flujo.....	33
3.5.3 Mediciones de caudal en ríos y arroyos.....	33
3.5.4 Temperatura:.....	34
3.5.5 Oxígeno Disuelto.....	34
3.5.6 Gas Carbónico.....	34
3.5.7 pH.....	34
3.5.8 Alcalinidad.....	34
3.5.9 Conductividad.....	34
3.5.10 Salinidad.....	35
3.5.11 Dureza.....	35
3.5.12 Fósforo y Nitrógeno.....	35

4. HIPÓTESIS	37
5. METODOLOGIA.....	38
5.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE ÁREA DE ESTUDIO	38
5.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	40
5.3 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS.....	40
5.3.3. Precipitación correspondiente al periodo de estudio	43
5.4. METODOLOGIA DE CAMPO	43
5.4.1 Determinación de los sitios de muestreo	43
5.4.2 Caracterización de los sitios de muestreo.....	44
5.5 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO.....	45
5.5.1 Ancho total, ancho activo del cauce y caudal.....	46
5.5.2 Temperatura, salinidad y conductividad.....	46
5.5.3 Pruebas químicas	46
5.6 ANÁLISIS COMUNIDAD DE ALGAS PERIFITICA.....	47
5.6.1 Toma de muestras perifiton:	47
5.6.2 Preservación de las muestras:	47
5.6.3 Trabajo en laboratorio.	47
5.7 TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS.....	51
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
6.1 PARAMETROS FISICO QUIMICOS.....	53
6.1.1 Parámetros hidrológicos.	54
6.1.2 Parámetros físicos.....	56
6.1.3 Parámetros químicos	58
8.1.17 Relación entre los parámetros fisicoquímicos	65
6.2 ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD ALGAS PERIFÍTICAS	66
6.2.1 Composición y riqueza de la comunidad.....	71
6.2.2 Abundancia y Densidad.....	72
6.2.3 Índices biológicos	79

6.3 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA ENTRE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS.....	84
6.3.1 Relación caudal-densidad.....	85
9. CONCLUSIONES.....	87
11. BIBLIOGRAFIA.....	90
12. ANEXOS.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de estudio	39
Figura 2. Precipitación total 2006. Estación La Fonda 2006. Fuente. IDEAM.	43
Figura 3. Quebrada Potrerillo-Patía, Sitio 1. La Zeta.....	44
Figura 4. Quebrada Potrerillo-Patía, Sitio 2. Potrerillo	45
Figura 5. Datos de precipitación Vs Caudal (a. sitio 1 La Zeta y b. sitio2 Potrerillo)	55
Figura 6. Comparación de datos de Turbidez para sitio 1 y sitio 2.	57
Figura 7. a.Temperatura Ambiental y b. Temperatura hídrica Quebrada Potrerillo Sitio 1 y 2..	58
Figura 8. Variaciones en los parámetros de Oxígeno disuelto, Dióxido de Carbono disuelto y pH (a. La Zeta y b. Potrerillo)	59
Figura 9. Porcentaje de Saturación de Oxígeno entre La Zeta y Potrerillo.	61
Figura 10. Comparación de Datos de conductividad Sitio 1 y sitio 2	62
Figura 11. Relación de datos Dureza total, carbonácea vs. Calcio (a. Sitio 1 La Zeta y. b. Sitio 2 Potrerillo).....	63
Figura 12. Variaciones observadas para el amonio, nitritos y nitratos en el sitio1	64
Figura 13. Análisis de componentes principales de los parámetros físico-químicos, Quebrada Potrerillo. Programa estadístico Past v. 1.18	65
Figura 14. Distribución porcentual de la riqueza por Divisiones de algas encontradas en los sitios de muestreo.....	71
Figura 15. Riqueza específica en cada uno de los dos sitios de muestreo quebrada Potrerillo.	72
Figura 16. Distribución porcentual de la abundancia por División de algas encontradas en los sitios de muestreo.	73
Figura 17. Densidad total de las divisiones de algas perifíticas en los sitios 1 y 2	76
Figura 18. Variación total mensual de la densidad de cel/cm ² sitios 1 y 2.	77
Figura 19. Variación de la densidad por época para cada sitio.	78
Figura 20. Índice de riqueza de Margalef para los sitios La Zeta y Potrerillo.	80

Figura 21. Diversidad mensual Shannon para los sitios 1 y 2.....	80
Figura 22. Análisis Bray-Curtis de similaridad para Densidad por sitios.	83
Figura 23. Análisis Bray-Curtis de similaridad para Densidad mensual total.....	84
Figura 24. Análisis de correspondencia entre parámetros fisicoquímicos y biológicos.....	85
Figura 25. Comparación de los valores promedio de la Densidad vs Caudal para los dos sitios..	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del tipo de dureza para diferentes tipos de propósitos	35
Tabla 2. Distribución de la precipitación media mensual. Estación La Fonda - Citec.....	41
Tabla 3. Valores medios de temperatura. Estación La Fonda Citec 1970-1999.	41
Tabla 4. Valores medios mensuales de brillo solar (hr). Estación La Fonda 1970-1999.....	42
Tabla 5. Valores medios de humedad Relativa (%). Estación La Fonda 1970-1999.....	42
Tabla 6. Valores medios de Evaporación (mm). Estación la Fonda 1970-1999	42
Tabla 7. Datos fisicoquímica Sitio 1 La Zeta.	53
Tabla 8. Datos fisicoquímica sitio 2 Potrerillo.....	54
Tabla 9. Géneros, No. ind/cm ² durante los meses de estudio para la Comunidad de algas perifíticas Sitio1. La Zeta.	67
Tabla 10. Géneros, No. ind/cm ² durante los meses de estudio para la Comunidad de algas perifíticas Sitio2. Potrerillo	69
Tabla 11. Lista de géneros, abundancia y distribución para las dos zonas de estudio.	73
Tabla 12. Análisis univariante entre género y sitio, variable dependiente Densidad. Realizado con el programa estadístico SPSS v.11	77
Tabla 13. Análisis univariante entre género y mes, variable dependiente Densidad. Realizado con el programa estadístico spss v.11	78
Tabla 14. Análisis univariante entre época y sitio, variable dependiente Densidad. Realizado con el programa estadístico spss v.11	79
Tabla 15. Análisis univariante entre genero y época, variable dependiente Densidad. Realizado con el programa estadístico SPSS v.11	81
Tabla 16. Medición de los parámetros de complementariedad para los dos sitios.....	82

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a:

Dios por haber permitido llevar a cabo la formación profesional en el área de Biología.

Nuestras Madres, Ana Isabel Echeverry y María Yolanda Ordoñez, quienes con su paciencia, tolerancia y esmero siempre brindando el apoyo necesario para la culminación de este objetivo. Carmen Vásquez por ser ejemplo de vida y fuente de amor.

Juliana Paz y Catalina Viveros, por su apoyo incondicional y ser fuente de inspiración para la elaboración de este trabajo.

Nuestro Director Mg. Gerardo Naundorf, por sus aportes y guía durante todo este proceso.

Evaluadores del proyecto en cada uno de sus fases; profesores Sandra Morales, Leónidas Zambrano y José Beltrán. Profesor Gabriel Pinilla por sus aportes a la metodología. Profesores Giselle Zambrano y Silvio Carvajal por sus grandes aportes en el tratamiento estadístico de los datos. Profesores Guillermo Vásquez y Hildier Zamora por sus aportes a nuestra formación profesional.

Nuestros compañeros de trabajo de campo del Énfasis Recursos Hidrobiológicos Continentales del 2006. Familia Caicedo González por su hospitalidad que permitió el desarrollo de la fase de campo de nuestro trabajo de grado.

Todos los amigos y compañeros.

RESUMEN

Los ríos intermitentes se caracterizan por las amplias variaciones en el caudal, dependiendo de las condiciones climáticas, que determinan a su vez, cambios en las condiciones físicas, químicas y biológicas del ecosistema. Es sabido que la alternancia de los períodos de lluvias y sequía y los consecuentes cambios en el volumen del caudal, ocasionan diversos efectos sobre los componentes bióticos, que se reflejan en la estructura y organización de la comunidad (Likens, 1999). El presente estudio tuvo como objetivo establecer los efectos de la variación en el caudal, específicamente los períodos de inundación y caudal mínimo durante los meses de Junio a Noviembre de 2006, sobre la comunidad de algas perifíticas, en dos sitios de muestreo en la quebrada Potrerillos, tributario menor del Río Patía en el Departamento del Cauca.; el primero ubicado en la parte alta en cercanías a la Hacienda la Zeta, vereda San Pedro (Sitio 1) y el segundo sitio en la parte baja de la quebrada en vereda Potrerillos (Sitio 2). La colecta de los organismos perifíticos se realizó mediante los métodos propuestos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos –EPA para la bioevaluación ambiental de ríos (Documento EPA 841-B-99-002). Simultáneamente, se realizaron análisis físico químicos hídricos con base en los métodos estándar colorimétricos y potenciométricos (APHA, 1985). Los resultados obtenidos fueron tratados estadísticamente para determinar el parámetro físico químico de mayor influencia sobre el sistema, los cambios de la comunidad por sitio, por mes y por época, en función de la densidad poblacional y establecer el parámetro de mayor influencia sobre los cambios de la comunidad.

Se identificaron 89 géneros de algas, la División con mayor riqueza fue Chlorophyta con 36 (40.45%) géneros, La División con mayor abundancia fue Bacillariophyta con 35748 cel/cm² (65,45%), dentro de esta División se encontró el género mas abundante *Navícula* con el 22% del total de individuos. El índice de riqueza de Margalef mostro niveles altos, los máximos fueron de 10.6 en la Zeta y 10.1 en Potrerillo, con mínimos de 9,6 en la Zeta y 10,1 en Potrerillo. La

diversidad de Shannon se presento con valores máximos para La Zeta de 4,42 y de 4,45 para Potrerillo, los valores más bajos de diversidad fueron de 3,86 en La Zeta con y 3,97 en Potrerillo. No se presentaron cambios significativos en la estructura de la comunidad por sitios de muestreo, por mes y época. El único cambio biológico significativo se presento a nivel de densidad poblacional por época, en La Zeta paso de 14.578 cel/cm² en sequía a 12.881 cel/cm² en lluvias (11,64%), y en el sitio Potrerillo la densidad cambia de 15.370 cel/cm² a 11.674 cel/cm² (24,04 %). Con base en los análisis estadísticos, se estableció que las variaciones observadas en la densidad poblacional y algunos de los parámetros fisicoquímicos fueron determinadas por las variaciones del caudal cuyo promedio fue de 23,6 L/s con desviación de 28,0 L/s para la Zeta y de 12,6 L/s con una desviación de 19,8 L/s en Potrerillo.

INTRODUCCIÓN

La intermitencia en los ecosistemas lóticos, genera una perturbación en las características hidrológicas, físicas y químicas, causando una heterogeneidad espacial y temporal, lo que genera una respuesta inmediata de los organismos que habitan este medio (Likens, 1999). La hidrología de estos ríos depende del clima local; lo cual es claramente visible en la zona intertropical donde se presenta una estacionalidad climática que alterna periodos de lluvia y de sequía (Payne, 1986), y en específico para estos ríos el cambio en su hidrología, donde en temporadas de sequía hay ausencia de caudal, pero en los que prevalecen algunos pozos generan disturbios que desencadenan procesos sucesionales dentro de las comunidades (Gómez *et al.*, 2001).

En el caso de las regiones neotropicales, los ríos se encuentran generalmente en regiones secas o semiáridas, característica que envuelve a la mayor parte del municipio de Patía, que presenta adicionalmente problemas de degradación de tierras con procesos de desertificación evidentes, lo que genera que el impacto del fenómeno de la intermitencia en los ríos sea fuerte. Las subcuencas y microcuencas dentro del valle del río Patía presentan un balance hidrológico negativo, pues ocurren condiciones o circunstancias climáticas estresantes como escasas precipitaciones y muy variables en el espacio y en el tiempo, alta radiación solar y escasa infiltración del agua en el suelo, entre otras (Asopatía, 2005).

La serie de cambios hidrológicos que sufren los ríos intermitentes, hacen que todas las comunidades sean vulnerables a los mismos y esto es altamente notable en el perifiton, que es una comunidad compleja, compuesto de algas en su mayoría, bacterias, hongos, protozoarios, detritos y compuestos biológicos, que permiten la adhesión al sustrato del río, formando una biopelícula, donde ocurren procesos de la transformación de energía dentro del ecosistema (Lock *et al.*, 1984). Las algas y las cianobacterias presentes en el perifiton de los ríos o arroyos, son productores primarios, que contribuyen a la entrada de energía biológicamente disponible, debido

a su proteína e hidrato de carbono el perifiton actúa como una gran fuente de alimento para muchos consumidores (Lambert y Moore, 1984).

La luz, la disponibilidad de nutrientes y el caudal del agua, son consideradas como los factores que controlan la biomasa del perifiton. La luz es el principal requisito para el crecimiento de algas, la cual es dependiente de la anchura del río o arroyo, la profundidad y la vegetación ripariana o ribereña. Se puede notar que la caída de las hojas de la vegetación ripariana, puede modificar drásticamente la biomasa del perifiton (Sumner y Fisher, 1979). El crecimiento también está limitado por las concentraciones de nitrógeno y fósforo, este último en pocas concentraciones; sin embargo cuando hay un aumento de estos nutrientes puede provocar un crecimiento algal excesivo. En estos ríos, uno de los principales factores que influyen en el crecimiento del perifiton es el arrastre ejercido por el agua durante los periodos de lluvia. En un río intermitente, durante el período de sequía el perifiton inicia un aumento moderado de su población, esto se debe a los cambios bióticos y abióticos del ecosistema, sin embargo la población azotada por un aumento drástico en los nutrientes disponibles tiene un incremento catastrófico, que hace que se formen grandes extensiones de la biopelícula sobre el sustrato, esto alternado con toda la serie de eventos que generan los cambios físicos, químicos y biológicos del ecosistema (Gómez *et al.*, 2001).

Una vez llega la temporada de lluvia se nota el desprendimiento del perifiton del sustrato ya que este es sumamente vulnerable a la abrasión física a la que es sometido, es así como se nota el cambio de la distribución de modo espacial y temporal de la biomasa del perifiton (Gómez *et al.*, 2001).

La mayoría de estudios realizados sobre el perifiton se enfatizan en el proceso de colonización y la composición de especies que se genera por factores abióticos principalmente (McCormick y Stevenson 1991). En el caso de Colombia, se observa un aumento en los estudios de la comunidad perifítica de ríos, lagos y embalses, pero es poco lo que se ha investigado sobre los efectos del caudal sobre esta comunidad (Martínez y Donato 2003) y mucho menos en ríos intermitentes. Este estudio pretendió establecer la relación que existe entre el caudal registrado

para la mitad del ciclo hidrológico anual durante los meses de junio a noviembre de 2006 y la composición de la comunidad de algas del perifiton, en la quebrada Potrerillo, tributario del río Patía, Departamento del Cauca. Igualmente, pretendió encontrar relaciones entre el perifiton, los factores hidrológicos y los cambios físicos y químicos hídricos que se presentan en este río intermitente.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Evaluar el cambio en la comunidad algal perifítica presente en el río intermitente Quebrada Potrerillo, Municipio de Patía, considerando los periodos de inundación y caudal mínimo, durante la mitad del ciclo hidrológico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1. Establecer los cambios físicos y químicos hídricos de la quebrada Potrerillo en el transcurso de seis meses consecutivos, teniendo en cuenta el periodo de caudal mínimo y el de inundación de este ecosistema.

1.2.2. Caracterizar la comunidad de algas del perifiton presentes en la parte alta y baja de la quebrada potrerillos.

1.2.3. Determinar la estructura de la comunidad algal perifítica para los periodos de caudal mínimo e inundación que acontecen en el río intermitente quebrada Potrerillo.

2. ANTECEDENTES

El análisis documental indica un importante número de trabajos, especialmente a nivel mundial o global. Se destacan a continuación algunos aspectos, ordenados de forma global, continental, nacional regional y local, así como de modo cronológico.

En lo global, W. Reisen (1978) realizó estimaciones cuantitativas del perifiton a los cambios estacionales marcados por un periodo de estiaje que ocurre durante el otoño y la inundación durante la época de lluvia en primavera, ocurridos en un arroyo de Arbuckle en Oklahoma (E.U.A). Sus estudios mostraron que el afloramiento algal y el aumento de la productividad primaria estaban estrechamente relacionados con los cambios fisicoquímicos tales como la conductividad y la temperatura hídrica.

U. Uehlinger (1991), caracterizó la variabilidad espacio temporal de la biomasa de perifiton, en un río Pre-alpino en Suiza, donde existen descargas imprevistas que causan una desaparición parcial de la comunidad algal, sin embargo existe parte del perifiton que mostró una gran resistencia a este arrastre, lo cual permitió establecer que la producción de biomasa por parte del perifiton antes y después del fenómeno de inundación era alta.

N. Joos (2003), en una sección canalizada del río Thur en Suiza, evaluó la distribución espacio temporal del Perifiton, teniendo en cuenta los tiempos de descarga. Considerando parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad, salinidad y caudal para relacionarlos con la cantidad de biomasa del perifiton, donde encontró que el parámetro con mayor influencia es el caudal.

M.R. Vidal-Abarca, R. Gómez, M.L. Suárez (2003), caracterizaron en las regiones semiáridas de la región de Murcia en España, los tipos de ecosistemas acuáticos loticos presentes y tras analizar

la variabilidad ambiental de estos, contribuyeron con la configuración de un cuadro hidroquímico y su variabilidad espacio temporal, tomado esto como base para la implementación de un plan de acción ambiental de los ecosistemas acuáticos en todas las regiones semiáridas de España.

A. Gottlieb (2004), estableció la duración de la estera que forma la comunidad perifítica en los Everglades en la Florida (E.U.A). Esto lo consiguió tras analizar los períodos de sequía e inundación, encontrando un cambio significativo en la comunidad perifítica, en un aumento progresivo de acuerdo a la época de sequía y una disminución en épocas de lluvias.

J.R. Svec, R.K. Kolka, J.W. Stringer (2005), elaboraron un modelo geométrico que consistió en la unificación de los conceptos para categorizar los tipos de flujo encontrados en Kentucky (EEUU), teniendo en cuenta la duración del flujo anual, utilizando la clasificación de Servicio Geológico de los estados Unidos de Norte América - USGS, definiendo como flujo perenne de un río cuando el caudal esta presente en más de un 90% anual, Intermitente cuando el flujo se presenta entre un 10 – 90% anual y efímero menos del 10% anual.

D. Gualtero (2007), estudió la composición y abundancia de la comunidad de algas bénticas y la relación con los parámetros físicoquímicos en cinco quebradas poco impactadas del área centro y este de Puerto Rico. Las muestras compuestas fueron obtenidas mensualmente para la enumeración e identificación de especies y biomasa mediante peso seco libre de ceniza y clorofila *a*. Estos parámetros biológicos se emplearon para estimar el índice autotrófico. Además se determinaron los niveles de fósforo total y disuelto, nitrato, turbidez, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, carbono orgánico disuelto y temperatura.

A nivel de Sudamérica varios son los autores que se destacan por el estudio de las algas y más específicamente el perifiton:

Round (1991) realiza una revisión de las diatomeas en estudios de monitoreo de aguas de río.

Lobo (2000), presenta un análisis de la estructura de comunidades de diatomeas epilíticas en el arrollo Sampaio en Brasil en donde determinó las relaciones entre la estructura de las comunidades de diatomeas epilíticas y los factores ambientales.

Oliveira *et al* (2001), presentan un estudio sobre asociación de especies de diatomeas perifíticas de sustratos artificiales en ecosistemas lóticos en el arrollo Sampaio Brasil en este estudio se realiza una relación ente las especies encontradas en los sustratos artificiales y algunas variables abióticas como temperatura, pH, conductividad, turbidez, nitrógeno y fósforo.

Lobo (2002) presenta un libro llamado Utilización de algas diatomeas epilíticas como indicadoras de calidad de agua en la región hidrográfica de Guaíba, Brasil, indicando las clases de algas diatomeas que pueden ser utilizadas en estudios de calidad ambiental.

F. Pedro (2003) realizó un estudio de productividad de macrófitas en dos ríos intermitentes en la zona semiárida Brasileira, donde comprobó que la productividad de macrófitas está relacionada directamente con nitratos, ortofosfatos y el caudal. Encontró que las concentraciones de los nutrientes aumentan en temporadas de sequía y se diluyen hacia la época de lluvias.

A nivel nacional, se encuentran trabajos como los K. Amaya (1999), quien analizó la composición y estructura del fitoperifiton o perifiton asociado a las macrófitas en el lago Tarapoto en la amazonia Colombiana, encontrando las algas diatomeas como las mas dominantes el proceso de colonización. Este trabajo se desarrollo con sustratos artificiales, lo que permitió identificar que poblaciones conforman el fitoperifiton del lago.

L. Martínez, J. Donato (2003), quienes tras medir de modo periódico las variables ambientales e hidrológicas, establecieron la influencia de estos parámetros en el proceso de colonización del perifiton en un río de alta montaña en Boyacá, Colombia. Tomando como referente el uso de sustratos artificiales, estableciendo así los niveles de diversidad de acuerdo al cambio del caudal del río en temporada de flujo bajo, medio y alto.

A nivel regional se destacan los trabajos del grupo de investigación de recursos hidrobiológicos de la Universidad del Cauca, los cuales han realizado estudios en la parte alta de la cuenca del río Cauca, el embalse Salvajina, lagunas de alta montaña, sistemas hidrotermales y trabajos en la cuenca hidrográfica del río Patía, entre ellos se destacan el trabajo realizado por Rivera (1990), donde llevo a cabo una caracterización fisicoquímica e hidrobiológica en el embalse Salvajina y el de Morales (2006), quien para tres lagos de la meseta Popayán utilizo la comunidad de Perifiton como bioindicadora del estado trófico.

Para el caso de la quebrada Potrerillo, solo se cuenta con un trabajo realizado a nivel de macroinvertebrados epicontinentales realizado por Longo (2007), la cual determinó la variación de la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos tanto temporal como espacialmente, frente al estrés hídrico representado por la variación estacional en el nivel del agua en la quebrada Potrerillo.

Resulta importante entender la verdadera dimensión del impacto ambiental que generan los ríos intermitentes en las comunidades biológicas, para tal fin se pretende dar un paso inicial en el estudio de estos ecosistemas tan frecuentes en zonas secas y semisecas como la del Patía.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 RÍOS INTERMITENTES

Dentro de las regiones semiáridas, el comportamiento hidrológico de los cuerpos lóticos están regidos por la temporalidad, la interacción con las agua subsuperficiales y/o subterráneas y el tipo de sustrato, lo que determina a su vez, cambios en su dinámica de modo espacial y temporal (Gómez *et al.*, 2001).

Considerando la temporalidad Vidal-Abarca *et al.* En 1996 definieron tres tipos de ríos: permanentes, aquellos donde el flujo de agua permanece durante todo el ciclo hidrológico anual; intermitentes donde el flujo cesa una parte del año y efimeros que son ríos que se forman únicamente cuando cae sobre su cauce fuertes precipitaciones. Definición que concuerda con la de Stringer y Perkins, en 2001, que definen como Perenne: arroyos que tienen agua a lo largo del año. Intermitente: arroyos que tienen el agua durante las temporadas húmedas del año o épocas de altas precipitaciones. Efímero: un cauce formado por el agua durante o inmediatamente después de los eventos de la precipitación.

De manera cuantitativa se ha ido evolucionando en el concepto de los tipos de ríos de acuerdo a la temporalidad, Hedman y Osterkamp (1982) definió los arroyos perennes como aquéllos que presentan un flujo continuo al menos el 80% del año, intermitente 10–80% del año, y efímero <10% del tiempo, mientras Hewlett (1982) definió los arroyos perennes como los que presentan un flujo >90% del año. Texas Forest Service, en el 2000, define para el estado de Texas los arroyos perennes como los que presentan un flujo mayor que 90% del año, arroyos intermitentes

con un flujo esta entre 30 y 90% del año y cauces efímeros con un flujo menor de 30% del año (citado en: J.R. Svec, R.K. Kolka, J.W. Stringer, 2005)

Para propósitos del estudio, el concepto a tener en cuenta es el de río intermitente, el cual se caracteriza por tener tramos de su cauce con agua estancada en pozos durante los períodos de sequía en el año. Esto se debe fundamentalmente, a la existencia de descargas de aguas subsuperficiales o procedentes de acuíferos más profundos, que posibilitan la existencia de tramos temporales y/o permanentes (Moreno *et al.*, 2001). Es importante aclarar que la intermitencia también depende del sustrato litológico dominante en la cuenca de drenaje. Los ríos intermitentes dentro del ciclo hidrológico, presentan dos eventos característicos; las crecidas y los caudales mínimos, con formación de charcos. Las crecidas se refieren a la estructuración del flujo continuo de agua durante el periodo de alta pluviosidad o temporada de lluvias, donde como respuesta a las precipitaciones hay una homogenización de todo el río. Por otro lado están los caudales mínimos, que se refieren al proceso de fragmentación (formación de pozos) de hábitats disponibles para las comunidades acuáticas, es notable que este proceso se dé en temporadas de sequía.

3.1.1 Variabilidad hidroquímica en un río intermitente. Es importante resaltar que dentro del concepto de río intermitente, la principal característica es su variabilidad, una variabilidad que involucra cambio en las condiciones físicas y químicas, tanto a escala espacial como temporal.

Uno de los cambios notables es el contenido de sales, cuya responsable directa es la litología de estos sistemas (Oliva-Paterna, *et al.*, 2003). Donde es notable un incremento paulatino a lo largo de toda la cuenca de drenaje y las aguas subterráneas que se comunican con el sistema, pero este puede ser interrumpido por afloramientos de aguas hipersalinas, las cuales presentan una relación directa al sustrato de la cuenca y al trastorno que sufre la misma con el caudal mínimo.

Otro factor determinante dentro del proceso de variabilidad además de la litología, es la geomorfología y se puede decir que estas dos en conjunto definen las características físico-químicas del agua. Donde se puede encontrar que si la pendiente y la textura del sustrato lo permiten, el agua que se infiltra en determinados puntos del cauce aflora aguas abajo con una

fisicoquímica diferente, resultado del contacto estrecho entre el agua y los sedimentos del cauce (Gómez *et al.*, 2001). La conductividad hídrica de los mismos es un factor clave para interpretar, por ejemplo, el patrón espacial de variación del nitrógeno y del fósforo del agua superficial y dicha importancia aumentará conforme disminuya el volumen de agua que fluya por los cauces. La situación más extrema se produce durante el caudal mínimo, cuando la lámina de agua queda fragmentada y únicamente sustentada por pequeños resumes de agua subsuperficial o subterránea (Gómez *et al.*, 2001).

No menos importante es el mismo cauce del río que determina la profundidad de la lámina de agua, la acumulación de sedimentos finos o materia orgánica, la velocidad de la corriente y la presencia de resumes laterales, el factor implicado en las variaciones puntuales observadas (Gómez *et al.*, 2001).

La asimilación biológica de los nutrientes por parte de la vegetación es un elemento a considerar para explicar su variación espacial, pero su importancia queda limitada a los tramos de aguas permanentes. En los tramos temporales la importancia de la vegetación, como elemento que retira o aporta nutrientes al medio (por senescencia, muerte, abscisión y descomposición), varía con las condiciones hidrológicas y la estacionalidad.

Las condiciones físicas y químicas del agua incrementan su variabilidad espacial conforme se diversifica el conjunto de condiciones físicas, hidrológicas y biológicas de los cauces, fenómeno que se ve acelerado durante las etapas tempranas del estiaje en los ríos intermitentes. Por el contrario, la variabilidad disminuye cuando tiene lugar una crecida. Tras ella, las características físicas y químicas se homogenizan, al conectarse los tramos aislados, 'diluyéndose' los efectos de las variables de acción local. El cuadro hidroquímico resultante, dependiendo de la intensidad y volumen de la precipitación, será en último término reflejo de la litología y características de uso de las cuencas vertientes. En esta situación, el papel de la hidroquímica como indicador de las condiciones de la cuenca es elevado.

Sin embargo, durante el estiaje, y como consecuencia de que los factores locales afectan más a las características del agua superficial, ésta pierde su papel indicador a nivel de cuenca,

limitándose a ser reflejo de procesos puntuales de extrema variabilidad espacial y temporal. Un efecto similar tiene la temporalidad de agua en los cauces. Así, los tramos permanentes quedarían situados en el rango del flujo de base, y los temporales, próximos al estiaje.

La variabilidad diaria de las condiciones físicas y químicas es también un aspecto importante a considerar en los ríos de zonas áridas y semiáridas (Guerrero *et al.*, 1996).

3.1.2 Las comunidades biológicas: composición, estructura y adaptaciones. En general, las comunidades biológicas responden, de forma predominante, a la variabilidad hidrológica espacial y temporal de estos ríos. La vegetación ribereña se distribuye de cabecera a desembocadura, mostrando las discontinuidades hidrológicas de estos ríos. Pero de igual manera responden a las variaciones de la salinidad y a la profundidad del nivel freático, así que calidad y cantidad de agua son los factores determinantes de su distribución y composición (González del Tánago *et al.*, 1995). No obstante, las avenidas o crecientes suponen, en muchas ocasiones, un importante factor de estrés que impide el desarrollo de una vegetación ribereña bien estructurada y densa. En estos casos los productores primarios acuáticos (algas y fanerógamas) adquieren una gran importancia y, allí donde la insolación es muy intensa y las temperaturas altas, el perifiton (o biofilm) adquiere un papel funcional decisivo (Velasco *et al.*, 2003). Las adaptaciones de algas y macrófitos proporcionan tolerancia a la salinidad del agua y los periodos de sequía (Moreno *et al.*, 2001).

Entre los invertebrados acuáticos, los insectos resultan ser el grupo mejor adaptado a estos factores estresantes, siendo con diferencia los dípteros y coleópteros los más ricos en especies (Guerrero, 1996). Entre ellos se encuentran muchas de interés ecológico y/o biogeográfico (Millán *et al.*, 1996). Estudios recientes apuntan hacia la doble estrategia resiliencia-resistencia que parecen presentar los organismos de estos sistemas para sobrevivir, al tiempo, a las avenidas y a las sequías (estiaje), lo cual singulariza enormemente la composición de estas comunidades (Guerrero *et al.*, 1996). En cuanto a su estructura trófica, hay un claro dominio de los detritívoros, relacionado con la fuente predominante de alimentación (fracción fina de materia orgánica), y una ausencia casi total de los trituradores por la falta de materiales gruesos (Guerrero *et al.*,

1996). Los depredadores suponen al menos 1/3 de la comunidad, estando sus ciclos de reproducción acoplados a la disponibilidad de presas (Guerrero *et al.*, 1996).

3.1.3 Aspectos funcionales río intermitente. Aunque aún se desconocen muchos aspectos sobre la dinámica de estos ríos, nuevamente las condiciones hidrológicas implican ciertas peculiaridades en el funcionamiento. Así, en términos de producción primaria parece que la aridez aumenta la autotrófia (Gasith y Resh, 1999). Con la reducción de los caudales se favorece el metabolismo autotrófico, convirtiéndose estos ríos en productores-acumuladores de carbono orgánico, que exportan a modo de 'pulsos' durante las crecidas y avenidas. La biomasa total de las comunidades de algas está condicionada por las crecidas, mientras que la temperatura del agua explica, en buena medida, la producción primaria bruta y la respiración de la comunidad.

3.2 DEFINICIÓN DE COMUNIDAD

Las comunidades se caracterizan por presentar una estructura y una organización (Smith, 2001), la estructura de una comunidad es un concepto descriptivo y hace referencia a la composición de especies, el cual requiere consideraciones biológicas y de diversidad de especies presentes en los miembros de una comunidad (Lobo, 2000). Todas las comunidades poseen ciertas características que definen su estructura física y biológica además todas estas características varían en el espacio y en el tiempo. (Smith, 2001).

Las comunidades no solo se caracterizan por su composición de especies y su estructura biológica, sino también por su estructura física; estas dos no son estáticas sino que ambas cambian temporalmente y espacialmente (Smith, 2001), la estructura física de una comunidad refleja factores físicos. En los sistemas acuáticos lóticos y lénticos los factores de más importancia son la profundidad y flujo de agua (Smith, 2001).

Cuando una única o pocas especies predominan en una comunidad estos organismos se denominan dominantes (Smith, 2001). Estos pueden ser los de mayor número de individuos, los de mayor biomasa, los que acaparan la mayoría de espacio o los que realizan mayor flujo de nutrientes al sistema. Para la determinación de organismos dominantes se utilizan índices como los de dominancia, de densidad y de frecuencia.

De forma general, la estructura de una comunidad puede ser descrita por la composición y densidad de especies (Lobo et al, 1998). Una comunidad que tiene unos pocos individuos de muchas especies posee una mayor diversidad que una comunidad que tiene el mismo número total de individuos pero que pertenecen a unas pocas especies (Smith, 2001). El uso de valores de diversidad ha sido popular entre los ecólogos acuáticos, siendo el más frecuente el índice de diversidad de Shannon; estos índices de diversidad también ha sido utilizados como indicadores ambientales debido a que los efectos negativos de diferentes variables ambientales como la contaminación genera una disminución de la diversidad (Magurran, 1998) citado en (Lobo, 2000).

Los sistemas de aguas corrientes o lóaticas, como es el caso de los ríos, arroyos, quebradas, se caracterizan por presentar condiciones ambientales que varían intensamente en el espacio y el tiempo (Odum, 1972; Margaref, 1974). Esa variación ambiental sugiere que las comunidades presentes en este tipo de sistemas deben ajustarse modificando su estructura a través del número de individuos de especies presentes o de la sustitución de algunas especies por otras, de acuerdo con los intervalos de tolerancia que presenten para determinados factores ambientales (Tobo y Torgan, 1998) citado en (Lobo, 2000).

3.3 COMUNIDAD DE ALGAS: FITOPLANTON Y FITOBENTOS

El termino algae, para designar una entidad taxonómica, fue usado por primera vez por Linneus en 1753, en su trabajo “especies plantarum” (Parra & Bicudo, 1995). El termino algae, tal como se conoce en la actualidad está desprovisto de significado taxonómico y no corresponde a

ninguna categoría nomenclatural, es simplemente un término colectivo para un grupo de organismos extremadamente heterogéneo, debido a que es difícil especificar cuáles son las características comunes a todos los individuos (Parra y Bicudo, 1995). En algas se incluyen las formas unicelulares más simples como también organismos multicelulares. Sus procesos de reproducción comprenden los métodos más primitivos, como los métodos más evolucionados por que presentan un alto grado de complejidad.

Parra y Bicudo en 1995, reconocen y agrupan 17 clases de algas de aguas continentales, las cuales son diferenciadas por seis criterios fundamentales:

- Pigmentos fotosintetizadores
- Estructura del cloroplasto.
- Naturaleza química de la pared celular.
- Naturaleza y almacenamiento de los productos de reserva.
- Características del aparato flagelar.
- Características citológicas.

En la clasificación de las algas se deben tomar una combinación de estos criterios y jamás una sola.

En las aguas lénticas y lólicas se pueden encontrar en menor y mayor grado dos tipos de comunidades de algas, las cuales se dividen en fitoplancton y fitobentos o algas bénticas: el fitoplancton corresponde a la comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que se hallan en suspensión en las aguas y puede ser delimitada ecológicamente y fisiológicamente (Parra y Bicudo, 1995).

Fitobentos o algas bénticas son el componente principal de la comunidad perifítica que crece sobre sustratos sumergidos en la zona fótica de los ecosistemas acuáticos. En ambientes de agua dulce, las algas bénticas más comunes pertenecen a las cianobacterias (Cyanobacteria), diatomeas (Bacillariophyceae), algas verdes (Chlorophyta) y rojas (Rhodophyta) (Stevenson *et al.*, 1996).

Según Parra y Bicudo (1.995), Allan (1995), Stevenson (1.996) y Gualtero (2007). En las algas bénticas o fitobentos se distinguen diferentes subcomunidades de algas de acuerdo al microhábitat que ocupan:

- Algas epipélicas - *Epipelon*: Son aquellas que crecen sobre los sedimentos (finos, orgánicos).
- Algas epilíticas – *Epiliton*: Son aquellas que crecen sobre rocas o superficies rocosas.
- Algas epifíticas - *Epifiton*: Son aquellas que crecen sobre superficies vegetales, incluyendo algas filamentosas.
- Algas epizoicas - *Epizoon*: Son aquellas que crecen sobre superficies animales acuaticos.
- Algas endófitas – *Endofiton*: Son aquellas que crecen dentro de células o tejidos vegetales.
- Algas episámmicas - *Epipsammon*: son aquellas que crecen o se mueven sobre granos de arena.

El *metafiton* hace referencia a aquellas algas que no están totalmente adheridas al sustrato. Ejemplo de éstas son las algas verdes filamentosas como *Mougeotia*, *Spirogyra* y *Zygnema*, que se encuentran en zonas de poca corriente (Gualtero, 2007).

El termino perífiton, es el termino más usado para referirse a una microflora algal que crece sobre un sustrato artificial o natural.

3.4 PERIFITON

El perifiton es referido como la microbiota, desde algas y hongos microscópicos hasta bacterias, protozoos y algunos metazoarios, que viven sobre un sustrato, (Wetzel, 2001). El sustrato puede ser natural o artificial. Las algas son su principal componente y constituyen el sustrato de la comunidad bacteriana y un nicho ecológico para protozoarios, microcrustaceos y macroinvertebrados, entre otros organismos. A pesar de la importancia del perifiton en la mayoría

de los sistemas acuáticos, su conocimiento es todavía pobre especialmente comparado con la información existente sobre el fitoplancton.

Los grupos principales de algas presentes en el perifiton de sistemas lóticos son las cianobacterias (Cyanophyta), algas verdes (Chlorophyta), algas rojas (Rhodophyta) y diatomeas (Bacillariophyceae), siendo estas últimas las algas que comprenden la mayoría de las especies del perifiton (Allan, 1995; Gualtero, 2007).

Las algas del perifiton constituyen una comunidad adherida a diferentes sustratos en un río (Allan, 1995) y son los productores primarios de la red trófica (Wetzel, 2001). Las algas bénticas del perifiton son los productores primarios más importantes en lagos, ríos y humedales (Stevenson *et al.*, 1996), y constituyen la base de la cadena alimenticia en estos ecosistemas. Mediante la fotosíntesis, las algas suministran oxígeno al cuerpo de agua y por medio de la fijación del carbono, se convierten en fuente energética para los organismos que se alimentan de ellas. El perifiton es un compartimiento importante de la cadena trófica llegando a dominar la fijación de carbono (Wetzel, 2001).

La colonización, el crecimiento y el desarrollo de esta comunidad comienza con especies pioneras, de vida corta y tasas reproductivas altas, que preparan el ambiente para la llegada de especies intermedias y termina con la entrada de especies tardías de ciclos de vida más complejos y tasas reproductivas más lentas (Stevenson *et al.*, 1996).

En los sistemas acuáticos, las algas bénticas del perifiton regulan el flujo de algunos elementos químicos, en especial los nutrientes, de forma directa e indirecta. Los efectos directos en el ciclo de nutrientes pueden ser: (1) aumento en el suministro de nutrientes, mediante la fijación de las formas atmosféricas y el empleo de aquellos presentes en el sustrato al que se encuentran adheridas; las cianobacterias, por ejemplo, son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en el agua, y convertirlo a NH_3 y aminoácidos, (2) tomar los nutrientes presentes en la columna de agua, y (3) la transformación y remineralización de los mismos. En el último caso, los nutrientes son liberados por excreción de las algas o de los animales que se han alimentado de ellas, lisis

celular o por hidrólisis enzimática de las formas orgánicas de los nutrientes (Mullholland, 1996 en Stevenson, *et al.*, 1996).

La regulación indirecta de los elementos se asocia con la formación de microhábitats, que cambian las características hidráulicas del fondo del río. La interacción en estas zonas entre las algas, los microorganismos heterotróficos y los consumidores, influye en la dinámica de nutrientes, debido a que se disminuye la pérdida de los elementos mineralizados. También se aumenta su circulación en un mismo sitio, antes de ser desplazados con la corriente (Mullholland, 1996 en Stevenson, 1996).

Las diatomeas son en muchos casos el componente dominante del perifiton y su contribución a la producción primaria de los ecosistemas acuáticos ha sido frecuentemente subestimada (Stevenson *et al.*, 1996). Las diatomeas poseen, además, el valor añadido de ser excelentes indicadoras ambientales, puesto que se hallan prácticamente en la totalidad de los sistemas acuáticos y responden sensiblemente y con rapidez a los cambios ambientales (Stevenson *et al.*, 1996).

La mayoría de estudios sobre colonización muestran diferencias en la composición de especies generadas por factores abióticos (McCormick y Stevenson, 1991). Sin embargo, las interacciones y las estrategias dentro de las comunidades generan modelos sucesionales (Begon *et al.*, 1996). Además de cambios funcionales dentro de la comunidad, se presentan otros a nivel estructural como los tamaños celulares y la morfología. Según Margalef (1993) y Odum (1994), en estados iniciales de sucesión y colonización las especies presentan tamaños pequeños y morfología sencilla, mientras que en los estados tardíos las especies presentan tamaños grandes y morfología más compleja. De igual manera, se afirma que la diversidad es baja en la fase inicial y alta en la fase final, mientras que son más complejos los ciclos de vida y las estrategias reproductivas a medida que avanzan las etapas de colonización (Wetzel, 2001).

3.5 CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA

Según, el Boletín de Suelos de la FAO – 68¹, se presenta la definición de caudal, los tipos de flujo, categorías de flujo y las mediciones del mismo.

3.5.1 Caudal: En la dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

En el caso de cuencas de ríos o arroyos, los caudales generalmente se expresan en metros cúbicos por segundo o miles de metros cúbicos por segundo. Son variables en tiempo y en el espacio y esta evolución se puede representar con los denominados hidrógramas.

Tipos de flujo: Para clasificar los tipos de flujo es preciso considerar dos aspectos: la uniformidad del flujo dentro de la corriente fluvial y su variabilidad con el tiempo. Es común que las condiciones de flujo cambien dentro de un mismo río. A menudo, ciertas secciones o tramos del río presentan varias transiciones de condiciones de flujo entre un determinado tipo de flujo y otro. Al viajar junto a un río podemos observar zonas de hoyas fluviales y rápidas. Éstas son las áreas de distintas condiciones de flujo.

Flujo uniforme y no uniforme. Se puede tomar como que en cada punto dentro una corriente el fluido se mueve a la misma velocidad y en la misma dirección, el flujo es uniforme. Sin embargo, si en un momento dado la velocidad no es igual en cada punto, el flujo no es uniforme.

Flujo constante y flujo variable. Cuando el flujo es constante, las condiciones de velocidad, presión y sección transversal pueden ser distintas de un punto a otro, pero no cambian con el tiempo. Si en algún punto dentro del fluido las condiciones cambian con el tiempo, el flujo se describe como variable.

¹ Boletín de Suelos de la FAO – 68: Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. N.W. Hudson. 1997

En la práctica, siempre habrá leves variaciones de velocidad y presión, pero si los valores medios son constantes, el flujo se considera constante.

3.5.2 Categorías de flujo: Si se combinan las condiciones de flujo antes descritas se pueden identificar cuatro tipos generales de flujo:

Flujo constante y uniforme: Las condiciones no cambian ni con la posición en el río ni con el tiempo.

Flujo constante y no uniforme: Las condiciones cambian de un lugar a otro del río, pero no con el tiempo.

Flujo variable y uniforme: En un momento dado, las condiciones son iguales en todos los puntos, pero cambian con el tiempo.

Flujo variable y no uniforme: Las condiciones del flujo pueden cambiar de un punto a otro y, en cada punto, con el tiempo.

3.5.3 Mediciones de caudal en ríos y arroyos:

Caudal instantáneo. Como su nombre lo dice es el caudal que se determina en un instante determinado. Su determinación se hace en forma indirecta, determinado el nivel del agua en el río (N0), e interpolando el caudal en la curva calibrada de la sección determinada precedentemente. Se expresa en m^3/s . Esta medición se realiza mediante el uso del molinete, que mide la velocidad en un único punto y para calcular la corriente total hacen falta varias mediciones, donde se realizan una sectorización del cauce dividiéndolo en franjas. La velocidad media correspondiente a cada franja, se calcula a partir de la media de la velocidad medida a 20% y 80% de la

profundidad de la franja. Esta velocidad multiplicada por la superficie de la franja da el caudal de la franja y el caudal total es la suma de las franjas.

3.5.4 Temperatura: Efecto que se deriva de la penetración lumínica y por consiguiente de la cantidad calórica que es absorbida por el cuerpo de aguas naturales. La temperatura incide en características físicas como: densidad del agua, solubilidad de gases, reacciones químicas y procesos biológicos como: niveles trofodinámicos de la biota acuática, tasa metabólicas, conversiones alimenticias, procesos de maduración gonádica, distribución de las poblaciones, procesos de degradación de materia orgánica (Roldán, 1992).

3.5.5 Oxígeno Disuelto: Se mide en mg/L. es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos. Las fuentes principales de de oxígeno en el medio acuático son: El intercambio con el medio atmosférico, y el proceso bioenergético de la fotosíntesis generado por el fitoplancton y las macrófitas acuáticas.(Roldán, 1992)

3.5.6 Gas Carbónico: Se origina por la descomposición de la materia orgánica, por la respiración de los animales y las plantas y por el agua lluvia, la cual arrastra este gas de la atmósfera y en general reacciones químicas que se manifiestan tanto en la columna como en el sustrato (Roldán, 1992).

3.5.7 pH: Es el potencial de hidrogeniones que indica la concentración de estos iones en el agua. En aguas naturales los valores de pH varían en función de: estado trófico del sistema, concentración de gas carbónico, presencia de iones que determinan la alcalinidad (HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=3}$, $\text{SO}^{=4}$, $\text{PO}^{=4}$); la acidez mineral, factores edáficos, presencia de ácidos orgánicos (ácidos húmicos); columna de agua (Roldán, 1992).

3.5.8 Alcalinidad: Es una forma para indicar la presencia de iones bicarbonato (HCO_3^-) y carbonato (CO_3) en el agua, los cuales le confieren la capacidad buffer al sistema. La alcalinidad del agua depende en gran parte de la naturaleza geoquímica del sustrato. (Roldán, 1992).

3.5.9 Conductividad: Se define como la capacidad de transmitir la corriente eléctrica por parte de la masa de agua y está determinada por la presencia de iones. La conductividad proporciona

una idea aproximada acerca de la realidad de un ecosistema acuático, actividad iónica, diversidad biótica (relación inversa); procesos de osmoregulación y balance hídrico; productividad natural primaria, procesos de descomposición de materia orgánica (estado trófico), naturaleza geoquímica del sustrato, origen de un proceso de alteración (contaminación). (Roldán 1992).

Gran parte de los sólidos disueltos se originan por el contacto del agua con las rocas y el suelo; se menciona que la composición de minerales disueltos en el agua se debe al clima, geología local, topografía, biología del agua y al estado del tiempo. Los iones más frecuentes son: calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonatos, sulfatos y cloruros (Vásquez, 1992). Las aguas oligotróficas presentan valores bajos (entre 10 y 25 mg/L), mientras que aguas de naturaleza trófica tienden a aumentar considerablemente estos valores (entre 50 – 200 mg/L) (Roldan 1992).

3.5.10 Salinidad: Se define como la concentración total de los componentes iónicos tales como carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, y nitratos (aniones); estos se encuentran en combinación con cationes tales como calcio, sodio, potasio, hierro y magnesio, formando sales ionizables (Roldán 1992). La presencia de estos iones en el agua está asociada a la naturaleza geoquímica del terreno.

3.5.11 Dureza: Es la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua. Existen varias clasificaciones de acuerdo con los valores de dureza entre ellas:

Tabla 1. Clasificación del tipo de dureza para diferentes tipos de propósitos Según Boyd, 1990.

Propósito Sanitario	Clasificación	Propósito Acuícola
0-75 mg CaCO ₃ /L	Blanda	0-25 mg CaCO ₃ /L
75-150 mg CaCO ₃ /L	Semidura	25-50 mg CaCO ₃ /L
150-300 mg CaCO ₃ /L	Dura	50-75 mg CaCO ₃ /L
>300 mg CaCO ₃ /L	Muy dura	>75 mg CaCO ₃ /L

3.5.12 Fósforo y Nitrógeno: Constituyen los dos elementos más importantes de la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos. En medios oligotróficos sus concentraciones son relativamente bajas, por el contrario en medio eutrofizado las concentraciones alcanzan varios miligramos por litro. Puede ser uno de los factores más limitantes en la productividad primaria.

El fósforo proviene de la disolución de las rocas fosfatadas y por la mineralización de la materia orgánica, que retorna al medio el fósforo inorgánico a través de los procesos de descomposición microbiana. El nitrógeno tiene como fuente principal el nitrógeno atmosférico además regresa al medio a través de la descomposición de materia orgánica. (Roldán, 1992).

4. HIPÓTESIS

Trabajos de investigación realizados en la quebrada Potrerillo permitieron observar que a pesar de las notables de condiciones de sequía, se presentaban afloramientos algales en los charcos que quedaban en el cauce y que durante las épocas de lluvias, estos crecimientos disminuían por efectos del gran caudal. Esto condujo a plantearse la hipótesis de que los cambios hidrológicos y fisicoquímicos en la quebrada Potrerillos tienen efectos sobre la composición, abundancia y distribución de las algas perifíticas.

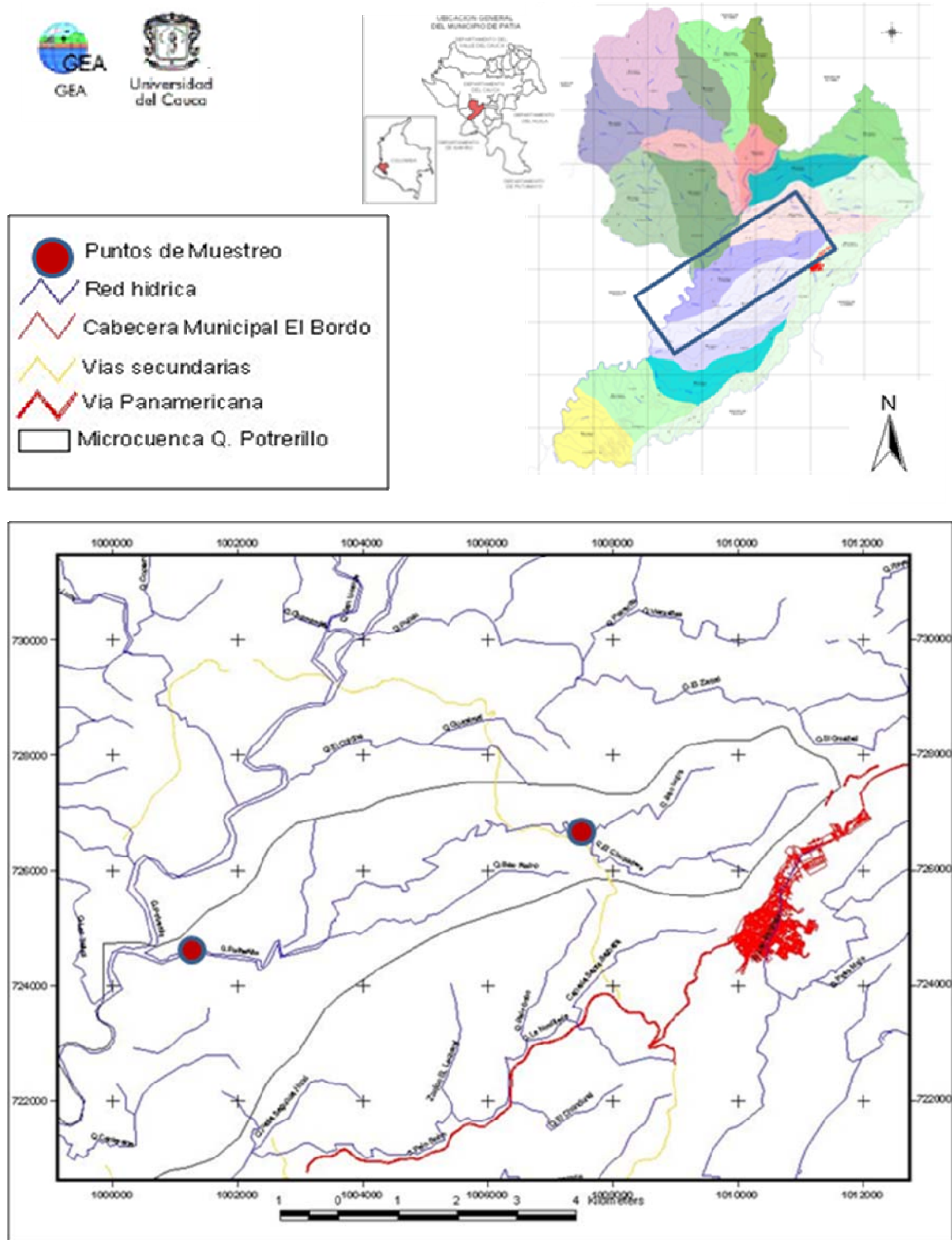
5. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos de la caracterización de la comunidad perifítica fué importante tener en cuenta hacer un análisis integral de los factores físicos, químicos del sistema hídrico, y comunidad de algas. Para este trabajo se evaluaron las variables físicas y químicas del río, y se tomaran registros de la comunidad de perifiton presente a lo largo del periodo de estudio, correspondiente a medio ciclo hidrológico en los meses de junio a noviembre de 2006 además de tener en cuenta los datos climáticos en el área de estudio, tanto históricos como los que comprendieron los meses de estudio.

5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ÁREA DE ESTUDIO

La quebrada Potrerillos, se encuentra ubicada al sur occidente de Colombia, en la zona geográfica del Valle del Patía, sur del departamento del Cauca, municipio del Patía, corregimiento Patía, vereda Potrerillos. La quebrada Potrerillo pertenece a la cuenca del rio Patía. Su situación es Latitud Norte: 02° 06' 56" y en Longitud Oeste: 76° 59' 21". Esta presenta un área total de 14,71 Km² (Figura 1).

Figura 1. Zona de estudio



Fuente Grupo Estudios Ambientales, Universidad del Cauca.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La quebrada Potrerillos es una corriente de cuarto orden (Asopatia, 2005), con un área de captación de 41,71 Km², y longitud promedio de 8,0 Km, presenta drásticas variaciones en el flujo de la corriente en relación con el régimen pluviométrico, durante la época seca el ancho del cauce se reduce progresivamente hasta no presentar flujo de agua continuo y dejando visible algunos pozos aislados, donde se acumula la materia orgánica, particularmente hojas. Durante la época de lluvias se presentan fuertes crecidas de diversas intensidades, "lavando" la materia orgánica acumulada y arrastrando la flora y fauna que crece sobre el sustrato.

5.3 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

De acuerdo al sistema de Holdrige (1978) la quebrada Potrerillo, se encuentra en una transición entre tierras cálidas subhúmedas a secas (bosque seco tropical, bs-T y bosque muy seco Tropical, bms-T), donde la biotemperatura media anual es superior a los 24°C y un promedio anual de lluvias entre 500 y 1000 mm.

5.3.1. Geomorfología y suelos. El relieve general del municipio de Patía presente está constituido por laderas de montaña y suelos muy superficiales y erosionados, con una pendiente entre el 30 y 40%. A nivel de la microcuenca de Potrerillo, la parte más elevada de la se hallan a una altura de 900 msnm. Estas zonas hacen parte de la meseta donde se encuentra la cabecera municipal (El Bordo), la zona de menor altura en su desembocadura en el río Patía está a aproximadamente 600 metros sobre el nivel del mar en la vereda de Potrerillo Patía.

5.3.2. Parámetros climáticos. Según el Plan de Ordenamiento Territorial (P.O.T), elaborado por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (C.R.C), se presentan los siguientes datos, haciendo énfasis en el sector que abarca los corregimientos de Patía, La Fonda y El Bordo, que

son en los que tiene incidencia directa la microcuenca de Potrerillo, correspondientes a registros históricos.

Precipitación. El comportamiento histórico de la precipitación entre los años 1970-1999 en la zona de estudio presenta un sistema de lluvias bimodal, con estaciones de lluvia que corresponden a los meses de marzo a mayo y de octubre a diciembre, donde se tiene que el mes más lluvioso es noviembre con un promedio de 290 mm. El periodo de estación seca corresponde a los meses junio a septiembre, siendo el mes con mayor sequía el de julio con 43 mm (Asopatía, 2005).

Tabla 2. Distribución de la precipitación media mensual. Estación La Fonda - Citec.

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
m m .	170	181	208	194	194	79	43	58	145	275	290	226	2063

Fuente. IDEAM.

Temperatura. Para la microcuenca de Potrerito, el piso térmico es cálido, el cual tiene gran incidencia sobre el Valle del Patía. A continuación se presenta la información meteorológica de la estación La Fonda Citec, que son las más representativas para la zona de estudio.

Tabla 3. Valores medios de temperatura. Estación La Fonda Citec 1970-1999.

Mes	Mínima	Media	Máxima
Enero	17,9	26,1	35,2
Febrero	18,4	26,4	35,5
Marzo	18,6	26,3	36,2
Abril	19,4	26,1	35,3
Mayo	18,7	26,1	35,2
Junio	17,1	26,2	35,8
Julio	15,4	27,1	37,0
Agosto	16,2	27,8	38,2
Septiembre	17,3	27,5	37,7
Octubre	17,9	26,3	36,4
Noviembre	18,0	25,7	34,2
Diciembre	18,9	25,7	34,2

Fuente. IDEAM.

Las temperaturas máximas se aprecian en el mes de agosto cuyo rango oscila entre los 33 a 38 °C y el mes con temperaturas mínimas es julio las cuales están en un rango de 15 a 19 °C.

Brillo solar. En el municipio de Patía el brillo solar presenta los siguientes valores.

Tabla 4. Valores medios mensuales de brillo solar (hr). Estación La Fonda 1970-1999.

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Hr/mes	1 84	1 57	1 57	1 53	1 6 1	177	132	1 8 3	1 7 1	1 6 2	1 5 6	178	2 0 3 1

Fuente. IDEAM.

Humedad relativa. Los valores de humedad relativa hacen referencia solo a la zona de la depresión donde se encuentra la microcuenca de Potreritos y varios corregimientos.

Tabla 5. Valores medios de humedad Relativa (%). Estación La Fonda 1970-1999.

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
%	76	75	75	78	78	75	67	64	66	75	78	78	74

Fuente. IDEAM.

Evaporación

Tabla 6. Valores medios de Evaporación (mm). Estación la Fonda 1970-1999.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Media	118	113	121	111	106	114	124	140	132	124	106	112	1425
Máxima	164	141	153	133	129	164	179	210	178	165	131	140	201
Mínima	84	88	83	85	82	51	66	69	39	91	56	48	39

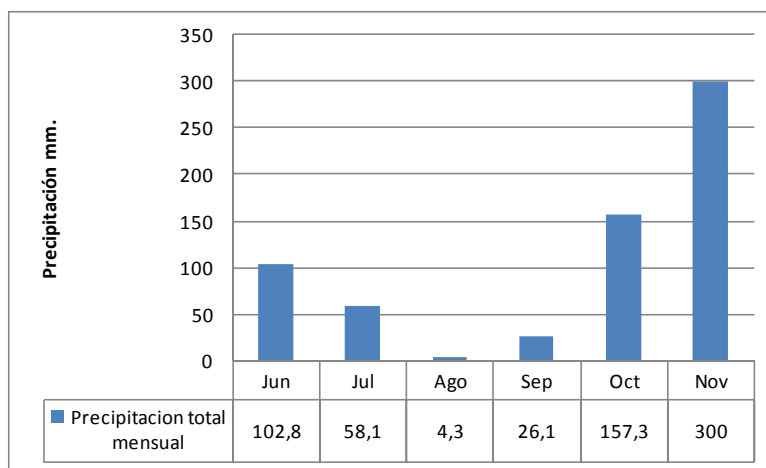
Fuente. IDEAM.

La máxima evaporación en mm, registrada por la estación La Fonda, se presenta para los meses de junio a octubre con valores máximos entre 164,8 y 210 mm/mensuales.

5.3. 3. Precipitación correspondiente al periodo de estudio. El presente estudio se desarrolló durante los meses de junio a noviembre de 2006, periodo que abarca épocas de sequía y de lluvia, condiciones climáticas que afectan directamente el caudal del cuerpo de agua, confiriéndole a la quebrada su carácter intermitente.

Figura 2. Precipitación total 2006. Estación La Fonda 2006.

Junio: Lluvia Moderada
 Julio: Sequía
 Agosto: Sequía
 Septiembre: Sequía
 Octubre: Lluvia moderada
 Noviembre: Lluvia abundante
 (Reporte IDEAM 2006)



Fuente. IDEAM.

5.4. METODOLOGÍA DE CAMPO

5.4.1 Determinación de los sitios de muestreo: El muestreo del perifiton se realizaron en dos sitios dentro del cauce de la quebrada potrerosillos; para la selección de estos sitios se tuvieron en cuenta diferentes condiciones, para que en tiempos de baja pluviosidad no se presenten problemas para medir parámetros físico-químicos del agua. Los sitios escogidos se caracterizan porque en tiempos de sequía y desaparición del caudal se forman pozos, los cuales se convierten en puntos de referencia para que los muestreos se realizaran en un mismo punto sin importar la condición climática.

5.4.2 Caracterización de los sitios de muestreo

Sitio de muestreo 1. La Zeta. La localización geográfica fue 2° 07' 47,7" N y 77° 00' 41,8 " O, en la vereda San Pedro, parte alta de la microcuenca Potrerillos, Cuenca Patía, Municipio de Patía, departamento del Cauca, a una altura 650 msnm.

Figura 3. Quebrada Potrerillo-Patía, Sitio 1. La Zeta



Fuente. Zamora, 2006

El sitio se estableció en predios de la Hacienda la Zeta, vereda de San Pedro, cerca de la vía que conduce a la vereda La Fonda. Se observa vegetación ribereña que permite la penetración lumínica. El área general está rodeada de pastos, este sector es considerado como parte alta de la microcuenca Potrerillos, presenta una clasificación de cuencas el orden es 2 (Asopatía, 2005).

El uso del suelo es de tendencia granadera, con presencia de pastizales, potreros y pocos cultivos de pancoger, lo que ha generado pérdida de la vegetación circundante para proveer pastizales. Se observan pasaderos de ganado a través de la quebrada para el acceso al agua generando una moderada tendencia a la erosión, en las orillas del cauce de sistema. No se encontraron canalizaciones ni presencias de diques.

Sitio de muestreo 2. Potrerillos. La localización geográfica fue 2° 06' 17,1" N y 77° 04' 13,6" O, en la vereda Poterillos, Municipio del Patía. Se considera la parte baja de la microcuenca Potrerillos, a 600 msnm. Según Asopatía (2005), la microcuenca es de orden 4, próxima a su desembocadura en el río Patía. Se trata de un sector ganadero, bastante erosionado, con poca cobertura vegetal ribereña, lo que permite una alta penetración lumínica. El sustrato es pedregoso y se forman grandes esteras de algas perifíticas.

El suelo es usado en ganadería y cultivos de sandía y melón, con asentamientos humanos, lo que ha generado pérdida de la vegetación nativa para proveer pastizales y campos de cultivos, que se extienden hasta las orillas de río Patía, Se observa de moderada a alta tendencia a la erosión, en las orillas del cauce de sistema.

Figura 4. Quebrada Potrerillo-Patía, Sitio 2. Potrerillo



Fuente. Zamora, 2006

5.5 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Con la evaluación de estos parámetros se pretende caracterizar físico-químicamente la quebrada, para poder realizar un análisis del comportamiento del río en las épocas de altas y bajas precipitaciones y compararlo con la comunidad de algas perifíticas presente.

- **Parámetros hidrológicos:** Ancho total, ancho activo del cauce y caudal
- **Parámetros Físicos:** Temperatura hídrica y ambiental, turbiedad.
- **Parámetros Químicos:** Oxígeno Disuelto (O_2), Porcentaje de Saturación oxígeno ($\%O_2$), Gas Carbónico Disuelto (CO_2), pH, Dureza Total, Conductividad, Salinidad, Amonio, Nitritos, Nitratos.

5.5.1 Ancho total, ancho activo del cauce y caudal: Las medidas del ancho total y activo fueron tomadas con una cinta métrica, el caudal solo fue posible registrarlo en temporadas de alta pluviosidad, ya que al tratarse de un río intermitente, la ausencia de flujo continuo de agua hace que no siempre se lleven a cabo. Para la obtención de dichos resultados se opta por el uso de la medición de caudal mediante el uso del molinete.

5.5.2 Temperatura, salinidad y conductividad: Estas mediciones se realizaron de modo simultáneo con el conductímetro YSI modelo 33. En cada sitio de muestreo se tomaron varias medidas de acuerdo a la cantidad de flujo, haciendo énfasis en los remansos no tan profundos, los cuales se convierten en pozos que se conservan durante el periodo de sequía y que facilitan el estudio comparativo.

5.5.3 Pruebas químicas: Como se plantea en el marco de referencia es importante tener en cuenta las condiciones del ecosistema, el mejor análisis químico que se puede realizar es mediante la medición de parámetros, que muestren el estado puntual de la quebrada Potrerillo, que garantice un buen indicio del cambio químico sufrido tras la discontinuidad en el flujo.

In situ, se determinaron los parámetros temperatura hídrica y ambiental, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, gas carbónico disuelto, pH, dureza Total y carbonácea y conductividad, con base en los métodos estándar colorimétricos y potenciométricos (APHA, 1985).

Los análisis de los parámetros que no se puedan evaluar in situ, se realizaron en el Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca. Las muestras se transportaron en botellas

oscuras y refrigeradas. Los parámetros analizados fueron Calcio, Amonio, Nitritos, Nitratos y Turbiedad, para los cuales se realizaron pruebas espectrofotométricas Aquaquant y Spectroquant Merck, empleando un espectrofotómetro Merck SQ 118.

5.6 ANÁLISIS COMUNIDAD DE ALGAS PERIFITICA

Para estos efectos, se utilizó la metodología recomendada por la Agencia de Protección Ambiental -EPA de los Estados Unidos de Norteamérica para bio-evaluaciones rápidas en ríos, Documento EPA 841-B-99-002. (Barbour *et al.*, 1999).

5.6.1 Toma de muestras perifiton: Las muestras se realizaron de junio a noviembre, en un mismo punto dentro de los dos sitios de muestreo establecidos. Se tomó como transecto un área de 20 m de largo por 6 m de ancho, abarcando un área total de 120 m². Dentro del transecto se estableció un área específica de colecta (A.E.C) con dimensiones de 2 m x 2 m de longitud (4 m²). Dentro del A.E.C, de modo aleatorio se seleccionan 4 puntos de colecta cada uno de 2cm x 2cm de longitud (4cm²) en donde se procedió a realizar un raspado correspondiente al área anteriormente descrita, de superficies de rocas y demás sustratos presentes en el sitio. Obteniendo muestras de raspados de un área equivalente a 64 cm². Realizando el anterior procedimiento tres veces por sitio.

5.6.2 Preservación de las muestras: Las muestras se preservaron en la solución fijadora de Transeau o 6:3:1, compuesta por 6 partes de agua, 3 partes de alcohol etílico al 95% y 1 parte de formol comercial, utilizándola en proporción 1:1 respecto al volumen de la muestra.

5.6.3 Trabajo en laboratorio. El trabajo en laboratorio se desarrollo en dos fases; la primera fase identificación y la segunda fase conteo.

- **La fase de identificación** se realizó hasta nivel de género con ayuda de material bibliográfico de identificación de algas con que cuenta el laboratorio de Recursos Hidrobiológicos tales

como: Géneros de algas de águas continentais do Brasil (Bicudo & Menezes, 2006), algas de águas continentales brasileiras (Bicudo, 1970), Les algues déau douce (Bourrelly, 1970, 1972, 1981), How to know the freshwater algae (Prescott, 1978), Guía para el estudio de los seres vivos de aguas dulces (Needhan 1982).

Para la identificación se empleó un microscopio óptico Nikon, utilizando objetivos de 10X y 40X.

- **La fase de conteo.** Se utilizó el método de conteo de los transectos o gota de Lackey (APHA, 1985). Para tal efecto, se extrajeron submuestras de 50µL con una micropipeta; este volumen se depositó en un portaobjetos y se cubrió con un portaobjetos de área conocida. El conteo se adelantó hasta obtener 300 individuos del género más abundante.

Con los datos obtenidos, luego de las fases de identificación y conteo, se realizaron cálculos de:

La densidad de células por muestra se determinó mediante la fórmula:

$$\text{Células por muestra} = \frac{N \times V \times A}{AC \times C \times VS}$$

Donde:

N = número total de individuos

V = volumen de muestra

A = área de la cámara de conteo

AC = área de cada campo

C = número de campos contados

VS = volumen de submuestra

$$\text{Células /cm}^2 = \frac{\text{Células por muestra}}{\text{Área de la muestra (cm}^2\text{)}}$$

- Abundancia porcentual (Bahamón, 1994):

La abundancia porcentual se determinó utilizando la siguiente fórmula

$$\text{Abundancia porcentual} = \frac{\text{Número de individuos de cada morfoespecie}}{\text{Número total de individuos en la muestra}} \times 100$$

Después de conocer la comunidad de algas se procedió a determinar los siguientes índices (Odum, 1972; Pielou, 1975; Ludwig & Reynolds, 1988):

- Índice de Shannon (H'): El índice de diversidad de Shannon permite determinar la composición de la comunidad teniendo en cuenta el número y la igualdad de especies, siendo sensible a los cambios en la abundancia de las especies raras presentes en la muestra (Moreno, 2005).

Índice de diversidad de Shannon (H'):

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

Donde:

$$p_i = n_i / n$$

n_i = número de individuos del taxón i ésimo

n = número total de individuos en la muestra

$$n = \sum n_i$$

- Índice de Riqueza de Margalef (R1): Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k \cdot N$ donde k es constante (Magurran, 1998 en Moreno, 2005). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando $S-1$, en lugar de S , da $DMg = 0$ cuando hay una sola especie.

Índice de riqueza de Margalef (R):

$$R = s - 1 / \ln n$$

Donde:

s = número de taxones registrados

n = número total de individuos en la muestra

Es una medida del número de especies o taxa por unidad de muestreo. La reducción en el número de especies en un ecosistema es una medida útil del estrés causado por algún factor alóctono (Muhlhauser, 1987 en Gualtero, 2007).

- Complementariedad: El concepto de complementariedad se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas (Colwell y Coddington, 1994, en Moreno 2001). Para obtener el valor de complementariedad obtenemos primero dos medidas:

La riqueza total para ambos sitios combinados:

$$SAB = a + b - c$$

Donde a es el número de especies del sitio A, b es el número de especies del sitio B, y c es el número de especies en común entre los sitios A y B.

El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios:

$$UAB = a + b - 2c$$

A partir de estos valores calculamos la complementariedad de los sitios A y B como:

$$CAB = UAB / SAB$$

Así, la complementariedad varía desde cero, cuando ambos sitios son idénticos en composición de especies, hasta uno, cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas (Colwell y Coddington, 1994 En Moreno, 2001).

- Coeficiente de similitud de Sørensen (Czekanovski-Dice-Sørensen) Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 1988 En Moreno 2001).

$$IS= 2c/a+b$$

Donde

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

5.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS.

Los datos obtenidos en la toma de variables físico-químicas se les aplicó una estadística descriptiva, y se generaron gráficos en Excel® para analizar su comportamiento mensual, relacionando sitios y parámetros.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales mediante el programa PAST v. 1.18 (Hammer y Harper, 2003), para interrelacionar y distribuir espacialmente las diferentes variables y determinar patrones de afinidad entre estas.

Los datos obtenidos en la toma de variables físico-químicas fueron tratados mediante el programa estadístico SPSS v.11.5; se les aplicó una estadística descriptiva, con un análisis univariante entre factores género-mes, época-sitio, genero-sitio, genero-época en donde para cada uno de los casos

la variable dependiente fue la densidad (cel/cm^2). Con la abundancia de las especies se estimaron los valores de similitud, por medio de un análisis de agrupamiento, entre sitios-densidad poblacional, meses-densidad poblacional, mediante el índice de Bray-Curtis, utilizando el software de uso libre Biodiversity Pro v. 2 (Mc Aleece, 1997). Adicionalmente, se realizó a un Análisis de Correspondencia con el programa para determinar patrones de afinidad entre las variables biológicas y fisicoquímicas con el programa PAST v. 1.18 (Hammer y Harper, 2003).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Las tablas No. 7 y 8 Presentan los valores fisicoquímicos obtenidos para los dos sitios de muestreo, con sus valores promedio (PROM.) y desviación estándar (S.D) los cuales muestran que el comportamiento mensual es diferente teniendo en cuenta las lluvias y el caudal del cuerpo de agua.

Tabla 7. Datos fisicoquímica Sitio 1 La Zeta.

Parámetro	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	PROM.	S.D
Precipitación total mensual mm.	102,8	58,1	4,3	26,1	157,3	300	108,1	108,9
Caudal L/s	22	17	14	0	9,8	78,7	23,6	28,0
Ancho total del cauce m	13	13	13	13	13	13	13,0	0,0
Ancho activo m	6	1,2	0,9	0	1	5,7	2,5	2,7
Turbidez NTU	0	0	3	4	8	5	3,3	3,1
T. ambiental °C	27	29	28	31	30	26	28,5	1,9
Temperatura hídrica °C	24	23,5	23,8	27	27	23,5	24,8	1,7
Oxígeno disuelto mg/L	6,1	4,9	6,2	2,5	4	4	4,6	1,4
% Saturación de O ₂	75	60	75	30	50	48	56,3	17,4
Gas carbónico mg/L	2	3,5	1	10,3	0,4	1,8	3,2	3,6
pH Unidades	7,2	7,9	8	7,5	7,5	7,4	7,6	0,3
Conductividad μMhos/cm ²	340	320	348	390	380	345	353,8	26,2
Calcio mg/L	28	45	24	25	69	28	36,5	17,7
Dureza total mg/L CaCO ₃	270	170	290	490	210	32	243,7	151,6
Dur. carbonácea mg/L CaCO ₃	150	179	150	120	214	160	162,2	31,8
Amonio mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0,005	0,0	0,0
Nitritos mg/L	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,04	0,0	0,0
Nitratos mg/L	50	37	10	50	75	75	49,5	24,6

Tabla 8. Datos fisicoquímica sitio 2 Potrerillo.

Parámetro	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	PROM.	S.D
Precipitación total mensual mm.	102,8	58,1	4,3	26,1	157,3	300	108,1	108,9
Caudal L/s	15	9,6	0	0	0	51	12,6	19,8
Ancho total del cauce m	13,69	13,7	13,7	13,7	13,7	13,69	13,7	0,0
Áncho activo m	5,39	2	1,5	0	0,3	7,13	2,7	2,9
Turbidez NTU	5	0	10	9	11	7	7,0	4,0
T. ambiental °C	29	32	30	34	32	29	31,0	2,0
Temperatura hídrica °C	26,2	32	25	32	32	26	28,9	3,5
Oxígeno disuelto mg/L	6,5	8,3	6,2	2	2,5	3,3	4,8	2,5
% Saturación de O ₂	82	100	79	30	36	40	61,2	29,4
Gas carbónico mg/L	2	0	1	2,1	2,1	4,3	1,9	1,4
pH Unidades	6,3	9	7	7,5	8	7,6	7,6	0,9
Conductividad μMhos/cm ²	300	336	263	400	390	340	338,2	52,2
Calcio mg/L	19	23	16	60	44	20	30,3	17,7
Dureza total mg/L CaCO ₃	130	150	250	420	130	120	200,0	118,0
Dur. carbonácea mg/LCaCO ₃	180	196	190	190	112	240	184,7	41,4
Amonio mg/L	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	0,002	0,0	0,0
Nitritos mg/L	0,05	0,06	0,01	0,01	0,03	0,07	0,0	0,0
Nitratos mg/L	70	22	10	75	60	75	52,0	28,7

6.1.1 Parámetros hidrológicos.

Ancho total y ancho activo del cauce: En el sitio 1 (La Zeta), el ancho del cauce en todos los meses de muestreo fue de 13 m, Ancho activo del cauce en promedio fue de 2,47 m y osciló entre los 5,7 m y los 0 metros para los meses de muestreo Junio 6 m, julio 1,2, agosto 0,9, Septiembre 0 m, Octubre 1 m, noviembre 5,7 m. No se percibió olor en el sustrato ni presencia de aceites, el sustrato del cauce es rocoso y rocas de mediano y pequeño tamaño; además de presencia de limo y barro en el fondo del cauce, la materia orgánica presente en el cauce en época de sequía es del tipo particulada gruesa.

En el sitio 2 (Potrerillo), el ancho del cauce en todos los meses de muestreo fue alrededor de 13,7 m, ancho activo del cauce en promedio fue de 2,7 m y osciló entre los 7,13 m y los 0 metros para los meses de muestreo Junio 5,39 m, julio 2 m, agosto 1,5 m, Septiembre 0 m, Octubre 0,3 m, noviembre 7,13 m. No se percibió olor en el sustrato ni presencia de aceites, el sustrato del cauce es rocas de mediano y pequeño tamaño además de presencia de limo y barro en el fondo del

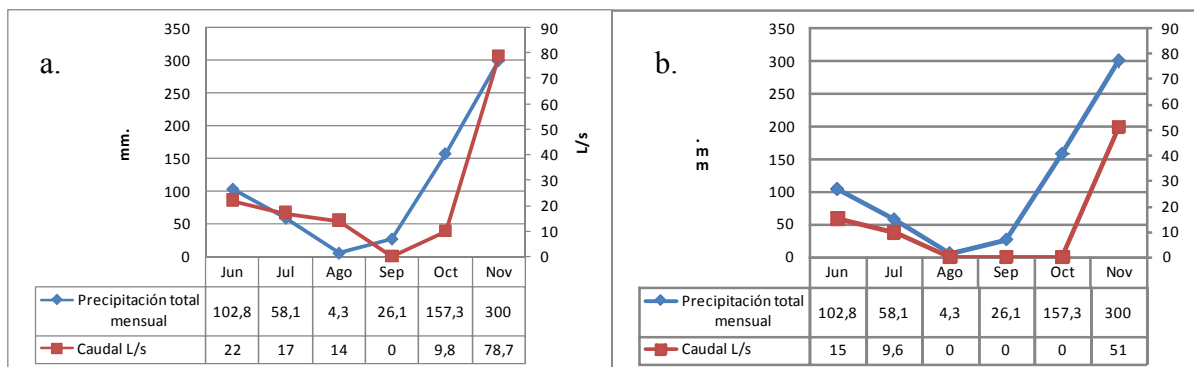
cauce, la materia orgánica era del tipo particulada gruesa. No se encontraron canalizaciones ni presencias de diques.

Los valores que corresponden al ancho activo, presentaron variación para los sitios de muestro dependiendo de la época climática en donde los valores mínimos corresponden a los meses de sequía (julio, agosto y septiembre) y los valores más altos corresponden a los meses de lluvias (junio, octubre y noviembre), especialmente noviembre.

Precipitación. El promedio de la precipitación total mensual durante el periodo de estudio fue de 108,1 mm con una desviación estándar de 108,9 mm. El valor máximo se registro en noviembre 300 mm y el mínimo agosto con 4,3 mm. (Figura5).

Caudal. El caudal promedio para la Zeta 23,58 L/s con desviación estándar de 28,0 L/s y en Potrerillo 12,6 L/s con una desviación estándar de 19,8 L/s. los valores máximos de caudal se presentaron para el mes de noviembre en ambos sitios con 78,7 para la Zeta 51 L/s. el valor mínimo para ambos sitios es de cero registrado para Zeta el mes de septiembre y Potrerillo los meses de agosto a octubre (Figura 5).

Figura 5. Datos de precipitación Vs Caudal (a. sitio 1 La Zeta y b. sitio2 Potrerillo)



Teniendo en cuenta los resultados los resultados hidrológicos, se presentan las siguientes características: se observa que existe una disminución de lluvias para el mes de agosto, con una

sequía que se mantiene hasta el mes de septiembre y para los meses de octubre y noviembre aparecen las lluvias. Basados en esta comparación vemos que existen dos épocas marcadas por los niveles de precipitación; los cuales tienen una gran incidencia sobre el caudal, la primera de sequía de julio a septiembre, donde los niveles de precipitación están por debajo de los 100 mm, la segunda es de lluvias notable entre los meses de octubre y noviembre, donde se puede ubicar también al mes de junio, el mes de septiembre catalogado históricamente como un mes de lluvias moderadas aparece en el periodo de estudio como un mes de sequía, el mes de octubre catalogado como un mes de lluvias abundantes en el periodo de estudio se encontró como un mes de lluvias moderadas. Este comportamiento atípico puede estar relacionado con el Fenómeno del Niño que afectó a Colombia durante el año 2006 (IDEAM, 2006). La presencia de caudal en temporadas de altas precipitaciones y la ausencia del mismo en los 3 meses de sequía, muestra que el flujo se encuentra presente entre el 30-90% del año, característica que se ajusta a la definición de río intermitente citado por J.R. Svec, R.K. Kolka, J.W. Stringer en 2005, sustentado por Vidal – Abarca *et al.* (1996), quienes explican que los ríos intermitentes en su mayoría se ubican en zonas áridas y semiáridas, característica climática de la zona de estudio.

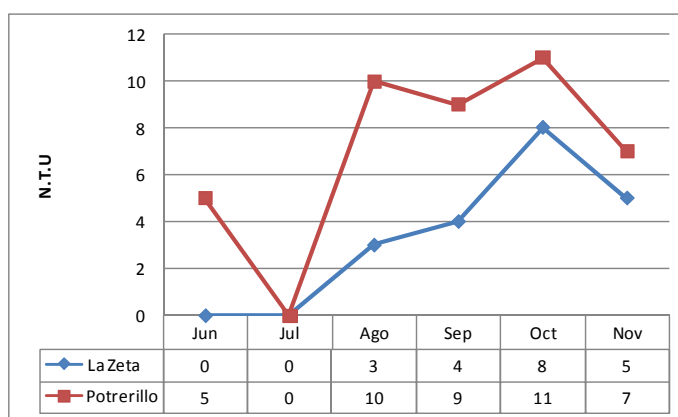
6.1.2 Parámetros físicos

Turbidez. El valor promedio para la Zeta es de 3,3 NTU con una desviación estándar de 3,9 NTU y un promedio de 7 NTU con una desviación estándar de 4,0 NTU para Potrerillo. Los valores máximos en el mes de octubre para la Zeta con 8 NTU y para Potrerillo 11 NTU. Los valores mínimos se observaron en el mes de julio con 0,0 para ambos sitios (figura 6).

El sistema en general, presenta zonas con relictos boscosos y pastizales que unidas a la disminución del caudal y a la formación de pozos ubicados en zonas protegidas por la vegetación ribereña generan una acumulación de materia orgánica en época de sequía que favorece al aumento de la turbidez, fenómeno que se manifiesta en mayor escala en la Zeta (Sitio 1). En Potrerillo (Sitio 2) aunque se presenta el mismo fenómeno, la figura 6, muestra que la turbidez es mayor, esto se debe a que sitio se encuentra en la parte baja y en época de verano debido a la

ausencia de caudal, es aprovechado para la extracción de material de construcción (piedras, grava y arena), lo que genera un movimiento del sustrato contribuyendo al aumento de la turbidez.

Figura 6. Comparación de datos de Turbidez para sitio 1 y sitio 2.



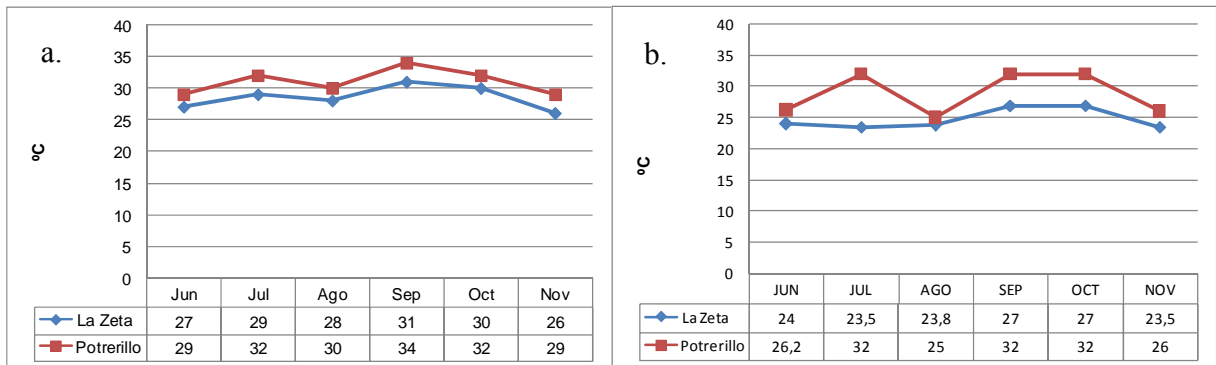
Con la llegada de las lluvias hacia el mes de octubre, dado el fenómeno de arrastre se nota un incremento máximo de la turbidez para los dos sitios de muestreo, dado por el aporte de material aloctono producido por la escorrentía, hacia el mes de noviembre se esperaba el mismo comportamiento, sin embargo muestra un descenso, el cual coincide que para el día de muestreo y días previos no se presentaron lluvias, generando una disminución en la turbidez.

Temperatura ambiental. Durante los meses de duración del estudio se obtuvo un promedio de 28,5 °C y una desviación estándar de 1,9 °C para La Zeta y un promedio de 31°C con una desviación estándar de 2, 0 °C para Potrerillo. La temperatura más alta registrada para la zona de la Zeta fue de 31°C, obtenida en el mes de septiembre, mes en el cual se registro las más alta en Potrerillo, la cual fue de 34°C, mientras que los registros más bajos se obtuvieron hacia el mes de noviembre con 26°C para la Zeta y 29°C para Potrerillos.

Temperatura Hídrica. Se obtuvo un promedio general de 24,8°C, para La Zeta y de 28,87°C, para Potrerillo. Potrerillo presenta el valor de temperatura hídrica más alto en los meses de julio, septiembre y octubre el cual es de 32°C y la Zeta presenta el mayor registro en los meses de septiembre y octubre con 27°C. Los valores de menor temperatura hídrica registrados para la

zona de estudio se distribuyeron de la siguiente manera para la Zeta en los meses de julio y noviembre con 23,5°C y en Potrerillo en el mes de agosto con 25°C.

Figura 7. a. Temperatura Ambiental y b. Temperatura hídrica Quebrada Potrerillo Sitio 1 y 2.



Para los dos sitios de muestreo se nota que la temperatura ambiental se encuentra siempre por encima de los 23 °C, alcanzando máximas de 34°C en la temporada de sequía (agosto-Potrerillo), corroborando que la zona se cataloga como una zona de vida según Holdridge de Bosque seco Tropical (Bs-T). Como se aprecia en la figura 7, la temperatura hídrica en el sitio Potrerillo fue mayor, con valores entre los 3 y 5 °C por encima a lo largo del estudio, debido a que presenta menor cobertura vegetal, que permite una mayor penetración lumínica y por ende más calor. La disminución observada en el mes de agosto fue atribuida a la hora y día de medición.

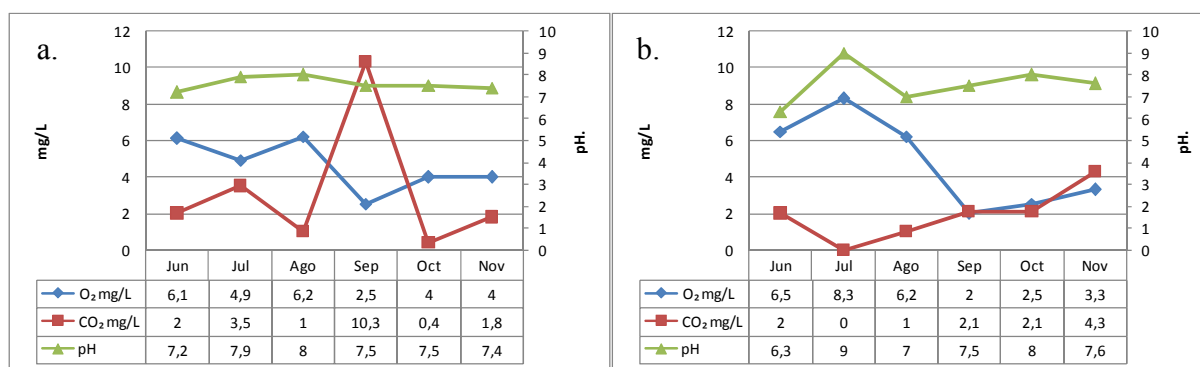
6.1.3 Parámetros químicos

Oxígeno Disuelto. Se registró para La Zeta un promedio de 4,62 mg/L y desviación estándar de 1,4 mg/L, mientras que para Potrerillo se encontró un promedio de 4,8 mg/L con una desviación estándar de 2,5 mg/L. Los valores más bajos fueron registrados en septiembre para ambos sitios, en la Zeta 2,5 mg/L y de 2 mg/L en Potrerillo. Los máximos valores registrados fueron de 8,3 mg/L en Potrerillos hacia el mes de julio y de 6,2 mg/L para la Zeta en el mes de agosto (figura 8).

Gas Carbónico. La Zeta presenta un promedio de 3,17 mg/L con una desviación estándar de 3,6 mg/L y Potrerillo presenta un promedio de 1,92 mg/L con desviación estándar de 1.4 mg/L En La Zeta se presentó el mayor registro en el mes de septiembre con 10,3 mg/L de CO₂, en cambio el registro más alto para Potrerillo se presento en el mes de noviembre con 4,3 mg/L. Los registros más bajos se distribuyeron de la siguiente manera en agosto con 1 mg/L para La Zeta y en julio se registro un valor de 0 mg/L para Potrerillo (figura 8).

pH. El promedio de pH para La Zeta fue de 7,58 con una desviación estándar de 0,3 y 7,57 de promedio con una desviación estándar de 0,9 para Potrerillo. Teniendo en cuenta los registros individuales para cada sitio de muestreo, se observa según las figuras 11 y 13, que para la Zeta el máximo valor registrado fue de 8 y para Potrerillo el valor más alto fue de 9. En cuanto a los valores más bajos se muestra que para el mes de junio se obtuvo un valor de 7,2 y de 6,3 en Potrerillo durante el mismo mes (figura 8).

Figura 8. Variaciones en los parámetros de Oxígeno disuelto, Dióxido de Carbono disuelto y pH (a. La Zeta y b. Potrerillo)



En general se puede observar que el pH, tuvo una tendencia neutra, exceptuando registros de meses como agosto (La Zeta), julio y octubre (Potrerillo) donde la tendencia es alcalina, pero que promedio se ajustan a los valores óptimos para la presencia y subsistencia de la biota acuática (Roldan 1992). En relación con los gases (oxígeno y CO₂), para La Zeta siempre fue inversa notable con mayor claridad en el mes de septiembre (sequía), donde se obtuvo el registro más

bajo de Oxígeno y el más alto de Dióxido de carbono (Ver figura 8). Teniendo en cuenta la relación que existe entre CO₂ y pH, se muestra a lo largo del estudio como una condición con tendencia a la alcalinidad que explica que el sistema en general presenta una buena capacidad de amortiguación. Llama la atención que el mes (agosto) cuyo registro fue mayor, se tiene el registro más bajo de CO₂, causado tal vez por algún fenómeno momentáneo y difícil de explicar ya que solo se cuenta con un solo registro al mes.

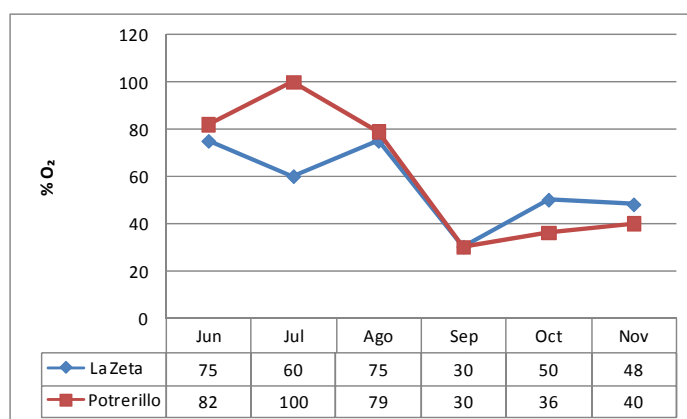
En Potrerillo, la relación entre los parámetros de saturación de O₂ y CO₂, muestran comportamientos antagónicos, con una disminución de Oxígeno de julio a septiembre, contrastado con un aumento en el gas carbónico. El registro de mayor pH, coincide con el valor máximo de Oxígeno y el más bajo de Dióxido de carbono, lo cual puede estar indicando la formación de carbonatos que alcalinizan el sistema (ver figura 8). Al igual que en la Zeta la relación general que hay entre pH y CO₂ muestra que hay una buena capacidad amortiguadora y que para el sistema no es una limitante directa para la biota acuática.

Otro aspecto a considerar es la misma dinámica del sistema ya que al ser intermitente, lo que se observa en los sitios de muestreo es el incremento de CO₂ hacia los meses de sequía, generado por la ausencia de caudal y donde se nota que en los pozos formados y donde se aglomera toda la biota acuática, existe un aumento considerable en las tasas fotosintéticas y una mayor degradación de la materia orgánica, aumentando hacia estos periodos su productividad, fenómeno similar al que sucede en los planos de inundación en los afluentes del Amazonas (Jonhson *et al.*, 2006).

Porcentaje de Saturación de oxígeno. Se obtuvo como promedio para La Zeta 56,3% de saturación de oxígeno y de 61,17% para Potrerillo. Concordantemente, presenta un comportamiento similar al obtenido con los datos de oxígeno disuelto, donde es notable la disminución que hay entre los meses de agosto y septiembre para los dos sitios, disminución que llega a ser del 30% de saturación de oxígeno, siendo este el valor de menor registro para ambos sitios, valor que hacia los meses siguientes presenta un incremento para ambos sitios así; en octubre se registró 50% en la Zeta y 36% en Potrerillo y en noviembre 48% en la Zeta y 40% en

Potreriillo. Los valores máximos registrados fueron los siguientes 75% para la Zeta, valor que se obtuvo en los meses de junio y agosto, en Potrerillo el valor más alto se obtuvo en el mes de julio siendo del 100% de saturación de oxígeno (figura 9).

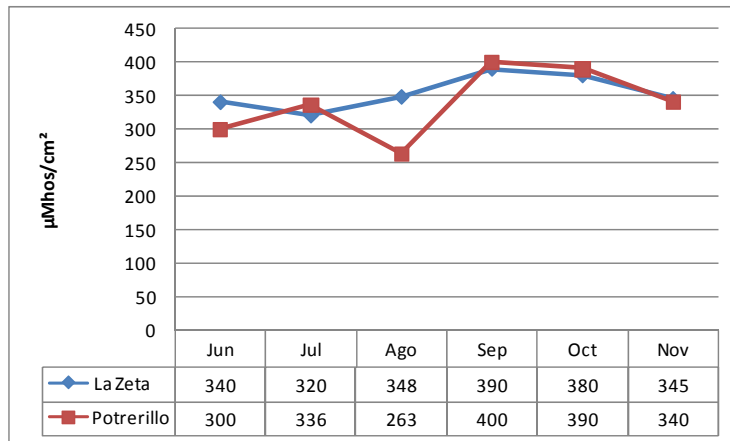
Figura 9. Porcentaje de Saturación de Oxígeno entre La Zeta y Potrerillo.



A pesar de las fluctuaciones presentes a lo largo del periodo de estudio, ocasionadas por las mismas condiciones ambientales y la dinámica hídrica del cuerpo de agua y en consideración con la temperatura hídrica se presenta un porcentaje general que está por debajo de 80% de saturación de oxígeno, valor considerado como un mínimo óptimo para el desarrollo de biota acuática (Wetzel, 2001; Roldán, 1992).

Conductividad. Teniendo en cuenta los valores obtenidos para los dos sitios de muestreo, se tiene un promedio de 353,8 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ con una desviación estándar 26,2 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ para la Zeta y un promedio de 338,17 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ y una desviación estándar de 56,2 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ para Potrerillo. De modo individual, se observa que los mayores registros fueron los siguientes; para La Zeta en septiembre con 390 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ y durante el mismo mes para Potrerillo con 400 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$. Los valores mínimos registrados fueron los siguientes en julio con 320 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ para La Zeta y de 300 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ para Potrerillo (figura 10).

Figura 10. Comparación de Datos de conductividad Sitio 1 y sitio 2



Los registros obtenidos indican claramente que se tratan de aguas en un estado mesotrófico (Boyd, 1990, citado en Vásquez 1992), si se tiene en cuenta el promedio general del sistema, el cual es de 346 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$, a partir de la relación que existe entre sólidos disueltos totales y la conductividad se pueden estimar que están los valores de los sólidos disueltos totales están por encima de los 100 mg/L, es de suponer que este parámetro está determinado por la presencia de carbonatos y bicarbonatos y no por la presencia de sales y otros iones dado que las mediciones de salinidad arrojaron valores de 0.

Esas fluctuaciones de conductividad con sus máximos registros hacia los meses de sequía muestran que el sistema sufre una alteración en el estado trófico, pasando de mesotrófico en épocas de lluvias a un ecosistema eutroficado en épocas de sequía. Planteamiento que confirma los estudios de Ramirez y Viña (1998), quienes explican que la conductividad exhibe tendencia de decrecimiento y estacionalidad, aumentando en sequía y disminuyendo en lluvias.

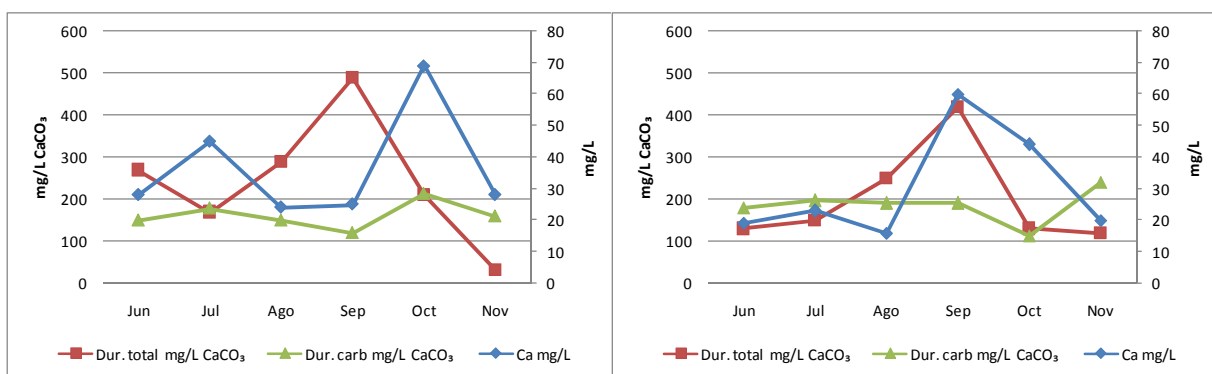
Calcio. El valor medio para la Zeta fue 36,5 mg/L con una desviación estándar de 17,7 mg/L, mientras en Potrerillo el promedio fue de 30,3 mg/L con una desviación estándar igual a la de la Zeta. Los valores más altos registrados se presentaron en octubre con 69 mg/L para la Zeta y en septiembre con 60 mg/L para Potrerillo. Los valores mínimos registrados tuvieron la siguiente

distribución; en la Zeta fue de 24 mg/L en el mes de agosto, en el mismo mes se presentó el menor registro para Potrerillo con 16 mg/L.

Dureza Total. Los valores promedio para las dos zonas de estudio fueron; la Zeta 243,7 mg/L CaCO₃ con una desviación estándar 151,6 mg/L CaCO₃ y en Potrerillo 200 mg/L CaCO₃ de promedio y una desviación estándar de 118 mg/L CaCO₃, los valores máximos fueron registrados en el mes de septiembre para la Zeta y Potrerillo con 490 y 420 mg/L CaCO₃ respectivamente. Los valores mínimos fueron registrados en el mes de noviembre para la Zeta 32 mg/L CaCO₃ y en potrerillo 120 mg/L CaCO₃.

Dureza Carbonácea. Durante el periodo de estudio se obtuvieron valores promedio de 162,17 mg/L CaCO₃ en la Zeta y 184,7 mg/L CaCO₃ para Potrerillo, con desviaciones estándar de 31,8 mg/L CaCO₃ y 41,4 mg/L CaCO₃ respectivamente para los dos sitios. El valor máximo registrado en la Zeta fue de 214 mg/L CaCO₃ en el mes de octubre y 240 mg/L CaCO₃ para Potrerillo en el mes de Noviembre. El valor mínimo para la Zeta fue de 120 mg/L CaCO₃ en el mes de septiembre y de 112 mg/L CaCO₃ en el mes de octubre para Potrerillo.

Figura 11. Relación de datos Dureza total, carbonácea vs. Calcio (a. Sitio 1 La Zeta y. b. Sitio 2 Potrerillo)



Teniendo en cuenta los valores medios de dureza (162,17 mg/L CaCO₃ en la Zeta y 184,7 mg/L CaCO₃ para Potrerillo), se consideran como aguas duras (Boyd, 1990, citado en Vásquez 1992) y retomando los valores de conductividad en relación al calcio, se puede indicar que existe una fuente de mineral que esa ocasionando que los valores se incrementen especialmente hacia la

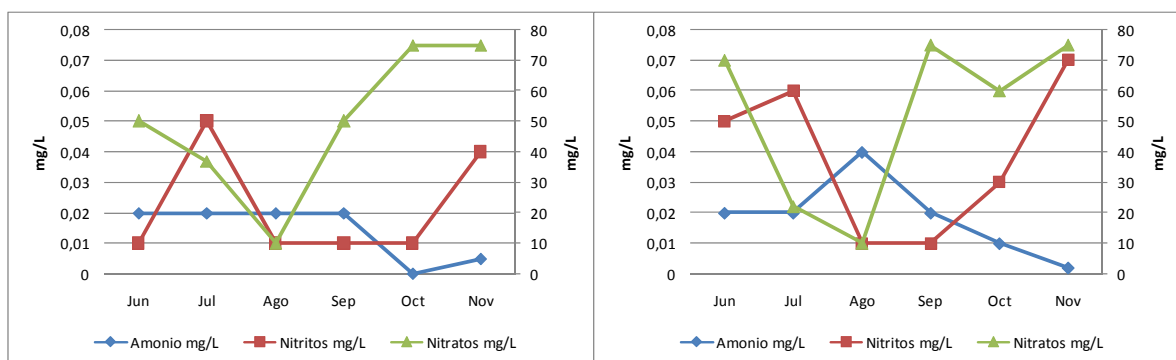
temporada de sequía, fenómeno que es más notable en Potrerillo; ya que en la Zeta, lo que se observa es un incremento de calcio hacia la temporada de lluvias, donde se puede relacionar el valor con el fenómeno de arrastre debido a la reaparición en los meses de octubre y noviembre del caudal.

Amonio. El promedio para la Zeta fue de 0,01 mg/L y de 0,02 mg/L de promedio para Potrerillo, los valores de desviación estándar en los dos sitios fue de 0,0 mg/L. Los valores máximos se presentaron para la Zeta fue de 0,02 mg/L y se presentó en el mes desde junio a septiembre, para Potrerillo fue de 0,04 mg/L en el mes de agosto. Los valores mínimos se registraron en el mes de octubre para la Zeta fue de 0,0 mg/L y de 0,01 mg/L en el mes de Potrerillo (Figura 17 y 18).

Nitritos. Los valores promedios obtenidos fueron para la Zeta 0,02 mg/L y en Potrerillo 0,04 mg/L registrándose para los dos sitios una desviación estándar de 0,0 mg/L. Los valores máximos para la zeta se presento en julio con 0,05 mg/L y en noviembre para Potrerillo 0,07 mg/L. los valores mínimos fueron de 0,01 para la Zeta en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre y en Potrerillo 0,01 mg/L para los meses de agosto y septiembre (figura 17 y 18).

Nitratos. Los valores promedio para la Zeta fue de 49,5 mg/L con una desviación estándar de 24,6 mg/L y para Potrerillo un promedio de 52 mg/L con una desviación estándar de 28,7 mg/L. El valor máximo fue de 75 mg/L, en la Zeta en los meses de octubre y noviembre y en Potrerillo en los meses de septiembre y noviembre. El valor mínimo es de 10 mg/L presentado en agosto para ambos sitios (Figura 12).

Figura 12. Variaciones observadas para el amonio, nitritos y nitratos en el sitio1

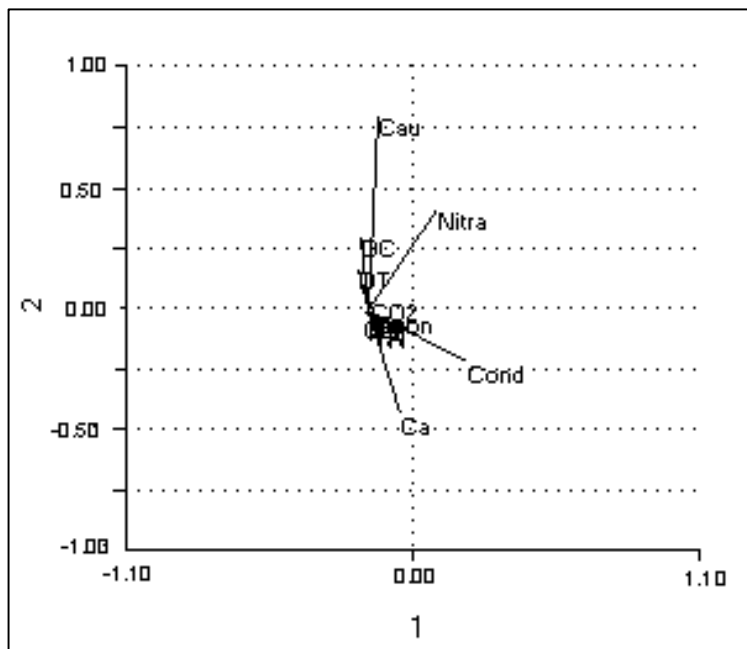


Dentro de los valores registrados para el amonio y los nitritos, se evidencia que hay una buena degradación de la materia orgánica, continuando así el ciclo del nitrógeno. Se observó que en la temporada de sequía los valores de nitritos tienden a ser similares, lo cual es un indicativo del cambio de la dinámica del sistema ya que la ausencia de caudal y la formación de los pozos generan una dinámica propia de un sistema lentic, y como se había descrito anteriormente sufre una alteración en su estado trófico.

La aparición de lluvias y desde luego la aparición del caudal generan que a lo largo de la cuenca lleve a cabo un proceso de lavado causado por la inundación, responsable principal del aumento de los valores de nitratos hacia los meses de lluvia.

8.1.17 Relación entre los parámetros fisicoquímicos. En la figura 13, se encuentran los resultados del análisis de componentes principales (PCA).

Figura 13. Análisis de componentes principales de los parámetros fisico-químicos, Quebrada Potrerillo. Programa estadístico Past v. 1.18



El primer cuadrante representa el 88.36% de la varianza, donde se ubican la mayoría de los parámetros físicoquímicos, con rangos de entre -25 a 25% de la varianza. El parámetro asociado positivamente es el caudal, siendo el de mayor varianza con 77%, respecto al grupo principal, aspecto explicado en la característica intermitente del sistema. En el cuadrante dos, asociados positivamente se encuentra los nitratos, que presentan una variabilidad entre el 25 y 50%, con relación al grupo principal. La variabilidad que presenta esta parámetro se debe en primera instancia a un aumento generado en la época de verano por procesos de descomposición de materia orgánica, seguido de un descenso generado por el aumento del caudal al inicio de la época de lluvias, sin embargo hay un nuevo incremento debido a la cantidad de materia de particulada que es arrastrada al sistema por la escorrentía. En el cuadrante 3 se encuentra relacionado negativamente el parámetro de conductividad, con una varianza del 25% en relación al grupo principal, esto es generado por la naturaleza geológica del sustrato que como se ha explicado anteriormente es de naturaleza calcárea especialmente en sitio 2 Potrerillo. En el eje 4, con una varianza negativa del 40% respecto al grupo, esta el Calcio, el cual está directamente relacionado con la naturaleza geológica del sustrato y por ende con la conductividad.

Finalmente se puede deducir que la variabilidad y la dinámica del sistema están determinadas por el caudal, puesto que los parámetros que presentan mayor variabilidad están afectados por el aumento o disminución de flujo del agua de acuerdo a la época climática.

6.2 ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD ALGAS PERIFÍTICAS

Las tablas No.9 y 10 Presentan los valores del numero de células por cm^2 distribuidas por género obtenidas para los dos sitios de muestreo en el tiempo de estudio, con sus valores promedio (PROM.) y desviación estándar (S.D), adicionalmente se incluye los valores de densidad total, los cuales muestran que el comportamiento mensual del sistema.

Tabla 9. Géneros, No. ind/cm² durante los meses de estudio para la Comunidad de algas perifíticas Sitio1. La Zeta.

Género	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total	PROM	D.S
<i>Anabaena</i>	2	0	0	44	2	17	67	19	18
<i>Amphora</i>	77	128	143	240	86	57	731	209	66
<i>Anabaenopsis</i>	2	0	0	7	12	5	27	8	5
<i>Aphanocapsa</i>	0	0	0	30	0	0	30	8	12
<i>Asterionella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterococcus</i>	0	0	2	0	0	0	2	1	1
<i>Bumellera</i>	0	40	12	35	0	0	86	25	18
<i>Calothrix</i>	37	5	15	25	15	17	114	32	11
<i>Capsosira</i>	10	40	0	0	0	0	49	14	16
<i>Ceratium</i>	2	5	2	0	0	0	10	3	2
<i>Chlorella</i>	12	0	0	0	0	0	12	4	5
<i>Chlorococcum</i>	0	0	0	94	47	17	158	45	38
<i>Chlorogonium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus</i>	259	116	77	183	62	52	748	214	81
<i>Chrysooccus</i>	0	0	0	0	7	0	7	2	3
<i>Closterium</i>	59	25	52	131	30	37	333	95	39
<i>Cocconeis</i>	27	47	27	72	27	67	267	76	21
<i>Cosmarium</i>	262	207	15	111	17	17	630	180	108
<i>Cyclotella</i>	165	27	7	123	101	0	425	121	69
<i>Cymbella</i>	373	474	40	198	89	94	1267	362	175
<i>Denticula</i>	10	5	0	0	0	0	15	4	4
<i>Desmidium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Desmodesmus</i>	57	119	7	30	54	30	296	85	38
<i>Dictyosphaerium</i>	0	0	0	0	12	0	12	4	5
<i>Diploneis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema</i>	2	0	0	0	0	0	2	1	1
<i>Euastrum</i>	2	0	0	37	2	0	42	12	15
<i>Eunotia</i>	2	57	0	7	37	10	114	32	23
<i>Excentrosphaera</i>	0	0	2	0	0	0	2	1	1
<i>Fisherella</i>	5	5	0	7	0	77	94	27	30
<i>Fragilaria</i>	183	74	575	151	163	141	1286	368	181
<i>Frustrulia</i>	30	12	12	57	27	138	277	79	48
<i>Gomphonema</i>	286	230	99	44	32	222	914	261	108
<i>Gonatozigom</i>	0	0	0	0	20	0	20	6	8
<i>Gymnodimnium</i>	12	0	0	0	0	0	12	4	5
<i>Hapalosiphon</i>	37	7	0	2	0	0	47	13	15
<i>Hormotilia</i>	0	0	0	40	0	0	40	11	16
<i>Hyaloteca</i>	0	0	15	0	0	0	15	4	6
<i>Isochrysis</i>	0	0	0	12	0	0	12	4	5
<i>Leptochaete</i>	86	35	0	0	0	0	121	35	35
<i>Lymbia</i>	106	343	151	67	74	72	812	232	107
<i>Merismopedia</i>	109	32	17	10	20	7	195	56	38
<i>Micractinium</i>	0	2	0	0	0	0	2	1	1

Continuación Tabla 9.

Género	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total	PROM	D.S
<i>Micrasterias</i>	0	2	12	27	7	0	49	14	10
<i>Microspora</i>	32	35	0	40	52	89	247	71	29
<i>Mougeotia</i>	22	0	5	10	7	5	49	14	8
<i>Mougeotiopsis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i>	1200	1032	726	1240	1104	1042	6343	1812	182
<i>Neidium</i>	309	326	205	432	402	405	2079	594	85
<i>Nitzschia</i>	12	0	0	0	0	0	12	4	5
<i>Nostoc</i>	49	12	5	2	12	2	84	24	18
<i>Ochomorax</i>	5	0	0	0	0	0	5	1	2
<i>Oedogonium</i>	20	94	62	222	72	143	612	175	71
<i>Oocystis</i>	681	30	52	148	146	64	1121	320	247
<i>Oophyla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria</i>	210	89	89	281	143	136	948	271	75
<i>Pediastrum</i>	2	7	0	74	27	0	111	32	29
<i>Penium</i>	12	17	15	0	12	5	62	18	7
<i>Phacus</i>	0	0	0	15	0	0	15	4	6
<i>Phormidium</i>	5	57	47	7	121	74	311	89	44
<i>Pinnularia</i>	198	141	523	262	178	158	1459	417	144
<i>Policystis</i>	10	116	0	64	20	22	232	66	44
<i>Rhoicosphenia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhopalodia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rivularia</i>	30	0	0	17	22	5	74	21	12
<i>Scenedesmus</i>	160	109	62	59	195	35	620	177	63
<i>Selenastrum</i>	44	190	0	2	0	0	237	68	76
<i>Sirogonium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirogyra</i>	5	0	390	81	7	5	489	140	154
<i>Spirotaenia</i>	2	0	0	0	0	0	2	1	1
<i>Spirulina</i>	40	2	2	0	0	0	44	13	16
<i>Staurastrum</i>	20	2	2	7	0	0	32	9	8
<i>Stauroneis</i>	0	7	0	0	0	0	7	2	3
<i>Staurosira</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanodiscus</i>	10	0	0	0	0	0	10	3	4
<i>Stichosiphon</i>	0	0	15	0	0	0	15	4	6
<i>Stigonema</i>	2	0	0	0	0	0	2	1	1
<i>Surirella</i>	52	74	0	84	17	190	417	119	67
<i>Synedra</i>	52	0	375	7	5	10	449	128	148
<i>Synura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabellaria</i>	188	205	699	491	153	64	1800	514	243
<i>Teilingia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraedon</i>	0	0	2	0	0	0	2	1	1
<i>Tetraspora</i>	0	0	0	17	0	0	17	5	7
<i>Tropidoscyphus</i>	44	5	0	0	0	0	49	14	18
<i>Tryblionella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Tabla 9.

Género	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total	PROM	D.S
<i>Ulothrix</i>	25	22	20	10	2	0	79	23	11
<i>Volvox</i>	10	7	2	20	5	12	57	16	6
<i>Zignema</i>	20	0	0	0	0	0	20	6	8
Total (cel/cm²)	5689	4617	4583	5378	3649	3543	27459	7846	873

Tabla 10. Géneros, No. ind/cm² durante los meses de estudio para la Comunidad de algas perifíticas Sitio2. Potrerillo

Género	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total	PROM	D.S
<i>Anabaena</i>	22	0	2	17	2	7	52	9	9
<i>Amphora</i>	106	235	378	264	119	79	1180	197	116
<i>Anabaenopsis</i>	10	0	15	44	7	10	86	14	15
<i>Aphanocapsa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella</i>	0	0	0	5	0	0	5	1	2
<i>Asterococcus</i>	0	0	0	12	0	0	12	2	5
<i>Bumellera</i>	10	15	0	0	0	0	25	4	7
<i>Calothrix</i>	89	35	49	7	2	12	195	33	33
<i>Capsosira</i>	22	22	30	0	0	0	74	12	14
<i>Ceratium</i>	0	0	10	0	0	0	10	2	4
<i>Chlorella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorococcum</i>	0	0	0	86	17	64	168	28	38
<i>Chlorogonium</i>	5	0	0	0	0	0	5	1	2
<i>Chroococcus</i>	44	67	81	133	57	54	437	73	32
<i>Chrysooccus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Closterium</i>	40	37	101	79	54	40	351	58	26
<i>Cocconeis</i>	10	27	17	40	27	64	185	31	19
<i>Cosmarium</i>	119	96	10	91	32	40	388	65	43
<i>Cyclotella</i>	20	128	2	121	52	0	323	54	58
<i>Cymbella</i>	254	301	146	321	378	119	1519	253	102
<i>Denticula</i>	0	10	0	0	0	0	10	2	4
<i>Desmidium</i>	2	0	12	22	7	0	44	7	9
<i>Desmodesmus</i>	141	99	207	47	12	30	536	89	75
<i>Dictyosphaerium</i>	0	0	0	0	69	0	69	12	28
<i>Diploneis</i>	5	0	0	0	0	0	5	1	2
<i>Encyonema</i>	5	0	0	0	0	0	5	1	2
<i>Euastrum</i>	0	0	0	12	17	2	32	5	8
<i>Eunotia</i>	30	74	0	96	20	0	220	37	40
<i>Excentrosphaera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fisherella</i>	25	7	0	0	0	86	119	20	34
<i>Fragilaria</i>	54	148	602	123	284	109	1321	220	202
<i>Frustrulia</i>	7	54	0	10	47	17	136	23	22
<i>Gomphonema</i>	158	156	44	158	47	96	659	110	55

Continuación Tabla 10.

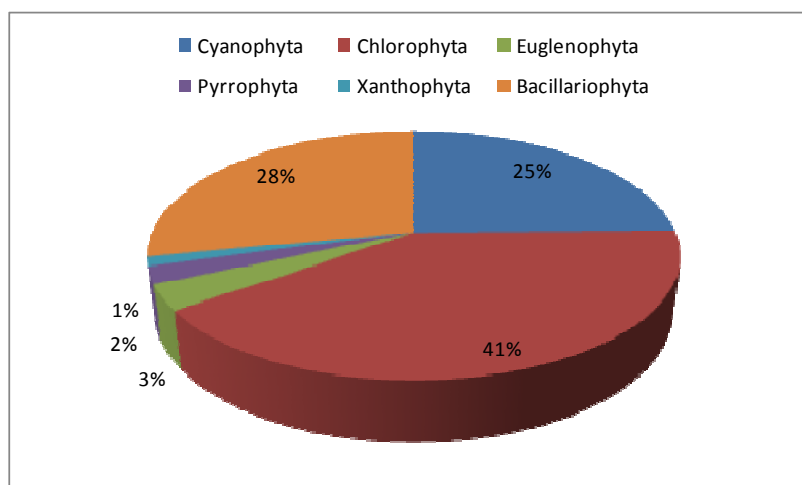
Género	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total	PROM	D.S
<i>Gonatozigom</i>	0	0	0	0	30	0	30	5	12
<i>Gymnodimnium</i>	20	20	0	0	0	0	40	7	10
<i>Hapalosiphon</i>	84	141	7	5	0	7	244	41	58
<i>Hormotilia</i>	0	0	0	67	0	0	67	11	27
<i>Hyaloteca</i>	5	0	59	0	0	0	64	11	24
<i>Isochrysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptochaete</i>	123	62	2	2	0	0	190	32	51
<i>Lymbia</i>	106	96	74	57	47	109	489	81	26
<i>Merismopedia</i>	44	40	15	52	2	15	168	28	20
<i>Micractinium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micrasterias</i>	5	5	0	44	0	0	54	9	18
<i>Microspora</i>	15	15	0	30	62	57	178	30	25
<i>Mougeotia</i>	2	0	0	42	5	10	59	10	16
<i>Mougeotiopsis</i>	0	0	2	0	54	0	57	9	22
<i>Navicula</i>	1054	1030	454	1479	805	1067	5889	981	338
<i>Neidium</i>	338	388	111	454	435	400	2126	354	126
<i>Nitzschia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nostoc</i>	72	20	12	27	0	15	146	24	25
<i>Ochomoras</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedogonium</i>	22	114	296	212	353	160	1158	193	121
<i>Oocystis</i>	81	133	59	220	74	49	617	103	64
<i>Oophyla</i>	0	0	2	0	0	0	2	0	1
<i>Oscillatoria</i>	269	2	123	160	86	170	812	135	89
<i>Pediastrum</i>	2	0	5	64	25	0	96	16	25
<i>Penium</i>	15	17	5	0	12	7	57	9	7
<i>Phacus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phormidium</i>	15	12	15	10	20	77	148	25	26
<i>Pinnularia</i>	183	116	232	388	188	148	1254	209	96
<i>Policystis</i>	2	12	0	84	57	30	185	31	33
<i>Rhoicosphenia</i>	7	0	0	0	0	0	7	1	3
<i>Rhopalodia</i>	0	0	0	2	2	0	5	1	1
<i>Rivularia</i>	0	2	2	10	15	2	32	5	6
<i>Scenedesmus</i>	185	160	128	225	74	32	805	134	71
<i>Selenastrum</i>	237	35	0	17	2	0	291	49	93
<i>Sirogonium</i>	0	0	2	0	0	0	2	0	1
<i>Spirogyra</i>	0	7	254	25	47	17	351	58	97
<i>Spirotaenia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirulina</i>	2	0	0	0	0	0	2	0	1
<i>Staurastrum</i>	17	0	7	0	0	0	25	4	7
<i>Stauroneis</i>	10	79	0	0	0	0	89	15	32
<i>Staurosira</i>	5	0	0	0	0	0	5	1	2
<i>Stephanodiscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stichosiphon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Tabla 10.

Género	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Total	PROM	D.S
<i>Stigonema</i>	17	0	0	0	0	7	25	4	7
<i>Surirella</i>	15	407	44	86	49	40	642	107	149
<i>Synedra</i>	20	0	368	27	7	15	437	73	145
<i>Synura</i>	7	0	0	0	0	0	7	1	3
<i>Tabellaria</i>	151	188	785	430	220	74	1847	308	262
<i>Teilingia</i>	2	0	0	0	0	0	2	0	1
<i>Tetraedon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraspora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tropidoscyphus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tryblionella</i>	2	0	0	2	0	0	5	1	1
<i>Ulothix</i>	42	15	12	0	7	0	77	13	16
<i>Volvox</i>	5	5	7	27	17	12	74	12	9
<i>Zignema</i>	12	0	0	0	0	0	12	2	5
Total (cel/cm²)	4375	4632	4798	5941	3948	3351	27044	4507	874

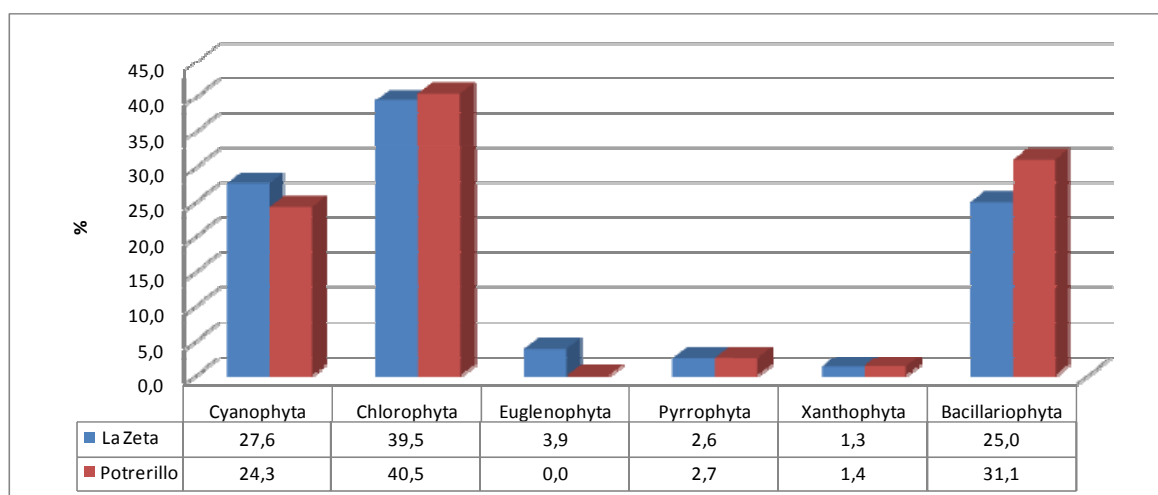
6.2.1 Composición y riqueza de la comunidad. En total para los dos sitios de muestreo de la quebrada Potrerillo se determinaron 89 géneros, pertenecientes a 6 Divisiones. La mayor riqueza la presenta la División Chlorophyta con 36 (41%) géneros, seguida por las División Bacillariophyta con 25 (28%), Cyanophyta con 22 (25%) géneros y las divisiones Euglenophyta, Pyrrophyta y Xanthophyta con 3 (3%), 2 (2%) y 1 (1%) géneros respectivamente (ver figura 14).

Figura 14. Distribución porcentual de la riqueza por Divisiones de algas encontradas en los sitios de muestreo.



La riqueza específica por sitios. En el sitio 1 La Zeta se encuentran 76 géneros, la mayor riqueza la presenta la División Chlorophyta con 30 (39,5%) géneros, seguida por la División Cyanophyta con 21 (27,6%), la División Bacillariophyta con 19 géneros (25%) , la División Euglenophyta con 3 (3,9%) géneros, la división Pyrrophyta con 2 (2,6%) de los géneros y la Division Xantophyta con 1 (1,3%) genero. En el sitio 2 Potrerillo se presentaron 74 géneros, la División con mayor riqueza al igual que en sitio 1 fue Chlorophyta con 30 géneros (40,5%), la división Bacillariophyta con 23 géneros (31,1%), la División Cyanophyta con 18 géneros (24,3%), la División Pyrrophyta con 2 géneros (2,7%), la División Xantophyta con 1 genero (1,4%) y por ultimo no se reporta ningún genero identificado para la División Euglenophyta (ver figura 15).

Figura 15. Riqueza específica en cada uno de los dos sitios de muestreo quebrada Potrerillo.



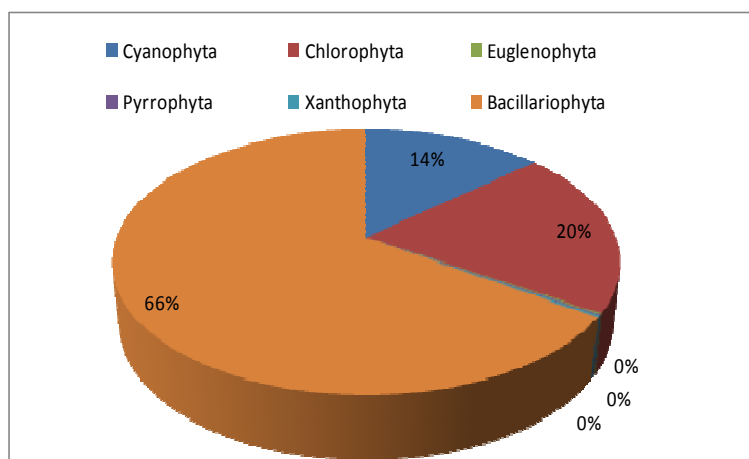
Chlorophyta presenta la más alta riqueza en los dos sitios La Zeta y Potrerillo, seguido por Cyanophyta para La Zeta y en Potrerillo Bacillariophyta, dentro de los resultados se observa que no hay registro de la División Euglenophyta para el sitio 2 Potrerillo y que Xantophyta en ambos sitios solo presentaron un género.

6.2.2 Abundancia y Densidad

Abundancia: A nivel general la abundancia presentó la siguiente distribución, la División con mayor porcentaje de abundancia fue Bacillariophyta, 65,45%, seguido de Chlorophyta con 20,24 %,

luego la División Cyanophyta con el 13,62% y en menor proporción se encuentran las Divisiones Pyrrophyta, Xanthophyta y Euglenophyta con el 0,35, 0,20 y el 0,15% respectivamente (ver figura 16).

Figura 16. Distribución porcentual de la abundancia por División de algas encontradas en los sitios de muestreo.



A nivel de géneros se encontró que *Navicula*, perteneciente a la División Bacillariophyta, es la más abundante con el 22,44%, seguida muy de lejos por otros géneros de la misma División tales como *Neidium*, *Tabellaria*, *Cymbella*, *Pinnularia*, *Fragilaria* y *Amphora*, con porcentajes que no alcanzan el 10%, notándose la supremacía en cuanto a la dominancia del género Navícula (ver tabla 11).

Tabla 11. Lista de géneros, abundancia y distribución (presencia-ausencia) para las dos zonas de estudio.

GÉNERO	LA ZETA	POTRERILLOS	Abundancia (%)
<i>Navicula</i>	x	x	22,44
<i>Neidium</i>	x	x	7,71
<i>Tabellaria</i>	x	x	6,69
<i>Cymbella</i>	x	x	5,11
<i>Pinnularia</i>	x	x	4,98
<i>Fragilaria</i>	x	x	4,78
<i>Amphora</i>	x	x	3,51
<i>Oedogonium</i>	x	x	3,25
<i>Oscillatoria</i>	x	x	3,23
<i>Oocystis</i>	x	x	3,19
<i>Gomphonema</i>	x	x	2,89

Continuación tabla 11.

GÉNERO	LA ZETA	POTRERILLOS	Abundancia (%)
<i>Scenedesmus</i>	x	x	2,61
<i>Lymbia</i>	x	x	2,39
<i>Chroococcus</i>	x	x	2,17
<i>Surirella</i>	x	x	1,94
<i>Cosmarium</i>	x	x	1,87
<i>Synedra</i>	x	x	1,63
<i>Spirogyra</i>	x	x	1,54
<i>Desmodesmus</i>	x	x	1,53
<i>Cyclotella</i>	x	x	1,37
<i>Closterium</i>	x	x	1,25
<i>Selenastrum</i>	x	x	0,97
<i>Phormidium</i>	x	x	0,84
<i>Cocconeis</i>	x	x	0,83
<i>Microspora</i>	x	x	0,78
<i>Policystis</i>	x	x	0,77
<i>Frustrulia</i>	x	x	0,76
<i>Merismopedia</i>	x	x	0,67
<i>Eunotia</i>	x	x	0,61
<i>Chlorococcum</i>	x	x	0,6
<i>Calothrix</i>	x	x	0,57
<i>Leptochaete</i>	x	x	0,57
<i>Hapalosiphon</i>	x	x	0,53
<i>Nostoc</i>	x	x	0,42
<i>Fisherella</i>	x	x	0,39
<i>Pediastrum</i>	x	x	0,38
<i>Ulothrix</i>	x	x	0,29
<i>Volvox</i>	x	x	0,24
<i>Capsosira</i>	x	x	0,23
<i>Anabaena</i>	x	x	0,22
<i>Penium</i>	x	x	0,22
<i>Anabaenopsis</i>	x	x	0,21
<i>Mougeotia</i>	x	x	0,2
<i>Bumelleria</i>	x	x	0,2
<i>Rivularia</i>	x	x	0,19

Continuación tabla 11.

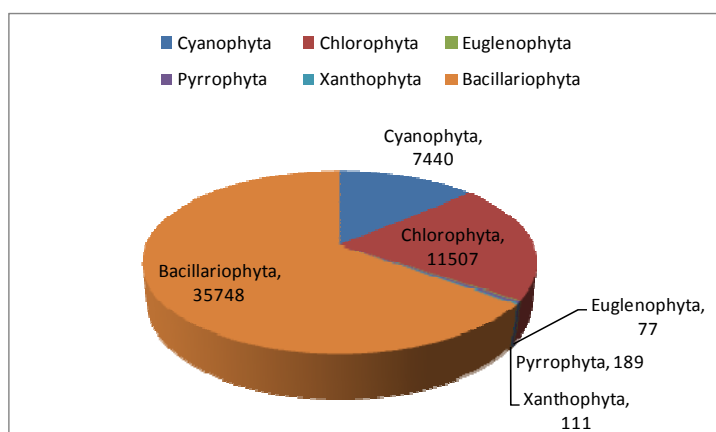
GÉNERO	LA ZETA	POTRERILLOS	Abundancia (%)
<i>Micrasterias</i>	x	x	0,19
<i>Hormotilia</i>	x	x	0,19
<i>Stauroneis</i>	x	x	0,18
<i>Dictyosphaerium</i>	x	x	0,15
<i>Euastrum</i>	x	x	0,14
<i>Hyaloteca</i>	x	x	0,14
<i>Mougeotiopsis</i>	0	x	0,1
<i>Staurastrum</i>	x	x	0,1
<i>Gymnodimnium</i>	x	x	0,1
<i>Spirulina</i>	x	x	0,09
<i>Gonatozigom</i>	x	x	0,09
<i>Tropidoscyphus</i>	x	0	0,09
<i>Desmidium</i>	0	x	0,08
<i>Zignema</i>	x	x	0,06
<i>Aphanocapsa</i>	x	0	0,05
<i>Stigonema</i>	x	x	0,05
<i>Denticula</i>	x	x	0,05
<i>Ceratium</i>	x	x	0,04
<i>Stichosiphon</i>	x	0	0,03
<i>Asterococcus</i>	x	x	0,03
<i>Tetraspora</i>	x	0	0,03
<i>Phacus</i>	x	0	0,03
<i>Chlorella</i>	x	0	0,02
<i>Isochrysis</i>	x	0	0,02
<i>Nitzschia</i>	x	0	0,02
<i>Stephanodiscus</i>	x	0	0,02
<i>Ochomoras</i>	x	0	0,01
<i>Synura</i>	0	x	0,01
<i>Chryscoccus</i>	x	0	0,01
<i>Chlorogonium</i>	0	x	0,01
<i>Rhoicosphenia</i>	0	x	0,01
<i>Rhopalodia</i>	0	x	0,01
<i>Encyonema</i>	x	x	0,01
<i>Diploneis</i>	0	x	0,01

Continuación tabla 11.

GÉNERO	LA ZETA	POTRERILLOS	Abundancia (%)
<i>Tryblionella</i>	0	x	0,01
<i>Asterionella</i>	0	x	0,01
<i>Staurosira</i>	0	x	0,01
<i>Micractinium</i>	x	0	0
<i>Elcentrosphaera</i>	x	0	0
<i>Tetraedon</i>	x	0	0
<i>Spirotaenia</i>	x	0	0
<i>Oophyla</i>	0	x	0
<i>Teilingia</i>	0	x	0
<i>Sirogonium</i>	0	x	0

Densidad. Teniendo en cuenta el valor de abundancia, el valor de densidad a nivel general por Divisiones, presenta a Bacillariophyta como la División con mayor densidad con 35.748 cel/cm² (65,45%), seguido por Chlorophyta con 11.057 cel/cm² (20,24%), después la División Cyanophyta con 7440 cel/cm² (13,62%) y como ya se ha visto en los datos de abundancia las Divisiones con menor densidad son Xanthophyta, Pyrrophyta y Euglenophyta con 189 (0,35%), 111 (0,20%) y 77 (0,14%) respectivamente (ver figura 17).

Figura 17. Densidad total de las divisiones de algas perifíticas en los sitios 1 y 2



A nivel de densidad y estructura de la comunidad entre los sitios de muestreo no se presenta una diferencia significativa, por lo cual se puede decir que el sitio 1 La Zeta y el Sitio 2 Potrerillo no difieren significativamente en cuanto a la cantidad de géneros presentes y su densidad (ver tabla 12).

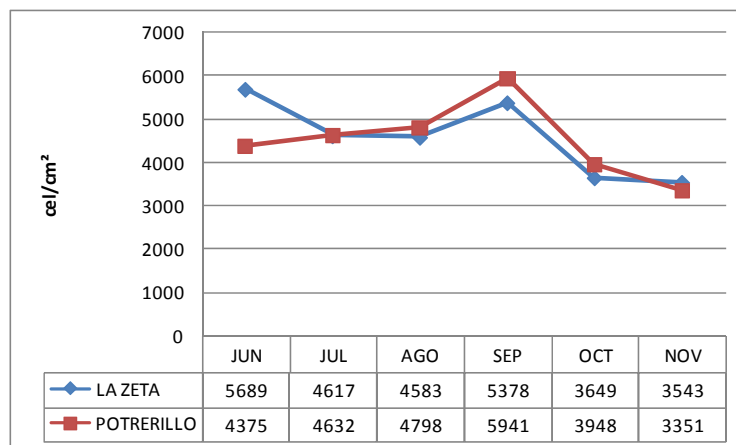
Tabla 12. Análisis univariante entre género y sitio, variable dependiente Densidad. Realizado con el programa estadístico SPSS v.11

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sign
Modelo corregido	15434253,168(a)	179	86224,878	15,246	,000
Intersección	2242396,716	1	2242396,716	396,499	,000
Genero	15289703,988	90	169885,600	30,039	,000
sitio	7946,719	1	7946,719	1,405	,236
Genero * sitio	281176,793	88	3195,191	,565	1,000
Error	5157808,857	912	5655,492		
Total	23316365,000	1092			
Total corregida	20592062,025	1091			

a R cuadrado = ,750 (R cuadrado corregida = ,700)

Densidad total mensual. El número total de cel/cm² para La Zeta fue de 4.586 y de 4.517 para Potrerillo, los valores máximos se presentaron en el mes de junio para La Zeta con 5.701 cel/ cm² y en el mes de septiembre para Potrerillo con 5.954 cel/ cm². Los valores con menor densidad se presentan durante el mes de noviembre con 3.551 cel/ cm² para La Zeta y 3.358 cel/ cm² para Potrerillo (ver figura 18).

Figura 18. Variación total mensual de la densidad de cel/cm² sitios 1 y 2.



La figura 18 permite observar un incremento de la densidad para el mes de septiembre, que para nuestro estudio correspondió a época seca. No obstante, el análisis estadístico (ver tabla 13), indica que las variaciones no son significativas estadísticamente cuando se relacionan los meses de estudio con la densidad poblacional.

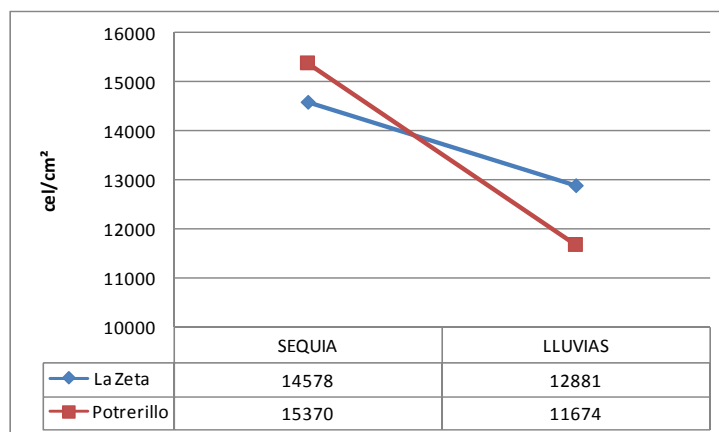
Tabla 13. Análisis univariante entre género y mes, variable dependiente Densidad. Realizado con el programa estadístico spss v.11

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sign.
Modelo corregido	18728408,858(a)	535	35006,372	10,444	,000
Intersección	2460854,003	1	2460854,003	734,168	,000
Genero	15597448,410	90	173304,982	51,704	,000
mes	127275,097	5	25455,019	7,594	,000
Genero * mes	3424125,696	440	7782,104	2,322	,000
Error	1863653,167	556	3351,894		
Total	23316365,000	1092			
Total corregida	20592062,025	1091			

R cuadrado = ,909 (R cuadrado corregida = ,822)

Densidad total por época. Como se había descrito anteriormente, la intermitencia del cuerpo de agua evaluado, presenta dos épocas definidas para el sistema como sequía (julio, agosto y septiembre) y de lluvias (junio, octubre y noviembre). Los resultados indican una disminución de la densidad para la época de lluvias en ambos sitios de muestreo. La figura 19 presenta dicha disminución observada.

Figura 19. Variación de la densidad por época para cada sitio.



En cuanto a la significancia estadística presentada a partir de un análisis univariado (ver tabla 14), donde se integraron la época (sequía y lluvias) y el sitio como factores y la variable dependiente densidad, se encuentra un nivel de significancia alto. Se deduce que la densidad poblacional varía de acuerdo a la época y lo hace de manera significativa; a saber el sitio La Zeta pasa de tener 14.578 cel/cm² a 12.881 cel/cm², lo cual representa una disminución de un 11,64%, y en el sitio Potrerillo la densidad cambia de 15.370 cel/cm² a 11.674 cel/cm², con una disminución del 24,04 %.

Tabla 14. Análisis univariante entre época y sitio, variable dependiente Densidad. Realizado con el programa estadístico spss v.11

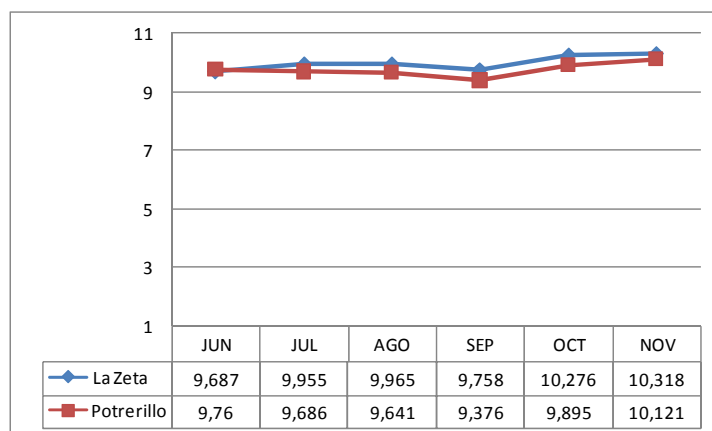
Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sign.
Modelo corregido	48609,066(a)	3	16203,022	,858	,462
Intersección	2744065,983	1	2744065,983	145,328	,000
Época	37721,720	1	37721,720	1,998	,158
Sitio	1654,248	1	1654,248	,088	,767
época * sitio	7948,595	1	7948,595	,421	,517
Error	20543452,959	1088	18881,850		
Total	23316365,000	1092			
Total corregida	20592062,025	1091			

a R cuadrado = ,002 (R cuadrado corregida = ,000)

6.2.3 Índices biológicos

Riqueza de Margalef. Los valores máximos para La Zeta se presentan en los meses de octubre y noviembre (meses de lluvia) con un valor de 10,3 y para potrerillo el valor más alto fue de 10,1 en noviembre, los valores mínimos para La Zeta fue registrado en el mes de junio con 9,6 y para potrerillo el valor mínimo fue registrado en el mes de septiembre con 9.3. (Figura 20).

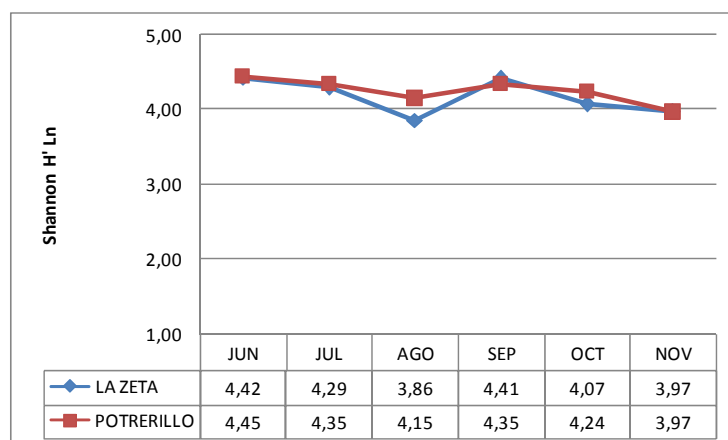
Figura 20. Índice de riqueza de Margalef para los sitios La Zeta y Potrerillo.



Durante el periodo de estudio en los dos sitios (La Zeta y Potrerillo), los valores de riqueza de Margalef fueron altos (mayor a 5), según McCormick, (1996) esto significa que los hábitats expuestos a disturbios periódicos de intensidad moderada tienden a presentar mayor riqueza de especies en comparación con hábitats que no presentan disturbios. Esto se relaciona con las condiciones climáticas de la zona de estudio la cual presenta épocas de sequía y lluvia causando la intermitencia en su flujo.

Diversidad de Shannon. Con valores máximos de diversidad en junio para los dos sitios con 4,42 para La Zeta y 4,45 para Potrerillo, Los valores más bajos de diversidad se presentaron en agosto para La Zeta con 3,86 y en noviembre para Potrerillo con 3,97. (Figura 21).

Figura 21. Diversidad mensual Shannon para los sitios 1 y 2.



Los valores encontrados para el índice de diversidad de Shannon en los dos sitios para los meses de muestreo son altos ($>3,8$) esta medida refleja según Margalef (1983) las diferencias de las especies y en gran medida la organización espacial de la comunidad, de manera que valores cercanos o iguales a 5 corresponden a ecosistemas altamente organizados y estables. El sistema en sus dos sitios de muestreo es estable, presentando disminuciones en su valor en los meses de agosto y noviembre causados en primera instancia por la sequía (agosto) y posteriormente por las lluvias y el aumento del caudal (Noviembre) corroborando que la disminución en los valores de diversidad se han asociado con cambios de las condiciones tróficas del sistema (Margalef, 1983). Teniendo en cuenta las fluctuaciones que se presentan de la diversidad a lo largo de los meses de estudio, para los dos sitios y basado en los valores del índice de diversidad de Shannon y riqueza de Margalef, se podría plantear que existe una mayor diversidad para Potrerillo. Sin embargo al establecer un análisis univariado (tabla 12 y 15), relacionando los géneros y los dos sitios como factores y la densidad como variable dependiente por un lado y los géneros y la época climática, muestran que no hay una diferencia significativa entre la cantidad de géneros por mes y la época climática (lluvia y Sequía) y tampoco hay variación significativa entre el número de géneros por sitio.

Tabla 15. Análisis univariante entre genero y época, variable dependiente Densidad. Realizado con el programa estadístico SPSS v.11

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sign
Modelo corregido	15924319,787(a)	179	88962,680	17,382	,000
Intersección	2278289,081	1	2278289,081	445,140	,000
Genero	15301452,558	90	170016,140	33,218	,000
época	53827,825	1	53827,825	10,517	,001
Genero * época	720552,163	88	8188,093	1,600	,001
Error	4667742,238	912	5118,138		
Total	23316365,000	1092			
Total corregida	20592062,025	1091			

a R cuadrado = ,773 (R cuadrado corregida = ,729)

De todos los análisis estadísticos realizados la única variación significativa, está representada por el cambio de época climática y su influencia sobre la densidad poblacional sin influir sobre la composición y estructura de la comunidad de algas perifíticas. Comprobándose el planteamiento

de McCormick, (1996), que dice una comunidad presenta una mayor estabilidad en su composición cuando esta sometida a disturbios periódicos.

Coefficiente de similitud de Sørensen. El valor para este índice es oscila entre cero y uno, lo cual expresa el grado en que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas (moreno, 2005). El valor obtenido es de 0,813, esto refleja que existe un alto grado de similitud entre la composición de la comunidad de algas perifíticas para los dos sitios como son La Zeta y Potrerillo.

Complementariedad. El concepto de complementariedad se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas (Colwell y Coddington, 1994 citado en Moreno 2005). Así, la complementariedad varía desde cero, cuando ambos sitios son idénticos en composición de especies, hasta uno, cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas.

Tabla 16. Medición de los parámetros de complementariedad para los dos sitios

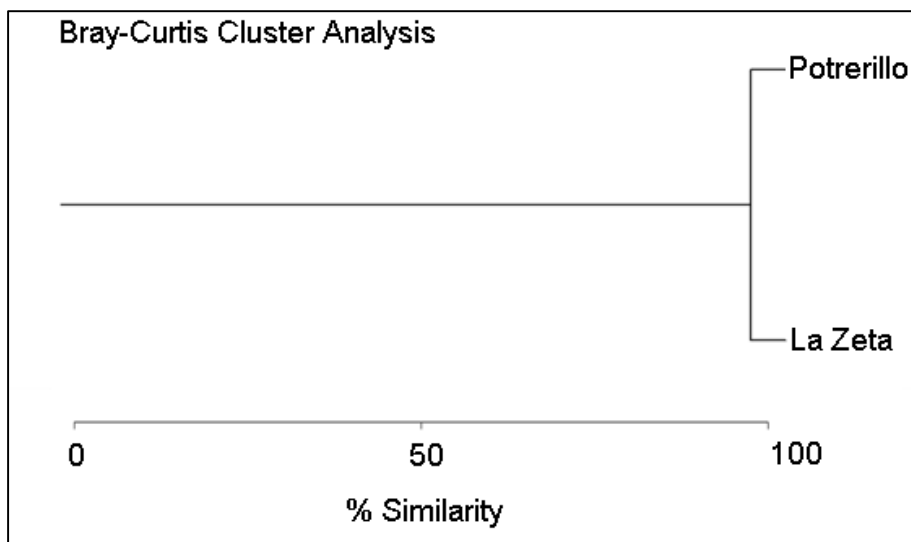
Parámetros de complementariedad	
Riqueza total para ambos sitios combinados (S)	89
Número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios (U)	28
complementariedad de los sitios A y B (U/S)	0,314606742

El valor de complementariedad entre La Zeta y Potrerillo es de 0,31 (31,14 %), indica que no hay gran diferencia entre los sitios y que existe una gran cantidad de géneros compartidos, aspecto concordante con los resultados del índice de similitud de Sørensen. Se confirma este resultado con el análisis univariado, que expresa que no existe diferencia significativa entre la cantidad de géneros presentes para cada sitio a lo largo de los meses de estudio.

Similaridad entre sitios. Utilizando el análisis de similaridad de Bray-Curtys, con ayuda del programa Biodiversity Pro v.2, se encontró que la densidad poblacional total (cel/cm^2) y el numero de géneros identificados para cada sitio (1. La Zeta y 2. Potrerillo), obtuvo un porcentaje de similaridad del 95,23% (ver figura 22), indicando que existe una homogeneidad para ambos

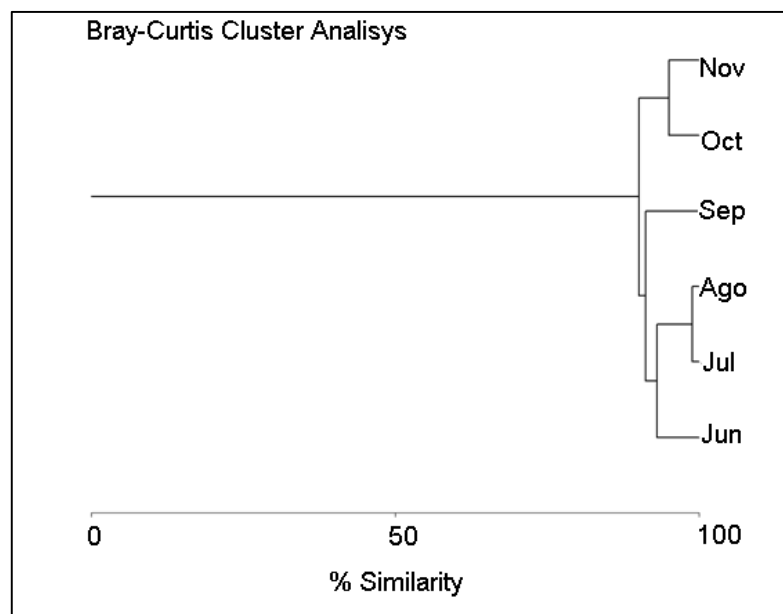
sitios, ratificando lo obtenido con el de complementariedad (Tabla 16) y el análisis univariado entre genero y mes (tabla 13).

Figura 22. Análisis Bray-Curtis de similaridad para Densidad por sitios.



Similaridad mensual. El análisis de similaridad de Bray-Curtis se realiza con los valores de la densidad total (cel/cm^2) por mes para los dos sitios de muestreo (1. La Zeta y 2. Potrerillo), (Figura. 23) presenta el porcentaje más alto para los meses de Julio y Agosto con 98,82% de similaridad, estos meses son de sequía con bajas precipitaciones y bajo caudal, la siguiente relación de similaridad se presenta entre los meses de octubre y noviembre con un 94,95% de similaridad, estos meses presentan altos niveles de precipitación y alto caudal. Junio que era catalogado como un mes de lluvia presenta un nivel de similitud de 93% con los meses de julio y agosto que son considerados como meses de sequía. Septiembre, mes catalogado como de sequía, presenta un 91,36% de similaridad respecto a los meses de Junio, julio y agosto. La similaridad total de los meses de estudio en relación con la densidad es alta con un valor global del 90,04%.

Figura 23. Análisis Bray-Curtis de similitud para Densidad mensual total.



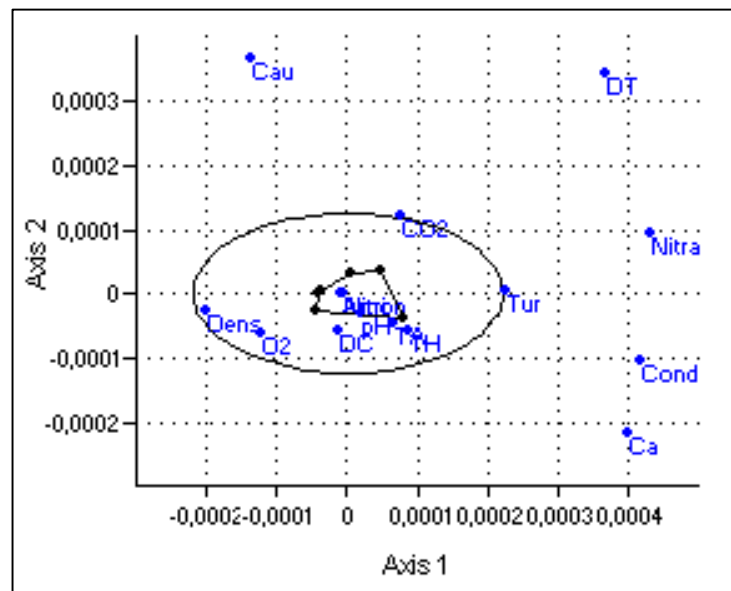
Las mediciones realizadas por el coeficiente de Similitud de Sørensen, el índice complementariedad y el índice de similitud de Bray-Curtis, se realizaron con el fin de determinar la el grado de semejanza entre los sitios dos de muestreo en la quebrada Potrerillo en los sitios 1 (La Zeta) y sitio 2 (Potrerillo), encontrándose que los sitios tienen una alta similitud. Esto es ratificado por los análisis de univarianza empleados anteriormente en donde no fue significativa la relación entre densidad mes y densidad sitio.

6.3 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA ENTRE VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

En la figura 24 se presenta el análisis de correspondencia, realizado con el programa Past v1.18 (Harper, 2003). Se encuentra que no hay una variabilidad mensual en la densidad poblacional, se nota un agrupamiento de variables físico químicas, marcadas por una elipse, las cuales presentan un 95% similitud y no afectan directamente la composición poblacional. El caudal, La

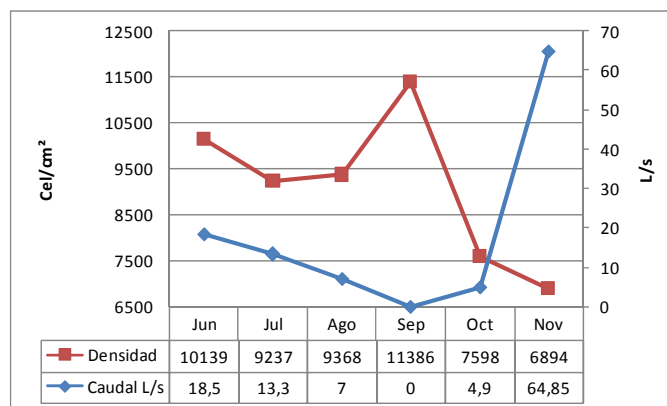
conductividad, dureza total, calcio y los nitritos, se presentan como puntos alejados, esto significa que existe mayor varianza entre estas variables respecto al grupo principal. Teniendo en cuenta que el único cambio significativo encontrado esta dado por el cambio de época climática que afecta finalmente a la densidad poblacional pero no a la estructura y composición de la comunidad de los dos sitios de estudio, el caudal de acuerdo con el análisis de componentes principales es el factor que más influye en cambio de la densidad poblacional por el cambio de época climática (sequía-lluvias).

Figura 24. Análisis de correspondencia entre parámetros fisicoquímicos y biológicos.



6.3.1 Relación caudal-densidad. En el figura 25, se puede apreciar que a medida que el caudal disminuye, la densidad poblacional desciende, estabilizándose en agosto (sequía) y aumentando hacia el mes de septiembre donde solo se conserva del cuerpo de agua pozos para ambos sitios (sistema lentic).

Figura 25. Comparación de los valores promedio de la Densidad vs Caudal para los dos sitios.



Al llegar la temporada de lluvias en los meses de octubre y noviembre se nota una disminución considerable de la densidad poblacional, relacionado esto con el incremento del caudal cuyo principal efecto es el arrastre de todo aquello que se aloja en el cauce, incluyendo las comunidades biológicas como las algas del perifiton. Fenómeno similar fue descrito por Joos (2003), donde la variación de la biomasa perifítica estuvo determinada directamente con la variación del caudal y por Martínez y Donato (2003) quienes encontraron que en un río de alta montaña en Colombia la densidad del perifiton varió con el flujo, siendo menor en el período de mayor velocidad de corriente, y mayor en el período seco. Donde se reconoce un efecto de dilución de estas poblaciones producto de los mayores volúmenes de aguas presentes (Ramírez y Viña, 1998).

En términos generales, la quebrada Potrerillo presentó una comunidad de algas perifíticas diversa, con altos índices de similaridad y complementariedad para los sitios de muestreo estudiados, donde dominaron las algas de la División Bacillariophyta con un 65,45%, seguido de Chlorophyta con 20,24 %. El índice de Diversidad Shannon se estimó con un valor máximo de 4,42 para La Zeta y 4,45 para la Potrerillo indicando un ecosistema de alta diversidad. Aunque no variaron significativamente los géneros de algas detectadas para la época de estudio, las densidades poblacionales están fuertemente influenciadas por el caudal. La época de lluvias causó una disminución de las densidades, debido al fenómeno de arrastre generado por el aumento del caudal.

9. CONCLUSIONES

Este estudio determina a la Quebrada Potrerillo como un ecosistema acuático intermitente, debido a que el flujo está presente en el intervalo entre 10% y 90% de la duración del ciclo hidrológico anual. (J.R. Svec, R.K. Kolka, J.W. Stringer 2005).

La Variación de la comunidad de algas periféricas depende directamente del cambio de época lluvia a sequía y está relacionado con una disminución en la densidad poblacional en la temporada de lluvias, generadas por el arrastre como consecuencia del aumento en el caudal.

El aumento de la densidad de algas periféricas hacia la temporada de sequía es ocasionado por la disminución del caudal, generando un confinamiento en pequeños pozos donde se generan altas tasas fotosintéticas y aumento de nutrientes

A excepción del caudal, el comportamiento de las variables fisicoquímicas consideradas en la quebrada Potrerillos para los dos puntos de muestreo, no tienen incidencia directa sobre las variaciones en la estructura de algas periféricas y sobre la densidad de individuos.

La mayor riqueza se encontró para la División Chlorophyta con el 41% del total de los géneros reportados.

La mayor densidad poblacional (cel/cm²) la obtuvo la división Bacillariophyta con un 65.4% del total de los individuos colectados. Esto evidencia las características cosmopolitas de esta División y su habilidad de adaptación al ambiente, cuyo trastorno para este ecosistema implica el paso de un ecosistema lotico a un lenticó de condiciones extremas. En esta División se destacó Navícula por su abundancia (22,4% de individuos de toda la población).

Se observa que la población en general se ha adaptado al cambio drástico que impone la variación del caudal, pues el número de géneros fue relativamente constante para la época de estudio.

No existe una variación significativa en la estructura de la comunidad, a lo largo del periodo del tiempo de estudio, lo cual indica que la comunidad presenta una diversidad estable sin depender de la época climática y está ajustada a las condiciones variables del medio, confirmándose la teoría de que los disturbios medios generan respuestas adaptativas de mayor eficacia y eficiencia para los sistemas biológicos.

La diversidad de Shannon para los dos sitios de muestreo es alta con valores que están cercanos a cinco a lo largo del estudio, lo cual indica la estabilidad de la comunidad en condiciones naturales, sin variar significativamente a pesar de la ausencia del caudal.

Se encontró que los dos sitios de muestreo no son complementarios, por el contrario tienen una alta similaridad a nivel de estructura poblacional, lo indica que no hay diferencia entre los géneros presentes por sitio.

10. RECOMENDACIONES

El estudio podría ampliarse a futuro en la recolección de datos dentro del ciclo hidrológico completo anual; de este modo se analizaría el comportamiento de la densidad poblacional y de la comunidad para las dos estaciones tanto de sequía y de lluvias.

Para ampliar el análisis de la población de algas perifíticas, se recomienda adelantar estudios mediante la técnica de sustratos artificiales, que permite conocer los procesos sucesionales y su relación con las variables ambientales.

Ampliar el análisis de variables físico químicas, para incluir aspectos tales como demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO₅), nitrógeno total y carbono orgánico total.

Extender este tipo de estudios a otros ríos intermitentes en la región y el País, para avanzar en el conocimiento limnológico de estos ecosistemas que son frecuentes en las zonas neotropicales.

11. BIBLIOGRAFÍA

AMAYA, K. 1999. Composición y estructura del fitoperifiton en el lago tarapoto (amazonía colombiana), durante dos períodos hidrológicos. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, D.C.

ALLAN, J. 1995. Stream ecology. Chapman & Hall, Great Britain, Alden Press.

BAHAMÓN, R. N. 1994. Estudio limnológico con énfasis en la comunidad de fitoplancton en algunos lagos de inundación del río Amazonas (Colombia). Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, D.C.

BARBOUR, M.T., J. GERRITSEN, B.D. SNYDER, AND J.B. STRIBLING. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.

BEGON, M., J. HARPER & C. TOWNSEND. 1996. Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. Ed Omega S.A. Barcelona.

BOULTON, A. J and BROCK, M.A. 1999. Australian Freshwater Ecology. Processes and Management. Gleneagles Publishing, Adelaide, Australia, 250 pp. Citado por: BROCK, M. A., NIELSEN, D. L., SHIEL, R. J., GREEN, J. D. and LANGLEY, J.D. (2003). Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. In: Freshwater Biology. 48: 1207–1218.

BOTHWELL, M. L. y LOWE, R. L. (eds.). *Algal ecology: freshwater benthic ecosystem*, 321-336 pp. Academic Press, California, USA.

BOURRELLY, P. 1970. *Les algues déau douce. Initiation à la sistematique. Tome III: Les algues bleues et rouges. Les eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines.* Éditions N. Boubée & Cie. Paris.

----- 1972. *Les algues déau douce. Initiation à la sistematique. Tome I: Les algues vertes.* Éditions N. Boubée & Cie. Paris.

----- 1981. *Les algues déau douce. Initiation à la sistematique. Tome II: Les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées.* Société Nouvelle des Éditions Boubée. Paris.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA (C.R.C). 2005. Documentos del plan de ordenamiento territorial del municipio de Patía (P.O.T).

GASITH, A. y RESH, V.H. 1999. Streams in Mediterranean Climate Regions: Abiotic Influences and Biotic Responses to Predictable Seasonal Events. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 51-81.

GÓMEZ, R., VIDAL-ABARCA, M.R. y SUÁREZ, M.L. 2001. Importance of the subsurface-surface water interaction in the wetland structure and dynamic in arid and semiarid areas. En *Groundwater Ecology. A tool for management of water resources*, pp. 317-322, European Commission-Environment and Climate Programe, Belgium.

GONZÁLEZ del TÁNAGO M., VIDAL-ABARCA, M.R., SUÁREZ, M.L. y MOLINA, C. 1995. Consideraciones sobre el estado actual de las riberas de los principales cauces fluviales de la Cuenca del Río Segura (SE de España). *Anales de Biología* 20: 117-130.

GUALTERO, D. 2007. Composición y abundancia de las algas bécnicas de cinco sistemas lóaticos de Puerto Rico. Tesis de Maestría. Universidad de Puerto Rico. San Juan de Puerto Rico.

GUERRERO, C. 1996. Los invertebrados acuáticos del Río Chícamo (SE de España): Anales de Biología 24: 180-193.

HAMMER, O. HARPER, D y RYAN, P. 2003. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1):9.

JOHNSON, M. *et al.* 2006. Organic carbon fluxes within and streamwater exports from headwater catchments in the southern Amazon. Hydrological Processes 20: 2599-2614.

JOOS, N. 2003. Spatial-temporal Distribution of Periphyton in the lower parts of the River Thur: The Influence of Morphology, Hydraulics and Hydrology. Thesis EA W AG, Dtibendorf, Switzerland

LAMBERN, G. A. & MOORE, J. W. 1984: Aquatic insects as primary consumers. -In: RESH, V. H. & ROSENBERGD, . M. (eds.): The ecology of aquatic insects. -Praeger, New York. 164-195 pp.

LOBO, E. 2000. Análisis de la estructura de la comunidad de diatimeas epiliticas del arrollo Sampaio, municipio de Mato Leitão, RS, Brasil. Caderno de pesquisa. 12:2, 5-27 pp. Santa Cruz do Sul. Brasil.

LIKENS, G.E. 1999. Afterword: Reflections and needs. En Arid lands management. Toward ecological sustainability, pp. 269-272, University of Illinois Press & International Arid Lands Consortium, Urbana y Chicago, USA.

LOCK, M. A. 1984: River epilithon: toward a structural-functional model. -Oikos 42: 10-22 pp.

LONGO, M. 2007. Variación espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, y su relación con los cambios fisicoquímicos en la quebrada Potrerillos. Tesis. Universidad del Cauca. Popayán.

MARGALEF, R. Ecología. Barcelona. Ed. Omega. 1974.

MARGALEF, R. 1993. Teoría de los sistemas ecológicos. Publicacions Universitat de Barcelona.

MARTÍNEZ, L.F. Y DONATO, J C. Influence of the flow on the colonization of algae in a river of tropical high mountains (Boyacá, Colombia). *Caldasia*, 25 (2): 337 - 354

Mc ALEECE, N. 1998. Biodiversity Professional V.2 ©. The Natural Museum And The Scottish Association for Marine Science.

MCCORMICK, & J. R. STEVENSON. 1991. Mechanisms of benthic algae succession in lotic environments. *Ecology* 75: 1835- 1848 pp.

MILLÁN, A.. 1996. Distribución espacial de los Adepaga acuáticos (Coleoptera) en la Cuenca del Río Segura (SE de la Península Ibérica). *Limnetica* 12: 13-29 pp.

MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

MORENO, J.L. 2001. Macroalgae and submerged macrophytes from fresh and saline waterbodies of ephemeral streams ('ramblas') in semiarid south-eastern Spain. *Marine and Freshwater Research* 52: 891-905 pp.

ODUM, E. P. 1994. Ecología. Ed Continental S.A. México.

OLIVA-PATERNA, F.J., VILA-GISPERS, A. y TORRALVA, M. 2003. Condition of *Barbus sclateri* from semiarid aquatic systems: effects of habitat quality disturbances. *Journal of fish biology* 63: 1-11.

PAYNE, A. I. 1986. The ecology of tropical lakes and rivers. John Willey & Sons. Londres

PIELOU, E. C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc. New York.

RAMÍREZ, A., VIÑA, G. 1998. Limnología Colombiana. Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis. Univ. Jorge Tadeo Lozano - BP Exploration.

ROLDAN, G. 1992. Fundamentos de la limnología tropical. 1ed. Medellín. Universidad De Antioquia.

ROUND, F. 1991. Diatoms in river water- monitoring studies IN: Journal of applied phycology 3:129-145 pp. Belgium.

SMITH, R. L; SMITH, T. M. Ecología. 4 edición. Madrid. Ed. Pearson Education. 2001.

SPSS. Copyright 1989-2003© SPSS Inc.

STEVENSON, R. J. 1996. The stimulation and drag of current. En STEVENSON, J. R.

SUMNER, W. T. & FISHER, S. G. (1979): Periphyton production in Fort River, Massachusetts. Freshw. BioI. 9: 205-212.

SVEC, J.R. KOLKA, R.K., STRINGER, J.W. 2005. Defining perennial, intermittent, and ephemeral channels in Eastern Kentucky: Application to forestry best management practices. IN Forest Ecology and Management 214 170–182 pp. USA.

VELASCO, J. 2003. Macrophytic, epipelic and epilithic primary production in a semiarid Mediterranean stream. *Freshwater Biology* 48: 1408-1420.

VIDAL-ABARCA, M.R., SUÁREZ, M.L. y RAMÍREZ-DÍAZ, L. 1996. Tipo: Ramblas/Wadis. En Management of mediterranean wetlands. III. Case studies 2. Proyecto MEDWET (eds. Morillo, C. y González, J.L.), pp 17-38, Unión Europea. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid, España.

WETZEL, R. 2001. Limnology. Lake and river ecosystems. 3ra Ed. Academic Press.

VÁSQUEZ, G.L. 1992. “Evaluación de la calidad de las aguas naturales” significado y alcances en la determinación y análisis de parámetros físico-químicos y biológicos fundamentales. Guía de clases. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca.

12. ANEXOS

Anexo A. GÉNEROS DE ALGAS QUEBRADA POTRERILLO



1 Anabaena



2 Hapalosiphon



3 Chlorococcus



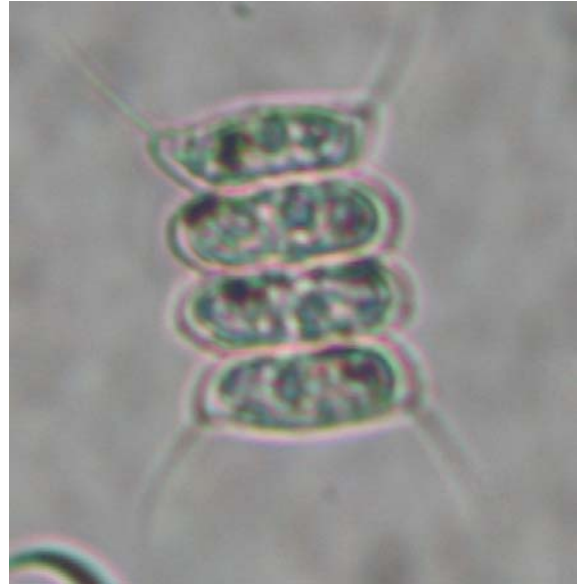
5 Amphora



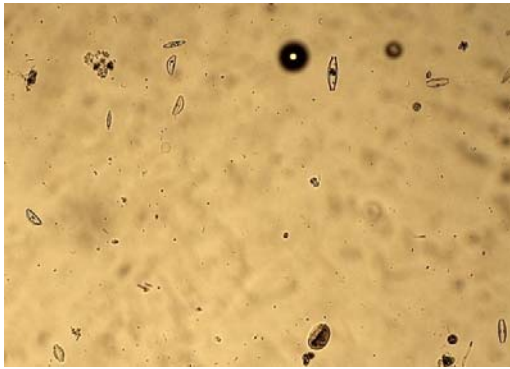
4 Closterium



7 Cosmarium



6 Desmodesmus



8 Diatomeas



9 Eunotia



10 Merismopedia



11 Navicula



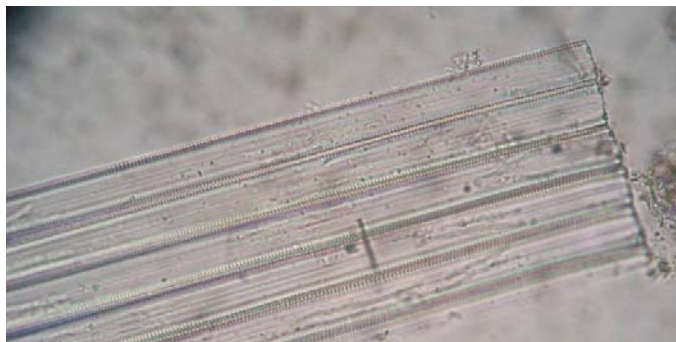
15 Fragillaria



14 Spirogyra



12 Volvox



13 Tabellaria