

**CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DEL MESOHÁBITAT DE UNA
COMUNIDAD DE ANFIBIOS (Anura), EN UN HUMEDAL DE LA
MESETA DE POPAYÁN**

MÓNICA PATRICIA VALENCIA ROJAS

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA
EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2004**

**CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DEL MESOHÁBITAT DE UNA
COMUNIDAD DE ANFIBIOS (Anura), EN UN HUMEDAL DE LA
MESETA DE POPAYÁN**

MÓNICA PATRICIA VALENCIA ROJAS

**Anteproyecto de grado presentado como requisito parcial para
optar al título de Bióloga**

Director

**APOLINAR FIGUEROA CASAS
PhD. CIENCIAS NATURALES**

Asesores

**Mg. BERNARDO RAMIREZ
Mg. HILDIER ZAMORA
Esp. CLAUDIA VALENCIA
Mg. SILVIO CARVAJAL**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA
EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2004**

Nota de aceptación

Director

Apolinar Figueroa Casas. (PhD.)

Jurado

Guillermo Vázquez (Candidato PhD.)

Jurado

Luis Germán Gómez B. (MsC)

Fecha de Sustentación:

A Dios por haberme permitido culminar esta etapa, a mi madre Ana por su amor y confianza, a mi hermana Diana por su colaboración incondicional y cariño, a Odin por su apoyo y paciencia, y a mi familia por su cooperación.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos, por la contribución con sus conocimientos y colaboración para la realización de este trabajo de grado a:

Francisco José López, Universidad del Cauca.

Apolinar Figueroa Casas, Universidad del Cauca.

Bernardo Ramírez Bernal, Universidad del Cauca.

Claudia Cecilia Valencia, Universidad del Cauca.

Silvio Carvajal, Universidad del Cauca.

Hildier Zamora, Universidad del Cauca.

Fernando Castro, Universidad del Valle

Taran Grant, American Museum of Natural History

Grupo de Estudios (GEMAVIC), Universidad del Cauca

Grupo de Recursos Hidrobiológicos Continentales, Universidad del Cauca

Jauri León Téllez, Universidad del Cauca

Magnolia Longo, Universidad del Cauca

Samir Carlos Joaqui, Universidad del Cauca

Juan Pablo Martínez, Universidad del Cauca

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Gustavo López, Hacienda la Paz

Volver Heck, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Emilio Realpe, Universidad de los Andes

Myriam Lucia Valencia

Vitalia Salinas

Julio César Diago

CONTENIDO

		Pág.
	INTRODUCCIÓN	1
1	Objetivos	3
2	Hipótesis	4
3	Marco referencial	5
3.1	Antecedentes	5
3.2	Marco teórico	8
3.2.1	Humedales	8
3.2.1.1	Qué son los humedales?	8
3.2.1.2	Clasificación	10
3.2.1.3	Valores de los humedales	10
3.2.1.4	Conflictos de conservación	13
3.2.1.5	Humedales en Colombia	14
3.2.1.6	Estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos	16
3.2.2	Los anfibios	17
3.2.2.1	Orden anura (ranas y sapos)	18
3.2.2.2	La importancia de los anfibios en la ecología	19
3.2.2.3	Los anfibios como indicadores ambientales	20
3.2.2.3.1	Características	21
3.2.2.4	Alteración de las poblaciones de anfibios	23
3.2.3	El ciclo de energía en la biosfera	25
3.2.3.1	Cadenas de alimentos y niveles tróficos	27
3.2.3.2	Interacciones de las especies con el medio físico	27
3.2.4	Hábitat	28
3.2.4.1	Evolución de la preferencia de hábitat	29
3.2.5	Sistemas de información geográfico (SIG)	30

3.2.5.1	Principios básicos de SIG	31
3.2.5.2	Importancia de un SIG	31
3.2.5.3	Aplicaciones de un SIG en el medio ambiente.	32
3.2.6	Modelos fenomenológicos	32
4	Descripción del área de estudio	34
5	Metodología de trabajo	37
5.1	Criterios de clasificación de hábitat	37
5.2	Ambiente físico	38
5.2.1	Variables ambientales	38
5.2.2	Variables físicas y químicas del Agua.	39
5.2.3	Propiedades morfométricas del humedal	40
5.3	Ambiente biológico	41
5.3.1	Vegetación asociada	43
5.3.2	Fauna asociada	43
5.3.2.1	Macroinvertebrados acuáticos	44
5.3.2.2	Artrópodos terrestres	45
5.3.2.3	Otros animales	45
5.3.3	Anuros	45
5.3.3.1	Muestreo y métodos de captura	46
5.3.3.2	Análisis de la población	47
5.4	Modelamiento	48
5.4.1	Sistemas de información geográfico (SIG)	48
5.4.2	Modelos fenomenológicos	49
5.4.3	Espacialización de las preferencias del microhábitat por la comunidad	50
5.5	Análisis estadístico	50
6.	Análisis y discusión de resultados	51
6.1	Caracterización del hábitat	51
6.1.1	Ambiente físico	53
6.1.1.1	Geomorfología	53
6.1.1.2	Clima	54
6.1.1.3	Suelo	58

6.1.1.4	Uso del paisaje	60
6.1.1.5	Hidrología	61
6.1.1.5.1	Precipitación	61
6.1.1.5.2	pH	63
6.1.1.5.3	Conductividad	66
6.1.1.5.4	Oxígeno disuelto (OD)	67
6.1.1.5.5	Dióxido de carbono disuelto (CO ₂)	69
6.1.1.5.6	Turbiedad	70
6.1.2	Ambiente biológico	72
6.1.2.1	Vegetación asociada	72
6.1.2.2	Fauna asociada	78
6.1.2.2.1	Artrópodos terrestres	78
6.1.2.2.2	Macroinvertebrados acuáticos	82
6.1.2.2.3	Anuros	86
6.1.2.2.3.1	<i>Hyla columbiana</i> (Boettger 1892)	86
6.1.2.2.3.2	<i>Colostethus fraterdanieli</i> (Silverstone 1971)	90
6.1.2.2.3.3	<i>Bufo marinus</i> (Linnaeus 1758)	93
6.1.2.2.3.4	Aspectos generales de la comunidad	98
6.1.2.2.3.5	Otros animales	105
6.2	Modelación del hábitat	106
6.2.1	Espacialización del Hábitat	107
6.2.2	Modelos fenomenológicos	107
6.2.2.1	Modelo del humedal t_0 (estado óptimo)	108
6.2.2.2	Modelo del humedal transformado T_n (época actual)	112
6.3	Pautas generales de gestión ambiental para el ecosistema en estudio	129
7	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES	137
	BIBLIOGRAFÍA	139
	ANEXOS	156

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Criterios para la valoración de los humedales	12
Tabla 2	Factores causantes de las declinaciones de anfibios	23
Tabla 3	Variables ambientales monitoreadas durante el estudio.	38
Tabla 4	Variables físicas y químicas del agua monitoreadas	39
Tabla 5	Propiedades morfométricas del humedal	40
Tabla 6	Rangos de diversidad biológica	41
Tabla 7	Índices cualitativos de vocalización	48
Tabla 8	Cartas climatológicas históricas de medias mensuales de Popayán	55
Tabla 9	Índices de diversidad para las especies vegetales	73
Tabla 10	Matriz de similaridad	74
Tabla 11	Similaridad y distancia entre especies vegetales	74
Tabla 12	Índices de diversidad para artrópodos	79
Tabla 13	Matriz de similaridad para los artrópodos	79
Tabla 14	Similaridad y distancia de las familias de artrópodos	79
Tabla 15	Índices de diversidad de los macroinvertebrados	82
Tabla 16	Matriz de similaridad para los macroinvertebrados acuáticos	83
Tabla 17	Similaridad y distancia de las especies de macroinvertebrados	83
Tabla 18	Índices de diversidad para anuros	99
Tabla 19	Ectoparásitos de la comunidad de anuros	101
Tabla 20	Anormalidades presentadas por la comunidad de anuros	102
Tabla 21	Avifauna presente en el humedal	106

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Tipos de aportes en los humedales	16
Figura 2	Área de estudio	35
Figura 3	Humedal, hacienda la Paz	36
Figura 4	Recolección de macroinvertebrados bentónicos	44
Figura 5	Búsqueda visual de anuros	46
Figura 6	Código Donnelly (1989)	47
Figura 7	Simbología de los modelos fenomenológicos	49
Figura 8	Humedal (zonas tres y dos)	51
Figura 9	Diagrama conceptual de los componentes del humedal y sus interacciones	52
Figura 10	Geomorfología sector oeste (potrero)	53
Figura 11	Registros de temperatura para Popayán	56
Figura 12	Registros de precipitación y temperatura media para Popayán	56
Figura 13	Registros de humedad y evaporación para Popayán	57
Figura 14	Dinámica del suelo	59
Figura 15	Precipitación de los últimos 14 días antes del muestreo en cada mes	62
Figura 16	Diagrama de cajas (un sólo valor por mes), comparación de la precipitación durante los siete meses de muestreo	63
Figura 17	Valores de pH y conductividad durante el muestreo	64
Figura 18	Diagramas de cajas, comparación del pH entre zonas y entre muestreos.	64
Figura 19	Diagramas de cajas, comparación de la conductividad entre zonas y muestreos.	66
Figura 20	Oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación para tres zonas fóticas	68
Figura 21	Valores de conductividad y CO ₂ presentes en el humedal	70
Figura 22	Valores de turbiedad presente en el humedal	71
Figura 23	Dendrograma de las especies vegetales	74
Figura 24	Dominancia de las especies vegetales en el humedal	76
Figura 25	Composición vegetal en las tres zonas (zona uno, zona dos y zona tres)	77

Figura 26	Dendrograma de las familias de artrópodos	80
Figura 27	Abundancia relativa de las familias de artrópodos en el humedal	81
Figura 28	Dendrograma de las especies de macroinvertebrados	83
Figura 29	Abundancia relativa de especies de macroinvertebrados en el humedal	85
Figura 30	<i>Hyla columbiana</i>	86
Figura 31	<i>Colostethus fraterdanieli</i>	90
Figura 32	<i>Bufo marinus</i>	93
Figura 33	Preferencia de la orilla	94
Figura 34	Playas en donde se ubican los renacuajos	94
Figura 35	Captura de especies por parcelas	100
Figura 36	Actividad y captura nocturna de individuos	104
Figura 37	Modelo de un humedal t_0 (estado óptimo)	111
Figura 38	Símbolo de alteración	112
Figura 39	Parches dentro del bosque	114
Figura 40	Pisoteo del ganado en la parcela ocho	115
Figura 41	Apertura de la frontera pecuaria sobre el humedal	115
Figura 42	Residuos ganaderos	118
Figura 43	Tendido eléctrico sobre el humedal	124
Figura 44	Modelo del humedal transformado T_n (época actual)	127
Figura 45	Modelo del humedal transformado T_n (época actual)- muestra de tensores	128

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Parcelas y Zonas del Humedal
Anexo B	Ficha técnica para Anuros
Anexo C	Morfología (perfil) del Humedal
Anexo D	Registros de Precipitación para la Ciudad de Popayán (Nov-02 a Jul-03)
Anexo E	Datos y estadísticas descriptiva para la variable pH
Anexo F	Datos y estadísticas descriptiva para la variable Conductividad
Anexo G	Datos y estadísticas descriptiva para la variable Conductividad
Anexo H	Datos y estadísticas descriptiva para la variable Turbiedad
Anexo J	Macrófitas presentes en el humedal
Anexo K	Distribución de las macrófitas
Anexo L	Cobertura Vegetal
Anexo M	Familia de artrópodos presentes en el humedal
Anexo N	Distribución de las familias artrópodos
Anexo Ñ	Macroinvertebrados presentes en el humedal
Anexo P	Distribución de los macroinvertebrados
Anexo Q	Relación de las variables físicas y químicas del agua con la similaridad
Anexo R	Espacialización de la Preferencia de Hábitat
Anexo S	Preferencia de las especies de anuros por determinados substratos
Anexo T	Captura y recaptura de <i>Hyla Columbiana</i>
Anexo U	Distribución espacial de la comunidad en el humedal
Anexo V	Abundancia relativa de la comunidad por zonas
Anexo W	Anormalidades presentadas por la comunidad de anuros
Anexo X	Índices cualitativos de vocalización
Anexo Y	Fauna asociada
Anexo Z	Depósito de ejemplares en colecciones biológicas

GLOSARIO

Amplexus: el abrazo sexual de los anfibios en donde el macho sujeta a la hembra utilizando sus manos y brazos. Este abrazo es bastante fuerte, y el macho no libera a la hembra hasta después de haber realizado la oviposición.

Anaerobio: proceso bioquímico o condición ambiental que se sucede en ausencia de oxígeno.

Anoxia: condición caracterizada por la ausencia del suministro de oxígeno en un medio (p. ej., agua, órgano, tejido).

Anuro: grupo de anfibios del orden Anura o Salientia conformado por ranas y sapos.

Autótrofo: organismo capaz de sintetizar todas las moléculas orgánicas necesarias a partir de sustancias inorgánicas simples (p. ej., H_2O , CO_2 , NH_3) y de algunas fuente de energía (p. ej., luz solar).

Biocida: un producto químico que es tóxico para los organismos. Los biocidas se utilizan a menudo para eliminar hongos (funguicidas), ácaros (acaricidas), malas hierbas (herbicidas), nemátodos (nematicidas), etc.

Biota: la combinación de flora y fauna de una región.

Capacidad de carga de un ecosistema: cantidad de organismos o elementos que puede soportar un ecosistema, sin reducir la capacidad del medio, para mantener las condiciones

ecosistémicas que garanticen la supervivencia de las especies.

Colmatación: rellenarse un terreno con sedimentos arrastrados por las aguas.

Comunidad: todos los organismos vivos que conviven en una misma área en un tiempo determinado. Incluye, por tanto, todas las poblaciones de las diferentes especies, las cuales se encuentran en interacción unos con otros.

Conductividad: es la medida de la conductancia eléctrica que tiene una solución para conducir una cantidad de electricidad (expresada en carga iónica), está expresada en magnitudes químicas (p. ej., $\mu\text{S/cm}$, mS/cm).

Contaminación: cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos.

Degradación: pérdida de las características que le daban valor a algo (devaluación); descomposición, transformación y pérdida del valor original de un recurso.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅): es el oxígeno que se consume en un determinado volumen de agua en un plazo fijo de tiempo de tiempo (5 días), a una temperatura estándar (15°C y en condiciones de oscuridad). Nos indica la materia orgánica presente en el agua, porque cuanto más hay, más activas estarán las bacterias aerobias, y más oxígeno se consumirá. Por tanto si la DBO₅ es alta indica contaminación y mala calidad de este agua y al revés.

Drenado: canalización y extracción de las aguas que impregnan un terreno.

Drenaje: salida de manera natural, del agua presente en un sistema.

Ecología: el estudio de las interacciones de los organismos con su ambiente físico y entre sí, y los resultados de estas interacciones.

Ecosistema: es el conjunto de comunidades bióticas afines entre sí, o correlacionadas por sus características estructurales y funcionales, que se encuentran sometidas a la influencia de factores bióticos y abióticos. Además, presenta un continuo intercambio de materia y energía entre sus componentes.

Ecotono: zona de transición entre dos comunidades estructuralmente diferentes.

Ectotérmico: un organismo que regula su temperatura corporal principalmente por fuentes externas de calor, ya sea por conducción, convección o exposición de su cuerpo directamente a los rayos solares.

Escorrentía: se usa este término para llamar al agua que escurre por encima del terreno hasta llegar a los cauces de arroyos y ríos.

Especie: grupo de organismos capaces de cruzarse entre sí en condiciones naturales para producir descendencia fértil o, si se reproducen asexualmente, que están más relacionados que cualquier otro organismo del mismo género.

Eutrófico: término utilizado para referirse a la abundancia de nutrientes en un cuerpo de agua. Caracterizado por el crecimiento abundante de algas u otros organismos acuáticos en la superficie.

Eutrofización: acumulación de restos orgánicos (fertilizantes, detergentes, etc) en el agua de lagos y mares, causa una elevada fertilidad responsable de la proliferación de algas.

Fuente puntual: localización estacionaria desde la cual los contaminantes son descargados. Es una fuente identificable individual de contaminación, como los sistemas de tuberías y las fábricas.

Fuentes difusas: fuentes de contaminación del agua difusa sin un punto de origen específico. Los contaminantes son generalmente llevados a la tierra por las tormentas. Comúnmente fuentes difusas son la agricultura y la depositación atmosférica.

Función de un humedal: conjunto de procesos en que intervienen los distintos componentes biológicos, químicos y físicos de un humedal, tales como el ciclo de nutrientes, la productividad biológica o la recarga de acuíferos.

Gestión ambiental: conjunto de actividades humanas que tienen por objeto lograr un ordenamiento del ambiente. Sus componentes principales son: la Investigación, Legislación y la Administración Ambiental

Hábitat: conjunto de elementos (físicos, químicos y bióticos) que constituyen el "entorno" de un organismo o de una población

Heterótrofo: ser vivo que debe alimentarse de sustancias orgánicas formadas por otros organismos para obtener energía y pequeñas moléculas estructurales.

Humedal: nombre genérico para designar al hábitat de aguas abiertas y al de los terrenos inundados de manera permanente o semipermanente.

Indicador: cualquier entidad biológica o proceso, o comunidad cuyas características muestren la presencia de las condiciones ambientales específicas o contaminación.

Índice de diversidad: la expresión matemática de la riqueza de especies y su abundancia, como individuos en un área o comunidad dada.

Lux: unidad de iluminancia del Sistema Internacional de unidades. Corresponde a un lumen por cada m^2 .

Mesotrófico: cuerpos de agua que contienen moderada cantidad de nutrientes y son moderadamente productivos en términos de la vida acuática de plantas y animales.

Metal pesado: elemento químico que tiene una densidad mayor o igual a 5.0 y un elevado peso molecular. La mayoría son tóxicos para los organismos, incluso a bajas concentraciones.

Metano: hidrocarburo gaseoso (CH_4), producido por descomposición de sustancias orgánicas en el cieno de algunos pantanos, lagos o en las minas de carbón, etc.

Migración: es el movimiento de los organismos o de una población de un sitio a otro.

Mitigación: planeación de actividades que habrán de realizarse para disminuir, suavizar o controlar un impacto, en caso de no poder evitar que se produzcan consecuencias adversas por la realización de una obra o actividad.

(mm) de lluvia: forma de medir las precipitaciones de lluvia o nieve o la evapotranspiración. Corresponde al volumen de agua que se evapora o cae sobre el terreno. En número es igual al de litros por m^2 , porque si llueve un litro en $1 m^2$ significa que sobre ese terreno se deposita una capa de 1 mm de agua.

Oligotrófico: término utilizado para referirse a la escasez de nutrientes en un cuerpo de agua. Sus aguas son claras y transparentes.

Oxido reducción: Reacción en la que hay transferencia de electrones o un cambio en los números de oxidación de las sustancias que toman parte en ella.

Oxígeno Disuelto (OD): es la medida del oxígeno disuelto en el agua, expresado normalmente en ppm (partes por millón). La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura: a mayor temperatura menos oxígeno se disuelve. Por otra parte si el agua está contaminada tiene muchos microorganismos y materia orgánica y la gran actividad respiratoria disminuye el oxígeno disuelto. Un nivel alto de OD indica que el agua es de buena calidad

Parental: comportamiento animal en donde los progenitores cuidan los huevos como en el caso de Centrolenidos, o a las larvas como en el caso de las especies de la familia Dendrobatidae.

Percolar: acción mediante la cual el agua atraviesa el suelo por acción de la gravedad.

pH: es un número que indica la concentración de hidrogeniones (factor de hidrogeniones, escrito como pH) de una disolución. Dado un pH cualquiera, por ejemplo, 7, la concentración de iones H_3O^+ será de 10 elevado a - el número de pH, por ejemplo, en este caso: 10^{-7} . Si el pH es 7 la disolución es neutra (igual número de iones H_3O^+ que de iones OH^-) Si el pH es mayor que 7 la disolución es básica, también llamada alcalina; y si el pH es menor que 7 la disolución es ácida

Población: grupo de seres vivos de la misma especie que viven juntos en la misma zona y en la misma época. Se encuentran aislados reproductivamente de otros grupos silvestres y cuya descendencia es fértil.

(ppm): número de unidades de peso o volumen de un componente menor presente en cada millón de unidades de una solución o mezcla. Se utiliza comúnmente un término más específico de miligramos por litro (mg/L).

Protección: conjunto de políticas y medidas de seguridad utilizadas para cuidar el ambiente y evitar su deterioro.

Residuo: es cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Turbiedad: claridad relativa del agua que depende, en parte, de los materiales en suspensión en el agua.

NTU: los valores de turbiedad son expresados en NTU (Unidad Nefelométrica de Turbidez).

RESUMEN

Son poco conocidos los requerimientos bióticos y abióticos (características del hábitat) de las especies de anuros en Colombia. Existen algunos trabajos que se encuentran enfocados en aspectos específicos de las comunidades y no de manera integral, que permitan el conocimiento de los componentes básicos del hábitat de las especies de anuros. Además, es de gran importancia resaltar el papel de biomonitores que cumplen estos organismos dentro de los sistemas.

Este trabajo busca caracterizar y modelar las condiciones ecológicas necesarias para el desarrollo de las relaciones dentro del mesohábitat, para tres especies de anuros propias de la meseta de Popayán.

El análisis de las diferentes variables que integran el hábitat, se encuentra enfocadas a una resolución media (mesohábitat) y algunos parámetros puntuales tienen un mayor detalle, cuando se habla de microhábitat (substrato asociado) para las tres especies de anuros. La comunidad de anuros se trabaja utilizando las metodologías propuestas por Heyer, et al¹. y la modelación se realiza mediante los modelos fenomenológicos (Odum^{2y3} y Lugo⁴) que se apoyan en la aplicación de los sistemas de información geográfico (SIG). En este trabajo se plantea, una forma de modelar espacialmente la preferencia de hábitat de cada una de las especies en tres dimensiones.

1 HEYER, Ronald et al. Measuring and monitoring biological diversity : Standard methods for amphibians. Washington : Smithsonian institution press, 1994

2 ODUM, Eugene P. Ecología : Estructura y función de la naturaleza. Los modelos principales de flujos de energía y ciclos biogeoquímicos. México : Compañía editorial continental, 1977.

3 ODUM, H.T.; ODUM, E.C.; BROWN, M.T.; LAHART, D.C.; BERSOK, J. Environmental Systems and Public Policy. 1988. 253 P.

4 LUGO, A. Los sistemas ecológicos y la humanidad. Washington.: Secretaría General de la organización de los estados americanos, 1982.

Los resultados arrojados, propician la formulación de pautas generales en el tema de la ecología y la gestión ambiental, que permitan la atención a problemas ecológicos que están asociados a estos ecosistemas.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El departamento del Cauca es reconocido por su alta riqueza en recursos hídricos y biológicos, lo cual le da una gran trascendencia social y ambiental. A pesar de esto el conocimiento básico para la conservación y protección de sus ecosistemas y especies residentes en ellos, es escasa.

Las modificaciones del hombre sobre el entorno, tales como: contaminación del agua por desechos domésticos e industriales, aplicación de agroquímicos, pesticidas y plaguicidas en la agricultura, desecación de humedales, expansión de la frontera agrícola, y otros; constituyen factores antrópicos que disminuyen significativamente la disponibilidad de los recursos básicos tales como: fauna, vegetación, agua, y hábitats, siendo estos bases para la vida y sustentabilidad de los sistemas ambientales.

Es urgente conocer a fondo los espacios y recursos que se tienen, por medio de procesos de investigación, que permitan a través de la caracterización del hábitat (macrohábitat, mesohábitat y microhábitat) el entendimiento de las relaciones ecológicas, con el fin de identificar los patrones naturales de los ecosistemas en donde se desarrollan las especies.

Este tipo de información, es necesaria para generar procesos de investigación en ecología de poblaciones, con el objeto de formular alternativas de gestión ambiental que permitan la conservación y protección de los ecosistemas y sus poblaciones.

En este trabajo se aborda el entendimiento de sistemas naturales complejos como los humedales, con el propósito de iniciar el conocimiento de su fisiología, interacción y comprensión ecológica.

INTRODUCCIÓN

A medida que aumenta la capacidad de la humanidad para afectar negativamente el medio ambiente, se reconoce que para su protección efectiva, es importante conocer en detalle las condiciones ambientales existentes y la capacidad científico técnica para detectar y medir cambios en dichas condiciones.

En este estudio se utilizaron los anfibios como biomonitores, debido a que poseen alta sensibilidad a los cambios de las variables ambientales de sus ecosistemas. Son valiosos indicadores de la calidad ambiental¹ y desempeñan múltiples papeles funcionales dentro de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Cualquier cambio en las condiciones ecológicas para los anfibios, tendría un efecto drástico en la tendencia al equilibrio del sistema natural, presentando además graves consecuencias para el soporte de la vida (biodiversidad) en la zona afectada.

Además son considerados como componentes muy importantes de estos ecosistemas naturales y ellos pueden constituir el fragmento más alto de biomasa vertebrada en algunos de ellos. (Blaustein *et al.*, 1994)². También son eficientes transformando los alimentos para la obtención de energía requerida en su crecimiento y desarrollo, por esto mejoran el flujo de energía y el ciclo de nutrientes en los sistemas acuáticos y terrestres (Lips, *et al.*, 2001)³.

1 Entiéndase calidad ambiental, como un conjunto de indicadores que interactúan dentro de un sistema y demuestran: vigor (producción, nivel óptimo), resiliencia (recuperación, degradación), estructura (diversidad, redes de interacción), servicios ambientales, entre otros.

2 BLAUSTEIN, A.R.; WAKE, D.B. and SOUSA, W.P. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. En : Conservation Biology Vol 8, N° 1 (1994); p 60-71.

3 LIPS, K. *et al.* Monitoreo de anfibios en América Latina : Manual de protocolos. Herpetological circular N° 30. Society for Study of Amphibians and Reptiles, 2001. p 4.

Donde se evidencia tal vez, con mayor claridad el efecto del hombre sobre los ecosistemas, es en la alteración de la escala de alimentos, en relación con la manera como se perturba la transferencia de energía a través de los niveles tróficos ascendentes y descendentes dentro de un sistema.

El conocimiento actual sobre los requerimientos y las relaciones ecológicas de la comunidad es limitado, además de que son muy pocos los estudios desarrollados al respecto. Al realizar este tipo de investigación, se contribuye a: mejorar el conocimiento de los hábitats de estos organismos (anuros) y su relación con los individuos (plantas-animales) de su entorno, mediante la modelación ecológica y biofísica de los ecosistemas, iniciándose de esta forma el conocimiento (línea base) y evaluación de tres poblaciones en el ecosistema en estudio. Además de identificar el estado (salud) de las poblaciones en la meseta de Popayán, entre otros productos de impacto social, económico y ambiental.

Esta Información, permite brindar una base más sólida de apoyo a pautas y planes de manejo de los humedales, que son ecosistemas amenazados. En este tipo de ecosistema el conocimiento de su biodiversidad, es aún muy restringido, siendo por ello valiosa cualquier contribución en este sentido.

Este trabajo genera una línea base en el conocimiento de los humedales y los anfibios, a la vez que propone alternativas generales de gestión, que permitan la atenuación de los problemas ecológicos asociados a los ecosistemas de la región.

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Caracterizar las condiciones ambientales y ecológicas necesarias (mesohábitat) para el desarrollo de sus relaciones dentro del ecosistema, de tres especies de anuros propias de la meseta de Popayán.

2. HIPÓTESIS

Dado que las características físicas, químicas, biológicas y antrópicas determinan la distribución espacial y el mesohábitat de las comunidades del humedal. Entonces, las especies de anuros presentes estarán asociadas a diferentes áreas en el mismo, determinadas por los requerimientos ecológicos propios de cada especie.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 ANTECEDENTES

La pérdida del hábitat, la fragmentación y alteración debido a la polución, el cambio en el uso de la tierra y la introducción de especies invasoras, están amenazando seriamente la salud e integridad de nuestra fauna. Por consiguiente, aumenta la importancia de entender los requisitos del hábitat de las especies puestas en peligro, el hábitat relictual y el manejo efectivo de estas unidades de hábitat para la supervivencia de las especies (Ortigosa y Gatto, 2000) ⁴.

Es muy poco lo que se ha estudiado respecto a los requerimientos bióticos y abióticos (caracterización del hábitat) de las especies de anuros. Algunos trabajos nacionales sobre este grupo se relacionan con aspectos específicos como: reproducción, contenido estomacal, distribución, taxonomía, entre otros aspectos. No encontrándose un estudio integral respecto al tema.

- DAZA, J. D y F. CASTRO. Hábitos alimenticios de la rana toro (*Rana catesbeiana*) Anura: Ranidae, en el Valle del Cauca, Colombia. 1999.⁵
- VARGAS, F. y CASTRO, F. Distribución y preferencias en anuros (Amphibia) en bosque maduro y áreas perturbadas en Anchicayá, Pacífico Colombiano. 1999.⁶

4 ORTIGOSA, G. Ranci y GATTO, G.A. De Leo, M. VVF: integrating modelling and GIS in a software tool for habitat suitability assessment. En : Environmental Modelling & Software. N° 15 (2000); p 1-162

5 DAZA, Juan y CASTRO, Fernando H. Hábitos alimenticios de la rana toro (*Rana catesbeiana*) Anura : ranidae, en el valle del Cauca, Colombia. En : Rev. Acad Colomb. Cienc. Vol 23 (suplemento especial, 1999); p 265-274.

- LYNCH, J. *et al.* Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads. 1997. ⁷

Existe un número importante de este tipo de estudios sobre anfibios en el país y por fuera de él. Pero se destacan los autores anteriores por realizar importantes investigaciones sobre especies de la cordillera occidental y central, además de la región pacífica.

En cuanto a las tres especies estudiadas; en nuestro país no existen investigaciones de tipo ecológico para ellas. En el caso de *B. marinus* existe sólo información de otros países (Australia, Estados Unidos); para *C. fraterdanieli* sólo se han adelantado un trabajo en cuanto a su vocalización (Grant and Castro, 1998)⁸ y para *H. columbiana* no se ha desarrollado nada hasta el momento.

A nivel internacional estos son algunos de los trabajos que indican el desarrollo de la línea de investigación con los resultados obtenidos por la caracterización de los hábitats:

- Investigadores italianos (Ortigosa y Gatto)⁹ han desarrollado un software VVF— Valutazione della Vocazionalità Faunistica (Hábitat Suitability Assessment), usando como elemento fundamental el conocimiento de las variables medio ambientales necesarias para la especie en estudio y evalúa la conveniencia de un territorio, como hábitat para el organismo. Integrando varios tipos de conveniencia del Hábitat en un Sistema de Información Geográfico. Además de las funciones normales del SIG, el programa VVF permite a un usuario crear, modificar y guardar la nueva conveniencia del Hábitat planeada para especies diferentes, crear mapas de modelos del hábitat adecuado para las áreas específicas.

6 VARGAS, F. y CASTRO, F. Distribución y preferencias en anuros (Amphibia) en bosque maduro y áreas perturbadas en Anchicayá, Pacífico Colombiano. En : *Caldasia* N°21 Vol 1 (1999); p 95-109.

7 LYNCH, John.; RUIZ, Pedro and ARDILA, Maria. Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads. En : *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* Vol 21, N° 80 (julio 1997); p 237-248.

8 GRANT, Taran and CASTRO, Fernando. The Cloud Forest *Colostethus* (Anura, Dendrobatidae) of a Region of the Cordillera Occidental of Colombia. En : *Journal of Herpetology*. Vol 32, N°3 (1998); p 378-392.

9 Ortigosa y Gatto. Op cit., p 5

- El procedimiento para la evaluación del hábitat (HEP) es un herramienta utilizada para la valoración del impacto que causa una actividad sobre las condiciones medio ambientales de especies faunísticas. Recientemente, el método se llevo a cabo en Holanda por Duel y colaboradores en 1995¹⁰, en donde el procedimiento fue usado para predecir los impactos ecológicos y las actividades de manejo concernientes a la rehabilitación ecológica de los ríos, humedales de marea, lagos y pantanos. Siendo modeladas los requerimientos del hábitat de más de 30 especies.
- El WL | DELFT HYDRAULICS¹¹, emprende la valoración y predicción de impactos ecológicos fundamentados en el procedimiento de evaluación del hábitat (HEP). Basándose en mapas GIS del hábitat y resultados de los modelos combinados de los factores abióticos y la información biológica de los umbrales y sensibilidades de los parámetros medio ambientales para las especies.
- U.S. EPA. *Methods for Evaluating Wetland Condition: Using Amphibians in Bioassessments of Wetlands*¹². Este informe brinda ayudas para desarrollar métodos para evaluar las condiciones ecológicas de los humedales utilizando valoraciones biológicas y el enriquecimiento de los humedales por los nutrientes, siendo estos un grandes estresores. Esta información sirve como punto de partida para establecer criterios respecto a la calidad biológica del agua y los nutrientes en el sistema.

10 DUEL, H.; SPECKEN, B. P.; DENNEMAN, W. D. and KWAKERNAAK C. The habitat evaluation procedure a tool for ecological rehabilitation of wetlands. Abstrac. En : The Netherlands Water Science and Technology. Vol 31, No 8 (1995) p 387–391

11 DELFT HYDRAULICS. Delft3D ECO - habitat modelling. [On line] Delft Hydraulics 2002. Disponible en internet : <URL :www.wldelft.nl/soft/d3d/eco/habitat/.html>.

12 U.S. EPA. *Methods for Evaluating Wetland Condition: Using Amphibians in Bioassessments of Wetlands*. Washington : Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, 2002a.

- U.S. EPA. Amphibian Index of Biotic Integrity (AmphIBI) for Wetlands¹³. Estudios realizados con comunidades de anfibios en Ohio, donde se resaltan los atributos como biomonitores de poblaciones pertenecientes a bosques y humedales de la zona, mostrando una correlación fuerte con la pendiente de perturbación antrópica de las áreas en estudio. Las medidas halladas se combinan para proporcionar lo que está siendo llamado el Índice de integridad biótica de los anfibios (AmphIBI).

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 Humedales

3.2.1.1 ¿Qué son los humedales?

Las definiciones y términos referentes a los humedales son abundantes, confusos y contradictorios. Estas definiciones se pueden agrupar en dos grupos, de acuerdo con el interés: (A) científico y (B) manejo y regulación (Mitsch and Gosselink, 2000)¹⁴. Entre más de ocho definiciones existentes actualmente, se destacan:

A. Científico

U.S. Fish and Wildlife Service 1979. *“Los humedales son tierras transitorias entre sistemas terrestre y sistemas acuáticos, en donde el agua usualmente es o se encuentra cerca de la superficie, o la tierra se cubre por el agua poco profunda. Los humedales deben tener uno o más de los siguientes atributos: (a) Al menos la tierra soporta periódicamente hydrophytas predominantes; (b) en el sustrato predominan los suelos hídricos no drenados; y (c) el sustrato no es un suelo y se encuentra saturado con agua o cubierto bajo el agua en algunas ocasiones durante la época de lluvias de cada año”* (Mitsch and Gosselink, 2000)¹⁵.

13 U.S. EPA. Amphibian Index of Biotic Integrity (AmphIBI) for Wetlands¹¹. Final Report. Testing Biological Metrics and Development of Wetland Assessment Techniques Using Reference Sites Vol 3. 2002b.

14 MITSCH, W and GOSSELINK, J. Wetlands. 3ed. United States of America : Jhon Wiley & Sons, 2000.

15 Ibid

IUCN en la convención Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat, mejor conocida como Convención de Ramsar, adoptó la siguiente definición 1991. “*Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros*” (Mitsch and Gosselink, 2000)¹⁶.

B. Manejo y Regulación

U.S. Army Corps of Engineers 1977. El término de humedal significa: “*áreas que se encuentran inundadas o saturadas por agua, con una frecuencia y una duración suficiente para mantenerlo, y que bajo circunstancias normales esto se mantenga, prevalece la vegetación típica adaptada a la vida en suelos de condiciones saturadas. Los humedales incluyen generalmente ciénagas, pantanos, turberas y áreas similares*” (Mitsch and Gosselink, 2000)¹⁷.

Las definiciones de humedales dependen directamente de los objetivos y del campo de interés del usuario. Por lo tanto el término de humedal en este trabajo se maneja de la siguiente manera:

Los humedales son sistemas intermedios entre ambientes permanentemente inundados y ambientes normalmente secos, en donde el agua es el principal factor que controla el medio y la vida de los organismos relacionados con él. Se dan en los lugares donde la capa freática se halla en o cerca de la superficie de la tierra o donde la tierra está cubierta de agua poco profunda.

En general este tipo de ecosistema muestra una enorme diversidad de acuerdo con su origen, localización geográfica, su régimen acuático y químico, vegetación dominante y características del suelo o sedimentos. Puede existir una variación considerable en un mismo humedal y entre varios humedales próximos unos a otros; formando no sólo ecosistemas distintos, sino paisajes totalmente diferentes.

¹⁶ Ibid

¹⁷ Ibid

3.2.1.2 Clasificación

Existen diferentes clasificaciones para los humedales a nivel mundial, cada una de ellas trata de asociar los tipos de vegetación y las características ambientales predominantes (pH, hidrología, suelo, estado trófico). Entre los que se pueden citar: Ramsar, 1998 (10 sistemas, 38 clases y subclases) 18 y Cowardin, *et al.* 1979 (seis sistemas, 10 subsistemas y 55 clases) 19, Lugo y Brown, 1988 (27 Clases, 53 Ordenes, 80 Alianzas y 180 Asociaciones de plantas) 20. Al igual que los conceptos, estas clasificaciones se utilizan de acuerdo al Interés del usuario.

Los humedales figuran entre los ecosistemas más productivos de la tierra y son fuentes de diversidad biológica, pues aportan el agua y la productividad primaria de la que innumerables especies vegetales y animales dependen para su supervivencia. Sustentan elevadas concentraciones de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces y especies invertebradas.

Las interacciones de los componentes físicos, biológicos y químicos de un humedal, como los suelos, el agua, las plantas y los animales, hacen posible que el humedal desempeñe muchas funciones vitales DWIGHT, Peck, 1998)²¹.

3.2.1.3 Valores de los humedales

Los humedales reportan ingentes beneficios económicos, como por ejemplo: abastecimiento de agua (cantidad y calidad); pesca (más de dos tercios de los peces capturados en el mundo se relacionan con el buen estado de las zonas de humedales costeros e interiores); agricultura (gracias al mantenimiento de las capas freáticas y a la retención de nutrientes en las llanuras

18 DWIGHT, Peck. Carpeta informativa Ramsar. [On line]. Ramsar, 1998. Disponible en internet: <URL: http://www.ramsar.org/about_infopack_index_s.htm>.

19 Cowardin, *et al.* 1979. citado en: KEDDY, Paul A. Wetland Ecology : Principles and conservation. New York : Cambridge University Press, 2000. p 17-34.

20 Lugo y Brown, 1988. Citado en: KEDDY, Paul A. Wetland Ecology : Principles and conservation. New York : Cambridge University Press, 2000. p 17-34.

21 Op cit., p 10

inundables); producción de madera; recursos energéticos (como turba y material vegetal); recursos de vida silvestre; transporte y posibilidades recreativas y de turismo.

También los humedales poseen propiedades especiales como parte del patrimonio cultural de la humanidad; están relacionados con creencias religiosas y cosmológicas, constituyen una fuente de inspiración estética, sirven de refugios de especies silvestres y forman la base de importantes tradiciones locales.

Tales funciones, valores y propiedades sólo se pueden mantener si se permite que los procesos ecológicos de los humedales continúen funcionando. Desafortunadamente, a pesar de los progresos conseguidos en los últimos decenios, los humedales siguen figurando entre los ecosistemas más amenazados de la Tierra, sobre todo a causa de su continua desecación, conversión y contaminación, así como de la explotación excesiva de sus recursos²².

Además, los humedales representan atributos, productos y funciones (ver tabla 1) de cuya existencia se beneficia la sociedad. Dichas funciones son: Físicas, por medio de: la regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, retención de sedimentos, control de erosión y estabilización microclimática; Químicas, mediante: la regulación de ciclos de nutrientes (retención, filtración y liberación) y descomposición de biomasa terrestre como base de la productividad de los sistemas acuáticos; Bio-ecológicas, por la productividad; Biológicas, debido a: la estabilidad e integridad de ecosistemas y retención de dióxido de carbono; Sociales, a través de: sistemas productivos y socioculturales (economías extractivas, pesca artesanal, caza, recolección, pastoreo y agricultura en épocas de estiaje), recursos hidrobiológicos y soporte de acuicultura. Algunos humedales sustentan procesos comerciales, tales como la industria del palmito, y la explotación forestal en cativales y guandales. También proveen servicios de recreación, investigación científica y educación.

²² Ibid.

Tabla 1. Criterios para la valoración de los Humedales

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS HUMEDALES	
Categoría	Valor del Humedal
Funciones	Recarga de acuíferos Descarga de acuíferos Control de flujo Retención de sedimentos tóxicos Retención de nutrientes Estabilización de la línea costera Protección contra tormentas Transporte acuático Soporte de cadenas tróficas Hábitat para vida silvestre Recreación activa
Productos	Recursos de vida silvestre Pesquerías Recursos forrajeros Recursos agrícolas Fuentes de agua Recursos forestales
Atributos	Diversidad biológica Importancia cultural e histórica

Fuente : INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT

Un rápido resumen de las funciones, valores y beneficios de los humedales pone en manifiesto que éstos son un elemento fundamental para hacer frente a la crisis del agua. Los principales beneficios de los humedales son fruto de las funciones inherentes a esos ecosistemas. Es menester que reconozcamos este hecho y adoptemos medidas para preservar los humedales como instrumento para conseguir una gestión sustentable del agua (Dwight, P)²³.

23 DWIGHT, Peck. El papel de los humedales en la búsqueda de soluciones a la crisis mundial del agua. [On line] Gland (Suiza): RAMSAR, 21 Marzo de 1998. Disponible en internet: <URL: http://www.ramsar.org/about_global_water_crisis_s.htm>.

3.2.1.4 Conflictos de Conservación

Los humedales son ecosistemas dinámicos: están sujetos a una amplia gama de factores naturales que determinan su modificación en el tiempo. La intervención humana actúa sobre la dinámica de estos sistemas y su efecto depende de la magnitud, intensidad y tasa de recurrencia de la perturbación, así como del estado del sistema y de su resiliencia (capacidad de retornar al estado anterior a la intervención). Los conflictos entre las actividades humanas y la conservación de los humedales se presentan en varios ordenes de magnitud:

Orden 1: Transformación Total: cuando hay desaparición o cambio fundamental de sus características.

- * Reclamación de tierras para expansión agrícola o ganadera.
- * Modificación completa de regímenes hidráulicos en el ámbito de las cuencas de captación (obras civiles de regulación hídrica, cambios de cobertura vegetal y carga de sedimentos), disminución de la cantidad de agua que los alimenta, cambios en su régimen, especialmente la oferta estacional o aumento de la carga de sedimentos o nutrientes en las aguas.
- * Introducción o transplante de especies invasoras (acuicultura y fomento pesquero equivocado).
- * Reclamación del espacio en zonas urbanas para infraestructura de vivienda, transporte, industrial o de recreación.

Orden 2: Perturbación Severa. Cambios en las funciones ambientales.

- * Control de inundaciones. Cambios en aspectos hidrológicos, alteraciones en los ciclos biogeoquímicos y biológicos (construcción de obras para contención, conducción o evacuación de aguas), obras de “protección” frente a crecientes (canales, diques o jarillones), o terraplenes para carreteras.

- * Contaminación. Cambios severos en la calidad de las aguas (química o por carga de sólidos) lo cual desencadena cambios biológicos. Exceso de nutrientes en numerosos cuerpos de agua.
- * Canalizaciones. Alteraciones de los flujos superficiales de agua en humedales, cultivos de arroz, canales para la extracción de las maderas.
- * Urbanización. Cambio del uso de la tierra en puntos críticos como vegetación riparia (de orilla) por desarrollo urbano, industrial y de infraestructura de recreación.
- * Remoción de sedimentos o de vegetación. Cambios en el funcionamiento hidrológico y en las comunidades de humedales para mejorar la navegación y para extraer materiales
- * Sobreexplotación de recursos biológicos. Caza, pesca, recolección de nidos, extracción de materiales (artesanías) para autoconsumo (leña o materiales de construcción); práctica común en todos los complejos de humedales de las tierras bajas.
- * Represamiento o inundación permanente. Cambios en la estructura y en el funcionamiento de humedales por fomento piscícola (construcción de estanques) y el represamiento de los flujos de agua.

Orden 3: Perturbación Puntual. Alteraciones de los tipos anteriores, producidos en un espacio limitado dentro de un humedal²⁴.

1.2.1.5 Humedales en Colombia

En Colombia el área total de cuerpos de agua interiores es de 712.216 hectáreas. Los lagos, lagunas y reservorios representan 104.712 hectáreas. Las ciénagas 478.419 hectáreas, y las masas de agua no clasificadas 129.085 hectáreas.

24 INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Hacia la Conservación de los Humedales de Colombia : Bases Científicas y Técnicas para una Política Nacional de Humedales. En : Biosíntesis, N° 9 (nov 1998); p 1-4

Los diversos tipos de humedales presentes en Colombia se pueden clasificar, en regiones geográficas de acuerdo con sus características:

- Altoandina o de páramo: Se caracteriza por presentar turberas, pantanos e innumerables lagunas, localizadas entre los 3.000 y 3.500 metros sobre el nivel del mar.
- Andina: Predominan lagos y embalses, 98 por ciento del volumen total de las reservas de agua se encuentran en 40 grandes lagunas y embalses con una superficie de 65.526 hectáreas.
- Tierras bajas: Aquí se encuentran lagos, ciénagas, pantanos, madre viejas, meandros, sabanas inundables y bosques inundables.

El complejo de ciénagas más importantes es el creado por el río Magdalena al norte del país. Se han identificado plenamente cerca de 1.900 ciénagas que representan 451.419 hectáreas de las cuales 320.000 corresponden a la cuenca del Magdalena, incluyendo afluentes como los ríos San Jorge y Cauca: las 131.419 hectáreas restantes pertenecen a los ríos Atrato y Sinú. En total, en ciénagas y otros cuerpos de aguas similares existen 607.504 hectáreas de las cuales 57,7 por ciento se encuentra en los departamentos de Bolívar y Magdalena.

En cuanto a los pantanos, la superficie total de los mismos en Colombia es de 2.000.000 hectáreas, los cuales se encuentran en los departamentos de Amazonas, Guainía y Guaviare con 60 por ciento, y un volumen total calculado de 11.500 millones de metros cúbicos. Las sabanas y bosques inundables representan aproximadamente 5 millones de hectáreas y se encuentran en la Orinoquía, Amazonía, Bajo Magdalena y en menor medida en la zona pacífica²⁵.

25 Humedales : Ecosistemas productivos. [On line]. Disponible en internet : <URL:<http://www.memo.com.co/ecologia/humedal.html>>.

3.2.1.6 Estructura y funcionamiento del ecosistema acuático.

Por definición, el ecosistema es la unidad ecológica en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y éstos con el ambiente. En limnología, un humedal (lacustre) es un ejemplo por excelencia para discutir y analizar los componentes del ecosistema acuático, las partes físicas, químicas y biológicas que lo constituyen y la manera como se transforma en él la materia y la energía. En un humedal existen igualmente un número variado de hábitats a los cuales viven asociados los distintos grupos de organismos, que en último término forman cadenas y tramas alimenticias cuya abundancia y complejidad está determinada por el estado trófico.

Desde el punto de vista de la limnología, la estabilidad y productividad de la vida de un lago está determinada por una red compleja de factores que van desde la penetración de la luz hasta el origen geológico, la morfología del lago y la posición latitudinal del mismo, hasta el efecto que el hombre ejerce sobre él a través de las prácticas culturales que realiza en su área de influencia (Roldán, 1992)²⁶.

Los humedales poseen tres fuentes (aportes) principales de agua: agua subterránea (ground water), precipitación (precipitation) y flujo superficial (surface flow). Los cuales determinan el funcionamiento e interacciones con las especies y el medio (ver figura 1).

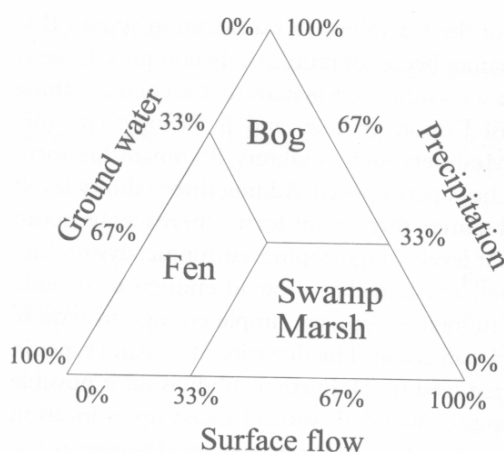


Figura 1. Tipos de Aportes en los humedales

Adaptado de: Brison, 1993. Citado en: Keddy P. 2000

26 ROLDAN, Gabriel P.. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín : Editorial Universidad de Antioquia, 1992.

3.2.2 Los anfibios

Muy pocos vertebrados son los que dependen de ambientes húmedos como los anfibios, de quien los rangos geográficos, ecológicos, de comportamiento, y de historia natural son fuertemente influenciados por la distribución y abundancia del agua, usualmente en forma de lluvia.

Los tres Ordenes de anfibios vivientes son: cecilias (*Gymnophiona*), salamandras (*Caudata*) y ranas (*Anura*), que se encuentran en gran variedad de ambientes acuáticos de agua dulce y terrestre alrededor del mundo.

La mayoría de las especies son bifásicas, con un ciclo de vida complejo. En respuesta a ciertas señales medioambientales (primero a la estación de lluvia), los adultos terrestres típicamente se desplazan a los hábitat acuáticos convenientes para engendrar. Siguiendo la estrategia de cortejo, los adultos de especies ovíparas depositan los huevos en el agua o cerca de ella. Las larvas salen del cascarón nadando libremente, siendo estos los mayores consumidores en los ambientes acuáticos. Después de un periodo de crecimiento, las larvas sufren metamorfosis y regresan al ambiente terrestre dónde ellos se alimentan y continuarán creciendo. Cuando maduran sexualmente, ellos regresan al ambiente acuático para engendrar, y de ese modo se completa el ciclo de vida.

Otras especies experimentan un desarrollo directo, es decir, ellos carecen del estado de larva. Sus huevos salen del cascarón como larvas con reserva de alimento o como copias pequeñas de los adultos. Unas pocas formas son ovovivíparas o vivíparas (McDiarmid, 1994)²⁷.

²⁷ McDIARMID, Roy. Amphibian diversity and natural history : An overview. Cap 2. En : HEYER, R. *et al.* Measuring and monitoring biological diversity : Standard methods for amphibians. Washington : Smithsonian Institution Press, 1994. p 5-15.

3.2.2.1 Orden Anura (ranas y sapos)

Las ranas son los anfibios saltadores, con los miembros posteriores alargados y sin cola (todas las larvas y los varones de *Ascaphus truei* tienen cola). Son el grupo más diverso y abundante de los anfibios vivos, poseen una distribución cosmopolita, y tienen hábitat esenciales tanto terrestres como de agua dulce, la diversidad de especies de este grupo es más alta en el bosque húmedo tropical. Taxonómicamente, las ranas vivientes están distribuidas en 25 familias; actualmente con 333 géneros y 3.843 especies reconocidas (Frost 1985, actualizado en 1992 por Frost and McDiarmind). Las ranas pueden ser acuáticas, terrestres, fosoriales, arbóreas, o alguna combinación de estas, algunas son diurnas, pero la mayoría son nocturnas. Los adultos de muchas especies se encuentran ampliamente dispersas en el ambiente, excepto en un tiempo específico del año cuando ellos se congregan a los sitios acuáticos para engendrar.

La vocalización es un componente importante en la conducta reproductiva de la mayoría de los anuros. Entre los vertebrados terrestres (quizás en todos los vertebrados), las ranas tienen la diversidad más alta de conductas reproductivas y cuidado paternal conocido.

La reproducción puede ser explosiva (sincronizada con uno o pocos días en los sitios acuáticos) o prolongada (extenderse durante unas semanas o meses en los sitios acuáticos o terrestres) [Wells, 1977]. Muchas especies se reproducen sólo una vez cada año, pero se han reportado ciertas formas tropicales que se reproducen a lo largo del año siempre y cuando las condiciones sean favorables. La mayoría de las ranas tiene fertilización externa, los huevos acuáticos, y larvas desarrolladas llamadas renacuajos.

Las hembras de pocas especies depositan los huevos en los desechos de hojarasca o en el musgo húmedo; los huevos salen del cascarón en forma de larva no nadadora que sufre la metamorfosis en el nido. Los adultos de otras especies llevan los cordones de huevos envueltos alrededor su patas o transportan sus renacuajos a los sitios terrestres en su espalda. En pocas especies, las

hembras ponen los renacuajos en agua contenida en las bromélias y vuelven a alimentarlas con huevos no fecundados que ellos depositan. Muchas especies, especialmente en el Neotrópico, tienen un desarrollo directo (sin fase larval). Estas especies colocan los huevos en sitios terrestres o arbóreos húmedos; después de un tiempo, los huevos salen del cascarón siendo copias pequeñas del adulto. Algunas ranas incuban los huevos en su espalda; otros huevos son incubados en bolsas atrás o al costado, en bolsas vocales, e incluso en sus estómagos. Algunas de estas especies empollan en el medio acuático, pero mostrando un desarrollo directo. Algunos modos reproductivos, incluyen vivíparos no placentales y ovovivíparos (McDiarmid, 1994)²⁸.

3.2.2.2 La importancia de los anfibios en la ecología

Los anfibios se encuentran ampliamente distribuidos sobre todas las regiones tropicales y templadas de la tierra exceptuando las remotas islas oceánicas, y las tundras subárticas, ellos se hallan usualmente en alguna parte de las comunidades naturales. Los anfibios son ectotérmicos y la mayor diversidad se encuentra concentrada en las regiones tropicales y subtropicales (esto no se cumple en los urodelos, se encuentran en bosques húmedos en latitudes altas al norte) pero, también es una consecuencia de su metabolismo ectotérmico, la densidad poblacional de anfibios algunas veces es alta o más alta que la de todos los mamíferos del mundo.

Los anfibios se han caracterizado en algunos estudios clásicos de ecología de poblaciones y en las contribuciones sustanciales para nuestro entendimiento del tema. Muchas de estas investigaciones han estudiado el rol en la competición, la predación y la especialización en la estructura de las comunidades anfibias en diversas áreas donde se encuentran presentes. Ejemplos clásicos incluye los trabajos por muchas décadas en salamandras *Plethodon* del este de los estados unidos (Aristón, 1987) y estudios en sur América en anuros de los bosques lluviosos del ecuador (Duellman, 1978). Estas y otras investigaciones muestran como las especies de

28 Ibid.

anfibios se dividen efectivamente en el tiempo y el espacio, y estas divisiones pueden ser el resultado de la competición, predación o especialización de acuerdo a la circunstancia. En general, la estructura de la población de los anfibios cumple con la idea, de que la estabilidad climática y la heterogeneidad ambiental (como en los trópicos, los bosques) permiten la evolución y el sostenimiento de altos niveles de diversidad; esto es, por otra parte, una pequeña evidencia convincente de una gran competición interespecífica donde la diversidad es alta. Pasa a menudo que la abundancia de los anfibios está limitada por factores tales como predación o variación estocástica en el medio ambiente, y no por la disponibilidad de recursos.

Un rasgo llamativo de los anfibios es su abundancia, una observación que tiene que ser apreciado ampliamente en los estudios de flujo de energía a través del ecosistema (Beebee, 1996)²⁹.

3.2.2.3 Los anfibios como indicadores ambientales

Los anfibios son bioindicadores del estado del medio natural que habitan, es decir, se encuentran entre los primeros a quienes les afecta su alteración, y sufren de manera directa la contaminación o cambios ambientales, disminuyendo sus poblaciones de manera más alarmante y a corto plazo que otras especies. Son el único grupo de vertebrados que poseen una fase de vida acuática (larvaria) y otra terrestre, lo que les hace sensibles a las alteraciones en ambos medios, y ocupan una posición clave en la cadena trófica. La piel de los anfibios es lisa y permeable, y constituye un importante órgano en el balance hídrico, osmótico e incluso respiratorio en algunas especies. Esta piel es vulnerable a los productos químicos disueltos en el agua, a los contaminantes como la lluvia ácida y a las radiaciones solares que puedan atravesar su piel³⁰.

29 BEEBEE, T.J.C. Ecology and conservation of amphibians. London : Chapman & Hall, 1996.

30 INTERNATURA. Campaña para la conservación de los anfibios : Los anfibios desaparecen. [On line] Madrid (España): Internatura. Disponible en internet: <URL:<http://www.internatura.uji.es/grupos/fcpn/campa2.html>>.

Ellos poseen una importancia particular en los humedales y pueden realizar una función significativa en las valoraciones del paisaje. Por mucho tiempo ellos han sido ignorados históricamente a favor de otros vertebrados, pero los anfibios sirven como eslabones vitales en la cadena trófica, en los humedales y los hábitats de las tierras altas. Además, la reciente atención de los medios de comunicación en la declinación y las malformaciones, en los anfibios los ha hecho muy populares y elementos conspicuos de la naturaleza (U.S. EPA, 2002a)³¹

3.2.2.3.1 Características

Las características de los anfibios al encontrarse reunidas, podría hacerlos más sensible a los cambios medioambientales, incluso a los efectos de los contaminantes, que a otros grupos de vertebrados mayores; y son las siguientes:

El ciclo de vida de anfibios. La mayoría de los anfibios viven tanto en la tierra como en el agua dulce. Este complejo patrón de vida requiere que las condiciones sea favorables para su supervivencia en el agua dónde ellos se reproducen (donde sus huevos y larvas se desarrollan).

Las superficies absorbentes. Todos los anfibios dependen, en diferentes grados, de la respiración por la piel y la absorción dermal del agua cuando enfrenta déficit de agua en la tierra. Su superficie es permeable a gases y líquidos, incluyendo sus huevos y larvas. Esta es una potencial vía, por donde pueden entrar los contaminantes químicos y patógenos que viven en el aire, el agua, y los sustratos terrestres. Cuando se deshidrata considerablemente, la cantidad de agua sube rápidamente. Su intestino también es permeable.

La exposición a la luz ultravioleta. La melanina en las capas superiores de los huevos y larvas de los anfibios que se desarrollan en áreas expuestas a la luz del sol, protege contra el daño de la luz

31 U.S. EPA 2002a. Op cit., p 7

ultravioleta en las fases de desarrollo más sensibles. En las aguas claras, poco profundas, sobre todo en las altas elevaciones, tal protección es particularmente importante. Los individuos postmetamórficos que viven en elevaciones y latitudes altas son a menudo heliotérmicos, exponiéndose a la luz directa del sol para elevar la temperatura del cuerpo. Estas características hacen que muchos de los anfibios sean vulnerables a los niveles altos de luz ultravioletas como resultado de la delgada capa atmosférica de ozono.

Los hábitos alimenticios. La mayoría de los renacuajos forrajean extensivamente partículas de plantas y materia de animales en el agua, en la película de la superficie y en el estiércol del fondo. Cuando sus pulmones se desarrollan, ellos suben a la superficie para respirar, ellos consumen pedacitos de algas y otros materiales de las plantas.

Algunos químicos persistentes como el cloro, se puede encontrar en la superficie de agua y en los sedimentos del fondo, siendo estos solubles en grasa, pudiéndose almacenar y generar algunos residuos que persistan a largo de la vida del animal. Las larvas de anfibios pueden ser susceptibles a los efectos deletéreos de tales agentes a través de la ingestión, transporte a través de sus agallas y su piel permeable.

Después de la transformación de la fase larval, todos los anfibios se alimentan completamente, o casi completamente de animales, particularmente de invertebrados, y así está sujeto a los efectos de la biomagnificación de contaminantes químicos persistentes en la cadena trófica.

La susceptibilidad al frío y la sequía. Como los ectotérmicos dependen de la humedad, los anfibios son vulnerables al frío y la sequía extrema. El tiempo frío y/o sequía pueden impedir la reproducción, a veces durante un número de años. El hecho que algunas especies puedan vivir como adultos durante una o más décadas, en algunos casos, se relaciona con el factor climático. A lo largo de la vida se aumentan las oportunidades para la cría exitosa en los ambientes inciertos.

Fragmentación en la distribución. Dependientes de la humedad, ambientes normalmente frescos, las especies anfibias muestran normalmente rangos de fragmentación natural, incluyendo amplios rangos. Las especies con fragmentación en sus distribuciones, sobre todo aquellos con rangos restringidos, son particularmente susceptibles a las pérdidas de poblaciones. En muchas áreas (desagues de cañones aislados, refugios húmedos en las tierras áridas), la recolonización de lugares perdidos por extinción pueden ser muy raro o imposible.

Los contaminantes en los tejidos y en la vida anfibia. La metamorfosis es un tiempo de gran vulnerabilidad para los anfibios, sobre todo para los anuros, en la reorganización estructural y fisiológica que ocurren cuando el renacuajo se transforma en una rana. La Alimentación y la locomoción se dañan, además ocurren otros cambios fisiológicos, anatómicos y hormonales.

La metamorfosis, es manejada por las hormonas, pudiendo ser los anfibios especialmente vulnerable a la imitación de las mismas, con la introducción de químicos que interfieren con las señales hormonales (Stebbins and Cohen, 1995)³².

3.2.2.4 Alteración de las poblaciones de anfibios.

La pérdida y disminución de las poblaciones de anfibios es un problema global con causas locales complejas. Los probables y confirmados factores (ver tabla 2) causantes de la declinación mundial de las poblaciones de anfibios son:

Tabla 2. Factores causantes de las declinaciones de Anfibios

Factor	Proceso(s)	Referencias
Cambio climático	Los patrones de temperatura y precipitación se alteran, causando trastorno en las	Heyer <i>et al.</i> 1988; Stewart 1995; Laurance <i>et al.</i> 1996; Pounds <i>et al.</i> 1999.

³² STEBBINS, Robert and COHEN, Nathan W. A natural history of amphibians. New Jersey : Princenton University Press, 1995.

	condiciones del micro y macroclima.	
Modificación del hábitat	Los bosques son limpiados para la agricultura y pueblos; Los humedales son drenados y rellenados.	La Marca & Reinthaler 1991; Salas 1995; Fisher & Shaffer 1996
Fragmentación del hábitat	Carreteras, introducción de especies y el pH bajo altera los hábitats, mientras se crean barreras de dispersión.	Jennings & Hayes 1985; Bradford <i>et al</i> 1993
Introducción de especies	Introducción de predadores que se alimentan o entran en competencia con los anfibios nativos.	Jennings & Hayes 1985; Hayes & Jennings 1986; Bradford 1989; La Marca & Reinthaler 1991; Péfaur & Sierra 1999.
Radiación UV-B	La radiación UV-B daña y/o mata las células, causan mortalidad en huevos, daños retinales, lesiones, se incrementa la susceptibilidad a enfermedades y un bajo pH.	Blaustein <i>et al.</i> 1994 ^a , 1998; Anzalone <i>et al.</i> 1998; Lizana & Pedraza 1998.
Contaminantes químicos	La toxicidad puede causar mortalidad directa de los huevos y los adultos, minimizar las hormonas endocrinas, y reducir las presas.	Harte & Hoffman 1989; Weygoldt 1989; Beebee <i>et al.</i> 1990; Sparling 1995.
Precipitación y suelo ácido	Las toxinas crean barreras de dispersión y causan una alta mortalidad a huevos y larvas.	Harte & Hoffman 1989; Beebee <i>et al</i> 1990; Sparling 1995.
Enfermedades	Las enfermedades con frecuencia causan la muerte de los anfibios, que hace a los anfibios susceptibles a las enfermedades es todavía desconocido.	Carey 1993; Kiesecker & Blaustein 1995; Jancovich <i>et al</i> 1997; Berger <i>et al.</i> 1998, 2000; Lips 1998, 1999; Carey <i>et al</i> 1999; Daszak <i>et al.</i> 1999; Mao <i>et al.</i> 1999.
Comercio	Anfibios que son extraídos de su estado silvestre y son comercializados internacionalmente para culinaria, mascota, medicina y suministros biológicos en el mercado.	Smith 1953; Gibbs <i>et al.</i> 1971; Jennings & Hayes 1985; Salas 1995; Gorzula 1996.
Sinergismo	Múltiples factores pueden actuar juntos para causar mortalidad y efectos subletales.	Blaustein <i>et al.</i> 1994b; Long <i>et al.</i> 1995; Carey <i>et al.</i> 1999; Mao <i>et al.</i> 1999; Pounds <i>et al.</i> 1999.

Fuente: (Young, *et al.* 2001)³³

Los cambios climáticos pueden estar influyendo en los patrones reproductivos de ciertos organismos. Los efectos sobre las actividades reproductivas eventualmente influirían mediante cambios significativos en la estructura poblacional que puede reflejarse en declinaciones en especies muy sensibles, como algunos anfibios (Blaustein, 2001)³⁴.

Además los cambios medioambientales subletales podrían contribuir directa o indirectamente a los declives de los anfibios en sin numero de maneras, incluso promoviendo la conversión de un microorganismo no patógeno a uno patógeno, afectando la susceptibilidad de anfibios a patógenos (Carey, *et al.* 1999), afectando el suministro de comida, y disminuyendo las habilidades competitivas de una especie (Carey, *et al.* 2001)³⁵.

Los parásitos y organismos patógenos pueden influir en: la supervivencia, conducta, y en la estructura mismas de las especies huésped. Por ejemplo, estudios experimentales han demostrado que los parásitos (tremátodos) pueden aumentar las frecuencias de severas malformaciones en los miembros de los anfibios (Johnson, *et al.* 2002)³⁶.

3.2.3 El ciclo de la energía en la biosfera.

La energía que mantiene a todos los sistemas vivientes es la energía solar, fijada en la fotosíntesis y brevemente retenida por la biosfera antes de ser vuelta a radiar al espacio en forma de calor. La cantidad total de energía solar fijada sobre la tierra establece un tope a la cantidad total de vida; los

33 YOUNG, Bruce E. *et al.* Population declines and priorities for amphibian observation in Latin América. En : Conservation Biology. Vol 15, N° 5 (2001); p 1213-1223.

34 BLAUSTEIN, Andrew. *et al.* Amphibian Breeding and Climate Change. En : Conservation Biology. Vol 15, N°6 (Dec 2001); p 1804-1809.

35 CAREY, Cynthia. *et al.* Amphibian declines and environmental change: use of remote-sensing data to identify environmental correlates. En : Conservation Biology. Vol 15 N° 4 (2001); p 903-913.

36 JOHNSON, Pieter T. *et al.* Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) Infection linked to amphibian malformations in the western united states. En : Ecological Monographs. Vol 72 N° 2 (2002); p 151-168.

esquemas de flujo de energía a través de los ecosistemas de la tierra establecen límites adicionales a los tipos de vida que pueden prosperar sobre ella.

La energía solar empleada en el mantenimiento de los seres vivos es pequeña en comparación con la cantidad total que llega a la tierra. Solamente un décimo del 1 por 100 de la energía solar recibida es utilizada a través de la fotosíntesis. Esta parte puede traducirse localmente en la producción de muchos miles de gramos de materia orgánica por metro cuadrado y por años. A escala mundial es equivalente a la producción anual de 150000 a 200000 millones de toneladas de materia orgánica, y que incluye tanto los alimentos para el hombre como la energía que mantiene en funcionamiento de los sistemas vitales de la biosfera, es decir los ecosistemas principales: bosques, selvas, praderas, océanos, marismas, lagos, ríos, tundras y desiertos.

La complejidad de los ecosistemas es tan grande como para impedir cualquier análisis simple o monofactorial que sea a la vez exacto y satisfactorio. No obstante debido al papel central de la energía en los procesos de vida, un examen de la fijación de la misma y de su flujo a través de los ecosistemas facilita la comprensión del propio ecosistema. También revela claramente algunos de los detalles de la crisis del medio ambiente.

Más de la mitad de la energía fijada en la fotosíntesis es inmediatamente consumida en la respiración de la propia planta, parte de ella se almacena. En las plantas terrestres puede ser transportada desde los tejidos donde es fijada, como las hojas, a otros tejidos donde puede ser utilizada o almacenada. En cualquiera de estos puntos puede entrar en las cadenas tróficas de los consumidores.

Existen dos tipos de cadenas: las de pastoreo o ramoneo y las de detritus. La energía puede ser almacenada en ambos tipos de cadena durante considerables períodos de tiempo, formando poblaciones animales en un caso y cúmulos de materia orgánica no descompuesta y poblaciones

de organismos detritívoros en el otro. La porción de energía total fijada que fluye por cada una de estas cadenas es de vital importancia para la biosfera y para el hombre (Woodwell, 1970)³⁷.

3.2.3.1 Cadenas de alimentos y niveles tróficos

La transferencia de la energía del alimento desde las plantas, a través de una serie de organismos que los comen, es conocida como la cadena del alimento. En las comunidades naturales complejas, los organismos cuya comida es obtenida de las plantas por el mismo número de pasos, se dice que pertenece al mismo nivel trófico. Por lo tanto, las plantas verdes ocupan el primer nivel trófico (el nivel productor), los comedores de plantas (herbívoros, etc) el segundo nivel (el nivel consumidor primario), los carnívoros que comen a los herbívoros el tercer nivel (consumidores secundarios), y tal vez un cuarto nivel (consumidores terciarios). Debe recalcar que esta clasificación trófica es de función, y no de la especie como tal; la población de una especie, puede ocupar un nivel trófico o más de uno, de acuerdo a la fuente de energía realmente asimilada.

En cada transferencia de energía de un organismo a otro, o desde un nivel trófico a otro, una gran parte de la energía se degrada en calor, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica. Cuanto más corta la cadena del alimento, o cuando más cerca el organismo del comienzo de las cadenas del alimento mayor es la energía disponible del alimento (Odum, 1977)³⁸.

3.2.3.2 Interacciones de las Especies en el Medio Físico.

Los organismos no viven solos en la naturaleza, sino que están en una trama de otros organismos de numerosas especies. Una gran parte de las especies de un área no resultará afectada por la presencia o ausencia de otra, pero en algunos casos interactúan dos o más especies. Las pruebas

37 WOODWELL, George M. El ciclo de la energía en la biosfera. Cap 23 Ecología, evolución y biología de poblaciones. 1970.

38 ODUM, Eugene. Op cit., p xxi

de esta interacción son muy directas: las poblaciones de una especie son diferentes cuando ésta o no presente otra especie (Krebs, 1985)³⁹.

Las poblaciones interactúan entre sí y están limitadas o promovidas unas por otras. Las relaciones que existen entre ellas pueden ser directas o indirectas si la relación implica un beneficio o un perjuicio para una de las poblaciones.

El resultado de las distintas relaciones interespecíficas (entre la misma especie) e intraespecíficas (entre diferentes especies) es el de un ambiente determinado, en donde los individuos y las poblaciones se: excluyan, limiten o se promuevan mutuamente o unidireccionalmente y la comunidad biótica tenga una estructura y una composición específica particular que le es propia (Lewis, 1995)⁴⁰.

3.2.4 Hábitat

El hábitat hace referencia, comúnmente, al espacio en el cual vive el organismo y sus condiciones, tanto si afecta directa o indirectamente al organismo (McNaughton & Wolf, 1984)⁴¹.

EL hábitat puede ser estudiado a diferentes escalas (alta, media o baja). La resolución más alta (macrohábitat) busca identificar rápidamente los componentes generales del sistema, pero no se detiene a examinarlos detalladamente; la escala media (mesohábitat) habla de cada uno de los componentes del mismo y se analiza de que forma estos están asociados a una especie o una comunidad en particular, y de que forma influyen en su desarrollo; y por último la más detallada (microhábitat), estudia los atributos específicos para cada especie en donde se analizan ítems

39 KREBS, Charles J. 1985. Ecología : Estudio de la abundancia y distribución. 2ed. México : Harper & Row, 1985

40 LEWIS, Juan P. 1995. La biosfera y sus ecosistemas : una introducción a la ecología. Rosario : ECOSUR, 2001.

41 McNAUGHTON, S. and WOLF, L. Ecología General. Barcelona : Ediciones Omega, 1984.

particulares como: sitios de nidificación, perchas o sitios de observación, predadores, disponibilidad de alimento⁴², nivel trófico, entre otros.

Aún si especies diferentes ocupan el mismo hábitat, la competencia puede ser ligera o inexistente para la mayor parte, por que cada especie tiene su nicho, que se refiere a qué come el animal, donde y cuando, en que lugar se refugia y donde anida (Nebel and Wright)⁴³.

3.2.4.1 Evolución de la preferencias de hábitat

¿Por qué los organismos prefieren algunos hábitats y evitan otros? La selección natural favorecerá a aquellos individuos que utilicen los hábitats en que puede crecer y desarrollarse con éxito una progenie más abundante. A la inversa, operará en contra de los individuos que escojan los hábitats marginales, menos adecuados y en los que su descendientes no serán tan abundantes. De hecho, las poblaciones de los hábitats marginales se conservan sólo por una salida neta de individuos, de los hábitats preferibles. Diversos indicios físicos adoptados por los organismos serían el estímulo para la selección de un tipo específico de hábitat, y tales indicios podrían estar genéticamente programados o ser resultado de experiencias a edad temprana.

La identificación del hábitat puede ser imprecisa o precisa. Puede ser específica si aporta beneficios a los individuos que actúan en concordancia.

El cambio de hábitat siempre conlleva problemas, y ésta ha sido una fuente de dificultades para muchos organismos desde que el hombre ha modificado la faz de la tierra. La humanidad hace surgir muchos hábitats nuevos y algunas especies, pero no todas, han podido colonizando los hábitats del hombre. Por otra parte, fenómenos naturales como las glaciaciones son causa de modificaciones lentas en la selección de hábitat. Los animales con conducta de selección de

42 Entiéndase la disponibilidad de alimento como: la facilidad que tiene un individuo para obtener el alimento en el sistema y no la oferta del medio.

43 NEBEL, Bernard J. and WRIGHT, Richard T. Ciencias ambientales : ecología y desarrollo sostenible. 6ed. México : Prentice may, 1999.

hábitat fija y genéticamente programada suelen requerir bastante tiempo para que surjan los fenómenos necesarios a efecto de seleccionar un nuevo hábitat que es adecuado para ellos. La adaptación no siempre es precisa e instantánea, y no debemos esperar perfección de parte de las especies.

Las especies cambian bajo un conjunto dado de condiciones ambientales, y las poblaciones se adaptan a su medio ambiente específico. Ninguna especie puede ser realmente un factor, y la adaptación a un tipo de hábitat suele hacer imposible vivir en otro (Krebs, 1985)⁴⁴.

3.2.5 Sistemas de Información Geográfico, (SIG)

Los sistemas de información geográfico, es una herramienta computarizada que integra la información espacial o geográfica con los datos de los atributos físicos y biológicos del espacio. Esta tecnología combina cartografía con bases de datos relacionadas y herramientas analíticas.

Los SIG se consideran, como un conjunto de programas de computación que tiene capacidad de almacenar, organizar, analizar y presentar datos espaciales. Aquellos datos que tengan referencias geográficas, como por ejemplo densidades de animales (número de individuos por unidad de área), tipos de suelo, de vegetación, caminos, datos climáticos, pueden ser incorporados a un SIG para luego ser utilizados en la confección de mapas o coberturas temáticas que permitan la visualización y análisis de forma integrada de los datos originales y no como entidades individuales. Los dos tipos de datos que constituyen las características geográficas (espaciales y descriptivos), son combinados en los SIG permitiendo analizar su interacción dentro de un mapa o entre varios mapas, y obtener uno nuevo con características propias (Cigliano y Torrusio, 1999)⁴⁵

44 Op cit., p 28

45 CIGLIANO, M.M., TORRUSIO, S. Sistema de Información Geográfica y Plagas de Insectos. En : Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Vol 9, N°51 (Marzo-Abril 1999)

3.2.5.1 Principios básicos de los sistemas de información geográfica.

Los sistemas de información geográfica SIG, son una nueva tecnología de herramientas esenciales para analizar y transferir geográficamente conocimientos acerca del mundo. Los avances tecnológicos computacionales han hecho posible integrar un gran rango de información, por medio de técnicas que permiten el almacenamiento, análisis y capacidad de recuperación. Un SIG, consta de cuatro componentes básicos: generación y entrada de datos, base de datos geográficos, análisis y modelamiento de datos y visualización y presentación (Parra, R., *et al*, 1997)⁴⁶.

3.2.5.2 Importancia de un SIG.

Muchos de los problemas que aquejan a la humanidad como: la sobrepoblación, problemas atmosféricos, expansión de algunas enfermedades, deforestación, desastres naturales los cuales tienen una dimensión geográfica crítica. Así, por ejemplo, un mapa de expansión de una enfermedad da una nueva visión de la fuente, los medios de transmisión y las maneras de controlarla Parra, R., *et al*, 1997)⁴⁷

La tecnología de los SIG tiene un desarrollo de casi 20 años, que la ha consolidado como una tecnología madura capaz de afrontar el reto que enfrentan las empresas, además de incorporar a la actividad empresarial y cotidiana de dimensión geográfica.

46 PARRA, Rodolfo H.. *et al*. Sistemas de Información Geográfica : base de la gestión ambiental. Santa Fé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1997. P 189.

47 Ibid

3.2.5.3 Aplicaciones de un SIG en el medio ambiente

El SIG se utiliza para ayudar a proteger el medio ambiente; también se puede utilizar para producir mapas, inventarios especies, medidas de impacto ambiental de una manera fácil y rápida, caracterización de escenarios: otras adaptaciones del SIG en el área del medio ambiente son:

Estudio y manejo de ecosistemas

Manejo de basuras

Administración de emergencias

Monitoreo de áreas de protección

Distribución de especies.

Manejo de áreas costeras

Monitoreo de la calidad de las aguas

En la agricultura se utiliza para una gran variedad de aplicaciones agrícolas, como el manejo de campos de cultivo, monitoreo de la rotación de cultivos, la proyección de la pérdida de suelos y el manejo de sistemas de irrigación (Parra, R., *et al*, 1997)⁴⁸.

3.2.6 Modelos fenomenológicos

Los modelos son formulaciones que imitan un fenómeno del mundo real y por medio del cual podemos efectuar predicciones.

Como ocurre con todos los tipos y niveles de biosistemas (sistemas biológicos), los ecosistemas son sistemas abiertos; esto es, experimenta entrada y salida constantes de materia, aunque el aspecto general y las funciones básicas pueden permanecer constantes por largos períodos. Las

48 Ibid

entradas y salidas son una parte importante del concepto. Un modelo gráfico de ecosistema puede consistir en un rectángulo o “caja” que podemos identificar con el sistema, el cual representa nuestra área de interés, y dos grandes embudos que podemos nombrar ambiente de entrada (o de insumos, de importación, aferente) y ambiente de salida (o de productos, de exportación eferente). La frontera del sistema puede ser arbitraria (la que convenga o interese) y delimita un área como una extensión de bosque o de playa; o puede ser natural, como la orilla de una lago, si todo este cuerpo de agua es el sistema.

La energía es un insumo (entrada) necesario, el sol es la fuente de energía fundamental para la biosfera y sostiene directamente la mayoría de los ecosistemas naturales en ella. Pero hay otras fuentes de energía que pueden ser importantes para muchos ecosistemas, por ejemplo el viento, la lluvia, el flujo de agua en las mareas, el vapor de agua de los volcanes o los combustibles fósiles (la principal fuente en el caso de las ciudades modernas). La energía fluye hacia fuera de un sistema en la forma de calor antrópico y en otras formas transformadas o procesadas, como materia orgánica (p. ej., alimento y productos de desecho) y contaminantes. Agua, aire y nutrientes necesarios para la vida, así como todos los tipos de materias, constantemente entran y sales del ecosistema. Y por supuesto, organismos y sus propágulos (semillas y otras formas reproductivas) entran (inmigran) o salen (emigran) (Odum, 1977)⁴⁹.

49 Odum. Op cit., p xxi

4. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

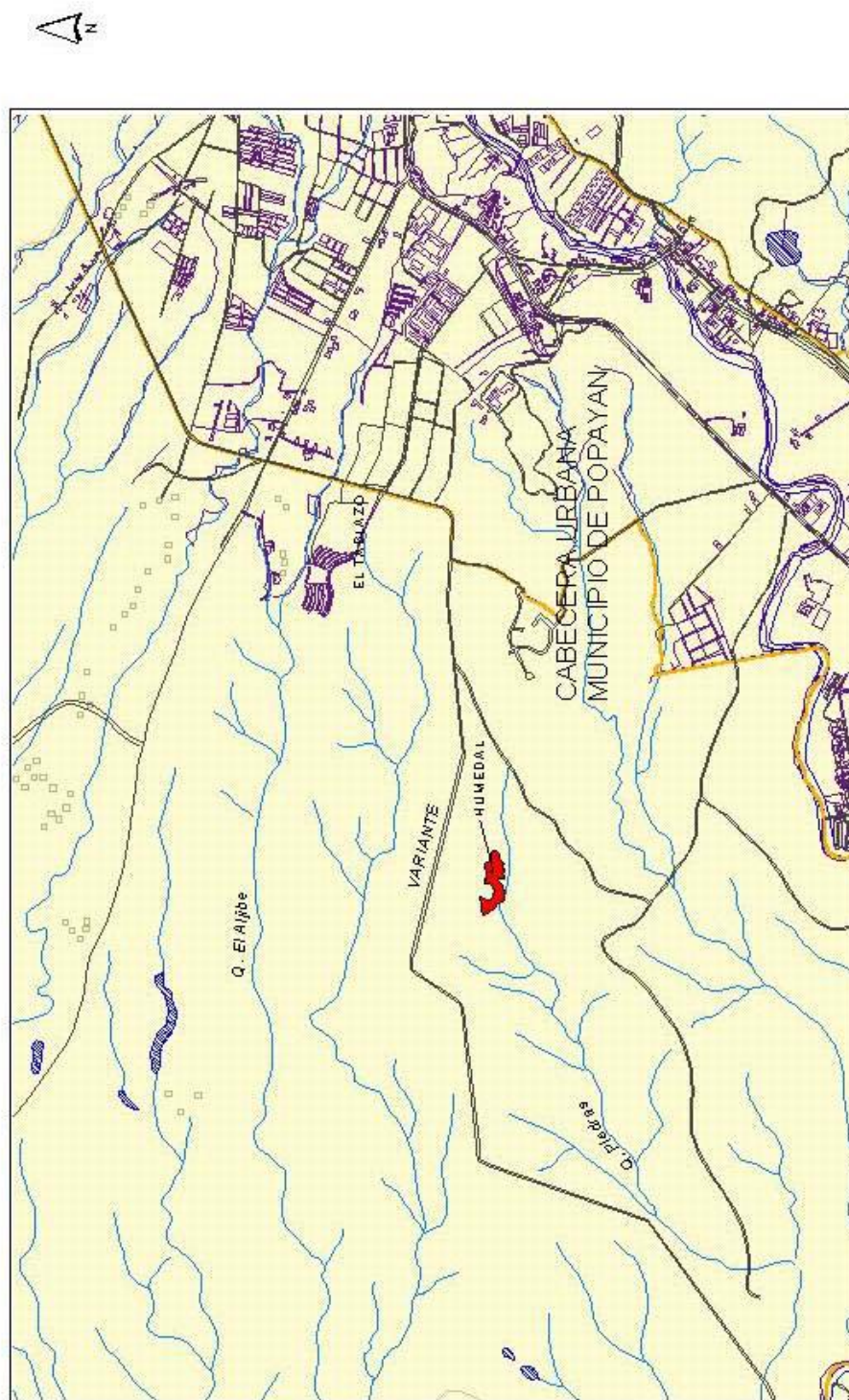
La zona comprendida entre el sector del tablazo, el batallón y la variante al norte de la ciudad de Popayán (ver figura 2), es un área de gran importancia debido a sus numerosos humedales y cordones boscosos que ella alberga. Estos a través de los años se han visto afectados por la construcción de carreteras, desecación de las zonas húmedas, contaminación, tala, expansión de las actividades agrícolas y ganaderas, entre otras actividades.

Este sector posee una gran trascendencia tanto social como económica, debido a que en ella se encuentran diversas fincas y comunidades humanas, las cuales producen diferentes artículos agrícolas y pecuarios, para abastecer los mercados regionales. Aparte de ser el área de intermedia entre la zona rural y urbana del municipio, por lo cual esta zona recibe diferentes presiones directas e indirectas de las actividades antrópicas desarrolladas en la ciudad de Popayán.

El sitio de estudio está ubicado en el Municipio de Popayán (corregimiento San Bernardino), variante Norte de Popayán, en la Hacienda La Paz. Con una geoposición de $2^{\circ} 28'85''N - 76^{\circ} 36'48''W$ y sus patrones climáticos son: (temperatura media anual de $18.9^{\circ}C$, la precipitación media anual corresponde a $177.2mm/m^2$, humedad 77.5%, brillo solar 147.95 horas, evaporación $93.5 mm$)⁵⁰, la elevación es de 1751 m.s.n.m., una presión atmosférica de 705 mm Hg y una exposición NW.

50 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Cartas climatológicas de Popayán, Aeropuerto Guillermo León Valencia. [On line] Bogotá (Colombia), 1999.. Disponible en internet: <URL: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/popa/precipitacion.htm>>.

Figura 2. Area de Estudio



El humedal en estudio ha existido en la zona durante décadas, pero su extensión ha sido modificada a partir del represamiento de la quebrada Piedras desde el año 1995 aproximadamente (ver figura 3), confiriéndole un tamaño considerable en relación al anterior. Este se encuentra influenciado por las actividades ganaderas intensivas desarrolladas a su alrededor y la extracción maderera realizada en el bosque adjunto (en algunas ocasiones del año). El humedal se caracteriza por tener un perímetro aproximado de 894.5m y presentar gran variedad de conjuntos biológicos: zona de espejo de agua (80 x 70m), zona de vegetación (zona de macrófitas, zona de bromélias), sombrío de bosque secundario poco intervenido al oriente, potreros de ganadería al occidente y la zona ribereña (quebrada piedras)⁵¹ al norte y el sur.

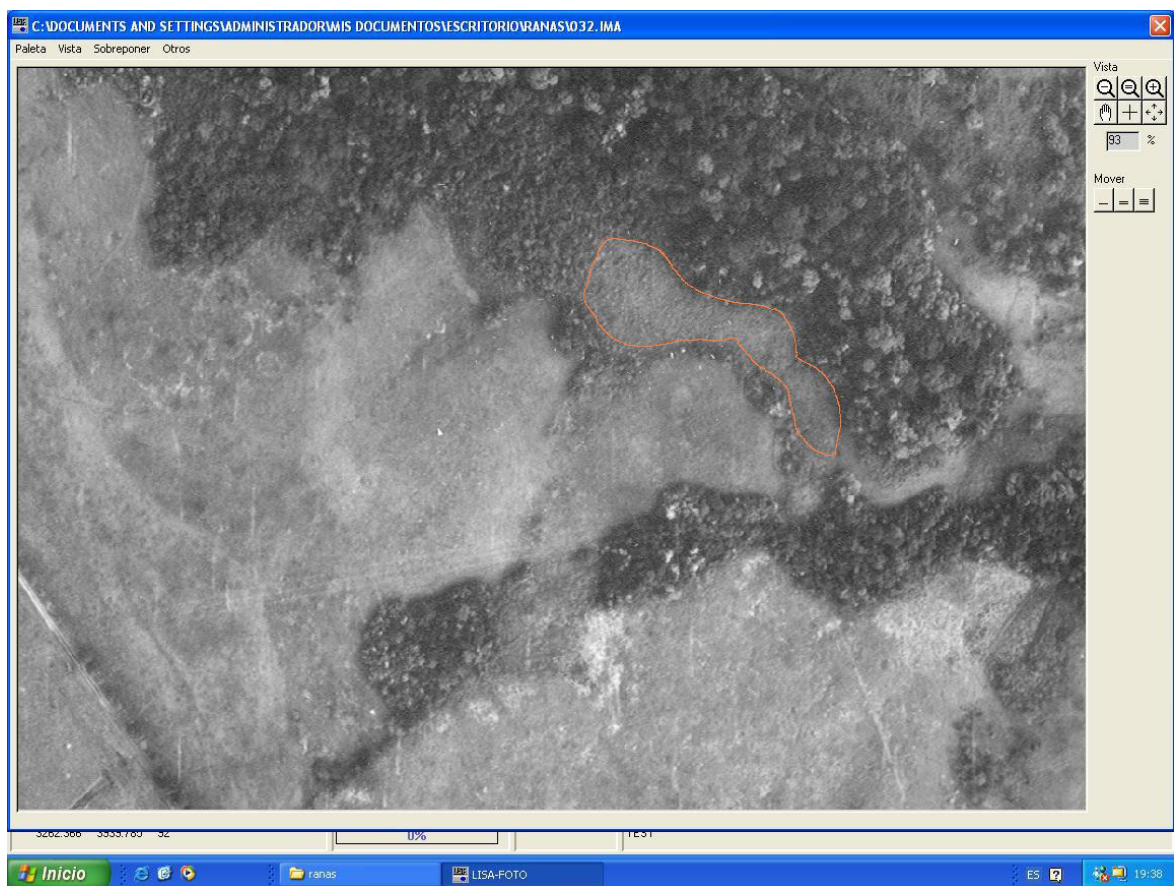


Figura 3. Humedal, Hacienda la Paz

⁵¹ La quebrada piedras, toma el nombre de quebrada Victoria antes de desembocar en el Río Cauca.

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El estudio se desarrolló durante un tiempo de ocho meses (diciembre de 2002 a julio de 2003) sobre una comunidad adulta de anuros en un humedal, teniendo en cuenta el comportamiento del sistema⁵². Se analizaron algunas variables de tipo ambiental como: temperatura, intensidad lumínica, precipitación; variables de tipo físico y química del agua, tales como: pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbiedad. Las cuales se consideran relevantes por su papel ecológico, o porque en sí mismas conjugan simultáneamente el papel de otras y su dinámica es trascendente dentro del hábitat.

5.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE HÁBITAT

El hábitat integra factores tanto físicos como químicos y biológicos. En este trabajo se plantean criterios de clasificación acordes a las escalas de resolución (alta, media y baja) para trabajar el hábitat de acuerdo a pautas excluyentes propias de mayor a menor detalle sin desvirtuar el concepto fundamental del mismo.

En la escala de mayor detalle o macrohábitat, se describen puntualmente los componentes del sistema, esta definición se aplica al humedal en general; en la escala de mesohábitat, se habla de comunidades vegetales, animales y su relación con las condiciones físicas y químicas del medio para conformar una zona particular, este concepto se utiliza para las zonas fóticas (A,B,C) y las zonas (1,2,3); y por último la escala de menor detalle o microhábitat se trabajan ítems específicos para cada especie, sin embargo sólo se emplea este término para determinar la escogencia por

⁵² El comportamiento está dispuesto por: régimen hídrico, factores climáticos, entre otros componentes del sistema que se encuentran en un continuo intercambio.

parte de las comunidad de anuros del sustrato para su desarrollo y su ubicación dentro de las diferentes regiones del humedal.

5.2 AMBIENTE FÍSICO

5.2.1 Variables Ambientales.

Las variables abióticas, son un componente importante dentro de todos los proyectos de monitoreo de anuros, para comprender la correlación existente entre el medio ambiente y la dinámica de las poblaciones. Entre las variables monitoreadas están (ver tabla 3).

Tabla 3. Variables ambientales monitoreadas durante el estudio.

Variable	Instrumento de medición
Temperatura ambiente	Termómetro Brand (-10 a100°C)*
Temperatura del agua	Termómetro sumergible Brand (-10 a100°C)*
Intensidad lumínica	Luxómetro digital (Light meter Lx 102) *
Registros climatológicos	Registros IDEAM
Condiciones del cielo	Categorías (LIPS, 2001)**
Fase lunar	Observación / IDEAM
Altitud	Altímetro (Thommen hasta 6.000 m.s.n.m.) *
Precipitación ⁵³	Registros IDEAM
Geoposición	GPS (Magellan 330)*

* Los datos se registraron de acuerdo a las instrucciones y calibración apropiada de cada equipo.

**Lips propone en sus tablas de registro, seis categorías para las condiciones del cielo: despejado, niebla, lluvia, algunas nubes, parcialmente nublado, y nublado (Lips. K. *et al*, 2001)⁵⁴.

53 Para el análisis físico y químico del agua se tiene en cuenta el promedio de la precipitación del día de muestreo y sus 14 días anteriores, debido a su relación directa con las características del agua.

54 Op cit., p 1

Los datos climatológicos históricos para Popayán, así como los correspondientes a los meses de muestreo son donados por el IDEAM.

5.2.2 Variables Físicas y Químicas del Agua.

Para la caracterización física y químicas del agua, se efectuaron muestreos cada dos semanas (siete muestreos en total), en donde se midieron variables tendientes a mostrar el comportamiento del ecosistema (ver tabla 4).

Tabla 4. Variables físicas y químicas del agua monitoreadas

Variable	Instrumento de medición
Temperatura ambiental	Termómetro Brand (-10 a100°C)*
Temperatura hídrica	Termómetro Brand (-10 a100°C)*
Turbiedad	Espectrofotómetro
O ₂ disuelto	Oxigenómetro
CO ₂ disuelto	Titulación NaOH (0.025N)
pH	Peachimetro (Mettler toledo MA 235)
Conductividad	Conductímetro (Metrohm 660)

El trabajo preliminar en campo, permitió realizar un diseño especial para el muestreo de oxígeno disuelto (superficial), que consiste en identificar gradientes a partir de tres tipos de mesohábitats observados (espejo de agua libre de macrófitas, espejo de macrófitas y colchón de macrófitas muertas). Estos se encuentran definidos por la cobertura y su relación con la zona fótica: Zona fótica A, No existe vegetación y una penetración lumínica >1.5m; Zona fótica B⁵⁵, vegetación homogénea y la penetración de luz es < 1m; y zona fótica C, vegetación descompuesta que cubre en su totalidad el agua y no permite la penetración de luz. Esta clasificación responde a la

⁵⁵ Para la medición en esta zona, se hizo necesario abrir suavemente el conjunto homogéneo de macrófitas emergentes y realizar la medida.

distribución de la vegetación en humedal, la cual no tiene una zonificación horizontal⁵⁶ que se adapte a la zonificación ecológica convencional (según Roldán, 1992)⁵⁷ de: litoral, sublitoral, profunda y de aguas abiertas.

Para las otras variables, la recolección de las muestras se realizó utilizando envases de plástico (tipo Nalgene) de 300mL previamente lavados con agua desionizada y al momento de obtener la muestra, el recipiente es lavado nuevamente con el agua del humedal. Se tomaron muestras según la zonificación propuesta⁵⁸, consiguiendo muestras compuestas para la variable de CO₂ y turbiedad; y muestras para cada una de las zonas para pH y conductividad. El porcentaje de saturación del oxígeno y el valor de CO₂ es tabulado mediante tablas estandarizadas.

Las muestras obtenidas son analizadas en el laboratorio en un periodo no mayor a 24 horas. Los variables anteriormente nombradas son determinadas siguiendo las bases metodológicas de Vásquez, 2001⁵⁹.

5.2.3 Propiedades Morfométricas del Humedal

La determinación de las variables (ver tabla 5) se realizó mediante el modelo del humedal generado utilizando el software ILWIS v. 3.1.

Tabla 5. Propiedades Morfométricas del humedal

Perímetro
Área total

⁵⁶ El humedal no responde a la zonificación convencional de forma horizontal, pero si de forma vertical, por lo tanto la propuesta está restringida a mediciones en lugares de una profundidad mayor a 2 m.

⁵⁷ ROLDÁN, G. Op cit., p 16

⁵⁸ Para facilitar el análisis de las variables, el humedal fue dividido en tres grandes zonas de la siguiente manera: zona uno, está compuesta por las parcelas uno a la seis; zona dos, compuesta por las zonas siete a la 12 y la zona número tres, esta compuesta por las zonas 13 a 18. (ver Anexo A.)

⁵⁹ VASQUEZ, Guillermo L. Evaluación de la calidad de las aguas naturales : significado y alcances e la determinación y análisis de parámetros físico-químicos y biológicos fundamentales. 2001.

Ancho (zonas)
Longitud máxima
Profundidad máxima ⁶⁰

5.3 AMBIENTE BIOLÓGICO

Este ambiente está constituido por diferentes comunidades de plantas, animales, bacterias, hongos y otros organismos vivientes. En el estudio se hace énfasis en la biocenosis de plantas macrófitas, fauna asociada y los anuros.

Se establecen además parámetros de las comunidades como:

- Riqueza de especies. Índice Diversidad Shannon-Weiner (Shannon y Weiner, 1949)

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

donde H = diversidad (bits/individuo)

S= número de especies

p_i = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i

ln= Logaritmo natural

El índice de diversidad fue calculado mediante esta formula que oscila entre valores de 0.0 a 5.0.

Los resultados deben interpretarse de la siguiente forma (según Shannon-Weiner) (ver tabla 6):

Tabla 6. Rangos de Diversidad Biológica

0.0-1.5	Diversidad Baja
1.6-3.0	Diversidad Media
3.1-5.0	Diversidad Alta

⁶⁰ Esta variable se estima con el sistema Doppler

- Abundancia Relativa

$$p_i = N / \left(\sum_{i=1}^S N_i \right)$$

en donde p_i = abundancia relativa de la especie i

S = número total de especies en la comunidad

N_i = número de individuos de la especie i

- Similaridad. Índice cuantitativo de Sorensen (Magurran, 1988)

$$I_{scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

en donde aN = número total de individuos en el sitio A

bN = número total de individuos en el sitio B

pN = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios

Este índice es aplicado entre las zonas del humedal

- Distribución espacial (Poisson)

Para una distribución al azar, la varianza es igual a la media $S^2 / X = 1$; Para una distribución amontonada, la varianza es mayor que la media, por lo tanto $S^2 / X > 1$; y en caso de que exista una distribución uniforme, la razón varianza/media tiene un valor menor a 1.

Considerando la facilidad de ocupación del espacio por los individuos de una población en términos de espacio continuo se utiliza comúnmente el índice propuesto por Morisita que permite determinar si una distribución es al azar.

$$Im = \frac{n \sum X_i (X_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Para probar estadísticamente si la decisión es significativa, se efectúa la prueba de chi cuadrado (χ^2) con n-1 grados de libertad y 95% de confianza. Se compara el valor para la elección de la hipótesis.

La diversidad, similaridad y distribución fueron estimadas por medio del software Biodiversity V.

5.1

5.3.1 Vegetación Asociada

Por lo extenso del componente de vegetación, se realiza énfasis solamente en las plantas macrófitas fijas al sustrato-emergentes, presentes en el humedal lacustre en estudio. Estas presentan una distribución de tipo homogéneo, por lo tanto se realizó una identificación de cobertura expresada en porcentajes con la ayuda de parcelas de una dimensión de 1 x 1 m. Los muestreos se realizaron mediante 40 parcelas en dos meses diferentes del año (noviembre y diciembre).

La identificación del material se llevó a cabo en el Herbario CAUP de la Universidad del Cauca. Se estima diversidad, similitud, dominancia y distribución.

5.3.2 Fauna Asociada

La determinación de la fauna acompañante de la comunidad de anfibios se basó en el conocimiento de la oferta del medio para la comunidad en estudio, además de realizar una aproximación a las interacciones de las especies con el ecosistema.

Para este grupo se determinaron: diversidad, abundancia relativa, similaridad y distribución.

5.3.2.1 Macroinvertebrados acuáticos

En 16 de las 18 parcelas propuestas, se efectuaron los muestreos durante tres días en el mes de diciembre con una intensidad de 25 minutos por parcela, colectando la fauna bentónica existente, siguiendo las bases metodológicas de Roldan, 1992⁶¹ y Zamora⁶², 1990 (ver figura 4).



Figura 4. Recolección de macroinvertebrados bentónicos

Los organismos son capturados mediante la técnica de flotación, utilizando una red para bentos o jama, realizando muestras aleatorias en cada una de las parcelas (25 x 25 m). Luego son recogidos con pinzas de punta fina y directamente trasladados a frascos de boca ancha con alcohol al 70% y unas gotas de glicerina.

61 ROLDAN, G. Op cit., p 16

62 ZAMORA, Hildier G. Métodos de investigación para el estudio ecológico de las aguas continentales. Los macroinvertebrados como elementos de análisis limnológicos. Universidad del Cauca, 1990. pp 6.

En el laboratorio, el contenido de cada uno de los frascos es expuesto ante un estereomicroscopio y determinados hasta el nivel de género con la ayuda de claves taxonómicas.

5.3.2.2 Artrópodos terrestres

Se efectuaron colectas manuales (con pinzas y barrido con jama) dentro de parcelas (10 x 10m) preestablecidas, durante el día y la noche en dos oportunidades (febrero y marzo). Luego se procedió con la fijación del material en alcohol 70% con glicerina y posteriormente la determinación de los individuos mediante la ayuda de estereomicroscopio y claves taxonómicas, que permitan llegar a Orden, y familia⁶³ en algunos casos.

5.3.2.3 Otros Animales.

Para este grupo (aves, mamíferos, reptiles y peces) se realizaron avistamientos (y captura en algunos casos), apoyándose en claves para la identificación adecuada para cada uno de los grupos. Determinando además, cualitativamente su dinámica y relación dentro del sistema.

5.3.3 Anuros

La comunidad de anuros está constituida por tres especies, de las cuales dos son visitantes y sólo una es residente (*Hyla columbiana*). Para esta comunidad se utilizan las metodologías estandarizadas para monitoreo propuestas por Heyer, *et al* 1994⁶⁴.

63 Para algunos individuos no se pudo determinar con certeza la familia y/o orden, por lo tanto se representan como morfotipos (Indeterminada N°1,2,3)

64 HEYER, Ronald *et al.* Op cit., p xxi

5.3.3.1 Muestreo y métodos de captura

Para los muestreos de la comunidad se utilizó parcelas de una dimensión de 25 x 25 m, elegidas al azar en sorteo⁶⁵. Con una intensidad de trabajo de 45 minutos de búsqueda por parcela⁶⁶. Durante todo el estudio, cada una de las parcelas fue visitada en tres ocasiones⁶⁷.

La búsqueda es realizada por dos observadores, siguiendo las pautas de encuentro visual en un rango de tiempo aproximado de 5:30-11:30p.m⁶⁸, utilizando lámparas manos libres (ver figura 5).



Figura 5. Búsqueda visual de anuros

Los anuros (adultos) son capturados manualmente, realizando inmediatamente el registro y mediciones morfológicas (peso, LHC, etc)⁶⁹. Luego se procede con el marcaje del individuo

⁶⁵ Las parcelas establecidas, tienen un área aproximada de 625m²; en la zona dos, en donde no se puede cumplir con este requisito por presentar en su centro suelo "firme", se toma la parcela en el sentido transversal del humedal y se realizan los muestreos en la parte anterior y posterior (lugares inundados) que representen el área trabajada.

⁶⁶ Los 45 minutos en cada parcela es de tiempo muerto, es decir, sólo corresponde a la búsqueda. Durante el procesamiento de los datos de los individuos el tiempo es detenido.

⁶⁷ La única parcela que no fue muestreada en el estudio es la N°5, debido a que se encontraba en el interior del espejo de agua y poseía una profundidad de 3m y orillas muy fangosas.

⁶⁸ Para la especie de *C. fraterdanieli* existen registros sobre su actividad principalmente diurna, sin embargo en el humedal presenta también un periodo de vocalización en horas de la noche.

siguiendo el corte de falanges (Heyer, *et al* 1994)⁷⁰ empleando los códigos para marcar anuros (Donnelly, 1989) (ver figura 6).

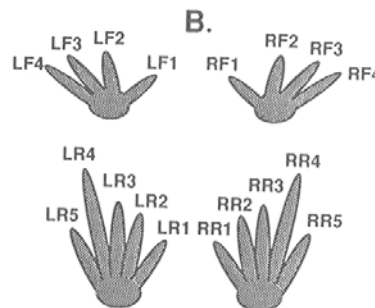


Figura 6. Código Donnelly (1989)

Posteriormente de su marcaje, el individuo es liberado en el punto de encuentro y se prosigue con la búsqueda de nuevos ejemplares.

5.3.3.2 Análisis de la población

Para cada una de las tres poblaciones de anuros adultos se determinan factores como: densidad relativa, abundancia relativa, preferencia y patrones de uso del hábitat⁷¹, distribución y desplazamiento, estatus y salud del ecosistema, entre otros ítems correspondientes a la especie y al hábitat.

Estas variables son determinadas de acuerdo a fórmulas específicas (densidad, abundancia, prueba chi-cuadrado (X^2) y a información recopilada y analizada durante más de ocho meses⁷² de monitoreo de la comunidad.

69 Se toman las medidas corporales y los datos requeridos según las tablas (HEYER, 1994 y LIPS, 2001)30: peso, longitud hocico-cloaca (SVL), etc. (Ver anexo B)




70 HEYER, R. Op cit., p xxi

71 La preferencia y uso son determinados por medio de observaciones directas en los transectos, registrando el número de individuos presentes en cada tipo de asociación (bromélias, litoral, troncos, etc), teniendo en cuenta los lineamientos propuestos para este tema por Heyer, *et al*, 1994. Posteriormente se realiza una prueba de chi-cuadrado(X^2)

72 Esta comunidad se le ha realizado un seguimiento desde el primer semestre del año 2000.

Se realiza además un análisis de índices de vocalización (ver tabla 7) para la comunidad, en donde se integran los factores medioambientales del día de muestreo, con categorías de individuos canores propuestas para el proyecto MAYAMON⁷³.

Tabla 7. Índices cualitativos de Vocalización

1	para un coro de 1-5 machos	 <i>Colostethus fraterdanieli</i>
2	para un coro de 6-20 machos	 <i>Hyla columbiana</i>
3	para un coro de 21-50 machos	 <i>Bufo marinus</i>
4	para un coro >50 machos	

5.4 MODELAMIENTO

5.4.1 Sistemas de Información Geográfico (SIG)

El proceso inicia con la digitalización de la cartografía existente de la zona (IGAC, esc 1:100.000) y geoposición de puntos foto identificables en aerofotografías (IGAC, esc 1:10.00).

Los puntos georeferenciados son transformados a coordenadas planas e ingresados a los softwares. Estos son articulados con las características propias de hábitat y modelados en los SIG.

Se emplean softwares especializados como ILWIS v.3.1, para el montaje de las curvas de nivel digitalizadas y el cruce de la información entre las características bióticas y las abióticas del humedal); El programa ARCVIEW v. 3.2, se utiliza para imprimir los planos.

⁷³ Categorías propuestas en el proyecto de monitoreo de anfibios MAYAMON en la región Maya de México, Guatemala y Bélize. Citado en LIPS, 2001.

Mediante la ayuda de estos programas se busca modelar las variables bióticas y abióticas del hábitat de la comunidad, dando como resultado, planos de representación virtual de ecosistema. Por ejemplo, se pueden modelar características físicas y químicas del agua en el humedal en un tiempo determinado y ver su relación con las zonas preferenciales de las especies.

5.4.2 Modelos Fenomenológicos

Los modelos de ecosistemas se constituyen para representar aspectos de la vida real, mostrando como la energía y la materia fluyen entre los componentes bióticos y los abióticos.

La modelación para este trabajo utilizará las convenciones estandarizadas de Lugo, A.⁷⁴, Odum H.⁷⁵Odum, E.⁷⁶ (ver figura 7). En donde, por medio de diagramas se representan cada uno de los componentes de los sistemas naturales y sus interacciones ecológicas.

Se desarrollan dos modelos, en donde se representan las interacciones de los flujos de energía de un humedal natural t_0 (óptimo) y un humedal intervenido t_n (actual).

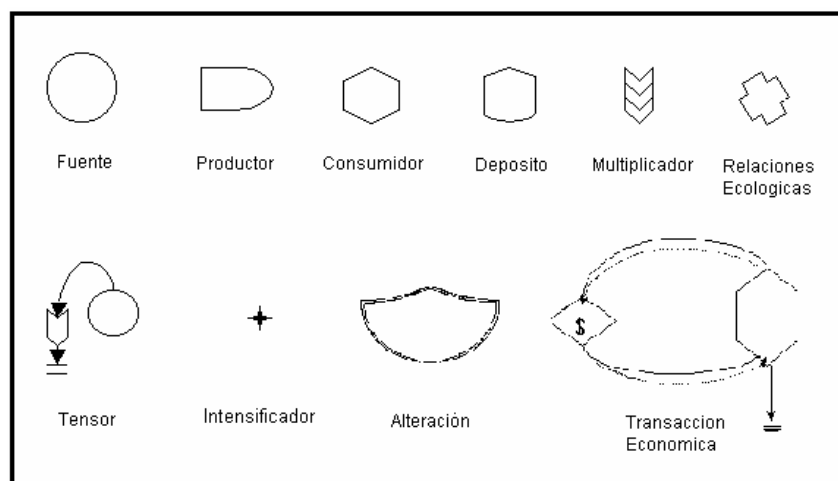


Figura 7. Simbología de los modelos Fenomenológicos⁷⁷

74 LUGO, A. Op cit., p xxi

75 ODUM, H.T.; Op cit., xxi

76 ODUM, 1977. Op cit., p xxi

Fuente: Adaptados de Lugo, A. y Odum, E.

5.4.3 Espacialización de las preferencias del microhábitat por la comunidad

El modelo se encuentra constituido por tres dimensiones: en donde el eje X es el número de individuos presentes por parcela (en la zona correspondiente); el eje Y son los tipos de preferencia de hábitat y el eje Z son las tres zonas delimitadas para el humedal. Los datos del número de individuos se confrontan con el tipo de preferencia del hábitat de forma perpendicular a los ejes, para cada una de las tres zonas.

La combinación de los datos en este esquema de la clasificación del microhábitat, permite describir la distribución ecológica de cada una de las especies en el sitio y servir como antecedente para la comparación de la distribución en otros lugares y con otras especies.

5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Mediante la prueba de ajuste a la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov) y de la igualdad de la varianza (Levene) se identifica si los datos en los diferentes grupos o muestras, se agrupan con la asunción para analizarlos mediante pruebas paramétricas como es ANOVA, el análisis de Regresión y correlación; sino cumple con tales asunciones los datos se analizan con pruebas no paramétricas como Kruskal Wallis.

77 Los símbolos de relaciones ecológicas y el intensificador son propuestos por el autor de este trabajo

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT

El hábitat descrito hace referencia exclusivamente, al constituido dentro del ecosistema acuático (humedal) (ver figura 8) y ocupado por la comunidad de adultos en estudio. En donde la especie *Hyla colombiana* es residente y las especies de *Bufo marinus* y *Colosthetus fraterdanieli* son visitantes.



Figura 8. Humedal (zonas tres y dos)

En general, los humedales son sistemas intermedios entre ambientes permanentemente inundados y ambientes normalmente secos. Esta característica de ecotono, le permite albergar importantes procesos ecológicos (ver figura 9) determinados principalmente por el régimen hídrico,

el cual tiene la propiedad de modificar sustancialmente las características físicas y químicas del suelo y del agua, permitiendo así, precisar factores específicos para la supervivencia de la biota.

Además existen factores naturales (clima y morfología) y antrópicos (uso del paisaje) que le confieren al humedal propiedades particulares e inciden directamente sobre todos sus componentes.

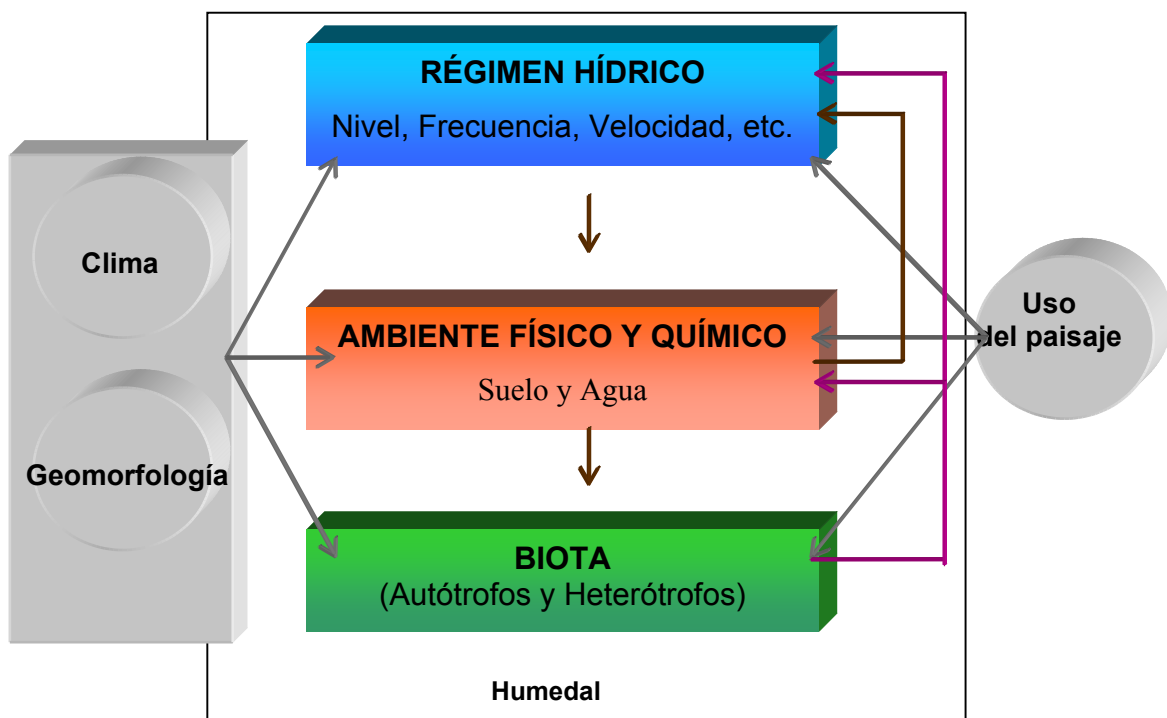


Figura 9. Diagrama conceptual de los componentes del humedal y sus interacciones

Adaptado de: MITSCH and GOSSELINK, 2000

Cada uno de los parámetros que se tratan a continuación, forman una idea de los atributos más importantes del hábitat de las especies de anuros en el humedal, por tanto se consolidan como una base en el conocimiento ecológico de los componentes del hábitat para la comunidad.

Los datos obtenidos, sólo son comparables con sistemas muy parecidos que se encuentren dentro de la Meseta de Popayán.

6.1.1 Ambiente Físico

6.1.1.1 Geomorfología

El macrohabitat se encuentra encajado entre dos laderas opuestas constituidas a su vez de: pasturas y otra de un relicto de bosque secundario poco intervenido, estos dos flancos poseen un pendiente aproximada de 30° que corresponden a topografías medianamente quebradas. Además es importante tener en cuenta que la acción física que ha generado el ganado sobre el suelo durante varios años, le ha conferido la presencia de surcos (pata de vaca) los cuales dejan ver las primeras capas de suelo (ver figura 10).



Figura 10. Geomorfología sector oeste (potrero)

El humedal posee un cauce principal (quebrada piedras) el cual abastece buena parte del agua, mediante una corriente suave y continua. El mayor aporte de agua al humedal se realiza a través de la escorrentía superficial y lateral, debida principalmente a la conformación geomorfológica del sector.

Las características biológicas del humedal varían de acuerdo a las zonas propuestas: en la zona tres, se puede encontrar una profundidad de hasta 2 m aproximadamente en su parte central, y entre 0.5-1m en el sector del perímetro; la zona dos se caracteriza por presentar en su parte media, tierra firme de una extensión aproximada de 500 m², ofrece además regiones hasta de 2.5 m de profundidad y en su perímetro 0.6-1m; Estas dos zonas se caracterizan por poseer una cobertura vegetal densa en la mayor parte de su área y residuos sumergidos de árboles de gran porte (restos del bosque original); en la zona uno se puede identificar un área de 900m² aproximadamente, la cual corresponde al espejo de agua (zona limnética), que tiene una profundidad de hasta 4m y en su perímetro 1.5m, además posee dos canalizaciones pequeñas de salida, que conforman nuevamente la quebrada (Anexo C). El humedal tiene una longitud de 308.3m y un ancho máximo de 96.94m.

6.1.1.2 Clima

Los datos climáticos históricos para la meseta de Popayán son: (temperatura media anual de 18.9°C, precipitación media anual corresponde a 177.2mm/m², humedad 77.5%, brillo solar 147.95horas, evaporación 93.5mm)²³ (ver tabla 8).

Popayán presenta una característica bimodal, en donde los primeros y los últimos meses del año son de lluvias y el periodo seco se presenta en la mitad del año (ver tabla 8).

78 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Op cit.; p 34

Tabla 8. Cartas climatológicas históricas de medias mensuales de Popayán

MEDIOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PREC	199.8	175.7	216.4	200.9	170.7	76.9	54.8	65.9	122.7	252.6	338.5	252.3
No DIAS	17	16	19	20	21	14	10	10	15	23	24	21
TMAX	29	29	29.4	29.0	29.3	29.2	29	30.1	29.6	29	28.4	29.2
TMIN	8.2	7.4	6.4	8.8	8.8	6.8	6.8	6.1	6.1	8.8	8	8
TM-MÁX	24.1	24.3	24.6	24.4	24.3	24.6	24.9	25.1	24.8	24.1	23.8	23.9
TEMP	18.8	19.1	19	19	18.9	19	19.1	19.3	19	18.5	18.4	18.6
TM-MIN	13.2	13.3	13.5	13.7	13.8	12.8	11.9	12	12.4	13.4	13.6	13.7
HUM	80	79	79	80	80	77	71	69	74	80	82	82
EVA	88.9	87.2	102.6	83.7	82.4	92.6	110.6	105	100.1	87.8	87.7	83.8
BRILLO	160.6	125.9	125.9	106.8	113	147.6	172.8	162.3	129.2	108.9	121.4	140.4

Fuente: Cartas climatológicas Históricas de Popayán 1999. IDEAM, Estación Aeropuerto Guillermo León Valencia.

Durante el tiempo de muestreo predominaron los meses secos y cálidos, el año 2003 se caracterizó por no presentar de forma marcada los dos periodos históricos bimodales, mostrando principalmente épocas secas. Durante los meses del monitoreo, los dos o tres días anteriores a los muestreos se presentaban lluvias y luego continuaba con periodos secos hasta el siguiente muestreo.

Durante los ocho meses⁷⁹ de estudio los registros climatológicos para Popayán fueron (IDEAM, 2003)⁸⁰ (ver figuras 11-13).

79 En el mes de Noviembre no se realizaron muestreos, pero se tiene en cuenta para comparar el comportamiento climático del último bimestre del año 2002.

80 IDEAM. Registros meteorológicos, Estación: Aeropuerto "Guillermo León Valencia" 2003.

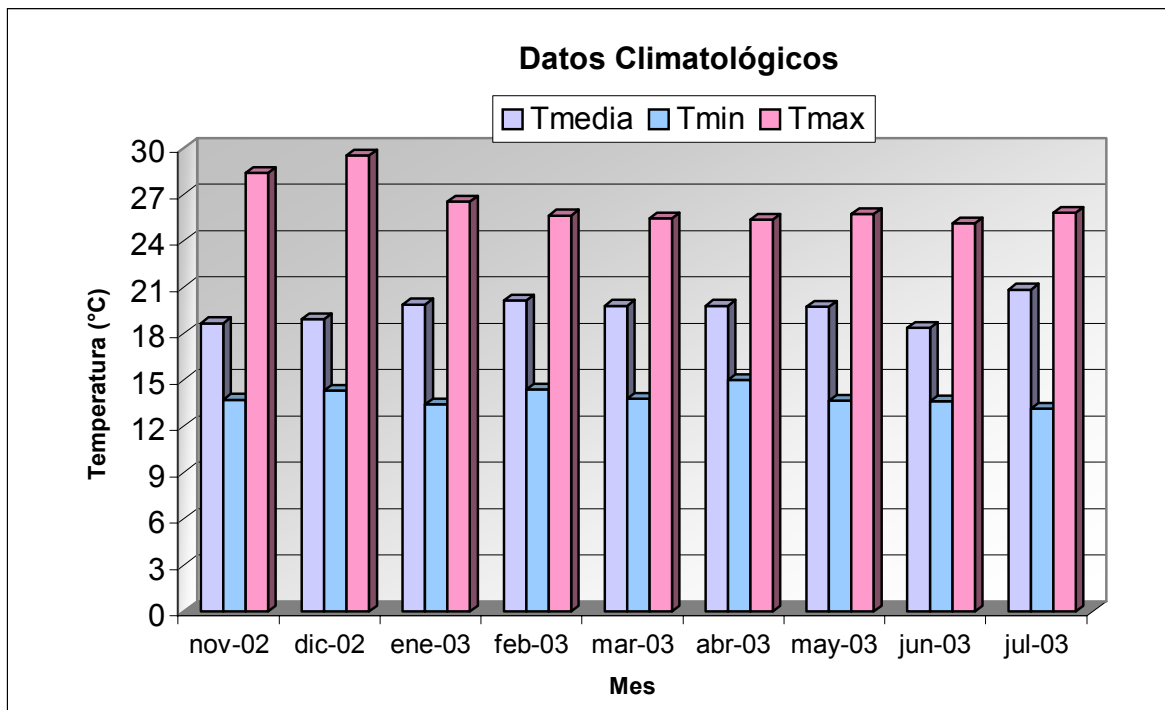


Figura 11. Registros de Temperatura para Popayán

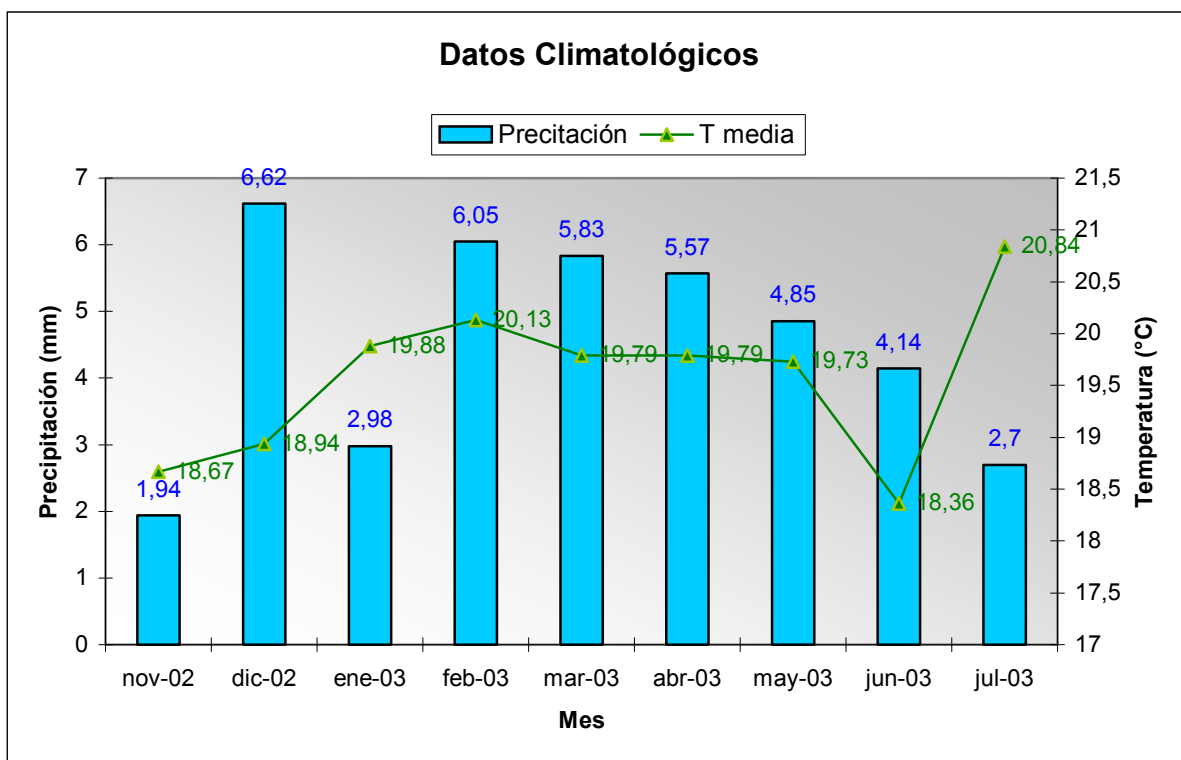


Figura 12. Registros de Precipitación y Temperatura media para Popayán

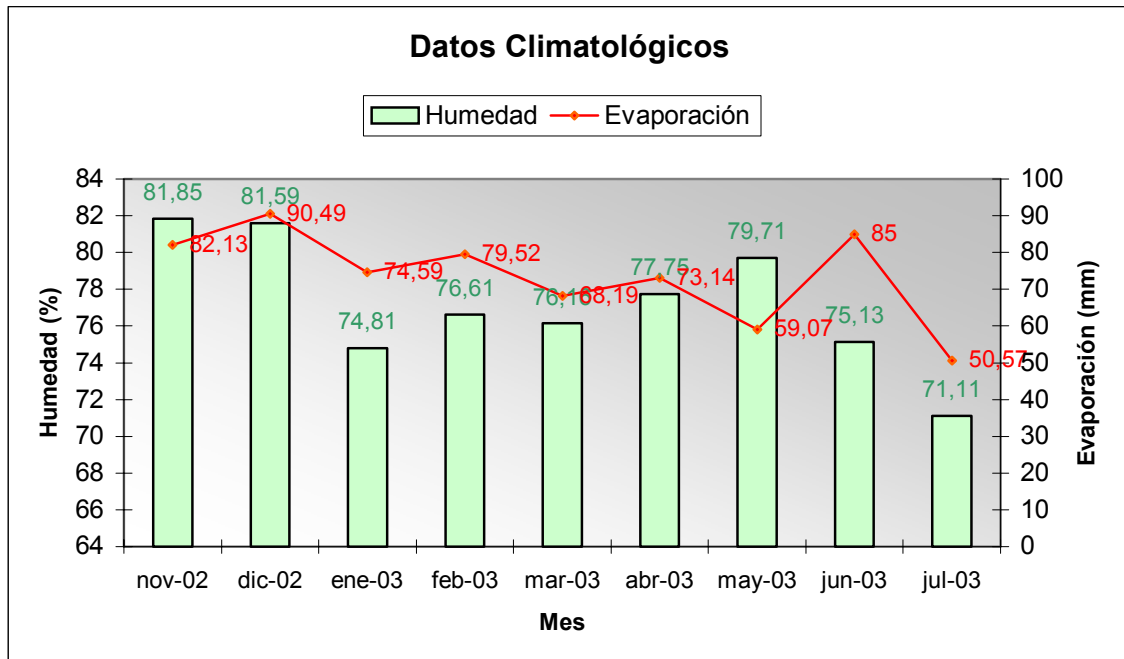


Figura 13. Registros de Humedad y Evaporación para Popayán

Los datos climáticos son especialmente importantes para la interpretación de los resultados en los estudios de anfibios debido a su dependencia a la humedad. Aunque las diferentes especies tienen rangos diversos de tolerancia, todos los anfibios intercambian los gases y pierden agua a través de la piel y, por consiguiente, son vulnerables a las condiciones secas. La temperatura, la precipitación, y otros factores climáticos influyen sobre las distribuciones geográficas y ecológicas de los anfibios, el tiempo e intensidad de su alimentación, la reproducción, y la migración. Estas condiciones también afectan las densidades de las poblaciones y sus interacciones (Heyer, 1994)⁸¹.

81 HEYER, R. *et al.* Op cit., p xxi

6.1.1.3 Suelo

La meseta de Popayán localizada sobre la cordillera occidental Colombiana es una región con materiales parentales y relieves moldeados por procesos volcánicos donde los contenidos de materia orgánica dependen de las anteriores características. Sobre la región priman los Andosoles (Clasificación FAO), donde el componente orgánico es muy alto a causa del complejo entre las alofanas y las sustancias húmicas provenientes de la síntesis de los compuestos orgánicos, o el complejo aluminio-humus. Por las características de clima y la zona de vida en las cuales se localiza el área de estudio y siguiendo la clasificación de la novena aproximación americana, se puede plantear que los suelos del sector de interés corresponde a suelos de climas frío, húmedos y muy húmedos derivados de cenizas volcánicas que bien pueden corresponder a las clases Melanudands, Hapludands, Fulvudands y Placudands.

Para la descripción del área de trabajo se utilizará la clasificación internacional de la FAO. En tal sentido los perfiles de suelo en el área de estudio, presentan horizontes A (B), C en el más alto grado evolutivo, con pH ligeramente ácidos, baja saturación de bases y altas capacidades de intercambio con una alta retención fosfórica, y con altos valores en materiales orgánicos, además de presentar dominancia de compuestos con bajo grado de polimerización y abundantes huminas⁸².

Entre sus propiedades físicas, las más resaltantes se asocian con densidades aparentemente bajas, alta superficie específica y una alta retención de humedad. La permeabilidad y movimiento del agua en estos suelos (Andosoles) en general son altos generando potenciales pérdidas de elementos tales como: nitratos, calcio y magnesio (Suárez de Castro y Rodríguez, 1955,1958)⁸³

⁸² INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). Suelos de Colombia : origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Santa Fé de Bogotá: IGAC, 1995. 632 P.

⁸³ Suárez de Castro y Rodríguez citado por: SANCHEZ, A.P. Suelos del Trópico. Costa Rica: IICA, 1981. 634 P.

Estos suelos presentan una alta sensibilidad a la degradación estructural y su pérdida por procesos erosivos es importante.

Los procesos desarrollados dentro de la dinámica del suelo (ver figura 14) contribuyen en gran parte en los ciclo de elementos biogeoquímicos (nitrógeno, fósforo, entre otros) presentes en el humedal.



Figura 14. Dinámica del suelo

Adaptado de: Zunino, 1983. citado en: IGAC, 1995.

6.1.1.4 Uso del paisaje

Un paisaje puede ser definido como un área en la cual todos sus puntos poseen una geomorfología y un clima similares, que se encuentran sometidos, a un mismo régimen de disturbios tanto en frecuencia como en intensidad a lo largo del tiempo (Forman y Godron, 1986; Zonneveld, 1995)⁸⁴. Por otra parte, el hombre ha influido en la mayoría de los paisajes, dando como resultado mosaicos de parches naturales y antrópicos, los que varían en tamaño, forma y disposición (Burgess y Sharpe, 1981; Krummel *et al.*, 1987; Zonneveld, 1995)⁸⁵.

La estructura del paisaje de la zona de estudio se encuentra conformada por un mosaico natural y otro artificial. En donde el natural se encuentra formado por la corriente natural de agua, la geomorfología del terreno y el bosque aledaño (parcialmente natural), y uno artificial en donde las actividades humanas, han influido en forma diferencial sobre la estructura del paisaje, contribuyendo a aumentar o disminuir su heterogeneidad.

El hombre utiliza el paisaje de acuerdo a sus necesidades e intereses, por medio de actividades tales como: cultivo de pastos, actividad pecuaria, tendidos eléctricos, carretera pavimentada, represamiento del humedal, extracción maderera en el bosque. Estas características le confieren al paisaje una heterogeneidad y una estructura cambiantes a través del tiempo.

Las especies propias del humedal, maneja el paisaje de acuerdo a sus necesidades ecológicas y las restricciones de orden antrópico y natural, predominando las primeras.

⁸⁴ Forman y Godron, 1986; Zonneveld, 1995. citado en: QUINTANA, Ruben D. Relación entre la estructura del paisaje en un humedal y la fauna silvestre : El carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) como caso de estudio. [On line] Buenos Aires. Disponible en internet : <URL: <http://www.unesco.org.uy/mab/documentospdf/11.pdf>>.

⁸⁵ Burgess y Sharpe, 1981; Krummel *et al.*, 1987; Zonneveld, 1995. citado en: QUINTANA, Ruben D. Relación entre la estructura del paisaje en un humedal y la fauna silvestre : El carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) como caso de estudio. [On line] Buenos Aires. Disponible en internet : <URL: <http://www.unesco.org.uy/mab/documentospdf/11.pdf>>.

6.1.1.5 Hidrología

La zona de estudio se ha caracterizado históricamente por la presencia de numerosos humedales, los cuales en los últimos años han sufrido diversas alteraciones de orden antrópico (magnitud tipo dos-perturbación severa, según Ramsar) y natural (predominando los primeros)⁸⁶. Las características orográficas del sector permiten la confluencia de masas de agua provenientes de diferentes fuentes (carretera, cauce principal, escorrentía superficial y lateral, precipitación, entre otras).

La clasificación del humedal en estudio, dentro de una tipificación tradicional es muy difícil e imprecisa, debido a que se presentaría en diversas clases, como: ripariano, lacustre, artificial y palustre. Siendo de esta manera equivoco situarlo dentro de una categoría en particular.

El estudio se centra en la zona del humedal, debido a su trascendencia para las especies estudiadas y por su importancia ecológica en los procesos de regulación del sistema natural.

Las características Físicas y Químicas del humedal durante el periodo de estudio comprendido entre Diciembre de 2002 a Julio de 2003, fueron:

6.1.1.5.1 Precipitación

La atmósfera contiene sales procedentes de la evaporación del agua marina, levantada por el viento sobre las olas, materiales del suelo (silicatos, carbonatos) e iones procedentes de las actividades antrópicas realizadas en la región. Esta variable tiene una relación directa en el aporte y/o dilución de elementos, alterando la concentración y movilidad de determinados iones que rigen las condiciones químicas del agua.

⁸⁶ Un caso tangible de desecación artificial de humedales se presenta a 800m de distancia del humedal en dirección oeste (cruzando la variante) en donde para conveniencia humana se ha modificado totalmente el ecosistema. En esta zona se encuentran presentes las tres especies en estudio.

Para efectuar la relación de esta variable con las físicas y químicas del agua, se tuvo en cuenta el promedio de: la precipitación del día de muestreo y sus 14 días anteriores, más no la del mes, por estar estos íntimamente relacionados con la medición. La precipitación media durante los siete meses de muestreo fue de 5.89 (mm), encontrándose una diferencia altamente significativa ($p = 0.00$) entre los siete meses, en donde los menores promedios se dieron para el muestreo del segundo mes con 0.8 (mm) y el mayor para el quinto mes de muestreo con 10.46 (mm) (ver figuras 15 y 16) (ver Anexo D).

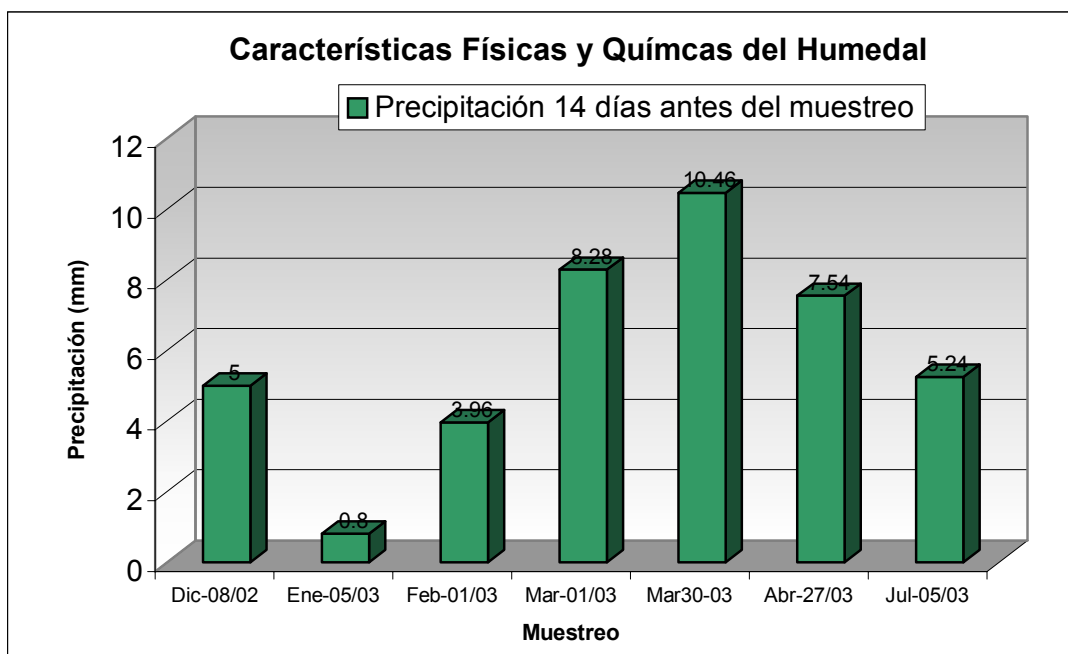


Figura 15. Precipitación de los últimos 14 días antes del muestreo en cada mes

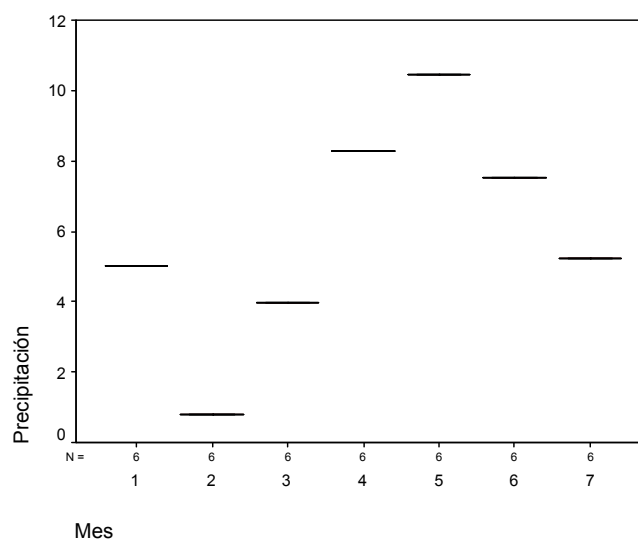


Figura 16. Diagrama de cajas (un sólo valor por mes), comparación de la precipitación durante los siete meses de muestreo

El año 2003 presentó un comportamiento no convencional en los patrones de precipitación y otros factores climáticos (nubosidad, radiación solar, etc), no ajustándose estos a la pauta bimodal (ver tabla 8). No se presentaron periodos marcados de lluvia y secos, por lo tanto no se pudo realizar la estimación de las diferentes variables bióticas y abióticas del hábitat para los periodos de lluvias históricas, lo cual hubiera sido importante.

6.1.1.5.2 pH

El humedal presenta un pH general de 5.53, presentándose una variación importante para la zona uno ($p = 0.023$) y para el quinto mes ($p = 0.012$) (ver figura 17). Sin embargo existe una relación directa entre zonas y meses ($p = 0.000$), en donde los pH más bajos se presentaron en la zona uno el sexto mes (4.71) y en la parcela dos en el segundo mes (4.72), el más alto se obtuvo en la zona uno en el primer mes con un valor de (6.49) (ver figura 17 y 18) (Ver Anexo E).

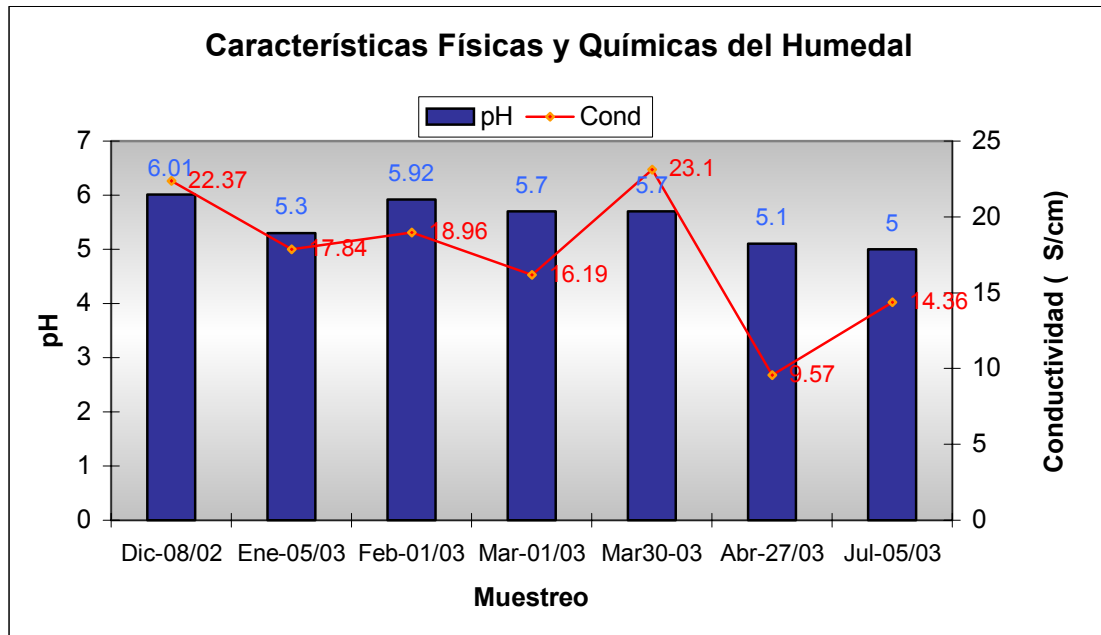


Figura 17. Valores de pH y conductividad durante el muestreo

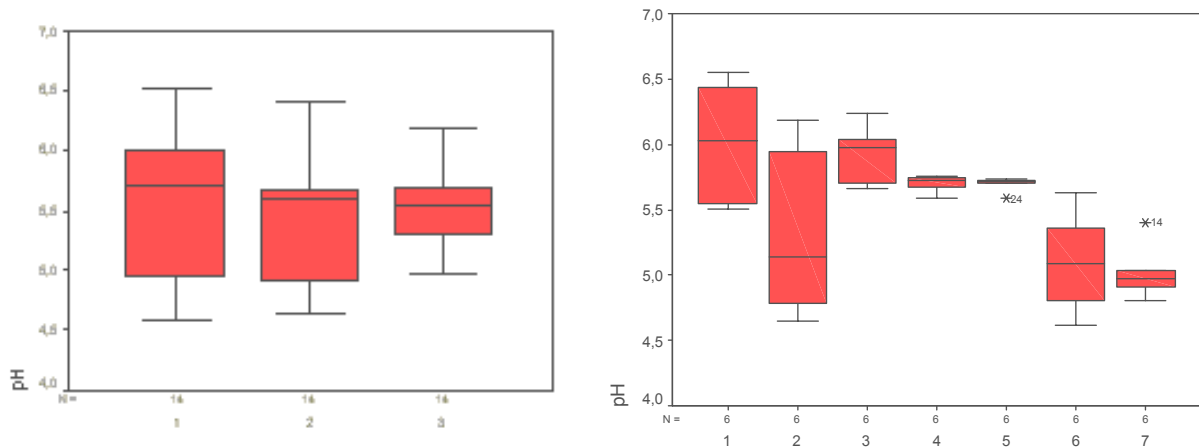


Figura 18. Diagramas de cajas, comparación del pH entre zonas y entre muestreos.

Las variabilidad en los valores obtenidos para la zona uno se debe en parte a su estructura (ver figura 18 y Anexo C), la cual presenta un gran espejo de agua, que le confiere una interacción directa con factores tales como: viento, precipitación y zona fótica >1m. Estos factores permiten una mayor variación del pH de acuerdo a las condiciones predominantes dentro del sistema. Su

valor es de 5.65, el cual se debe principalmente a su estructura (ver anexo C) y a una menor cantidad de materia orgánica presente en relación con las otras dos zonas.

La zona dos presenta el pH más bajo (5.39) de todo el humedal, debido a su alto contenido de deyecciones vacunas, las cuales caen directamente dentro del sistema acuático y le confieren potencialmente importantes valores de acidez y de otros iones propios del metabolismo animal (amoníaco NH_3 , nitritos NO_2^- y nitratos NO_3^-).

La zona tres, presenta un valor de pH (5.56) que se encuentra relacionado con su estructura (Anexo C), la cual presenta importantes restos orgánicos del bosque original y es esta la que recibe todos los aportes provenientes del bosque, desarrollándose en ella importantes procesos de oxidación. Además posee una importante cobertura homogénea, que regula la velocidad de los elementos en el agua y la penetración lumínica.

El pH tiene una gran dependencia de los iones y sustancias aportadas por: la atmósfera, el suelo y el CO_2 . Los valores de precipitación y CO_2 para los meses seis y siete tienen un efecto directo sobre la disminución de pH para estos mismos meses, debido a la acidificación del agua producida por el ácido carbónico no disociado (H_2CO_3), proveniente del anhídrido carbónico existente en la atmósfera.

El pH general en el humedal presenta un valor muy bajo (5.53), el cual se encuentra influenciado por dos tipos de variables: la primera de orden natural, en donde las características volcánicas propias del suelo de la meseta de Popayán, le confieren la presencia de elementos como aluminio y azufre los cuales le propician condiciones de acidez importantes, además de los bajos pH presentes en la lluvia en la ciudad (Burbano, 2003)⁸⁷; la segunda variable es de tipo antrópico, en donde la implementación de la ganadería intensiva en la región genera una capacidad de carga

87 BURBANO, Martha. Análisis de la sensibilidad a la lluvia ácida en una ciudad intermedia tropical, Popayán, Colombia. Popayán, 2003, 150p. Trabajo de grado (biólogo). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

muy alta⁸⁸ para el ecosistema acuático, alterando las características físicas y químicas del agua. Esta variable determina en gran parte los patrones de distribución de la biota existente dentro del sistema acuático.

6.1.1.5.3 Conductividad

La conductividad (superficial) general para el humedal es de 17.48 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), no existe diferencia entre las tres zonas ni relación zona-mes, sin embargo existe variación entre los meses de muestreo, en donde el muestreo del mes cinco (30 marzo) presenta una diferencia significativa ($p = 0.045$) (ver figura 17 y 19).

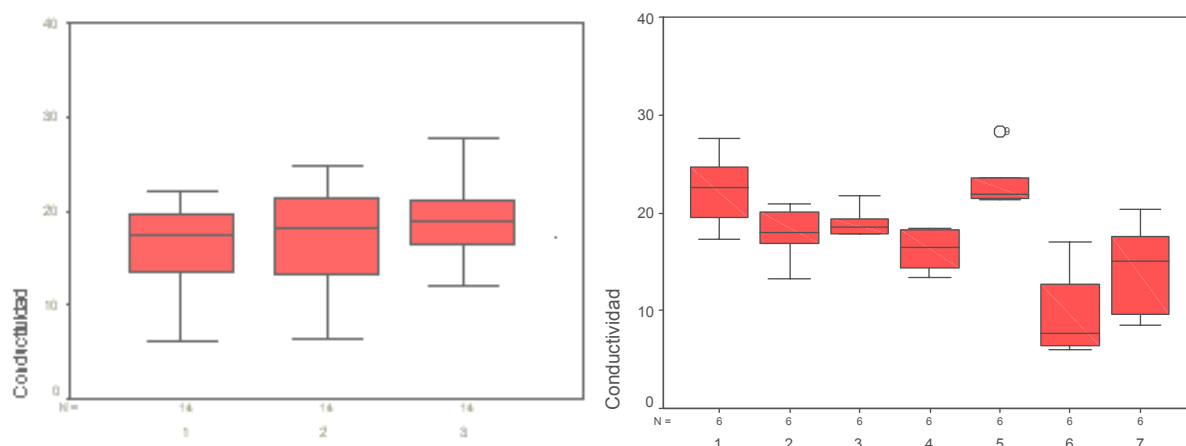


Figura 19. Diagramas de cajas, comparación de la conductividad entre zonas y muestreos.

En el quinto mes se presentó la mayor conductividad para el humedal ($23.1 \mu\text{S}/\text{cm}$) debido al aumento de CO_2 , una pequeña disminución en el pH y por presentarse en este mes el promedio más alto de lluvia (mayor transporte de materiales). El sinergismo de estos factores, condiciona la alteración en los valores en la conductividad.

⁸⁸ En la ladera occidental (ocho Ha) que limita con el humedal, se maneja aproximadamente 120 cabezas de ganado de levante.

En cuanto a su relación en las zonas (ver figura 19), la conductividad más alta se presenta en la zona tres (19.93 μ S/cm), la cual alberga gran cantidad de materia orgánica y es el principal receptor de materiales del bosque y el potrero. Estos factores y la estructura de la zona (ver Anexo C) inciden fuertemente en los valores del humedal, el cual presenta un orden decreciente de valores para la zona tres a la zona uno (ver Anexo F).

6.1.1.5.4 Oxígeno Disuelto (OD)

Las mediciones de oxígeno superficial respondieron a tres tipos de sitios propuestos para el muestreo, donde el tipo de cobertura y su influencia en la penetración de luz⁸⁹ juegan un papel importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del sistema.

Los valores encontrados en el humedal presentan un nivel muy bajo de OD y su porcentaje de saturación, para los meses de enero y abril (ver figura 20), demostrando así, un rango muy limitado (subsaturado) para la supervivencia de algunas especies⁹⁰.

Es importante tener en cuenta que, el oxígeno se difunde más rápidamente en el aire (10⁴ veces más fácil) que en el agua. Por otra parte, la gran cantidad de materia orgánica en descomposición que alberga el humedal, conlleva a numerosos procesos anaerobios para la transformación de estos materiales. Encontrándose el sistema en un continuo proceso de oxidorreducción (redox), el cual se ve reflejado en la concentración de: oxígeno, amonio, metano entre otros elementos, a través del tiempo y de la columna de agua.

89 Zona fótica A (ZFA), No existe vegetación y una penetración lumínica >1m; Zona fótica B (ZFB), Existe muy poca vegetación y la penetración de luz es < 1m; y zona fótica C (ZFC), vegetación descompuesta que cubre en su totalidad el agua y no permite la penetración de luz.

90 En el Mes de Marzo se encontraron dos ejemplares de *Astroblepus sp* muertos en la zona dos (exactamente en la playa de abrevadero del ganado), este suceso puede estar relacionado con diferentes factores como: Oxígeno disuelto bajo, pisoteo por ungulados o ataque de depredadores, entre otros, que pueden ser las posibles causas de la su mortalidad.

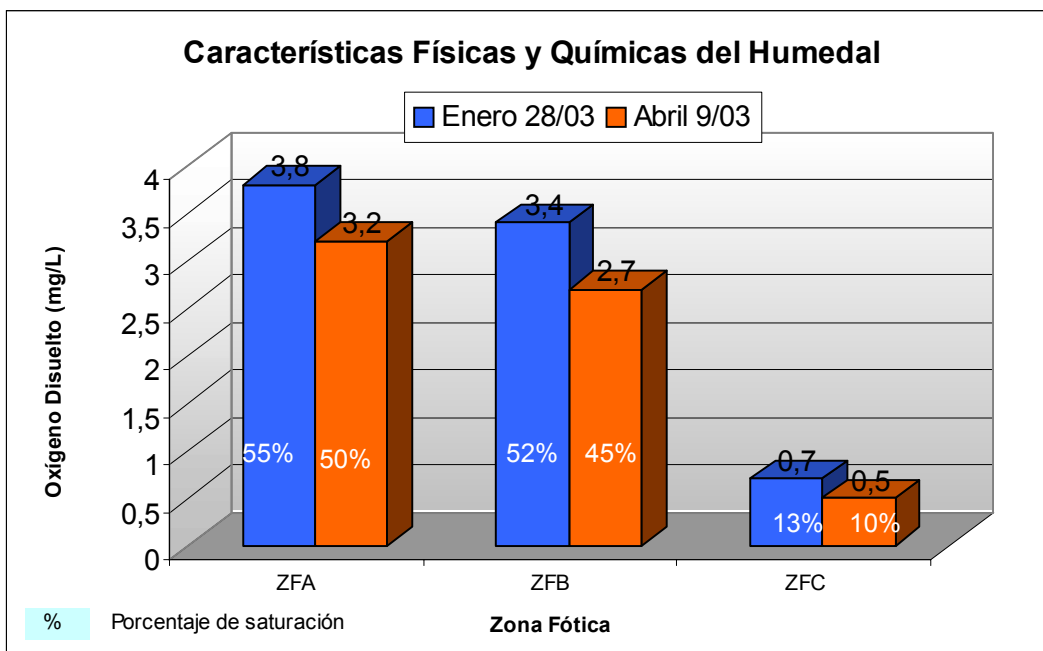


Figura 20. Oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación para tres zonas fóticas

Las zonas fóticas del humedal condicionan la organización vertical del mismo, en donde el potencial redox afecta directamente la distribución de toda clase de organismos. El transporte vertical está regulado por las características hidrodinámicas dadas por el viento y el intercambio térmico entre el agua y la atmósfera. La disipación gradual de estos elementos conduce al establecimiento de una termoclina, a la sedimentación de una parte de la materia orgánica sintetizada y a la descomposición ulterior, que consume oxígeno en la profundidad y establece un gradiente principal de la concentración de dicho gas, con el que se correlacionan otros gradientes. (Margalef, 1983)⁹¹

Los niveles para cada una de las zonas (ZFA, ZFB y ZFC) encontradas en el humedal, corresponden completamente a las características propias de la organización vertical presentes en los sistemas acuáticos. En donde la zona fótica A, presenta el valor más alto, dado sus

91 MARGALEF, Ramón. Limnología. Barcelona : Ediciones Omega, 1983. 1010 P.

características propias (autótrofos presentes, temperatura, etc); la zona fótica B, la cual presenta una cobertura vegetal y su área de penetración lumínica es menor, le confiere característica como: restricción ecológica de los organismos autótrofos, el estrato anóxico se encuentra más cerca de la superficie; y por último la zona fótica C, en donde se presenta el valor más bajo, debido a la descomposición de materia en donde se caracteriza por presentar organismos productores de CO₂, consumo de O₂ en este proceso, alteración de la temperatura, ausencia de autótrofos , entre otras características.

La variación en la concentración de OD y su porcentaje de saturación en los dos muestreos, obedecen a diferentes factores: (a) el efecto de la precipitación, debido que el mes de enero fue un periodo marcadamente seco y los meses cuarto y quinto de lluvia, en donde el periodo de lluvia proporciona arrastre de material al agua (el quinto mes el agua se caracterizaba por presentar una importante turbiedad), lo cual tiene un efecto directo sobre el OD; y (b) un factor importante que hay que tener en cuenta es la influencia de la temperatura en la hora de colecta, a pesar de ser la misma hora, la intensidad lumínica no lo era. Debido al factor anterior, es más conveniente interpretar los datos de oxígeno en términos de porcentaje de saturación y no de OD.

6.1.1.5.5 Dióxido de Carbono Disuelto (CO₂)

Existe una diferencia altamente significativa para el CO₂ entre los meses de muestreo, en donde el máximo valor se presentó en el primer mes (0.12mg/L) y el mínimo en el cuarto mes (0.01mg/L) (ver figura 21 y anexo G) La cantidad de CO₂ presente en el agua revela igualmente que el O₂ el estado trófico del ecosistema.

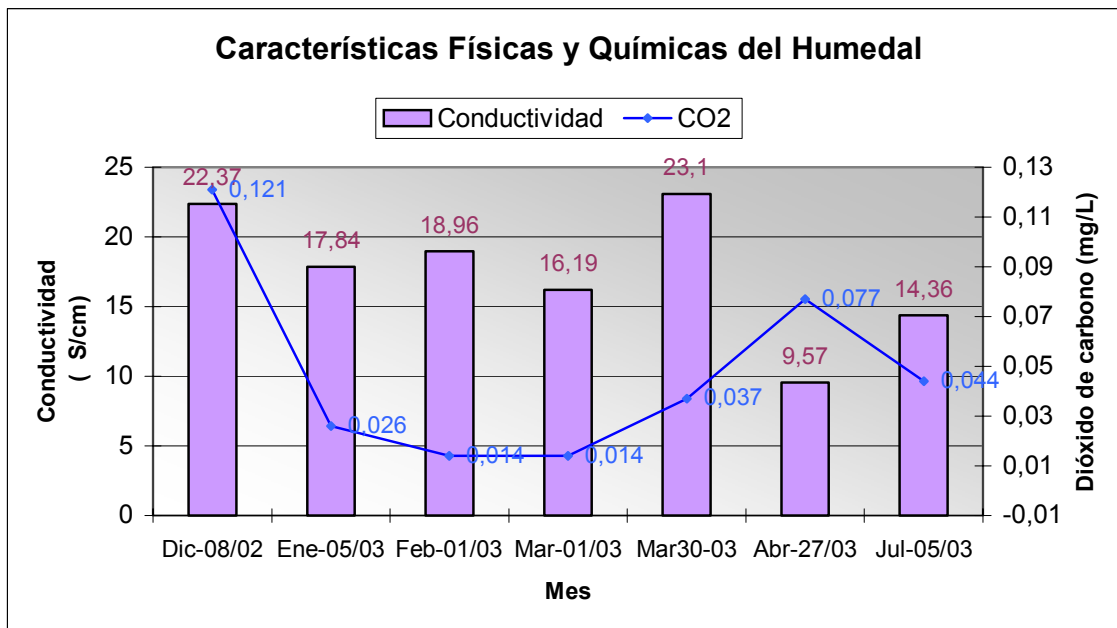


Figura 21. Valores de Conductividad y CO₂ presentes en el humedal

La cantidad de carbono y sales aportado al humedal por medio de: la respiración, precipitación y el intercambio directo atmósfera-agua, genera un efecto directo sobre la conductividad y el pH, aumentando de esta manera los valores de conductividad para el mes quinto (mes de mayor precipitación).

La cantidad de metano (CH₄) producida en la descomposición anaeróbica de la materia orgánica es considerable. Se ha observado la continua aparición de burbujas en la superficie (metano y otros gases), además el humedal presenta un fuerte olor.

6.1.1.5.6 Turbiedad

La penetración de luz a través del agua, determina las condiciones físicas y químicas que regulan los procesos biológicos que se realizan en el sistema. La turbiedad promedio para el humedal es

de 64.85 (UNF), en relación a los valores medidos para cada mes no existe diferencia significativa entre los meses, en donde el mayor valor se presentó el sexto mes (215 UNF) y el menor el tercero (18 UNF) (ver figura 22 y Anexo H).

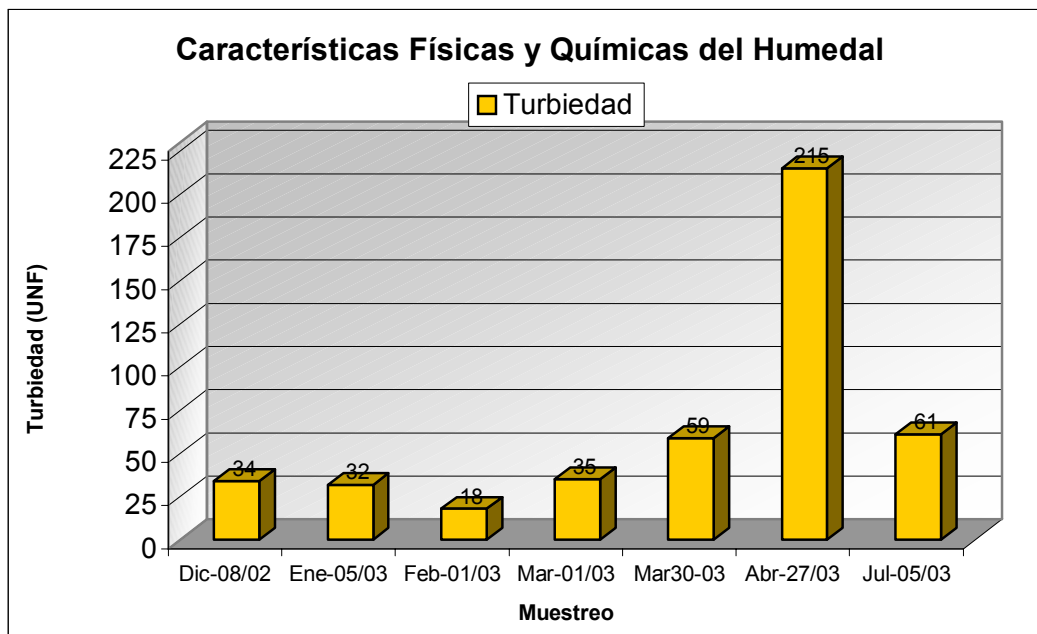


Figura 22. Valores de Turbiedad presente en el humedal

La turbiedad se encuentra directamente relacionada con la precipitación y se puede ver claramente en el mes sexto (máximo valor), como resultante de tres meses predecesores de abundantes lluvias en donde son arrastrados diferentes aportes (sedimentos e iones) hasta el humedal. Este proceso (lixiviación y escorrentía) no son muy rápidos y por esto se puede ver su mayor expresión en este mes. Esta variable incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema.

6.1.2 Ambiente Biológico

Vegetación y Fauna asociada

La estructura biótica (categoría de organismos, asociaciones alimentarias y asociaciones de sustento mutuo) del ecosistema, se encuentra soportado por los diferentes organismos que en ella habitan. Enfatizándose en este estudio en las relaciones sucedidas entre la vegetación y la fauna (especialmente los anuros).

En muchos hábitats, los anfibios son el mejor medio de transferencia de la energía de los invertebrados a los predadores que se encuentran más arriba en la cadena alimenticia. Además, desarrollan un importante papel en diversos ecosistemas, en los flujos de energía y nutrientes (Stebbins R. and Cohen N., 1995)⁹².

Se tuvieron en cuenta algunos componentes de estructura de las comunidades como: riqueza de especies, abundancia, similaridad y distribución para algunos de los grupos analizados.

6.1.2.1 Vegetación Asociada

El humedal presenta numerosas especies de tipo herbáceo y arbustivo, en donde las plantas macrófitas emergentes asociadas se encuentra representada por 20 familias, en donde son dominantes: Rubiaceae, Poaceae y Asteraceae, con un total de 33 de especies presentes (ver Anexo J).

⁹² Stebbins R. and Cohen N. Op cit., p 23

La vegetación revela una transición que está determinada por: la profundidad del agua y el uso de la tierra, demostrando una variabilidad gradual en los suelos sumergidos, hasta los anegados y por último los secos.

Entre los representantes propios de las zonas húmedas se pueden citar: *Osmunda regalis*, *Anthurium pedatum*, *Rhynchospora corymbosa*, *Eleocharis elegans*, *Ludwigia sp.*

Realizando una comparación en cuanto a la diversidad y distribución de las especies en las tres zonas del humedal, se puede decir:

Diversidad: Existe una diversidad (H') baja en toda el área de estudio, pues el índice consolidado es de 0.43 (ver tabla 9).

Tabla 9. Índices de Diversidad para las especies vegetales

Index	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Shannon $H' \text{ Log}_{10}$	0.449	0.374	0.482
Shannon $H_{\text{max}} \text{ Log}_{10}$	0.845	1.204	1.38
Shannon J'	0.531	0.311	0.349

Similitud: En términos generales, se puede afirmar que hay un grado medio-alto de similitud entre las comunidades vegetales de los diferentes zonas de muestreo (ver tabla 10 y 11). El dendrograma obtenido (ver figura 23) de las zonas del humedal, confirma los datos de similaridad; este muestra la presencia de dos grupos, en donde la zona tres y la zona dos tienen más especies similares (74.29%) que la zona uno con las otras dos zonas.

Tabla 10. Matriz de Similaridad para la vegetación

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Zona 1	*	63.3846	72.4367
Zona 2	*	*	74.2905
Zona 3	*	*	*

Tabla 11. Similaridad y Distancia entre especies vegetales

Step	Clusters	Distance	Similarity	Joined 1
1	2	25.7095165	74.2904835	2
2	1	27.5632572	72.4367428	1

Esto responde a la zonificación ecológica presente en la zona marginal de vegetación en la zona uno, la cual comparte más especies con la zona tres que con la dos, debido a la pequeña área (perímetro del espejo de agua) en la cual se encuentran las especies y el efecto de borde presente en las zonas exteriores (uno y tres).

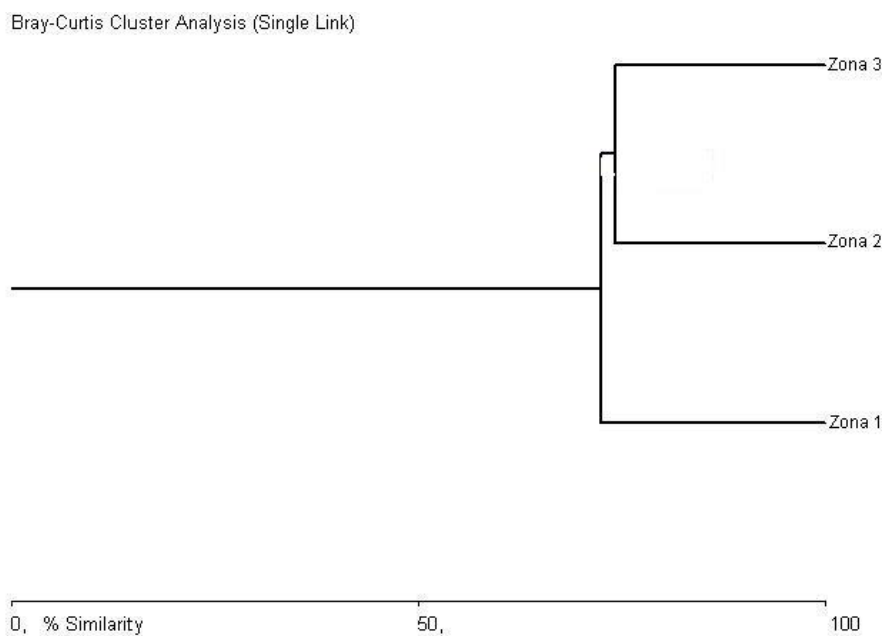


Figura 23. Dendrograma de las especies vegetales

Dominancia: La especie de mayor abundancia relativa en el humedal es *Rhynchospora corymbosa* (70%), siendo además la más abundante en cada una de las tres zonas propuestas: Z1 (22.9%), Z2 (20.35%) y Z3 (26.75%) (ver figura 24).

Distribución: De acuerdo a la probabilidad presentada en el anexo K, de las 33 especie existentes en el humedal, dos se encuentran distribuidas al azar (*Eleocharis elegans* y *Panicum sp*) y las otras especies de manera uniforme en la zona.

Algunas especies encontradas en el humedal demuestran la acción de la frontera pecuaria sobre el hábitat, es decir, especies como *Pennisetum purpureum* y *Andropogon bicornis*, entre otras, pertenecen más a un ecosistema de cultivo pecuario que de un sistemas acuático. Por lo tanto se evidencia la fuerte presión ejercida por especies invasoras sobre el sistema.

La distribución y densidad de las especies vegetales en el humedal, es muy destacada (ver anexo L). En donde, la zona tres presenta una cobertura homogénea y densa, y esta disminuye a la vez que se aproxima a la zona uno (ver figura 25). Confiriéndole a la vegetación una disposición que incide fuertemente en las características físicas y químicas del agua, al servir esta cobertura como un sistema limpiador o depurador para el ecosistema, a la vez que interactúa directamente con la distribución local de las especies animales.

Dominancia de Especies Vegetales en tres Zonas del Humedal

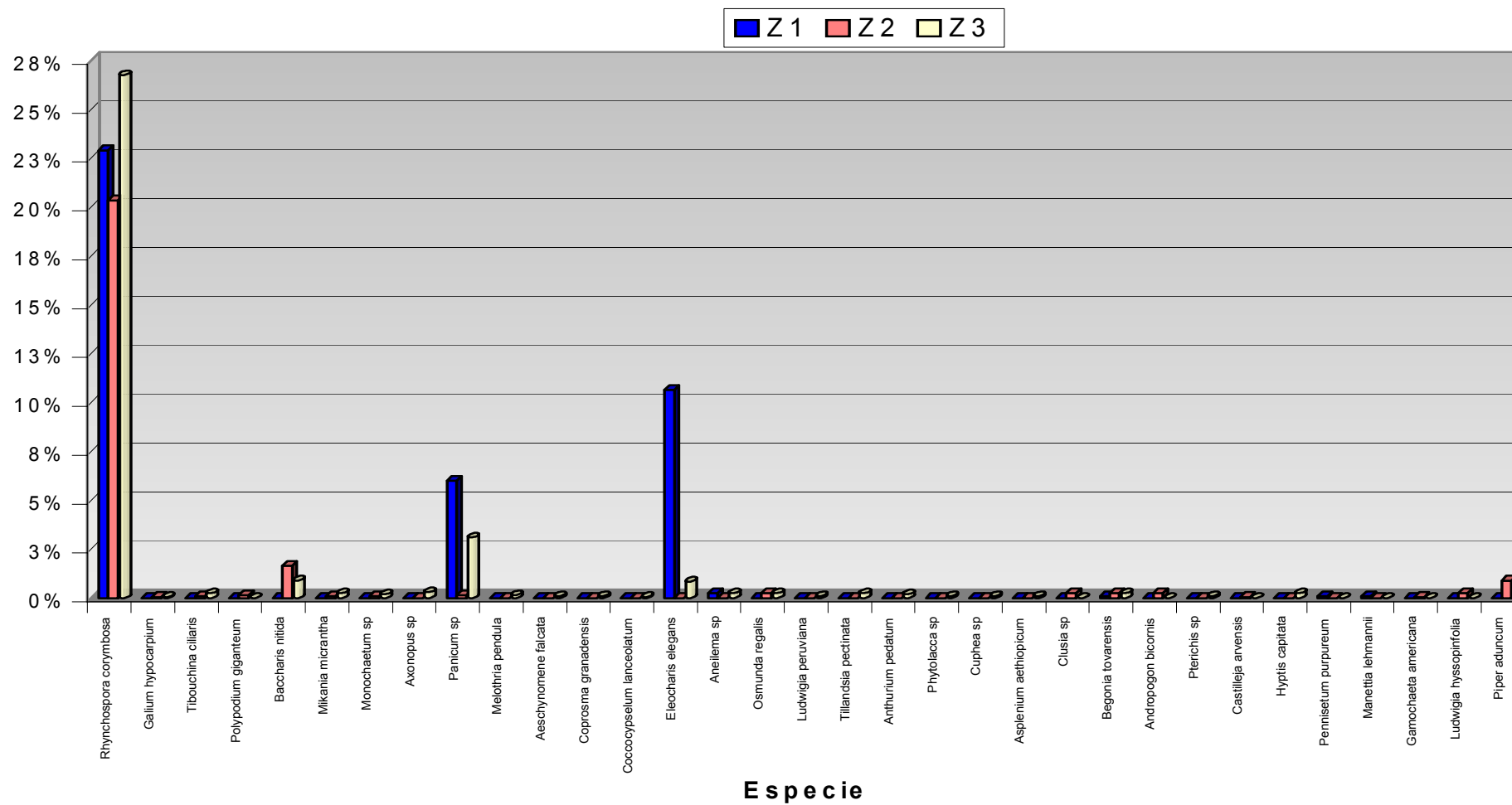


Figura 24. Dominancia de las especies Vegetales en el Humedal



Figura 25. Composición vegetal en las tres zonas (zona uno, zona dos y zona tres)

6.1.2.2 Fauna Asociada

En este aparte, se presenta una descripción faunística preliminar de vertebrados (aves, reptiles y peces) y de algunos invertebrados (macroinvertebrados acuáticos, artrópodos terrestres) en el área de estudio.

Esta información permite consolidar un conocimiento básico acerca de las interacciones ecológicas realizadas dentro del ecosistema y la oferta trófica existente para los anuros.

6.1.2.2.1 Artrópodos terrestres

Los artrópodos abundan prácticamente en todos los hábitats. Su diversidad y la especificidad de sus requerimientos, pueden ser en parte una respuesta evolutiva a la gran diversidad de microambientes proporcionados por la vegetación (Curtis y Barnes, 1993).⁹³

La comunidad de artrópodos que pertenecen al hábitat estudiado, se encuentran representados en 24 morfotipos diferentes (algunos hasta familias) entre los cuales 18 son exclusivamente diurnos, uno exclusivamente nocturno y sólo cinco se pueden encontrar en los dos fotoperíodos (ver Anexo M).

Se colectaron un total de 78 individuos, distribuidos en 12 ordenes. Realizando una comparación entre las zonas del humedal en diversidad y distribución de los artrópodos, se puede indicar:

Diversidad: Teniendo en cuenta los datos de la tabla 12, se infiere que el humedal posee una baja diversidad (H') en cuanto a artrópodos se refiere, teniendo en cuenta que el índice tiene un valor promedio de 0.9, presentándose algunas leves variaciones entre las zonas.

93 CURTIS, H. Y BARNES, S. Biología. 5ed. Buenos Aires : Editorial Panamericana, 1993.

Tabla 12. Índices de diversidad para Artrópodos

Index	zona1	Zona2	zona 3
Shannon H' Log ₁₀	0.673	0.887	1.127
Shannon Hmax Log ₁₀	0.699	1	1.23
Shannon J'	0.963	0.887	0.916
Margaleff M Base 10,	26.032	15.202	13.468

Similitud: En el humedal existe una similitud baja entre los artrópodos que residen en las tres zonas (ver tabla 13 y 14). En el dendrograma (ver figura 26) se encuentra representados dos grupos, en los cuales existe una mayor número de especies comunes (43.25%) entre la zona dos y tres que entre la zona tres y uno, y muchísimo menos entre la dos y la uno.

Tabla 13. Matriz de similitud para los artrópodos

Similarity Matrix	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Zona 1	*	11.4286	12
Zona 2	*	*	42.2535
Zona 3	*	*	*

Tabla 14. Similitud y distancia de las familias de artrópodos

Step	Clusters	Distance	Similarity	Joined 1
1	2	57.746479	42.253521	1
2	1	88	12	1

Abundancia relativa de Artropodos en tres zonas del Humedal

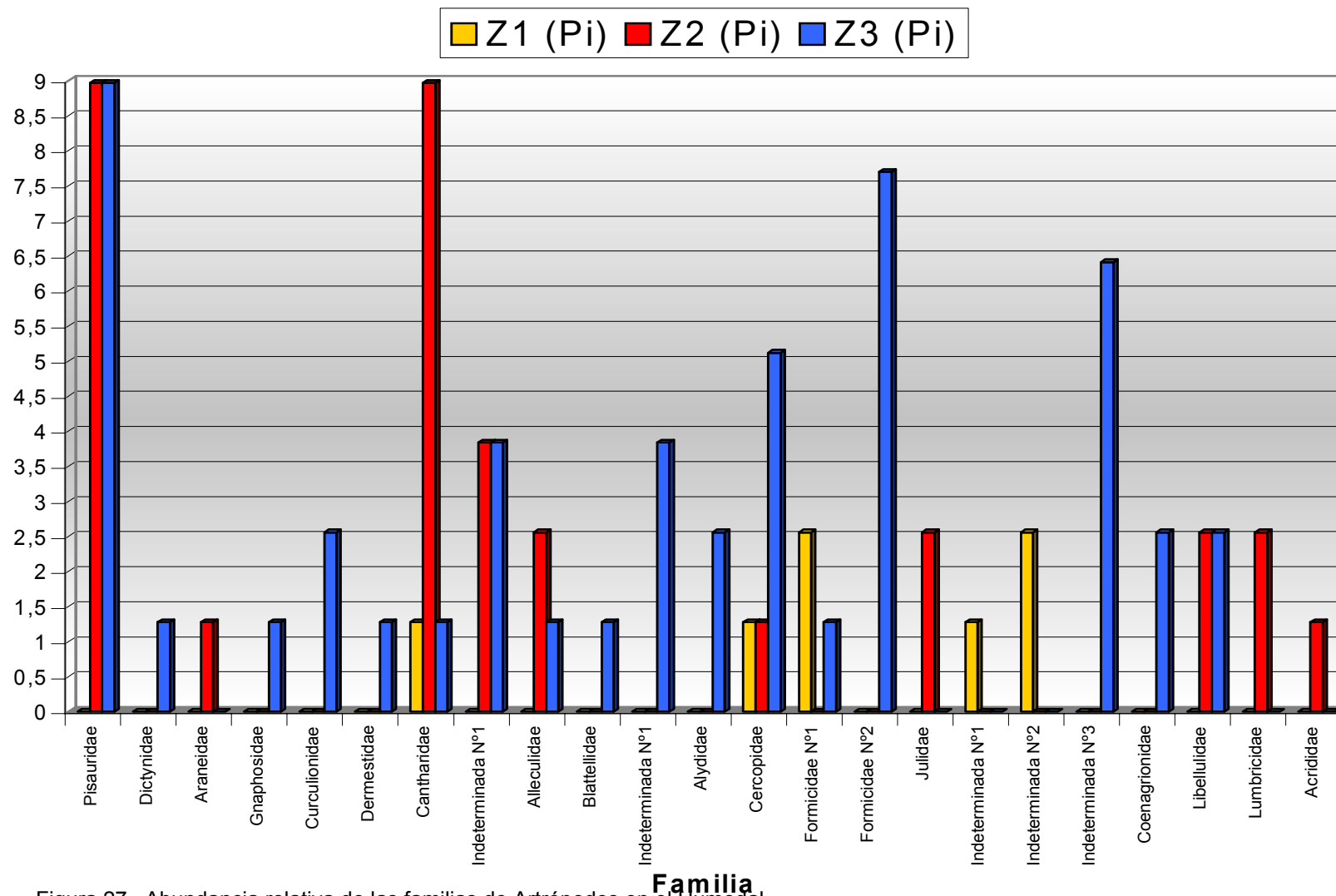


Figura 27. Abundancia relativa de las familias de Artrópodos en el Humedal

6.1.2.2.2 Macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados bentónicos, constituyen parte del componente biológico del sistema, cumpliendo un rol de gran importancia en la estructura y funcionamiento de los humedales. Su composición específica y abundancia depende de la cantidad de materia orgánica presente, la que está relacionada con la productividad. El cambio en las características del sustrato por la sedimentación de la materia orgánica y la disminución de oxígeno disuelto, comienza a ser evidente a medida que el enriquecimiento orgánico es mayor, reduciendo las comunidades características de aguas limpias y provocando la desaparición de taxa intolerantes, provocando que se modifique la estructura de dominancia de la comunidad. Muñoz, Elsa⁹⁴

Se colectaron un total de 969 individuos, distribuidos en 14 Ordenes, 36 familias y 37 géneros (ver Anexo Ñ). Realizando una comparación en cuanto a la diversidad y distribución de las especies en las tres zonas del humedal, se puede decir:

Diversidad: De acuerdo con los datos presentados en la tabla 15, se deduce que existe una baja diversidad (H') de fauna bentónica en toda el área de estudio, pues el índice consolidado es de 1.1.

Tabla 15. Índices de diversidad de los macroinvertebrados

Índice	Zona 1	Zona2	Zona 3
Shannon $H' \text{ Log}_{10}$	1.264	1.118	1.043
Shannon $H_{\text{max}} \text{ Log}_{10}$	1.431	1.415	1.362
Shannon J'	0.883	0.79	0.766
Margaleff $M \text{ Log}_{10}$	14.917	13.707	14.647

Similitud: Para el Humedal se puede afirmar que existe una similitud media entre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de las diferentes zonas de muestreo (ver tabla 16 y 17). En el dendrograma obtenido (ver figura 28) para las zonas del humedal, se reafirman los datos de

94 MUÑOZ, Elsa; MENDOZA, Gabriel y VALDOVINOS, Claudio . Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lénticos de Chile central : macroinvertebrados bentónicos. Gayana (Concepc.) Vol 65 N°2 , (2001).

similaridad obtenidos, se presentan dos grupos en donde la zona tres y la zona dos tienen más especies similares (61.40%) que la zona uno con las otras dos zonas.

Tabla 16. Matriz de Similaridad para los macroinvertebrados acuáticos

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Zona 1	*	56.305	57.5092
Zona 2	*	*	61.4085
Zona 3	*	*	*

Tabla 17. Similaridad y distancia de las especies de Macroinvertebrados

Step	Clusters	Distance	Similarity	Joined 1
1	2	38.5915489	61.4084511	2
2	1	42.4908409	57.5091591	1

Bray-Curtis Cluster Analysis (Single Link)

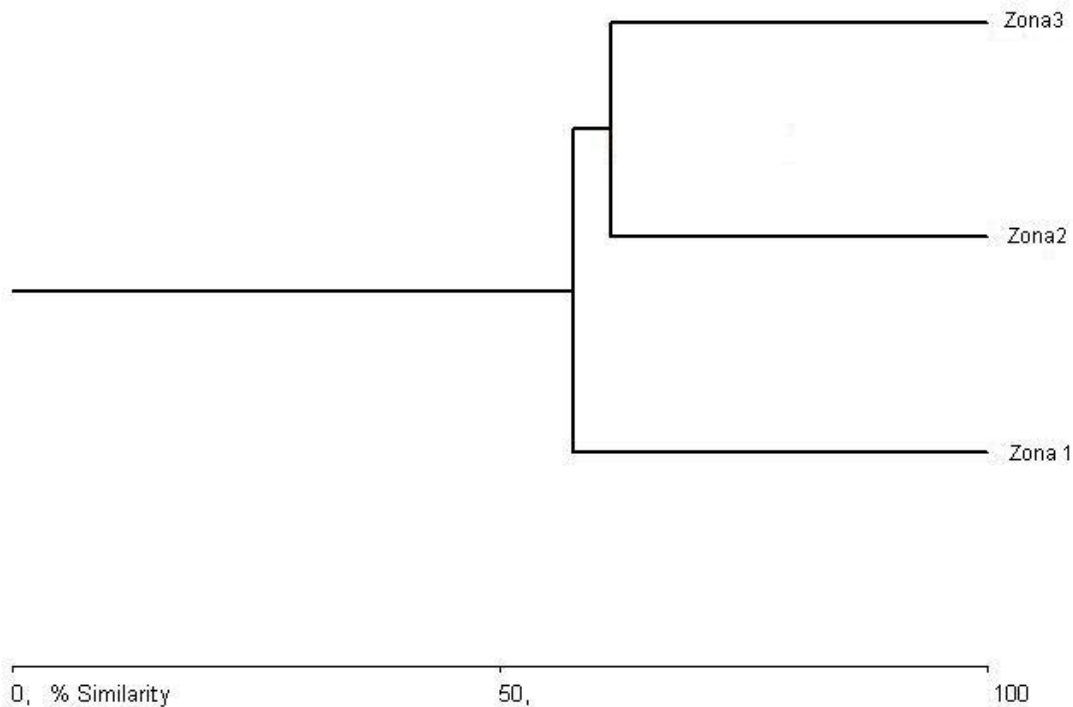


Figura 28. Dendrograma de las especies de macroinvertebrados

Abundancia relativa: La taxa de mayor abundancia relativa en el humedal es *Cylibcobdella sp* (14.65%), en cuanto a las tres zonas las especies con mayor abundancia fueron: en la Z1, *Armadillium sp* (2.89%); en la Z2, *Elodes sp* (4.64%) y en Z3, *Helichus sp* (7.32%) (figura 29).

Distribución: De acuerdo a la probabilidad presentada en el Anexo P, existen 15 especie agrupadas y 22 distribuidas aleatoriamente en el humedal.

Los macroinvertebrados se distribuyen dentro del humedal de acuerdo a factores bióticos y abióticos dominantes. En donde, las especies encontradas confirman las características físicas y químicas del agua, dándole al humedal una categoría de meso-eutrófico (debido a su alta carga de materia orgánica), en el cual dominan las especies para esta categoría (en la zona tres y dos), pero se encuentran en algunas áreas determinadas especies de tipo oligotróficas, por ejemplo, *Beatia sp* en el extremo final de la zona uno.

Teniendo en cuenta la zonificación propuesta para el estudio (zona uno, zonas dos y zonas tres), se tiene una relación directa entre la distribución de la especies animales y vegetales, presentándose una mayor similitud entre los grupos pertenecientes a la zona tres y dos, que a la uno y tres y menos especies comunes la zona uno y la dos. Consolidándose de esta forma un patrón de distribución de las especies (ver Anexo Q), en cual responde fuertemente a las propiedades físicas y químicas propias del humedal.

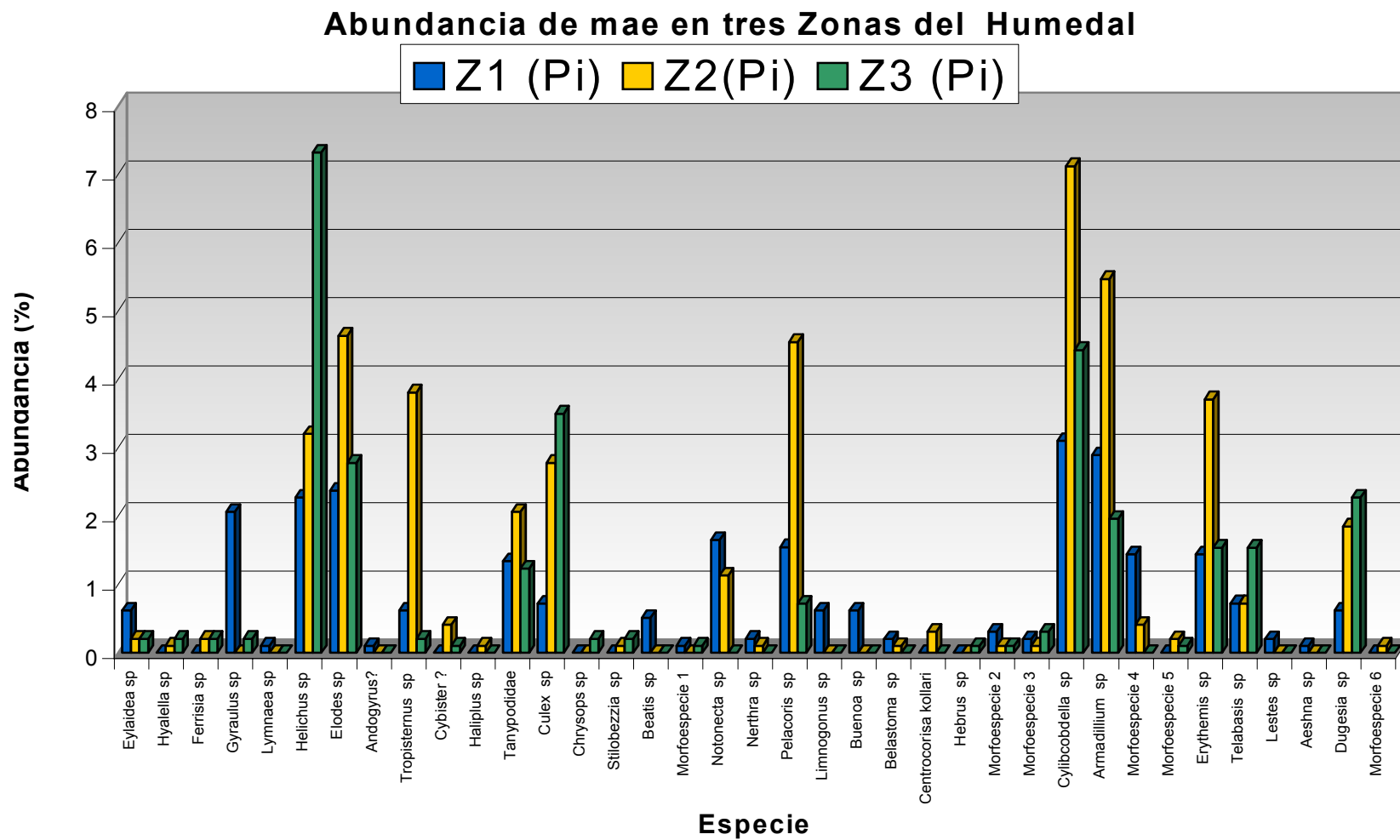


Figura 29. Abundancia relativa de especies de Macroinvertebrados en el Humedal

6.1.2.2.3 Anuros

6.1.2.2.3.1 *Hyla columbiana* (Boettger 1892)



Figura 30. *Hyla columbiana*

Preferencia Hábitat

H. columbiana (ver figura 30) mostró una mayor preferencia por tres sustratos (de 10 sustratos): la planta *Rhynchospora corymbosa*, la bromelia *Tillandsia pectinata* y los troncos muertos (horizontales y verticales) (ver Anexo R y S). En cuanto a su distribución vertical en estos tres lugares, se puede decir, que busca permanecer por debajo de 0.5m en *R. corymbosa*; por encima de 1.5m en las bromélias de la zona tres; y en los troncos muertos horizontales que se encuentran dentro del agua (registro nocturno).

Esto corresponde principalmente a: estrategias de protección ante los predadores, fototropismos⁹⁵ y lugares elegidos para vocalizar. Se pudo observar que varios machos de la especie, recurren a

⁹⁵ Los patrones de elección de la distribución vertical esta fuertemente influenciada por el ciclo lunar (la luz influencia los movimientos espaciales de los anfibios ADLER, 1976⁹⁵), la neblina y la temperatura.(ver figura 34).

la parte inferior de la vegetación a croar mientras que algunas hembras se localizan decímetros más arriba en la vegetación.

Esta especie posee dedos con discos adhesivos que le ayudan a escalar fácilmente por diferentes superficies, y es gracias a esta característica de la familia, que goza de ese tipo de escogencia en determinados sitios altos (p. ej., bromélias, *Rhynchospora*, troncos verticales).

Patrones generales de uso del hábitat

H. columbiana es una especie que se encuentra asociada a sitios húmedos y tiene una fuerte relación reproductiva y de desarrollo en los sistemas hídricos (en la mayoría de casos en el Departamento del Cauca se ha observado relacionada con humedales). Solamente en aquellas épocas de gran humedad y precipitación, algunos adultos se los puede encontrar fuera del humedal, en zonas muy cercanas.

Densidad y abundancia relativa de la población

- Densidad relativa

La población se encuentra compuesta por 149 individuos entre los dos sexos, los cuales se encuentran distribuidos en un área de 18.627m² (humedal). Es decir existen 7.9×10^{-3} individuos por metro cuadrado. También se puede interpretar en términos de las 18 parcelas propuestas, y encontrando que existen ocho individuos por parcela en el humedal.

$$149/18627 = 7.9 \times 10^{-3}$$

- Abundancia relativa

Esta especie es la más abundante de la comunidad (1.5 individuos / hora), presentándose el mayor número de individuos capturados en la zona dos (73). Esto obedece principalmente, a

la cobertura vegetal uniforme y densa de la zona dos, y su característica intermedia entre el bosque, el potrero y el espejo de agua.

Distribución y Desplazamiento

El desplazamiento se encuentra condicionado por: la especie, densidad de la población, condiciones del hábitat, sexo y edad del individuo. Las especies pequeñas poseen un poder de movilidad bajo, teniendo un rango de pocos metros de diámetro en su desplazamiento. (Stebbins R. and Cohen N., 1995)⁹⁶

Durante el estudio se pudo determinar en las cuatro recapturas obtenidas un desplazamiento de (ver Anexo T), en donde este estaría limitado principalmente por las características de la cobertura vegetal y la densidad de la población.

Esto responde en cierta manera a la distribución agregada de la especie dentro del humedal, en donde existe una interacción positiva entre los individuos de la población por determinados recursos. Un movimiento de los individuos en un área limitada, podría entenderse como la búsqueda más de pareja que de alimento.

Reproducción

Es muy poco lo que se conoce sobre los patrones reproductivos de la especie, durante el monitoreo, no se presentó variación notoria en su actividad de vocalización. Sin embargo en los meses de enero y febrero se pudieron observar parejas amplexantes durante los recorridos, predominando la copula axilar y ventral⁹⁷.

⁹⁶ Stebbins R. and Cohen N. Op cit., p 23

⁹⁷ Esta posición no se encuentra documentada en la bibliografía especializada (de la década de los 90's), por lo tanto surgen dudas, acerca de: si corresponde a algún tipo de apareamiento no descrito en la bibliografía o es propio de la especie.

Dieta

No existen registros históricos de contenido estomacal para la especie, sin embargo se encontró un individuo consumiendo (*Telabasis sp*) en el mes de marzo. No obstante existe una variada oferta por parte de invertebrados que son potencialmente su fuente de energía (ver Anexo M y Anexo Ñ)

Estatus y Salud del Ecosistema

En cuanto a la morbilidad de la especie, se puede decir que se encuentra seriamente afectada por agentes (no determinados) que causan problemas (anormalidades) en la especie (ver tabla 19 y 20). Presentandose individuos con miembros amputados, probablemente por depredadores grandes (animales con fauces fuertes para desprender parte del miembro) y posibles malformaciones.

Estos antecedentes anteriormente expuestos ponen en duda la salud del ecosistema y consolidan a los anuros como centinelas de los sistemas ecológicos. Generando además una gran preocupación para la comunidad en general y especialmente la científica.

Predadores

El papel de los predadores en la estructura de las poblaciones y las comunidades ocupan un posición de interés central en la ecología y conservación de los anfibios. Sin embargo es difícil su determinación sin un monitoreo especial sobre la fauna asociada a la comunidad de anuros en estudio, por lo tanto no se hace énfasis en este tema.

Los anfibios del humedal en sus diferentes estados, son organismos que viven temporalmente en el agua, siendo presa de peces, arañas (Pisauridae), aves, entre otros organismos. Durante su

permanencia en tierra firme o cerca de la orilla, pueden ser predados por roedores, arañas (Theraphosidae), reptiles, entre otros individuos provenientes del bosque.

6.1.2.2.3.2 *Colostethus fraterdanieli* (Silverstone 1971)



Figura 31. *Colostethus fraterdanieli*

Preferencia de hábitat

Todos los individuos de *C. fraterdanieli* (ver figura 31) capturados dentro del humedal, demostraron una preferencia marcada por el sustrato intermedio⁹⁸, (ver Anexo R) el cual se encuentra cubierto por vegetación herbácea, principalmente de *R. corymbosa*. Esto obedece a: la especie posee hábitos terrestres, rapidez en el escape ante los depredadores, tamaño y a su gran capacidad de mimetismo. Este sustrato (de color café) le brinda protección.

98 Entiéndase como sustrato intermedio, a aquel colchón compuesto de tallos, vegetación en descomposición y macrófitas que se encuentra flotando en el agua, cubiertas por vegetación herbácea.

Patrones generales de uso del hábitat

C. fraterdanieli prefiere un hábitat de tipo terrestre, donde se encuentra confinado a pequeñas hojas en el suelo del bosque (Grant, T. and Castro, F., 1998)⁹⁹. Visita el agua del humedal para depositar sus renacuajos, los cuales son inferiores en número en relación con las otras dos especies, además estos se los puede ver nadando solitarios en las playas de la zona uno y dos del humedal.

Debido a esta particularidad biológica es más común encontrar la especie en la región ecotonal, registrándose principalmente en zonas de borde con presencia de cobertura de sotobosque. Dentro del bosque aledaño se pudieron observar diversos ejemplares de la especie.

Densidad y abundancia relativa de la población

- Densidad

La población de *C. fraterdanieli* se encuentra compuesta por 11 individuos entre hembras y machos, los cuales están distribuidos en el humedal. Es decir, existe una relación de 5.9×10^{-4} individuos por metro cuadrado.

$$11/18627 = 5.9 \times 10^{-4}$$

- Abundancia relativa

C. fraterdanieli presenta la abundancia relativa más baja con relación a las dos especies (0.11 individuos / hora). El mayor número de individuos se colectaron en la zona dos (seis). Esto se debe al tipo de cobertura ecotonal (bosque) y el ancho de la zona en comparación con la uno y la tres.

99 GRANT, Taran and CASTRO, Fernando. Op cit., p 6

Distribución y Desplazamiento

Se hace difícil establecer el área de desplazamiento de la especie, debido a las pocas capturas y a sus condiciones biológicas y ecológicas.

Reproducción

No se presentaron variaciones significativas de vocalizaciones u otros comportamientos en el humedal¹⁰⁰. En ninguno de los encuentros con la especie se observaron individuos amplexantes o adultos con renacuajos en la espalda (cuidado parental).

Dieta

No existen antecedentes de contenido estomacal para la especie.

Estatus y Salud del Ecosistema

De los 11 individuos colectados, sólo uno de ellos presentó un problema externo. En donde tenía expuesto el hueso de la primera falange del dedo RR2 y la primera y segunda del dedo LR2. Este no presentaba ninguna dificultad para su desplazamiento y no se encuentra explicación a este hecho.

En términos generales: la población que visita el humedal, los individuos observados en el bosque y en relictos alrededor del humedal, se encuentra en un buen estado aparente de salud. Es importante tener en cuenta que las larvas de esta especie son muy sensibles a cambios bruscos en temperatura¹⁰¹ y demás condiciones físicas y químicas del agua.

¹⁰⁰ Durante el día es común escuchar actividad de la especie dentro del bosque y de los parches de vegetación arbórea aledaña al humedal. Sin embargo, es allí únicamente en donde se realiza los procesos reproductivos de la especie.

¹⁰¹ Durante los muestreos preliminares, la manipulación y transporte de ejemplares para determinación, demostraron que eran más sensibles a los cambios presentados durante la jornada que las otras dos especies.

6.1.2.2.3.2 *Bufo marinus* (Linnaeus 1758)



Figura 32. *Bufo marinus*

Preferencia del hábitat

B. marinus (ver figura 32) mostró una mayor preferencia por la zona de litoral, en donde buscaba principalmente las orillas y permanencia dentro del agua (ver Anexo R).

La escogencia de la orilla (ver figura 33) por parte de diversas especies de anfibios, se debe al punto visual estratégico que permite el escape hacia el agua o hacia la tierra, además de tomar parte en los coros reproductivos y de apareamiento, encontrando diversidad en la oferta alimenticia. Estos animales realizan sus movimientos orientándose siempre con la orilla (Stebbins, pp121).



Figura 33. Preferencia de la orilla (macho cantando)

Durante los encuentros con la especie, esta siempre se encontró en playas de la zona uno y dos, en lugares específicos, respondiendo al patrón generado por el suelo (negro y amarillo) los cuales rompían el continuo de vegetación existente, además de tener unas características térmicas y de protección adecuadas para esta etapa (ver figura 34).



Figura 34. Playas en donde se ubican los renacuajos

Patrones generales de uso del hábitat

Esta especie, visita con frecuencia el humedal en las épocas de reproducción, sin embargo existe un pequeño número de individuos residentes dentro de él. Durante cuatro muestreos consecutivos (dos meses, marzo-abril) un mismo individuo fue observado en la misma orilla (litoral), algunas de ellas acompañado por otros machos.

Muchos investigadores han descrito la habilidad de diferentes especies de anfibios para moverse regularmente entre un área presumiblemente familiar, por ejemplo los Bufos. En donde se encuentra involucrada la habilidad de orientación paisajística del lugar, de tipo visual y olfativo (Adler, K. 1976)¹⁰². Esta área es comúnmente escogida por el individuo en busca de comida, pareja y cuidando de sus juveniles (Stebbins R. and Cohen N., 1995)¹⁰³.

Esta especie es de hábitos nocturnos, el canto de los machos es un gorgojéo rápido, sonoro y bajo (grave) que se escucha a decenas de metros de distancia. En algunas ocasiones se pudo escuchar actividad de *B. marinus* a más de 100 m de distancia en otro humedal que se encuentra 500m en dirección sur.

Densidad y abundancia relativa de la población

- Densidad

La población de *B. marinus* se encuentra compuesta por 15 machos los cuales estaban distribuidos en el área del humedal. Existiendo 8×10^{-4} individuos por metro cuadrado. Sin embargo, es adecuado tener en cuenta que si se piensa en una proporción 50:50 en cuanto a sexos, el número de individuos esperados en el humedal se puede duplicar al igual que el área ocupada.

102 ADLER, K Kraig. Extraocular Photoreception in amphibians. En : Photochemistry and Photobiology. Vol 23 (1976); p 275-298.

103 Stebbins R. and Cohen N. Op cit., p 23

$$15/18627=8 \times 10^{-4}$$

- Abundancia relativa

Esta población posee una abundancia intermedia (0.15 individuos/ hora) en cuanto a las tres especie del humedal se refiere. Presentando un mayor número de individuos colectados en la zona dos (12) que en la zona uno (tres). Esto responde a las orillas existentes en la zona dos (dos playas) y uno (una playa) que son los sitios preferidos para los desplazamientos nocturnos de los machos.

Distribución y Desplazamiento

Existe información a nivel mundial sobre el desplazamiento de *B. Marinus*, por un lado Zug and Zug's, 1979, encontró que juveniles de la especie se movilizaban alrededor de su hábitat natal aproximadamente 150m; Schwarzkopf y Alford, 1996, encontraron que los sapos se mueven a través de grandes distancias en ambientes húmedos (Seebacher, F. And Alford, A. 1999)¹⁰⁴

Estudios realizados por Seebacher, demuestran el desplazamiento promedio es de 60 m por noche. En el humedal en estudio, sólo en dos periodos marcados (octubre y julio) se vieron grandes grupos de machos cantando, de los cuales algunos pueden ser potenciales visitantes de zonas aledañas en busca de su charco natal. Esto se debe al gran territorialismo de la especie que mantiene un número no muy grande de machos dentro del territorio.

Durante el estudio se obtuvo la recaptura (tres veces) del mismo individuo en la misma zona, este soporta la teoría de ser una especie territorialista.

104 SEEBACHER, F. And ALFORD, R. Movement and microhabitat use of a terrestrial amphibian (*Bufo marinus*) on a tropical island : Seasonal variation and environmental correlates. En : Journal of Herpetology. Vol 33, N° 2 (1999); p 208-214.

Reproducción

La especie tiene una reproducción de tipo explosivo, lo cual se pudo confrontar en las primeras lluvias luego de un gran tiempo seco. En los días de Octubre (28) y Julio (30) fueron los periodos observados de mayor actividad reproductiva, en el primer día hubo una gran actividad, presentándose hasta 20-25 machos y en el segundo se pudieron contabilizar aproximadamente 16-20 machos, estos prefieren las zonas de playa en la zona uno y zona dos. En la zona dos se presentan el mayor número de renacuajos del humedal, en donde los estados 24 a 35 (Gosner, K.L. 1960) prefieren el litoral y entre el estado 37 a 44 se encuentran comúnmente entre la densa cobertura, o también se los puede ver en horas de la noche en el litoral de la zona uno y dos.

Dieta

En cuanto a sus hábitos alimenticios, algunos autores dicen que atrapan presas, que puede ser cualquier animal que quepa en su boca (son oportunistas): escarabajos, hormigas, aunque consumen otros artrópodos, culebras pequeñas, lombrices y otras especies de sapos (Elionzo, Luis)¹⁰⁵.

Predadores

En los individuos adultos de esta especie, es difícil precisar sobre posibles predadores en la zona. Sin embargo existen reportes mundiales de predadores de la especie como: aves, mamíferos pequeños y serpientes como *Xenodon rabdocephalus* (Elionzo, Luis)¹⁰⁶.

105 ELIONZO, Luis; BOLAÑOS, Federico y QUESADA, Enrique. *Bufo marinus*. (On line) 2000. Disponible en: <URL: <http://guest:guest@damis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBI&-lay=WebAll&Format=/ubi/detail.html6-Op=bw&id=4375&-Find>>

106 Ibid.

Estatus y Salud del Ecosistema

Durante el estudio, solo un ejemplar mostró anomalías, en el cual su dedo RR4 se encontraba muy inflamado en las dos últimas falanges. Sin embargo este individuo demostraba una movilidad normal¹⁰⁷.

En general la población demuestra encontrarse en buenas condiciones, simplemente con grandes infestaciones de ectoparásitos (sanguijuelas).

6.1.2.2.3.4 Aspectos generales de la comunidad

Se puede entender el término de comunidad como: La existencia de una población en una matriz con otras especies en una misma área, que viven en continua disputa por los recursos (Beebee, 1996).¹⁰⁸

La comunidad estudiada está compuesta por tres especies (ver anexo U), las cuales poseen individuos de diferentes edades y sexos¹⁰⁹. En donde existen tres factores que determinan la estructura de la comunidad: competencia, predación y especiación (Beebee, 1996)¹¹⁰.

El humedal en cada una de sus zonas, presenta una diversidad muy baja (ver tabla 18), siendo la zona tres la que alberga al tiempo a todas las especies.

107 En un caso aislado del humedal, se encontró un *B. marinus* el cual había perdido su ojo derecho. Esto pudo presentarse por el enfrentamiento de una gallina por encontrarse cerca de una vivienda del sector.

108 BEEBEE, 1996. Op cit., p 20

109 El estudio se basa en los adultos y el sexo no se tuvo en cuenta, debido a su difícil determinación por medio de caracteres secundarios para las especies.

110 Ibid.

Tabla 18. Índices de diversidad para anuros

Index	Zona 1	Zona2	Zona3
Shannon H' Log Base 10,	0.402	0.263	0.079
Shannon Hmax Log Base 10,	0.477	0.477	0.301
Shannon J'	0.842	0.552	0.264
Margaleff M Base 10,	1.795	1.011	1.095

La distribución de las especies de anuros por zonas (ver figura 35) y la biota se encuentra íntimamente relacionado con los factores físicos y químicos de su entorno. En una escala local, la abundancia relativa de la comunidad (ver anexo V) pueden estar relacionadas con la configuración del hábitat. En el cual, las especies de *B. marinus* e *H. columbiana* presentan una distribución de tipo agregada, donde todo el hábitat ofrece condiciones apropiadas para la presencia de los organismos. La especie *C. fraterdanieli*, tiene una distribución al azar, debido a su característica de ser ecotonal, por lo cual, el humedal en todos los puntos en un espacio tienen la misma posibilidad de ser ocupados por un organismo de esta especie y su presencia no afecta para nada la ubicación de otro.

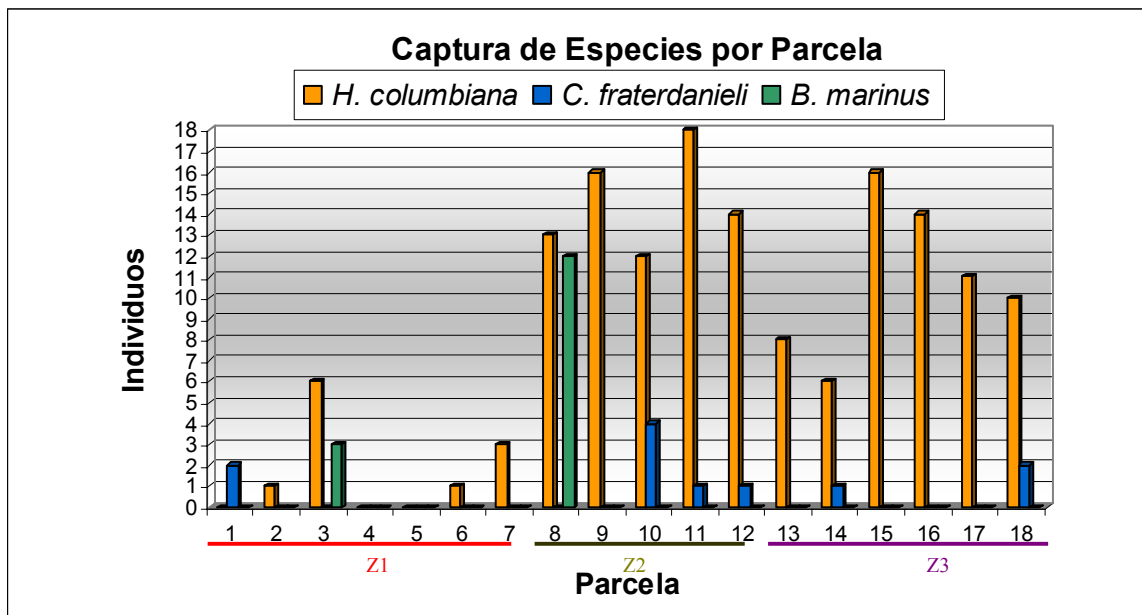


Figura 35. Captura de especies por parcela

En cuanto a la distribución geográfica de los anuros se puede decir, que las tres especies se encuentran frecuentemente en los sectores cercanos de la variante norte en humedales y bosques, y regularmente en la meseta de Popayán.

Cada una de la especies de la comunidad, selecciona y maneja el hábitat (humedal) de maneras diferentes de acuerdo a sus necesidades ecológicas y características del medio, tales como: reproducción, especies asociadas, características físicas y químicas del ambiente, entre otras.

En cuanto a la espacialización de la preferencia de hábitat (nocturno) por parte de cada una de las especies (ver anexo R), se puede decir: La especie *H. columbiana* exhibe una amplia distribución alrededor de todo el humedal y una selección a nivel de sustrato en un rango muy amplio; *B. marinus*, posee un rango local muy limitado y sus preferencias son muy marcadas (orillas); y la especie de *C. fraterdanieli* muestra un rango de tipo ecotonal, en donde sólo visita el humedal ocasionalmente y en este posee una preferencia muy marcada, debido principalmente a sus condiciones biológicas.

Morbilidad

La estadística de morbilidad permite conocer de que enferman o padecen los habitantes de la comunidad.

Muchos hallazgos de parásitos internos y externos están asociados con los anfibios adultos y en estado larval; y algunos casos los insectos llegan a parasitar los huevos. Duellman W. And Trueb, L., 1994)¹¹¹

Diversos individuos que presentaban ectoparásitos (sanguijuela) principalmente en sus miembros posteriores (ver tabla 19).

Tabla 19. Ectoparásitos de la comunidad de anuros

Parasitosis	<i>H. columbiana</i>	<i>C. fraterdanieli</i>	<i>B. marinus</i>
Ectoparásitos (Placobdella ?)	1 individuo	0 individuos	7 individuos

Los anélidos (Huridiformes) son los parásitos externos más comunes en los anfibios que viven y se desarrollan dentro del agua. En la mayoría de los casos de parasitismo es temporal y probablemente no interfiere drásticamente con la salud o la actividad del hospedero (Duellman W. And Trueb, L., 1994)¹¹²

Durante el estudio se encontraron algunas anomalías morfológicas (ver anexo W) en algunos individuos de la comunidad del humedal (ver tabla 20). Además, se presentaron dos casos muy interesantes los cuales pueden ser posibles malformaciones (ectromelia y dedos fusionados) y revelaría un problema muy serio dentro del ecosistema.

111 DUELLMAN, William and TRUEB, Linda. Biology of amphibians. 2ed. Baltimore : The John Hopkins University Press, 1994.

112 Ibid.

Tabla 20. Anormalidades presentadas por la comunidad de anuros

Anormalidades	<i>H. columbiana</i>	<i>C. fraterdanieli</i>	<i>B. marinus</i>
	Número de individuos		
Pérdida de miembro inferior	1 (pérdida de la parte terminal del miembro inferior-posible herida de depredador)	0	0
Hueso expuesto de las falangetas de los dedos pediales	0	1(pie izquierdo y pie derecho)	0
Abultamiento	1(abulamiento interno negro en el torax)	0	0
Dedo inflamado	0	0	1 (no se tiene explicación)
Perdida de ojo	0	0	1 (posible encuentro con una ave)
(posible) Ectromelia ¹¹³ tibial y fibular	3 individuos (1 observado junio de 2001 y los otros dos observados en enero de 2003)	0	0
Dedos pediales fusionados	1 (no se encuentra explicación)	0	0

Vocalización de la comunidad

Los patrones de vocalización de la comunidad se encuentran restringidos a las condiciones medio ambientes, tales como temperatura, brillo solar, nubosidad, viento, entre otros. Su determinación se efectuó mediante un análisis cualitativo, con parámetros utilizados en el proyecto MAYAMON¹¹⁴ el cual permite identificar un número de individuos canores, categorizarlos y relacionarlos con las condiciones ambientales existentes (ver tabla 7). Este registro es de tipo puntual para los días de

113 Ectromelia. Extremidad incompleta con una pequeña porción de la pierna perdida. Los tipos de ectromelia se clasifican según el hueso que era identificable: ectromelia de fémur, ectromelia de tibiafibula y ectromelia de la tibia y la fibula.

114 Proyecto de monitoreo de anfibios en la región Maya de México, Guatemala y Bécice. Citado en LIPS, 2001.

muestro y es un aporte al conocimiento ecológico de la comunidad perteneciente al humedal (ver Anexo X).

En el caso de *C. fraterdanieli* es una especie particularmente diurna, presentó una mayor actividad (tipo dos y tres) principalmente en las horas del medio día y en la noche entre las 7:00 a 10:00 p.m en la orilla de la zona dos. Esto se presentaba principalmente cuando la temperatura ambiental e hídrica de la noche es media (12°C-15°C ambiente y 16-18°C hídrica).

La especie *H. columbiana* presenta un patrón de vocalización diurna (eventual) y nocturna (principal), el primero se presenta comúnmente cuando la temperatura ambiente se encuentra entre 17-20°C, una intensidad lumínica no muy acentuada y en algunos casos la presencia momentánea de vientos frescos; el segundo se presenta en su mayoría en un periodo comprendido entre 6:20-8:30p.m (mayor hora de actividad, tipo 3 y 4), o de acuerdo al momento exacto cuando oscurece hasta dos o tres horas después, luego se presentan actividades de tipo dos.

Esta especie se encuentra fuertemente influenciada con la fase lunar (ver figura 36) en donde la mayor actividad se presenta en luna nueva o en cuarto menguante; en algunos casos durante la fase creciente, cuando la intensidad lumínica no sea muy fuerte o se encuentre parcialmente cubierta. En la luna llena, esta especie muestra una menor actividad canora, la cual se halla restringida principalmente a individuos que se encuentran en el ecotono hacia el bosque y los individuos se encuentran limitados a la sección inferior de las plantas (<0.5m) en la zona del humedal.

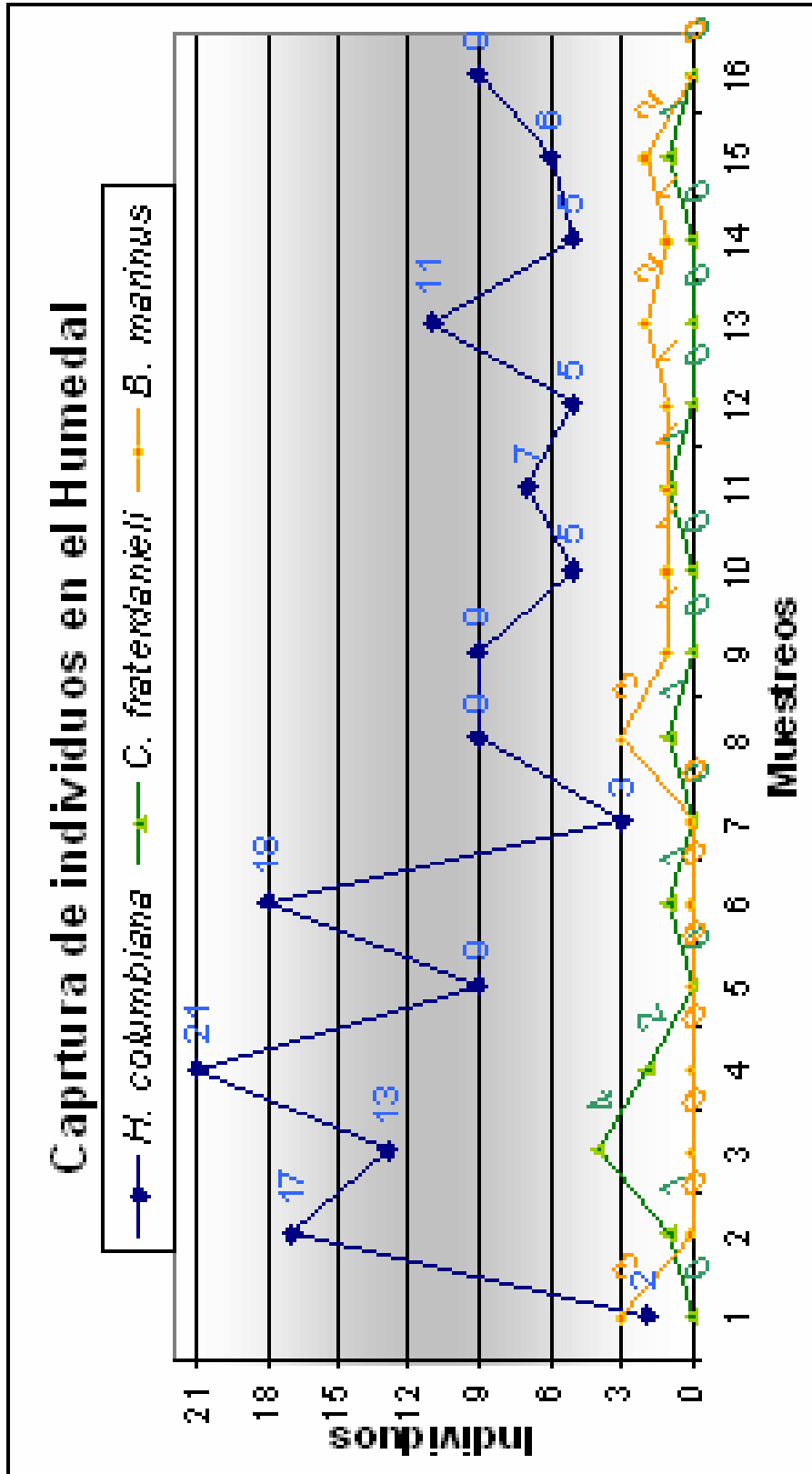


Figura 36. Actividad y captura nocturna de individuos

El *B. marinus* presenta una actividad no muy marcada, siendo esta principalmente para la delimitación de su territorio, los cuales cantan una o dos veces en toda la noche, en la porción interior del humedal. Caso contrario ocurre durante los periodos explosivos de reproducción en donde se han contabilizado hasta 25 machos cantando en las orillas (30 julio/03).

En cuanto a la presencia de lluvia en la noche, la vocalización de las tres especies se encuentran limitada por la intensidad de la misma. Mientras sea una llovizna suave y constante los individuos mantienen una vocalización de tipo uno y dos; pero si se presenta una precipitación fuerte, los individuos dejan completamente de cantar hasta que cese la lluvia.

6.1.2.2.4 Otros Animales

El humedal como parte importante dentro de las dinámicas ecosistémicas, representa para algunas especies animales sitios de paso o de refugio (ver Anexo Y). La presencia de algunas especies está determinada principalmente por las épocas reproductivas, oferta alimentaria y factores climáticos.

En el grupo de aves, se pudieron avistar 22 especies de las cuales sólo cinco (5) se encuentran íntimamente asociadas al humedal (ver tabla 21) ; de ellas: tres son migratorias (*Anas discors*, *Porphyrio martinica*, y *Tringa solitaria*), solamente una es residente en la zona (*Gallinula melanops*). Estas aves tienen preferencia por la zona uno en donde se encuentra el espejo de agua.

Tabla 21. Avifauna presente en el humedal

Género-Especie	N. Vernaculo
<i>Milvago chimachima</i>	garrapatero
<i>Coragyps atratus</i>	gallinazo
	lechuza ?
<i>Anas discors</i>	pato careto
<i>Porphyrio martinica</i>	polla azul

<i>Gallinula melanops</i>	polla gris
<i>Columba subvinacea</i>	torcaza colorada
<i>Vanellus chilensis</i>	pellar
<i>Crotophaga ani</i>	chamón
<i>Dryocopus lineatus</i>	carpintero real
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Titiribí
<i>Tyrannus melancholicus</i>	sirirí
<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	golondrina
<i>Thraupis episcopus</i>	azulejo
<i>Zonotrichia capensis</i>	gorrión
<i>Sicalis sp</i>	canario
<i>Bubulcus ibis</i>	garza blanca
<i>Cyanocorax yncas</i>	cerrajas
<i>Tringa solitaria</i>	chorlito
<i>Ramphocelus flammigerus</i>	asoma
<i>Piaya cayana</i>	cuco
<i>Myadestes ralloides</i>	flautín

De acuerdo a reportes de los pobladores de la zona, aseguran la existencia de ofidios (representantes de la familia Colubridae) en el bosque. Durante los muestreo o hubo encuentros dentro del bosque ni dentro del humedal con representantes de este grupo. En el grupo de Saurios, la especie que habita en las orillas del humedal (en las tres zonas) es *Prionodactylus vertebralis*.

En cuanto a peces, en la zona uno se observan alevitos (sin determinar) y en la zona dos se pudieron coleccionar dos individuos de *Astroblepus sp*. En el grupo de mamíferos se observaron ardillas y murciélagos.

Los anuros, peces y vegetales utilizados para la fase de taxonomía, se encuentran depositados en las colecciones del Museo de Historia Natural (ver anexo Z).

6.2 MODELACIÓN DEL HÁBITAT

6.2.1 Espacialización del Hábitat

Los modelos propuestos, tales como: preferencia de hábitat (ver Anexo R), fenomenológicos (ver figura 37, 44 y 45) y espaciales del humedal (ver Anexos A, L, Q, S,T), incorporan la estructura del paisaje y los patrones básicos de la utilización del hábitat por las especies. A su vez, ayudan a comprender y analizar mejor el funcionamiento de los procesos sucedidos dentro del ecosistema. La consolidación de este conocimiento permite predecir respuestas de las poblaciones a alteraciones de tipo: químico, físico o biológico, que propicie la adecuada formulación y aplicación de pautas de manejo sobre las especies y el sistema, acordes con las dinámicas del mismo.

Estos modelos trabajados bajo SIG, presentan un desplazamiento normal (límite de confianza del equipo 10m).

6.2.2 Modelos Fenomenológicos

Los modelos son formulaciones que imitan un fenómeno del mundo real y por medio del cual podemos efectuar predicciones. La investigación ecológica necesita utilizar estas representaciones para estudiar los múltiples flujos en una amplia gama de organismos y su medio. Simplificando así lo que sucede, además de poder conceptualizar y entender las dinámicas y el comportamiento del sistema.

Los modelos de los ecosistemas se constituyen para representar aspectos de la vida real, mostrando como la energía y la materia fluyen entre lo biótico y lo abiótico.

La modelación para este trabajo utilizará las convenciones estandarizadas de Lugo, A., Odum, E. y Odum H. En donde, por medio de diagramas se representan cada uno de los componentes de los

sistemas naturales y sus interacciones ecológicas.

En los siguientes modelos, se representarán las interacciones de los flujos de energía en el humedal en un estado t_0 (óptimo) y t_n (actual).

6.2.2.1 Modelo del Humedal t_0 (estado óptimo) (ver figura 37)

Los humedales son sistemas abiertos, los cuales experimentan entradas y salidas constantes de materia y energía, aunque en el aspecto general las funciones básicas puedan permanecer constante por largos periodos.

El humedal en estudio posee fuentes principales de energía, que están compuestas por parámetros físicos o químicos que afectan a los organismos, a diferencia de los demás símbolos propuestos en el modelo son constantes y no se detienen por procesos naturales o antrópicos.

Entre las fuentes están: el sol, el viento, la precipitación, la roca madre y los nutrientes. Estas proveen el principal flujo de energía para que el sistema inicie las operaciones naturales. El sol actúa directamente sobre la fotosíntesis de las plantas y en los animales, brindándoles energía para sus procesos; El viento se encarga de la distribución de algunas semillas, el clima de la región, la distribución y el comportamiento de las especies animales y vegetales; Dentro de la fuente de precipitación, se encuentran la precipitación pluvial, la humedad, la fuerza de evaporación del aire y el suministro disponible de agua, estos son factores limitantes para las especies y contribuyen al movimiento de los bioelementos dentro del ecosistema; La roca madre, es uno de los componentes del suelo más importantes y es ahí donde empiezan varios de los ciclos biogeoquímicos; Los nutrientes son los materiales naturales que se requieren para el crecimiento y mantenimiento de los organismos.

Dentro del Humedal se pueden encontrar diferentes productores, es decir, todos los organismos autótrofos de la biocenosis. Estos se pueden agrupar en: vegetación ripariana, fitoplancton, algas, líquenes, especies pioneras y la vegetación béntica (sumergida y emergente).

También se encuentran especies denominadas consumidoras, que son todos los organismos heterótrofos. Se clasifican dependiendo de sus fuentes alimenticias: consumidores primarios (C1), consumidores secundarios (C2), consumidores terciarios (C3) y omnívoros.

Entre los depósitos se encuentran: Biomasa, Gases, Agua y Suelo. La biomasa, es el almacenamiento de energía y/o masa procedente de los productores o los consumidores, para consumo o en proceso de descomposición; los gases, en este depósito están contenidos los diversos gases atmosféricos que interactúan con los diferentes componentes en la dinámica normal del ecosistema; el agua, se compone de tres subdivisiones que hacen referencia a los aportes de los sistemas acuáticos continentales de la región, como lo son los sistemas conformados por escorrentía y lixiviación, quebrada y precipitación; el suelo, es un sistema compuesto por tres fases; la sólida o mineral, la gaseosa y la líquida, que proveen el sustento de la vida.

Entrevistas a los pobladores de la región, revelan la poca o nula intervención del hombre sobre el sistema en su estado óptimo, por lo tanto en el modelo no se representan tensores ambientales.

Dentro del humedal se desarrollan relaciones ecológicas intra e interespecíficas, esenciales para el desarrollo de las actividades propias de este ecosistema.

En el sistema se encuentran salidas como:

Fuente de alimento

Agua

Sumidero CO₂

Sumidero O₂

Sumidero de Carbono y otros elementos

Reservorio de biodiversidad

Turismo y Deporte

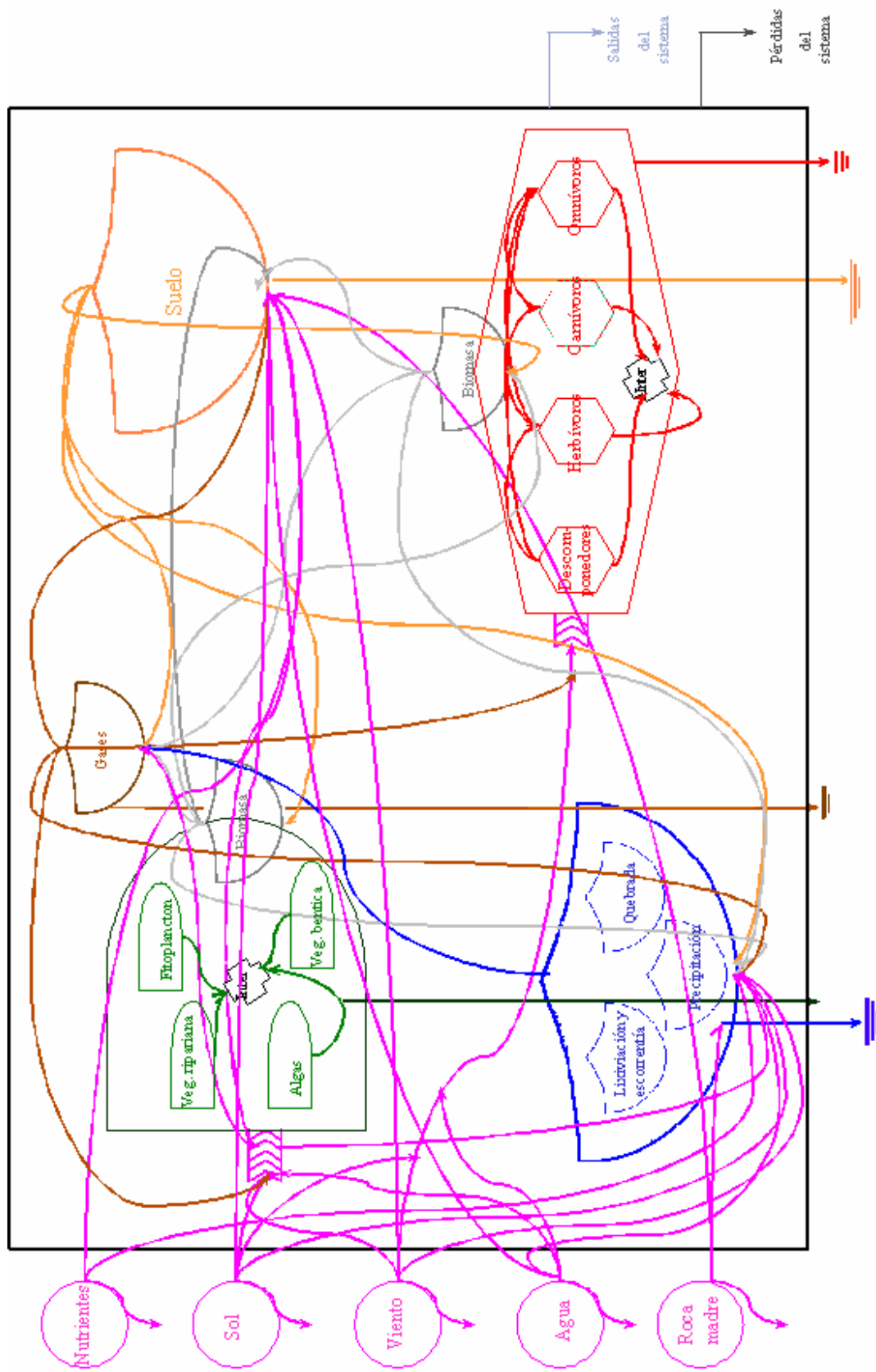
Pérdidas del sistema:

Temperatura

Muerte y migración de especies

Agua de consumo

Emisiones de gases



VALENCIA, M. COPYRIGHT 2004

Figura 37. Modelo del Humedal t_0 (estado óptimo)

6.2.2.2 Modelo del Humedal transformado T_n (época actual) (ver figura 44 y 45)

Las fuentes de energía son las mismas, pero presentan una mayor intensidad. Esto se debe a factores sinérgicos como: la pérdida de cobertura vegetal protectora, transformación de la temperatura y humedad relativa, cambio en el uso de suelo, entre otras. Además aparece en el sistema, una fuente artificial (fertilizantes), la cual se ha incrementando su uso para mejorar la productividad del agrosistema.

Las transacciones económicas representan el flujo de dinero y energía en el sistema, siendo esta una base importante para el sostenimiento de los agroecosistemas productivos. Interactuando directamente con el hombre (ubicado en omnívoros), siendo él quien manipula este factor a su conveniencia en busca del intercambio de bienes y servicios.

En el humedal transformado (t_n), el flujo de energía es alterado con la intervención humana, rigiendo las entradas de energía según necesidades externas del sistema y según su nivel de artificialización, y teniendo que aportar además en mayor o menor grado fuentes auxiliares de energía que puede ser humana, animal o combustibles (insumos químicos, economía, etc) para aumentar su producción.

Dentro del modelo, se demuestra la alteración de los diferentes componentes con una variación en el símbolo (doble línea) que puede entenderse como la disminución o el aumento de materia y energía (ver figura 38).

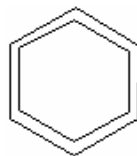


Figura 38. Símbolo de alteración

En el humedal en estudio se identifican tensores ambientales (presiones sobre el sistema), graficados según su orden de aparición y trascendencia, estos son: tala, ganadería, biocidas, fertilizantes, aguas residuales, residuos ganadero (excretas), residuos de la carretera, contaminación aerotransportada, factores climáticos extremos (cambio climático) y el ruido.

Estos tensores ejercen una fuerte presión sobre cada uno de los componentes del agrosistema, que se traducen en transformación de las condiciones físicas, químicas y biológicas del sistema, alteración de los parámetros primarios de población, y contaminación, entre otras alteraciones.

Los tensores ambientales propuestos en el modelo, son analizados bajo la sinecología funcional, haciendo énfasis en los procesos desarrollados en la comunidad de anuros y los organismos asociados más directos:

Tala

El bosque secundario adyacente, posee una diversidad moderada representada por 245 especies de plantas vasculares y las familias con los mayores valores de importancia¹¹⁵ son: Lauraceae, Rubiaceae, Lacistemataceae, Myrsinaceae, Euphorbiaceae, Cecropiaceae, entre otras. (Alcázar, *et al* 2002)¹¹⁶. En los últimos años se ha presentado una gran presión sobre este recurso, alterando no solo las comunidades que habitan el bosque, sino también la de hábitats aledaños. Actualmente se pueden encontrar siete parches (ver figura 39) de considerable tamaño, en la vegetación próxima al humedal, el cambio en la cobertura puede estar influyendo en alteraciones de los factores climatológicos de la zona y biológicos de diferentes especies.

115 Índice de Valor de Importancia IVI = (Densidad relativa + frecuencia relativa + dominancia relativa)

116 ALCAZAR, *et al*. Estructura y Composición de un Relicto de Bosque Subandino, Popayán, Colombia. En : Memorias del Tercer Congreso Ecuatoriano de Botánica. (2002); p163-180



Figura 39. Parches dentro del bosque

Ganadería

El pisoteo o presión mecánica que ejerce el ganado sobre el suelo, el pasto y la cobertura vegetal, genera un efecto negativo severo en aquellos lugares en donde se realiza con mayor repetición (ver figura 40).



Figura 40. Pisoteo del ganado en la parcela ocho

Poco a poco la frontera pecuaria se extiende sobre el humedal, el ganado pasea libremente por sus orillas deteriorando y alterando el hábitat para algunas especies (ver figura 41). Además, es muy común encontrar gran cantidad de estiércol en las zonas en las que abrevan. En los meses de junio y julio este entró en la parte norte del humedal que limita con el bosque, deteriorando un área aproximada de 600m²



Figura 41. Apertura de la frontera pecuaria sobre el humedal

Esta modificación brusca de los hábitats puede generar desplazamiento y alteración de los diferentes patrones ecológicos y biológicos en las especies animales y vegetales existentes en el humedal.

Agroquímicos

a. Biocidas

Los anfibios, con su piel altamente permeable, puede ser particularmente vulnerable a la aspersión de biocidas (insecticidas, nematocidas, herbicidas, funguicidas, entre otros). Considerándose a los herbicidas como la mayor amenazas para los anfibios¹¹⁷

Efectos locales causados por el hombre: aplicación directa de químicos como biocidas o pesticidas, los contaminantes químicos no son estresores homogéneos, debido a su presencia en variados ambientes en pequeñas escalas temporales y espaciales.

b. Fertilizantes

Últimamente los efectos de los fertilizantes en los anfibios han recibido una atención menor que los pesticidas. Estos son amenazas indirectas, especialmente en la eutrofización de las aguas por la impresión que contienen concentraciones altas de nitratos y fosfatos (Beebee, T. 1996)¹¹⁸.

No se amplía en los efectos de: los organoclorados, organofosforados y metales pesados potencialmente presentes en el humedal, los cuales generarían impactos más drásticos sobre las diferentes poblaciones existentes.

117 La aplicación de atrazina (base general de los herbicidas), genera diferentes efectos sobre las poblaciones de Rana temporaria, que incluyen mortalidad masiva de huevos y en concentraciones subletales deformidades de los renacuajos. Muchos herbicidas, incluyen por ejemplo Diquat y diclobenil, que aparentemente no son tóxicos para las ranas y los renacuajos de sapos pero pueden tener efectos indirectos al promover el crecimiento descontrolado de algas, especialmente de macrófitas. (Según Beebee, 1996)

118 BEEBEE, T. Op cit., p 20

Aguas residuales

Las aguas residuales no tratadas son una de las principales amenazas a la salud pública porque son el principal medio de difusión de muchas enfermedades infecciosas. El excremento de seres humanos y otros animales, infectado con ciertos microorganismos patógenos (bacterias, virus, y otros organismos que causan enfermedades), contiene grandes cantidades de estos agentes o sus huevecillos (Nebel y Wright, 1999)¹¹⁹.

La quebrada piedras puede transportar materia orgánica humana procedente de las fincas aledañas y de ganado (vacuno y caballar) criado en los alrededores del humedal. Pueden contener este tipo de amenazas (patógenos), no sólo para la salud humana de la región, sino también para los animales que en ella habitan.

En el caso de los anuros, es muy poca la información disponible acerca de los efectos de los parásitos y agentes patógenos sobre ellos. Sin embargo, los anfibios son propensos a muchas enfermedades, virales, bacterianas, y fúngicas, incluyendo formas de tuberculosis y cáncer (Duellman, 1994)¹²⁰.

Por ejemplo, mundialmente se han presentado casos de: infecciones virales que generan carcinomas en los individuos; Infecciones bacterianas causadas por *Pseudomonas*, las cuales en muchas oportunidades están asociadas con Bacilos, Protistas, haementerococos, y varios Estafilococos, todas estas infecciones entran principalmente por la vía de las aguas contaminadas y secundariamente por la comida infectada¹²¹.; También se han registrado infecciones por los hongos *Basidiobolus*, *Cladosporium*, *Hormiscium* y *Phialophora*, en anfibios adultos (Duellman, 1994)¹²².

119 NEBEL, B. y WRIGHT, R. Op cit., p 29

120 DUELLMAN. Op cit., p 101

121 Los anfibios que viven en una íntima relación con los humanos en el trópico pueden ser infectados por Salmonella. En Panamá la especie *Bufo marinus*, se le encontraron siete especies de este parásito.

122 Ibid.

Debido a esto es importante tener en cuenta los agentes patógenos que se puedan presentar en el humedal a causa de las excretas del ganado y el hombre.

En nuestro país todavía no se han desarrollado este tipo de estudios en el grupo de los anfibios, por lo tanto es difícil determinar la forma exacta en que los agentes patógenos afectan una población. Sin embargo, es importante no olvidar este tensor, que puede llegar a afectar a los animales silvestres del ecosistema. Consolidándose como un área mas para trabajar en el tema de los anuros de nuestra región.

Residuos ganaderos (excretas)

Los residuos ganaderos (ver figura 42), son un problema de contaminación puntual y el resultado es la filtración o escorrentía directa de compuestos nitrogenados (amoníaco, nitritos), fósforo, otros nutrientes, bacterias y agentes virales en las fuentes de agua y suelo.



Figura 42. Residuos ganaderos

Se ha estimado que un ejemplar vacuno de >22 meses de edad, produce deyecciones (orina más heces fecales) de 28 Kg por día (Robertson, 1977)¹²³. En la hacienda La paz, se trabaja con aproximadamente 120 cabezas en la ladera hacia el humedal que esta comprendida por 8 hectárea^{124,125}. Esto significaría 3360kg de deyecciones al día, que influenciadas por la gran pendiente del terreno, tarde o temprano llegan al cuerpo de agua.

Una gran carga de materia orgánica procedente de ganado sobre los ecosistemas acuáticos originan el aumento en: la turbiedad, alcalinidad, DBO, nitrógeno, coliformes totales y fecales; y a su vez disminuye el pH y el oxígeno disuelto en el agua.

En el caso puntual del humedal en estudio, se puede evidenciar claramente que los valores (promedio) son muy bajos para las variables de pH (5.53) y oxígeno disuelto (2.24) (ver figura 17 y 20), debido en gran parte a los residuos ganaderos que llegan al sistema. Estas y las demás variables físicas y químicas del humedal, se comportan de igual manera como lo propone Chará, 2002 en su tabla¹²⁶.

El incremento en los niveles de nitrato en la superficie y sedimento del agua, es una fuente potencial de un gran estrés medioambiental para los organismos acuáticos, debido a que el nitrato es conocido como tóxico para crustáceos, insectos, anfibios y peces. La mayor fuente de

123 ROBERTSON, 1977. Citado en: RODRIGUEZ, Cludia. Residuos Ganaderos. [On line]. 2002. Disponible en internet: <URL:http://www.cuencarural.com.ar/ganaderia/Residuos_ganad3.htm>.

124 ENTREVISTA con Fernando Garcia, Mayordomo de la finca. Popayán, julio de 2003.

125 Quincenalmente se realiza el rote de Ganado y no se realiza ningún manejo sobre los residuos ganaderos.

¹²⁶ Chará en el 2002, realizo un estudio comparativo entre la calidad fisicoquímica y bacteriológica bajo diferentes usos del suelo. (MURGUEITIO, Enrique. Impacto Ambiental de la ganadería de Leche y Alternativas de Solución. [On line]. 2002. Disponible en : <URL:http://www.e-campo.com/sections/news/print.php/uuid.5022DFD3-46CD-464D-BF7875D4FF9287B7/>.

PARÁMETRO	USO GANADERO	USO CAFETERO	BOSQUES
pH (unidades)	6.97	7.07	7.07
Alcalinidad (mg/ CaCO ₃ /L)	38.8	32.3	42.8
Turbiedad (NTU)	15.8	12.5	8.1
Oxígeno disuelto (ppm)	6.1	7.3	7.5
DBO ₅ (ppm)	4.7	1.5	1.0
Sólidos suspendidos (ppm)	23.2	33.3	14.8
Nitrógeno amoniacal (ppm N-NH ₃)	0.3	0.1	0.2
Fósforo (mg/L P-PO ₄)	0.1	0.1	<0.1
Coliformes totales (NMP/100mL)	11.000	5.816	2658
Coliformes fecales (NMP/100mL)	6.916	4.416	1650
Temperatura (°C)	21.5	20.2	16.7

Adaptado de: Chará 2002.

contaminación por nitrato en el agua, es la aplicación agrícola de fertilizantes basados en el mineral nitrógeno, estiércol y su posterior desplazamiento a las aguas superficiales, además de la disposición atmosférica de compuestos nítricos. Para los anfibios, se ha sugerido que los nitratos pueden ser un agente potencial que contribuye al declive global de las poblaciones anfibios, por ejemplo, se han reportado declives severos de poblaciones anfibias en los países agrícolas y se atribuye esta disminución a los efectos tóxicos de los nitratos (Johansson, M. 2001).¹²⁷

La acidificación del hábitat acuático, causa el mayor impacto sobre los anfibios en: su distribución, reproducción, crecimiento, desarrollo y mortalidad. La sensibilidad al pH bajo varía de acuerdo a la especie y a las interacciones químicas entre el pH y otros elementos como el aluminio, nitrógeno, etc. La mortalidad se presenta en las fases embrionarias y larvales, por varios mecanismos como: la absorción incompleta de sus partes en el desarrollo, detención del desarrollo y deformación de la larva; los efectos subletales, incluye adelanto o retraso en la salida del huevo, reducción en el tamaño, nado perturbado, disminución en la respuesta para cazar, entre otros (Alford A. and Richards, S. 1999).¹²⁸

Estudios de campo en Holanda, revelan que los anfibios son pH-dependientes, la densidad de las poblaciones se reduce a medida que el pH se acerca a <4.0. (Bohmer, J. 1990)¹²⁹

Un tensor importante, que se genera del sinergismo o no, de determinados tensores como: fertilizantes, excretas, lluvia ácida, descomposición orgánica y húmica, es la acidificación de las aguas naturales. En la medida que estos factores confluyan y aumenten su intensidad, provocarían la aparición de este nuevo tensor, el cual es un limitante importante para las diferentes organismos presentes en el ecosistema.

127 JOHANSSON, Markus; RAˆSAˆNEN, Katja And MERILA, Juha. Comparison of nitrate tolerance between different populations of the common frog, *Rana temporaria*. En : *Aquatic Toxicology*. Vol 54 (2001); p 1-14.

128 ALFORD, R. and RICHARDS, S. Global Amphibian Declines: A Problem in Applied Ecology. En : *Annu. Rev. Ecol. Syst.* Vol 30. (1999); p 133-165.

129 BOHMER, Jurgens and RAHMANN, Hinrich. Influence of surface water acidification on amphibians. En : HANKE, W. *Biology and physiology of amphibians*. New York, Gustav Fischer Verlag – Stuttgart, 1990. p 287-309.

Residuos carretera

La construcción de una carretera es la mayor forma de transformar un paisaje, presentando además, efectos significativos para la biota, debido a: la restricción de movimiento entre poblaciones, incremento de mortalidad, fragmentación de hábitats, efectos de borde y mayor acceso de los humanos a los hábitats naturales; con lo cual se espera que se incrementen las tasas locales de extinción o disminuyan las tasas locales de recolonización (Findlay, S. and Bourdages, J 2000)¹³⁰.

El mantenimiento y el uso de las carreteras contribuyen con cinco tipos de contaminantes químicos al ambiente: metales pesados, sales, moléculas orgánicas, ozono y nutrientes. Gran variedad de metales (plomo, aluminio, hierro, cadmio, carbón, manganeso, titanio, níquel y boro) se derivan de los aditivos de la gasolina. La contaminación con metales pesados se presenta desde un rango de 20m hasta 200m (Trombulak, S. and Frissell, C 2000)¹³¹.

La carretera de la Variante norte de Popayán, genera diferentes residuos, los cuales por medio del sistema de drenaje de la vía, podrían ingresar al bosque y posteriormente al humedal. En el caso de que contaminantes como metales pesados e hidrocarburos entren en el sistema, pueden ocasionar graves problemas de salud de los organismos y el ambiente. Aunque este estudio no cuantifica la entrada de estos residuos, pueden presentarse en el sistema.

Contaminación aérea transportada

La industrialización de las sociedades humanas y avances agrícolas, han resultado en la emisión de miles de químicos sintéticos en el ambiente. El grado con el cual estos componentes afectan la vida de los organismos vivos depende de numerosos factores: porcentaje de daño o cambio para

130 FINDLAY, S. And BOURDAGES, J. Response time of Wetland Biodiversity to Road Construction of Adjacent Lands. En : Conservation Biology. Vol 14, N° 1 (Feb 2000); p 86-94.

131 TROMBULAK, S. And FRISSELL, C. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. En : Conservation Ecology. Vol 14, N°1 (Feb 2000); p 18-30

el ambiente, biodisponibilidad, transporte, reactividad, y efectos sinérgicos con otros químicos naturales o hechos por el hombre (CAREY, C. *et al.* 2001)¹³².

La contaminación atmosférica pertenece a una fuente dispersa, por lo tanto se dificulta su estudio. Este tipo de contaminación es trascendental en las dinámicas de los humedales, debido a que ellos realizan interacciones importantes de aire-agua, además del aporte que se realiza en la lluvia. En la ciudad de Popayán se han encontrado valores altos en los depósitos totales para los iones SO_4^{2-} (4.67mg/L) y Cl^- (5.44mg/L) en el agua de lluvia, en relación a otras ciudades del mundo como: Delhi y Chembur (Burbano, Martha.; 2003)¹³³. Por lo tanto se hace indispensable establecer mecanismos de detección, medición y la utilización de bioindicadores (anfibios) para la consolidación de planes y estrategias de manejo de los recursos naturales.

Factores climáticos extremos- (cambio climático)

El cambio climático global, especialmente lo concerniente al calentamiento terrestre, ha recibido gran atención por sus potenciales efectos en la distribución y abundancia de plantas, animales y microorganismos. Por ejemplo, los cambios climáticos globales han influenciado los patrones de distribución y abundancia relativa de las mariposas, anfibios y reptiles.

Los efectos del cambio climático en las actividades de reproducción podrían eventualmente influir en profundos cambios en la estructura de las poblaciones. Esto puede reflejarse en la disminución de la población de las especies, como los anfibios, que son especialmente sensibles a los cambios climáticos debido a sus características comportamentales, fisiológicas y ecológicas (Blaustein, A. *et al.* 2001)¹³⁴.

132 CAREY, C. *et al.* Op cit., p 25

133 BURBANO, M. Op cit., p 65

134 BLAUSTEIN, A. *et al.* Op cit., p 26

La influencia de la variabilidad del clima en los rangos de comportamiento de los organismos ha recibido gran atención por parte de la literatura reciente. El aumento de la temperatura de la superficie marina en el Pacífico tropical asociados con el Niño afecta organismos alrededor del globo, incluyendo ecosistemas terrestre y marinos en el Pacífico tropical del oeste (Alexander, M., 2000).¹³⁵

Para el periodo comprendido entre diciembre de 2002 a julio de 2003, el comportamiento climático en la meseta de Popayán fue muy variable a los periodos históricos para la región, no se presentaron épocas marcadas (secas y de lluvias) durante el estudio. Encontrándose la dominancia de los días cálidos, lo cual influye directamente sobre la comunidad trabajada (ver figuras 10 y 11). Es decir, de acuerdo al seguimiento de las comunidades desde el año 2000, su actividad diurna se ha restringido a periodos marcados de temperaturas medias y vientos fríos, lo cual no ocurría años atrás, debido a que las condiciones climáticas eran más constante y permitían a la comunidad realizar actividades durante horas (11:00-01:00) en las cuales la intensidad lumínica y térmica se supone es mayor. Ahora las horas diurnas para vocalización han variado, de acuerdo a la temperatura, intensidad lumínica, entre otros factores (ver anexo X).

En el monitoreo desarrollado a la comunidad, el tensor de los cambios ambientales ejercen una acción directa sobre la ecología de las especies existente en el humedal, direccionando la mayoría de las actividades realizadas por los individuos.

Además es importante tener en cuenta, que en las últimas décadas se ha incrementado los diferentes factores ambientales como: temperatura, humedad, precipitación, radiación UV, entre otros, las cuales son estudiados concienzudamente debido a su relación con la declinación de los anfibios en el mundo.

135 ALEXANDER, M. y EISCHEID, J. Climate Variability in Regions of Amphibian Declines. En : Conservation Biology. Vol 15, N°4 (Aug 2001); p 930-942.

Ruido

A pesar de la baja pantalla antirruído en las márgenes de la carretera de la variante norte en la zona próxima al humedal, se presenta un nivel importante de ruido. Este tensor no ha sido explorado aún suficientemente, en sus efectos sobre los diferentes grupos faunísticos y en especial sobre los anuros. Algunas investigaciones apuntan a efectos negativos sobre aves en la nidificación, desplazamiento de hábitats y rutas naturales.

Contaminación electromagnética

El humedal alberga un tendido eléctrico de alta tensión en su zona uno (ver figura 43). Estos se encuentran clasificados dentro de las radiaciones no ionizantes (0-300GHz). La corriente transportada crea un campo eléctrico y uno magnético que se transmite en el espacio inmediatamente desde el conductor como una radiación electromagnética (Fundación TERRA, 2000)¹³⁶



Figura 43. Tendido eléctrico sobre el humedal (zona uno)

136 FUNDACIÓN TERRA. Electromagnetismo. [On line] 2000. Disponible en internet en :
<URL :<http://www.sendadigital.com/fueracables/gestiona/documentos/pa18e.pdf>>

La radiación no ionizante de los tendidos podría potencialmente inducir efectos negativos en los diferentes organismos del sistema. Hasta el momento es muy poca la información disponible en este tema para Colombia.

Salidas del sistema:

-Corto plazo:

Fraccionamiento de hábitats

Desplazamiento de especies

Variación producción de CO₂

Variación producción de O₂

Desequilibrio en las relaciones ecológicas

Expansión de la frontera pecuaria

Intercambio económico bueno

-Mediano plazo:

Cambio climático acentuado

Alteración de los sistemas acuáticos

Pérdida de la productividad del suelo

Perturbación en los procesos de lixiviación y escorrentía

Intercambio económico afectado

-Largo plazo:

Susceptibilidad a la Erosión

Alteración del material genético

Alteración de la diversidad

Deforestación

Perturbación de las aguas subterráneas

Pérdida del sistema:

Temperatura

Germoplasma

Suelo

Ecosistemas estratégicos

Reducción de las fuentes de agua

Recursos forestales

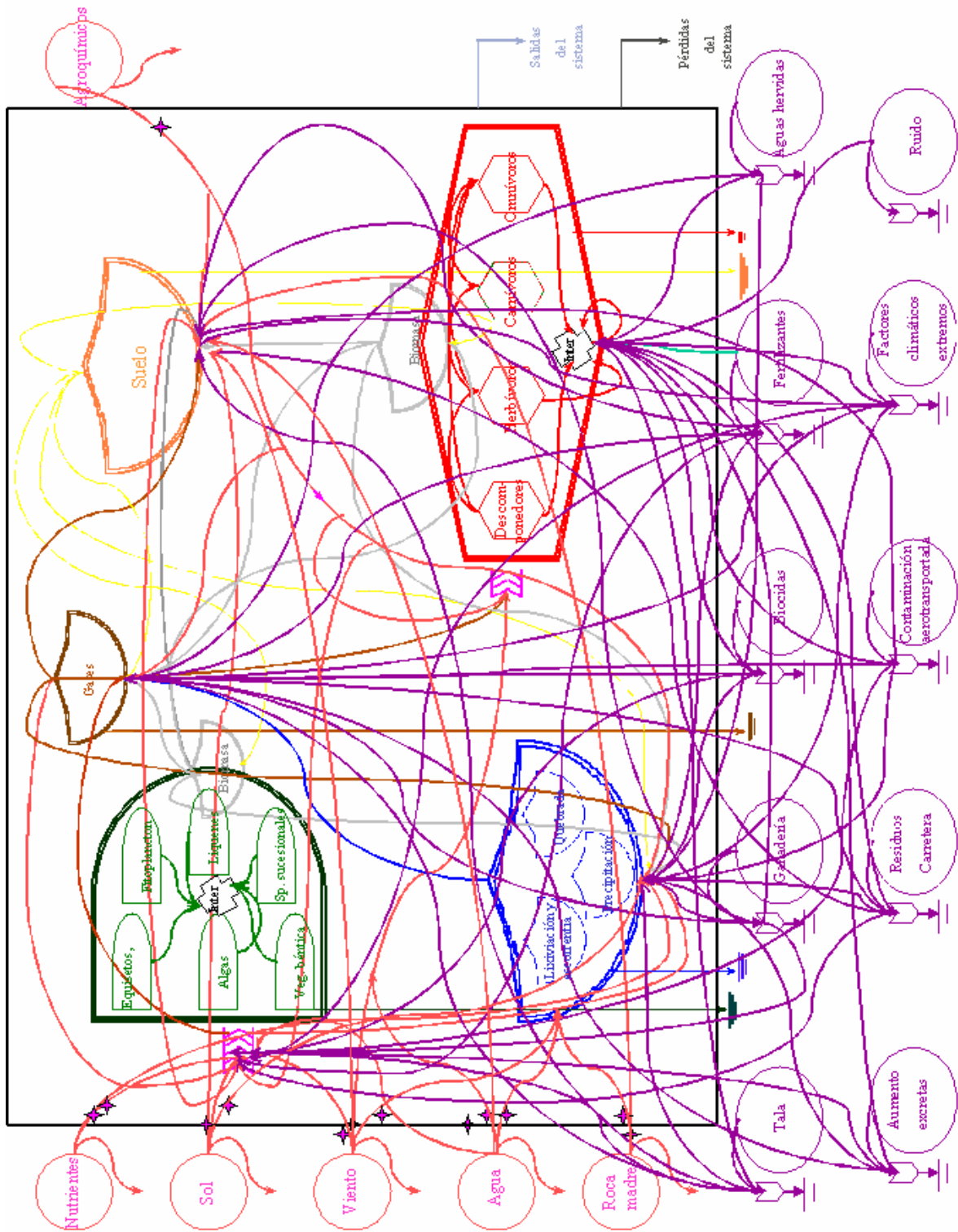
Muerte y migración de especies

Sumidero de gases

Los diferentes ambientes naturales poseen una considerable capacidad de recuperarse a los disturbios y perturbaciones periódicos sucedidos. Pero el incremento en su intensidad y magnitud puede significar la reducción en la capacidad de autorregulación del mismo.

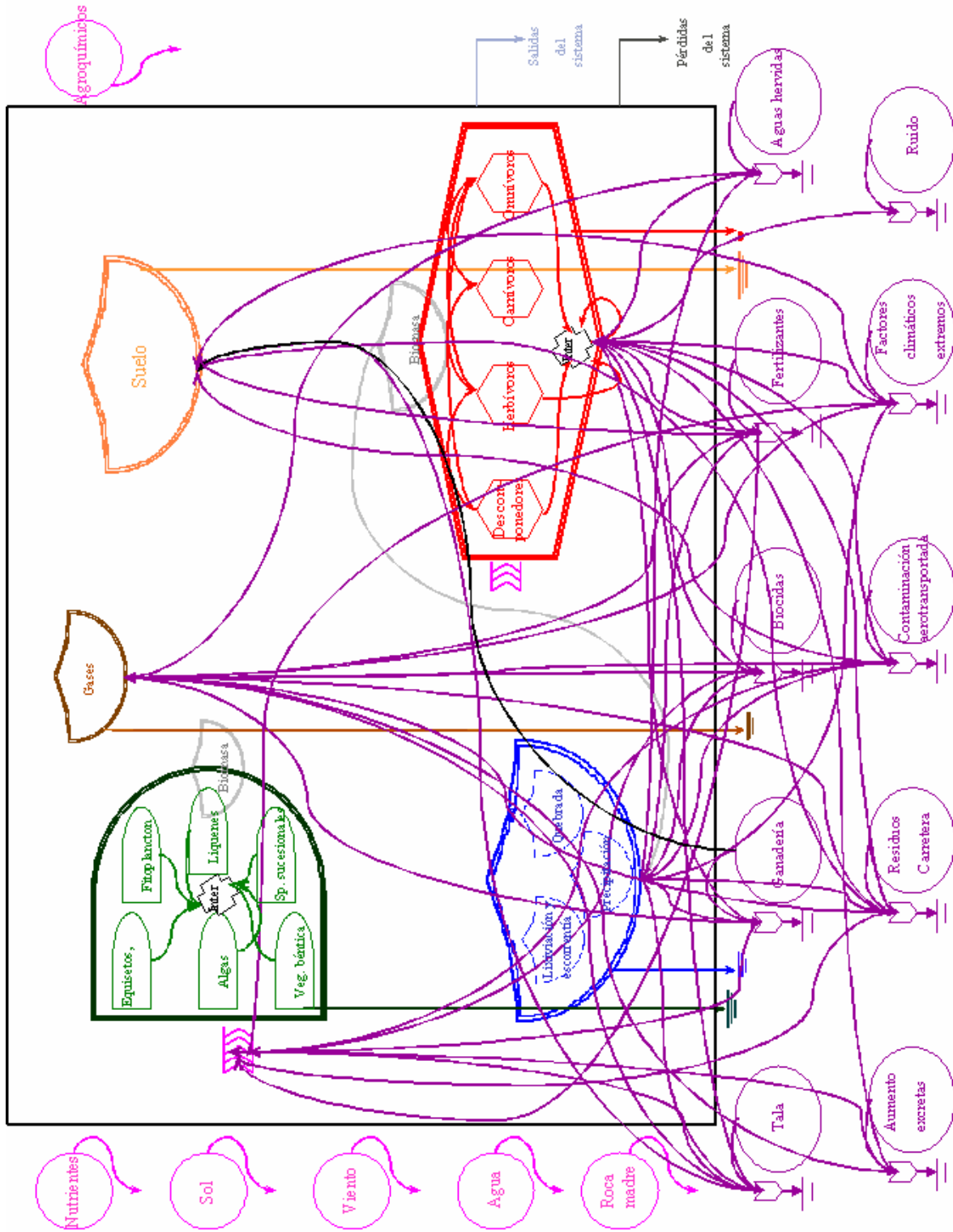
Los tensores ambientales desarrollados anteriormente, muestran la forma en que paulatinamente se esta modificando y degradando el hábitat de innumerables comunidades presentes en el humedal, especialmente de los anuros. Estos tensores revelan las áreas en las que se necesita enfatizar las investigaciones en nuestro país.

Las perturbaciones naturales y los disturbancias antrópicas sucedidas sobre la región en las últimas décadas, ha generado alteraciones en las dinámicas de los componentes bióticos y abióticos que integran este ecosistema (ver figura 44 y 45).



VALENCIA, M. COPYRIGHT 2004

Figura 44. Modelo del Humedal transformado T_n (época actual)



VALENCIA, M. COPYRIGHT 2004

Figura 45. Modelo del Humedal transformado T_n (época actual) muestra de tensores

6.3 PAUTAS GENERALES DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL ECOSISTEMA EN ESTUDIO

La utilización de los modelos fenomenológicos, propician el conocimiento de las dinámicas del ecosistema y la identificación de los tensores ambientales. Estos representan temas en los que se debe hacer un énfasis especial a la hora de realizar propuestas y actividades de gestión.

Las pautas generales, se han estructurado considerando, el ámbito de la gestión ambiental, tales como: la conservación, preservación, recuperación y el uso sostenible de los recursos; en donde se tiene en cuenta variables asociadas a la calidad ambiental como un mecanismo que permita la valoración de los componentes de un ecosistema, para su seguimiento, evaluación y monitoreo.

Estos lineamiento propuestos, aseguran intervenciones estratégicas (a corto y mediano plazo), puntuales, y de altos niveles de interacción entre componentes y los indicadores que los definen. Para enfrentar los problemas ambientales generados por la interacción de las actividades antrópicas y los sistemas naturales.

Recurso Forestal

En la zona de la variante, se tiene una cobertura de siete Ha aproximadamente, las cuales tiene un valor ecológico y natural importante. Las modificaciones sobre este componente debido a actividades antrópicas (tala, quema, entresaca, pastoreo), interfieren en la dinámica de los ciclos biogeoquímicos (Nitrógeno y fósforo especialmente, puesto que son nutrientes limitantes) generando cambios en el suelo y en el agua, y alterando la trofodinámica de las especies, propiciando la disturbancia en el microclima e induciendo variaciones en el mesohábitat, entre

otras modificaciones. Para enfrentar esta circunstancia, se propone las siguientes pautas de acción:

- Mantenimiento del bosque en los cauces y microcuencas del río Cauca (Sector Popayán).
- Reforestación con especies propias de la zona, en los nacimientos y cauces principales de agua
- Delimitación de la cobertura vegetal (protector, productor-protector y productor).
- Evitar la fragmentación de los cordones boscosos, generando corredores biológicos que permitan, garantizar la protección del recurso vegetal y a su vez del recurso animal presente en él.
- Conservar las zonas ecotonales presentes entre los sistemas boscosos y las zonas abiertas.

Recurso Hídrico

La quebrada piedras se ubica al noroccidente de la ciudad, en donde se genera el desarrollo residencial y pecuario de las últimas décadas en el Municipio de Popayán (urbano). Estas actividades alteran de manera brusca los ecosistemas existentes en la región, debido a la presión ejercida mediante: aguas servidas, desecación de humedales, residuos ganaderos, residuos sólidos, vertimiento de combustibles, entre otros factores. Es importante para la zona tomar medidas tendientes a la recuperación y sostenibilidad del recurso, tales como:

- Desarrollar estudios cuantitativos (inventario) y cualitativos (características Físicas, químicas y Biológicas) de los humedales y cauces presentes en la meseta de Popayán.
- Implementar un estudio de balance hídrico, como herramienta para definir prioridades que permitan la conservación del recurso.
- Adelantar programas de manejo de residuos y descontaminación de las áreas de río asociadas a humedales, evitando la construcción de jarillones, sistemas de drenaje, vertimiento de aguas servidas, vertimiento de residuos sólidos, entre otros.

- Evitar la construcción de desarrollos urbanísticos en sectores donde se encuentran áreas de importancia ecológica (humedales).
- Desarrollar o implementar un sistema de clasificación de humedales que se encuentre acorde a las condiciones propias de los sistemas acuáticos de la zona.
- Las características del humedal, reflejan las condiciones de calidad ambiental presentes en el sector circundante. Siendo este un patrón importante para procesos de gestión.

Recurso Suelo

La región soporta intensas actividades pecuarias y cultivos de pastos tecnificados. Estas representan para el recurso, innumerables presiones tales como: compactación, residuos ganaderos, erosión, alteración en procesos de lixiviación y escorrentía, entre otros. Los cuales alteran las propiedades naturales de los suelos y los dejan sensibles a diferentes disturbancias y perturbaciones, que se van a ver reflejadas en todo el sistema. Es adecuado implementar lineamientos como:

- Promover el uso de agrotecnologías que tengan en cuenta: la capacidad de carga de suelo, crecimiento estabulado, rotación constante, especies herbáceas de alto rendimiento energético, evitar el desarrollo de ganadería en áreas de ladera, etc. Las cuales deben estar acordes con: la conservación del suelo, capacidad de carga y resiliencia de los sistemas naturales del sector.
- No ampliar la frontera pecuaria a áreas tales como humedales y/o bosques.
- Adelantar actividades de mecanismos de tecnologías más limpias, en donde se pueda generar a partir de las excretas, biogas y/o bioabonos, entre otros.
- Reducir o sustituir el uso de biocidas, utilizados en los cultivos de pastos y espárragos en la zona.

Recurso Fauna

El cordón boscoso y los humedales de la región, representan sistemas de gran interrelación entre especies vegetales y animales. Estas especies son susceptibles a alteraciones en los diferentes componentes (suelo, agua, vegetación), cualquier cambio en estos, ocasionaría variaciones en las comunidades. Es importante tener en cuenta lineamientos para su conservación tales como:

- La diversidad y las relaciones presentes en un ecosistema, reflejan la calidad ambiental del mismo. Es prioritaria la protección de la cobertura vegetal (boscosa) y de los humedales existentes
- La conservación de los humedales y sus hábitats naturales para las especies residentes y las migratorias que representan un eslabón en las relaciones de interacción (intra e interespecíficas) del ecosistema. El mantenimiento de estos patrones favorece el desarrollo de una comunidad ecológicamente viable.
- La utilización de biocidas y modificaciones físicas-químicas (de origen antrópico) en el entorno, deben estar identificadas y relacionadas con los periodos reproductivos de las especies.

Componente Social

Es prioritario adelantar jornadas de acercamiento de las comunidades y de socialización de los problemas (ambientales, sociales y económicos) del sector a la población involucrada. Con el fin de desarrollar actividades conjuntas que permitan la adecuación de pautas de manejo para el sector y el apropiamiento de las soluciones.

7. CONCLUSIONES

- ***Los resultados sugieren la validación de la hipótesis propuesta.***

En donde, las características presentes en los hábitats propios de humedal tales como: físicas (intensidad lumínica, turbiedad del agua, nubosidad, precipitación, temperatura, fase lunar); químicas (pH, conductividad, oxígeno disuelto); biológicas (distribución y presencia de especies vegetales y animales) y la intervención antrópica (mediante el uso intensivo de la ganadería y la construcción de vía pavimentada) determinan y generan un patrón de distribución espacial para las especies de anuros y otros grupos bióticos asociados dentro de él.

Estas características del humedal, sugieren una condición meso-eutrófica, el cual posee una gran cantidad de materia orgánica, debida principalmente al uso e intensidad de uso dado al suelo del sector.

La conductividad, es una de las características químicas importantes dentro de los sistemas acuáticos y su valor revela los procesos desarrollados dentro de él. Sin embargo el valor obtenido para el humedal fue de 17.48 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo este un valor muy bajo que sólo se espera en sistemas de condiciones muy limpias y de poca materia orgánica (oligotróficos). Este valor genera un gran interrogante en la investigación, debido a que es la única variable que difiere a la condición meso-eutrófica del sistema y no es posible explicar este comportamiento.

- ***Cada una de las especies de la comunidad de anuros, selecciona y maneja el hábitat (humedal) de formas diferentes, de acuerdo con sus necesidades ecológicas y características del medio.***

La especie de *H. columbiana* exhibe una gran distribución dentro del humedal y una selección a través de un rango muy amplio en cuanto a tipo de asociaciones vegetales; la especie de *B. marinus*, poseen un rango geográfico local muy limitado y sus preferencias son muy marcadas y la especie de *C. fraterdanieli* muestra un rango espacialmente amplio, en donde sólo visita el humedal ocasionalmente y en este, tiene una preferencia muy estrecha debido principalmente a sus condiciones biológicas.

El conocimiento de la forma en la cual los organismos seleccionan el hábitat es útil para el entendimiento de los componentes que gobiernan los sistemas ecológicos y para predecir los cambios en la estructura de la comunidad que podría seguir a alteraciones naturales o antropogénicas de los ecosistemas

- ***La modelación del hábitat, mediante la utilización de diferentes herramientas, ayudan al entendimiento de los componentes y dinámicas dadas dentro del ecosistema. A la vez que se puede predecir las repuestas del mismo ante diferentes presiones.***

Los modelos propuestos, tales como: espacialización de la preferencia de hábitat, fenomenológicos y espaciales del humedal, incorporan la estructura del paisaje y los patrones básicos de la utilización del hábitat por las especies. A su vez, ayudan a comprender y analizar mejor el funcionamiento de los procesos sucedidos dentro del ecosistema. La consolidación de este conocimiento permite predecir respuestas de las poblaciones a alteraciones de tipo: químico, físico o biológico, que propicie la adecuada formulación y aplicación de pautas de manejo de la comunidad y el sistema, acordes con las dinámicas del mismo.

- ***El estado de conservación del humedal es aceptable.***

El humedal ha sufrido durante los últimos años una perturbación severa, en donde han sido alterados los ciclos biogeoquímicos, trastornado los aspectos hidrológicos, y una contaminación artificial marcada. Su estado de conservación podría decirse que es regular y a la vez preocupante. Siendo esto ratificado por las características del mismo y por la aparición de posibles malformaciones y/o anormalidades en los anuros estudiados.

- ***Este estudio demuestra la importancia de los anuros como monitores de la calidad ambiental.***

La comunidad refleja la capacidad de medir alteraciones en diferentes variables a través del tiempo. Existe un problema de anormalidades y/o malformaciones, las cuales pueden estar relacionadas con agentes externos al humedal, los cuales ingresan artificialmente al sistema.

- ***Los humedales de la variante norte de la ciudad de Popayán, representan un importante reservorio de biodiversidad para la región.***

El humedal es un sistema que alberga importantes especies (visitantes) además de las propias.

- ***Las pautas generales de gestión planteadas, plasman alternativas tendientes al desarrollo sostenible del ecosistema y la región. La cuales son dadas a conocer al propietario de la hacienda y al público en general.***

- **Los resultados sólo son replicativos para la meseta de Popayán**

Los datos obtenidos en el estudio, sólo son comparables con aquellos que se realicen en humedales y con anuros (las mismas especies) bajo condiciones parecidas, con un límite altitudinal no mayor a 50m del propuesto y que se encuentre dentro de la Meseta de Popayán.

- **La especie que posee un rango de tolerancia esteno es *C. fraterdanieli* y un rango euri *B. marinus*.**

Realizando una comparación entre las tres especies estudiadas, se concluye que la especie más susceptibles a cambios en su entorno tales como: temperatura, humedad, entre otros, es *C. fraterdanieli*, demostrando de esta manera tener rangos de tolerancia más esteno con relación a las otras dos especies. La especie *B. marinus* es empleada mundialmente en diferentes investigaciones en cuanto a su nivel de tolerancia de temperatura, contaminantes, entre otros. Ubicándola de esta manera en una posición euri dentro de la escala de tolerancia. La especie *H. columbiana* se encuentra en “el medio” sin embargo al demostrar anomalías y otros problemas, su condición puede tender parcialmente hacia esteno.

RECOMENDACIONES

- Dentro de los modelos fenomenológicos, se formulan tensores (ruido, residuos de la carretera, aumento de excretas, entre otros tensores ambientales) sobre el humedal, los cuales carecen de validación en nuestro país, demostrando así, la poca o nula información existente en cuanto a su efecto sobre los humedales y en especial sobre la comunidad de anuros. Estos tensores además de representar claramente su relación con los componentes del sistema dejan en claro la necesidad de efectuar investigaciones en estos temas de especial interés.
- Se recomienda seguir utilizando las metodologías empleadas en los muestreos, debido a que permiten entender de manera integral la dinámica de los diferentes componentes y su interrelación dentro del sistema.
- Las investigaciones desarrolladas con comunidades animales y en humedales con una vegetación herbácea prominente, requieren de especial cuidado en cuanto a la perturbación efectuada sobre la vegetación, a la cual se les debe dar un periodo mayor a un mes para su recuperación y a las comunidades animales un período similar o mayor para no llegar a incidir en su desplazamiento local.
- Debido al bajo valor de conductividad obtenido en el humedal, es pertinente realizar diferentes monitoreos en procura de obtener una respuesta acorde a las condiciones del sistema. Además de considerar el estudio de otras variables tales como: DBO_5 , DQO, nitritos y nitratos.

- La conservación del humedal y del cordón de bosque aledaño, reviste una gran trascendencia desde el punto de vista social, cultural, biológico y climático para la ciudad de Popayán. Una transformación total de este entorno ocasionaría graves dificultades a nivel local.
- La existencia de un elemento dentro del sistema, el cual le causa anomalías a los anuros es de gran preocupación y reitera la necesidad de realizar más estudios de tipo histológico y de ADN, en estas especies próximas a la ciudad.
- Es importante implementar un monitoreo periódico (cada dos años) a la comunidad en estudio, con el fin de evaluar su respuesta a las diferentes actividades antrópicas locales, determinar el estado de salud y de conservación de las especies.
- Estudios que trabajen en la dinámica ecosistémica de los nutrientes y del régimen hídrico, revisten grandes aportes al conocimiento del sistema y una gran trascendencia en la ecología funcional del mismo.
- En el trabajo con anuros, es trascendente la correlación de estos organismos con la fase lunar, en el cual se recomienda trabajar en los días de luna nueva y cuarto menguante, debido a que en este periodo son más conspicuos los organismos.
- Es importante adelantar en el humedal, trabajos tendientes a establecer las dinámicas sucesionales dadas de acuerdo a las diferentes presiones antrópicas.
- Continuar desarrollando la línea de investigación con biomonitores en diferentes ecosistemas propios de la región.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA G. Andrés. Ranas, salamandras y caecilias (Tetrápoda : Amphibia) de Colombia. En : Biota Colombiana. Vol 1, N° 3 (2000); p 289-319.

ADLER, K Kraig. Sensory aspects of Amphibians navigation and compass orientation. En : Vertebrata Hungarica. Tom. 21 (1982); p 7-18.

_____ Extraocular Photoreception in amphibians. En : Photochemistry and Photobiology. Vol 23 (1976); p 275-298.

ALCALDÍA MAYOR DE POPAYÁN. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Popayán. Popayán: Alcaldía Mayor de Popayán, 2002.

ALCAZAR, Carolina C.; DÍAZ, Sandra L. y SALGADO, Beatriz E. Estructura y composición de un relicto de bosque subandino, Popayán, Colombia. En : Memorias del tercer congreso ecuatoriano de Botánica. (2002). p 163-180.

ALEXANDER, Michael. y EISCHEID, John. Climate variability in regions of amphibian declines. En : Conservation Biology. Vol 15, N°4 (Aug 2001); p 930-942.

ALFORD, Ross. and RICHARDS, Stephen. Global amphibian declines : A Problem in applied ecology. En : Annu. Rev. Ecol. Syst. Vol 30. (1999); p 133-165.

BEEBEE, T. J. C. Ecology and conservation of amphibians. London : Chapman & hall, 1996. 213 P.

BLAUSTEIN, A.R.; WAKE, D.B. and SOUSA, W.P. Amphibian declines : judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. En : Conservation Biology. Vol 8, N° 1 (1994); p 60-71.

BLAUSTEIN, Andrew R. Chicken little or nero's fiddle? A perspective on declinig amphibian populations. En : Herpetológica. Vol 50, N° 1 (1991); p 85-97.

BLAUSTEIN, Andrew R.; BELDEN, Lisa K.; OLSON, Deanna H.; GREEN, David M.; ROOT, Terry L. and KIESECKER , Joseph M. Amphibian breeding and climate change. En : Conservation biology. Vol 15, N° 6 (December 2001); p 1804-1809.

BOHMER, Jurgen and RAHMANN, Hinrich. Influence of surface water acidification on amphibians. En : HANKE, W. Biology and physiology of amphibians. New York : Gustav Ficher Verlag – Stuttgar, 1990. p 287-309.

BURBANO, Martha. Análisis de la sensibilidad a la lluvia ácida en una ciudad intermedia tropical, Popayán, Colombia. Popayán, 2003, 150 p. Trabajo de grado (biólogo). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

CAREY, Cynthia; HEYER, Ronald; WILKINSON, John; ALFORD, Ross A.; ARNTZEN, J.W.; HALLIDAY, TIM; HUNGERFORD, Laura; LIPS, Karen R.; MIDDLETON, Elizabeth M.; ORCHARD, Stan A. and RAND, Stanley. Amphibians declines and environment change : Use of remote-sensing data to identify environmental correlates. En : Conservation Biology. Vol 15, N° 4 (2001); p 903-913.

CIGLIANO, M.M., TORRUSIO, S. Sistema de Información Geográfica y Plagas de Insectos. En : Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Volumen 9, Nº 51 (Marzo-Abril 1999).

CURTIS, Helena. Y BARNES, Sue. Biología. 5ed. Buenos Aires : Editorial Panamericana, 1993.

DASZAK, P.; CUNNINGHAM, A. and HYATT, A. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. En : Acta Tropica. Vol 78 (2001); p 103-116.

DAZA, Juan y CASTRO, Fernando H. Hábitos alimenticios de la rana toro (*Rana catesbeiana*) Anura : ranidae, en el Valle del Cauca, Colombia. En : Rev. Acad. Colomb. Cienc. Vol 23 (suplemento especial, 1999); p 265-274.

DODD, Kenneth C. and CADE, Brian S. Movement patterns and the conservation of amphibians breeding in small, temporary wetlands. En: Conservation Biology. Vol 12, Nº2 (April 1998); p 331 - 339.

DOLLING, W.R. The Hemiptera. New York : Oxford University Press, 1991. 274 P.

DUEL, H.; SPECKEN, B. P.; DENNEMAN, W. D. and KWAKERNAAK C. The habitat evaluation procedure a tool for ecological rehabilitation of wetlands. Abstrac. En : The Netherlands Water Science and Technology. Vol 31, No 8 (1995) p 387–391

DUELLMAN, William E. and TRUEB Linda. Biology of Amphibians. United States of America : Mc Graw Hill, 1986. 610 P.

DUNSON, William A.; WYMAN, Richard L. and CORBETT, Edward. S. A symposium on amphibian declines and habitat acidification. En : Journal of herpetology. Vol 26, N°4 (1992) p 349-352.

FINDLAY, Scot. And BOURDAGES, Josée. Response time of Wetland Biodiversity to Road Construction of Adjacent Lands. En : Conservation Biology. Vol 14, N° 1 (Feb 2000); p 86-94.

FLOREZ, Eduardo. Arañas del Departamento del Valle del Cauca : Un manual introductorio a su diversidad y clasificación. Santiago de Cali : INCIVA-COLCIENCIAS, 1996. 90 P.

GOSNER, K.L. A Simplified Table for Staging Anuran Embryos and Larvae. En : Herpetológica. N°16 (1960); p 183-190.

GRANT, Taran and CASTRO Fernando. The cloud forest *Colostetus* (Anura, Dendrobatidae) of a region of the cordillera Occidental of Colombia. En : Journal of Herpetology. Vol 32, N° 3 (1998); p 378-392

GRIFFIN, Jude. 1998. Amphibian decline : Monitors search for answers. En : The national newsletter of volunteer water quality monitoring. Vol 10, N° 1 (Spring 1998).

GUERRERO, Eduardo. Una Aproximación a los Humedales en Colombia. Fondo FEN, UICN-SUR, 1998. 163 P.

HEYER, Ronald., DONNELLY Maureen, MCDIARMID Roy, HAYEK Lee-Ann & FOSTER Mercedes. Measuring and monitoring biological diversity : Standard methods for amphibians. Washington : Smithsonian Institution Press, 1994. 364 P.

HILTY, Steven and BROWN, William. Guía de aves de Colombia. Versión en español. ALVAREZ, Humberto L. Universidad del Valle, 2001.

HOPKINS, William A. Reptile toxicology : Challenges and opportunities on the last frontier in vertebrate ecotoxicology. Letter to the editor. En : Environmental toxicology and chemistry. Vol 19, N°10 (2000); p 2391-2393.

HUTZINGER, Otto. The natural Environment and Biogeochemical cycles. Germany : Springer-Verlang Berlin Heidelberg, 1980. Vol A, Part A. 249 P.

INSTITUTO COLOMBIANA DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas técnicas Colombianas sobre documentación : Presentación y elaboración de tesis de grado y trabajos científicos. Santa fé de Bogotá: ICONTEC, 2003. 130 P

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Hacia la Conservación de los Humedales de Colombia: Bases Científicas y Técnicas para una Política Nacional de Humedales. En : Biosíntesis. Boletín N°9 (noviembre 1998); p 1 - 4.

_____ Los Humedales y la Biodiversidad: Compromisos Frente al Derecho Internacional. En : Biosíntesis. Boletín N° 8 (Octubre 1998); p 1 - 4.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Registros climatológicos de Popayán, Aeropuerto Guillermo León Valencia. Popayán: IDEAM, 2003.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). Aerofotografías. C-2544, Faja 003, N° 031-34. 1994.

_____ Suelos de Colombia : origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Santa Fé de Bogotá: IGAC, 1995. 632 P.

JHONSON, Pieter T.J.; LUNDE, Kevin B.; THURMAN, Michael E.; RITCHIE, Euan G.; WRAY, Simon N.; SUTHERLAND, Joshua M.; KAPFER, Joshua M.; FREST, Terrence J.; BOWERMAN, Jay and BLAUSTEIN, Andrew R. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibians malformations in the western United States. En : Ecological monographs. Vol 72, Nº 2 (2002); p 151-168.

JOHANSSON, Markus; RAˆSAˆNEN, Katja And MERILA, Juha. Comparison of nitrate tolerance between different populations of the common frog, *Rana temporaria*. En : Aquatic Toxicology. Vol 54 (2001); p 1-14.

KEDDY, Paul A. Wetland Ecology : Principles and conservation. New York : Cambridge University Press, 2000. 614 P.

KREBS, Charles J. Ecología : Estudio de la distribución y la abundancia. 2ed. México : Harper & Row Latinoamericana, 1985.

LIPS, Karen R; REASER, Jamie K; YOUNG, Bruce E. & IBAˆNEZ, Roberto. Amphibian Monitoring in Latin Am3rica : A protocol Manual. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. 2001.

LEWIS, Juan Pablo. La biosfera y sus ecosistemas : una introducci3n a la ecolog3a. Argentina : Centro de investigaciones en Biodiversidad y Ambiente EOSUR, 1995. p 75

L3PEZ, Jonathan F.; DE LA CRUZ, Gustavo; CRUZ, Adolfo G.; ROCHA, Arturo; NAVARRETE, NORMA S.; FLOREZ, Gonzalo; KATO, Enrique; SˆNCHEZ, Salvador; ABARCA, Luis G. y BEDIA, Carlos M. Manual de Ecolog3a. 2ed. M3xico: Editorial Trillas, 1985. 266 P.

LUGO, Ariel and MORRIS, Gregory. Los sistemas ecológicos y la humanidad. Washington : Secretaría general de la organización de los estados americanos, 1982. 77 P.

LYNCH, John D.; RUIZ, Pedro and ARDILA, Maria C. Biogeographic patters of Colombian frogs and toads. En : Revista de la academia de ciencias exactas, físicas y naturales. Vol 21, N° 80 (julio 1997); p 237-248.

LYNCH John D. Dying Frogs in Western Colombia : Catastrophe or Trivial Observation? (Ranas muertas o moribundas en Colombia occidental: ¿catástrofe u observación trivial?). En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. 22, N° 82 (marzo 1998); p 149-152.

MARGALEF, Ramón. Limnología. Barcelona : Ediciones Omega, 1983. 1010 P.

_____ Ecología. 3ed. Barcelona : Ediciones Omega, 1980. 949 P.

McDIARMID, Roy. Amphibian diversity and natural history : An overview. Cap 2. En : HEYER, R. *et al.* Measuring and monitoring biological diversity : Standard methods for amphibians. Washington : Smithsonian Institution Press, 1994. p 5-16.

McNAUGHTON, S. and WOLF, Larry. Ecología General. Barcelona : Ediciones Omega, 1984. 712 P.

METEYER, Carol U. Field guide to malformations of frogs and toads. Madison: USGS National Wildlife Health Center, 2000. 20 P.

METEYER, Carol U.; COLE, Rebecca A.; CONVERSE, Kathryn A.; DOCHERTY , Douglas E.; WOLCOTT, Mark; HELGEN, Judy C.; LEVEY, Richard; EATON-POOLE, Laura & BURKHARTS,

James G. Defining anuran Malformations in the context of a developmental problem. En : The journal of the Iowa academy of science. Vol 107, N° 3 (2000); p 72-78.

_____ Política nacional para humedales interiores de Colombia : estrategias para su conservación y uso racional. Bogotá: MINAMBIENTE, 2001. 54 P.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Gestión ambiental para la fauna silvestre en Colombia 1997-1998. Bogotá: MINAMBIENTE, 1997. 40 P.

MITSCH, William and GOSSELINK, James. Wetlands. 3ed. United States of America : Jhon Wiley & Sons, 2000. 920 P.

MORENO, Claudia. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza : M&T-Manuales y Tesis SEA, 2001. 84 P.

MUÑOZ, Elsa; MENDOZA, Gabriel y VALDOVINOS, Claudio. Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lénticos de Chile central : macroinvertebrados bentónicos. En : Guyana (Concepc.). Vol 65, N°2 (2001); p 173-180.

NEBEL, Bernard J and WRIGHT, Richard T. Ciencias ambientales : ecología y desarrollo sostenible. 6ed. México : Prentice may, 1999. p 37.

ODUM, Eugene P. Ecología : Estructura y función de la naturaleza : Los modelos principios de flujos de energía y ciclos biogeoquímicos. México : Compañía Editorial Continental, 1977. p 60-62.

ODUM, Eugene P. y SARMIENTO, Fausto O. Ecología : El Puente entre Ciencia y Sociedad. México : Mc Graw-Hill, 1997.

ODUM, H.T.; ODUM, E.C.; BROWN, M.T.; LAHART, D.C.; BERSOK, J. Environmental Systems and Public Policy. 1988. 253 P.

ORTIGOSA, Ranci y GATTO, De Leo, M. VVF: integrating modelling and GIS in a software tool for habitat suitability assessment. En : Environmental Modelling & Software Vol 15 (2000) p 1–12.

PAINTER, Lilian; RUMIZ, Damián; GUINART, Daniel; WALLACE, Robert; FLORES, Betty and TOWNSEND, Wendy. *Técnicas de investigación para el manejo de fauna silvestre*. En : Chemonics International, Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia), 1999.

PARRA, Rodolfo H.; MARULANDA, Jhon S. y ESCOBAR, John F. *et al.* Sistemas de Información Geográfica : base de la gestión ambiental. Santa Fé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1997. 189 P.

PECHMANN, Joseph H. and WILBUR, Henry M. 1994. Putting declining amphibian populations in perspective : Natural fluctuations and human impacts. En: Herpetológica. Vol 50, N° 1 (1994); p 65-84.

PHILLIPS, J. B.; ADLER, K and BORLAND, S. C. True navigation by an amphibians. En : Anim. Behav. Vol 50 (1995); p 855-858.

POUGH, Harvey F.; ANDREWS, R.M.; CADLE, J.E.; CRUMP, M.L.; SAVITZKY, A.H.; WELLS, K.D. Herpetology. Cap 15. New Jersey : Prentice Hall, 1998.

RAMÍREZ, A.; RESTREPO, R. y VIÑA, G. Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales : Formulación y aplicación. En : Ciencia, Tecnología y Futuro CT&F. Vol 1, N° 3 (diciembre 1997); p 135-153.

RAMÍREZ, Alberto G. y VIÑA, Gerardo V. 1998. Limnología colombiana : Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. BP Exploration Company. Colombia.

RAY, Nicolas; LEHMANN, Anthony and JOLY, Pierre. Modeling spatial distribution of amphibian populations : a GIS approach based on habitat matrix permeability. En : Biodiversity and Conservation. Vol 11 (2002); p 2143-2165.

RENJIFO, Juan M. Ranas y Sapos de Colombia. Bogotá: Editorial Colina, 1998. 160 P.

RIVERO, Juan A. Y SERNA, Marco A. Nuevos *Colostethus* (Amphibia, Dendrobatidae) del Departamento de Antioquia, Colombia, con la descripción del renacuajo de *Colostethus fraterdanieli*. En : Revista de Ecología Latino Americana. Vol 2, N° 1-3 (1995); p 45-58.

_____ La identificación de los *Colostethus* (Amphibia, Dendrobatidae) de Colombia. En : Caribbean Journal of Science . Vol 24, N° 3-4 (1988); p 137-154

_____ Sobre la identificación de los *Colostethus* (Amphibia: Dendrobatidae) de Colombia. En : Caribbean Journal of Science. Vol 21, N° 3-4 (1985); p 143-154.

ROLDÁN, Gabriel P. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia : uso del método BMWP/Col. Medellín, Universidad de Antioquia, 2003. 170 P.

_____ Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Medellín: Fondo FEN, COLCIENCIAS-Universidad de Antioquia, 1996. 217 P.

_____ Fundamentos de Limnología Neotropical. Medellín : Editorial Universidad de Antioquia, 1992. 526 P.

RUIZ, Pedro; ARDILA, María C. y LYNCH, Jhon D. Lista actualizada de la fauna Amphibia de Colombia. En : Revista de la academia de ciencias exactas, físicas y naturales. Vol 20 (1996); p 365-415.

SADINSKI, Walter J. and DUNSON, William A. A multilevel study of effects of low pH on amphibians of temporary ponds. En: Journal of herpetology. Vol 26, N° 4 (1992); p 413-422.

SANCHEZ, A.P. Suelos del Trópico. Costa Rica: IICA, 1981. 634 P.

SCHMIDT, Benedikt R.; SCHAUB, Michael and Anholt, Bradley R. Why you should use capture-recapture methods when estimating survival and breeding probabilities : on bias, temporary emigration, overdispersion, and common toads. En : Amphibia-Reptilia. Vol 23 (2002).

SEEBACHER, Frank. And ALFORD, Ross. Movement and microhabitat use of a terrestrial amphibian (*Bufo marinus*) on a tropical island : Seasonal variation and environmental correlates. En : Journal of Herpetology. Vol 33, N° 2 (1999); p 208-214.

SEMLITSCH, Raymond D. Critical Elements for Biologically Based Recovery Plans of Aquatic-Breeding Amphibians. En : Conservation Biology. Vol 16, N°3 (June 2002); p 619-629.

SOBREVILA, Caudia and BATH Paquita. Evaluación Ecológica Rápida. Arlington : The Nature Conservancy- Programa de ciencias para américa Latina, 1992.

STEBBINS, Robert C. and COHEN, Nathan W. A natural history of amphibians. New jersey : Princenton University press, 1995. 316 P.

TROMBULAK, S. And FRISSELL, C. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. En : Conservation Ecology. Vol 14, N°1 (Feb 2000); p 18-30.

UNIVERSIDAD DEL VALLE. Diversidad de Insectos I : Guía de clase neuroptera y coleóptera. Santiago de Cali : Universidad del Valle, Especialización en Entomología, 1999.102 P.

U.S. Environmental Protection Agency. Amphibian Index of Biotic Integrity (AmphIBI) for Wetlands. Washington : U.S. Environmental Protection Agency, 2000b.

_____ Methods for Evaluating Wetland Condition: Using Amphibians in Bioassessments of Wetlands. Washington : U.S. Environmental Protection Agency, 2000a.

_____ Bioindicators for Assessing Ecological Integrity of Prairie Wetlands. Washington : U.S. Environmental Protection Agency, 1995.

VARGAS, Fernando y CASTRO, Fernando. Distribución y preferencias en anuros (Amphibia) en bosque maduro y áreas perturbadas en Anchicayá, Pacífico Colombiano. En : Caldasia Vol 21, N° 1 (1999); p 95-109.

VASQUEZ, Guillermo L. Evaluación de la calidad de las aguas naturales : significado y alcances e la determinación y análisis de parámetros físicos-químicos y biológicos fundamentales. Popayán : Universidad del Cauca, 2001.

WELSH, Hartwell and OLLIVER, Lisa M. Streams amphibians as indicators of ecosystem stress : a case study from California's redwoods. En : Ecological Applications. Vol 8, N° 4 (1998); p 1118-1132.

WELSH, H.; OLLIVER, L. and HANKIN, D. A habitat-based design for sampling and monitoring stream amphibians with an illustration from Redwood National Park. En : Northwestern Naturalist. Vol 78, N° 1 (1997); p 1-16.

WETZEL, Robert G. 1981. Limnología. Barcelona : Ediciones Omega, 1981

WETZEL, Robert G. and LIKENS, Gene E. Limnological analyses. United States of America : W. B. Saunder company, 1979.

WOODWELL, George M. El ciclo de la energía en la biosfera. Cap 23. Ecología, evolución y biología de poblaciones. Barcelona : Ediciones omega, 1970. p 204-207.

YOUNG, Bruce E.; LIPS, Karen R.; REASER, Jamie K.; IBAÑEZ, Roberto; SALAS, Antonio W.; CEDEÑO, Rogelio J.; COLOMA, Luis A.; RON, Santiago; LA MARCA, Enrique; ; MEYER, Jhon R.; MUÑOZ, Antonio; BOLAÑOS Federico; CHAVES, Gerardo and ROMO David. . Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. En : Conservation Biology. Vol 15, N°5 (October 2001); p 1213-1223.

ZAMORA, Hildier G. Análisis biogeográfico de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (mae) en el departamento del Cauca, Colombia. En : Unicauca Ciencia. Vol 5 (2000); p 11-30.

_____ Métodos de investigación para el estudio ecológico de las aguas continentales : Los macroinvertebrados como elementos de análisis limnológicos. Popayán : Universidad del Cauca, 1990.

Consultas en Internet:

AMERICAN SOCIETY OF ICHTHYOLOGISTS AND HERPETOLOGISTS (ASIH). Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field research. [on line]. 9 julio 2001. Disponible en internet: <URL:<http://199.245.200.110/pubs/herpcoll.html>>

BOWERS, Dorothy G.; ANDERSEN, David E. & EULISS, Ned H. Anurans as Indicators of Wetland Condition in the Prairie Pothole Region of North Dakota. NAAMP III - calling surveys. [On line]. Laurel (USA): USGS, june 2002. Disponible en internet: <URL:<http://www.mp2-pwrc.usgs.gov/naamp3/naamp3.html>>.

CAJIAO, Javier. Biodiversidad : Descenso en las poblaciones de anfibios en el mundo. [On line]. 14 mayo 1998. Disponible en internet: <URL:http://wwwprof.uniandes.edu.co/~samadrin/biodiversidad/ensayos/j_cajiao.html>.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS). Eutroficación de los lagos cálidos tropicales. [On line]. 12 de febrero de 2003. Disponible en internet: <URL:<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaca/e/eutrofic.html>>.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS). Prevención y control de contaminación de las aguas subterráneas. [On line]. 9 de junio de 2001. Disponible en internet: <URL:<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaca/e/prevcont.html>>.

CIGLIANO, M.M., TORRUSIO, S. Sistema de Información Geográfica y Plagas de CORN, Stephen. Amphibian Research and Monitoring Initiative. [On line] FROGLOG Number 41, October 2000. Disponible en internet: <URL:www2.open.ac.uk/biology/froglog/FROGLOG-41-2.html>.

DAVIS, Robert. Amphibian declines. [On line]. 10 agosto de 2003. Disponible en internet: <URL:<http://www.westernwildlife.com.au/frogs/declines.htm>>.

DELFT HYDRAULICS. Delft3D ECO - habitat modelling. [On line] Delft Hydraulics 2002. Disponible en internet: <URL:www.wldelft.nl/soft/d3d/eco/habitat/.html>.

DIERAUF, Leslie A. Animals as Environmental Sentinels of Human Pollution. [On line]. New Orleans (Louisiana): Current topics in veterinary public health AVMA Convention, 1999. Disponible en internet: <URL:<http://www.aveweb.org/article.html>>.

DWIGHT, Peck. Carpeta informativa Ramsar. [On line]. Ramsar, 1998. Disponible en internet: <URL:http://www.ramsar.org/about_infopack_index_s.htm>.

_____ El papel de los humedales en la búsqueda de soluciones a la crisis mundial del agua. [On line] Gland (Suiza): RAMSAR, 21 Marzo de 1998. Disponible en internet: <URL:http://www.ramsar.org/about_global_water_crisis_s.htm>.

ELIONZO, Luis; BOLAÑOS, Federico y QUESADA, Enrique. Bufo Marinus. (On line) 2000. Disponible en: <URL:<http://guest:guest@darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBI&-lay=WebAll&Format=/ubi/detail.html6-Op=bw&id=4375&-Find>>.

FIGUEROA, Apolinar C. and ZAMBRANO, Leonidas P. Los recursos hídricos, potencialidad para un desarrollo humano sostenible en el departamento del Cauca. [On line]. Popayán (Cauca): Grupo de Estudios Ambientales-UNICAUCA, 2001. Disponible en internet: <URL:<http://gea.ucauca.edu.co/documentospdf/rechidricos.pdf>>.

FUNDACIÓN TERRA. Electromagnetismo. [On line] 2000. Disponible en internet : <URL:<http://www.sendadigital.com/fueracables/gestiona/documentos/pa18e.pdf>>.

Humedales : Ecosistemas productivos. [On line]. Disponible en internet: <URL:<http://www.memo.com.co/ecologia/humedal.html>>.

Insectos. [On line] Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Volumen 9 - Marzo-Abril N° 51, 1999. Disponible en internet: <URL:<http://www.cienciahoy.org/hoy51/plagas2.htm>>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Cartas climatológicas de Popayán, Aeropuerto Guillermo León Valencia. [On line] Bogotá (Colombia), 1999. Disponible en internet: <URL: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/popa/precipitacion.htm>>.

INTERNATURA. Campaña para la conservación de los anfibios : Los anfibios desaparecen. [On line] Madrid (España): Internatura. Disponible en internet: <URL:<http://www.internatura.uji.es/grupos/fcpn/campa2.html>>.

LEÓN , Luis F. Vizcaíno. Sistemas de Información Geográficos en Calidad del Agua. Disponible en internet : <URL:<http://SUNBURN.UWATER/00.CA/FLEONVI/ACTICS/ART18.PDF>>.

MANLEY, Gerard Hopkins. La maravilla de los Humedales. [On line] WWF. Disponible en internet: <URL:<http://www.panda.org/resources/publications/water/wonder/spanish/spindex.htm>>.

MIRANDA, Noemí. 2000. Reptiles y anfibios están desapareciendo del planeta. Disponible en internet: <URL:<http://www.tercera.cl/diario/2000/08/11/t-11.30.3a.CYS.REPTILES.html>>.

MURGUEITIO, Enrique. Impacto Ambiental de la ganadería de Leche y Alternativas de Solución. [On line]. e-campo.com, 2002 Disponible en internet: <URL:<http://www.e-campo.com/sections/news/print.php/uuid.5022DFD3-46CD-464D-BF7875D4FF9287B7/>>.

QUINTANA, Ruben D. Relación entre la estructura del paisaje en un humedal y la fauna silvestre : El carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) como caso de estudio. [On line] Buenos Aires. Disponible en internet : <URL:<http://www.unesco.org.uy/mab/documentospdf/11.pdf>>.

ROBERTSON, 1977. Citado en: RODRIGUEZ, Claudia. Residuos Ganaderos. [On line]. 2002. Disponible en internet: <URL:http://www.cuencarural.com.ar/ganaderia/Residuos_ganad3.htm>.

SCOTT, Michon. Where frogs live. [On line] NASA, 2001. Disponible en internet: <URL:<http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Frogs/>>.

STEIN, Thomas. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. [On line] FAO, 1998. Disponible en internet: <URL:<http://www.fao.org/catalog/giphome.htm>>.

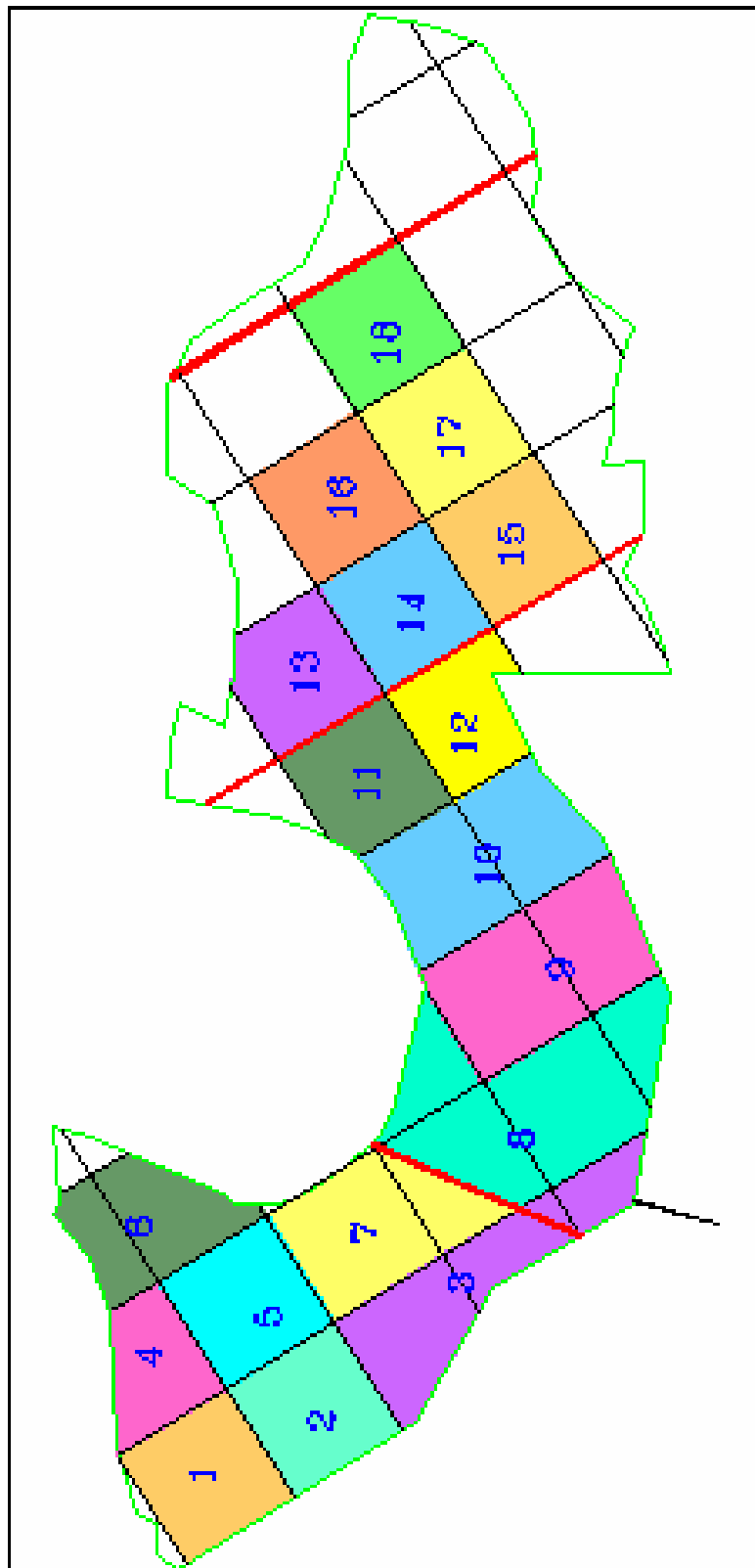
THE VERMONT PUBLIC INTEREST RESEARCH GROUP. The Frog Project : A study of frog deformities in Vermont. [On line]. Montpelier (Vermont) : The Vermont Public Interest Research Group, 1996. Disponible en internet: <URL:<http://www.vpirg.org/downloads/VPIRGFrogCuricl.m.pdf>>.

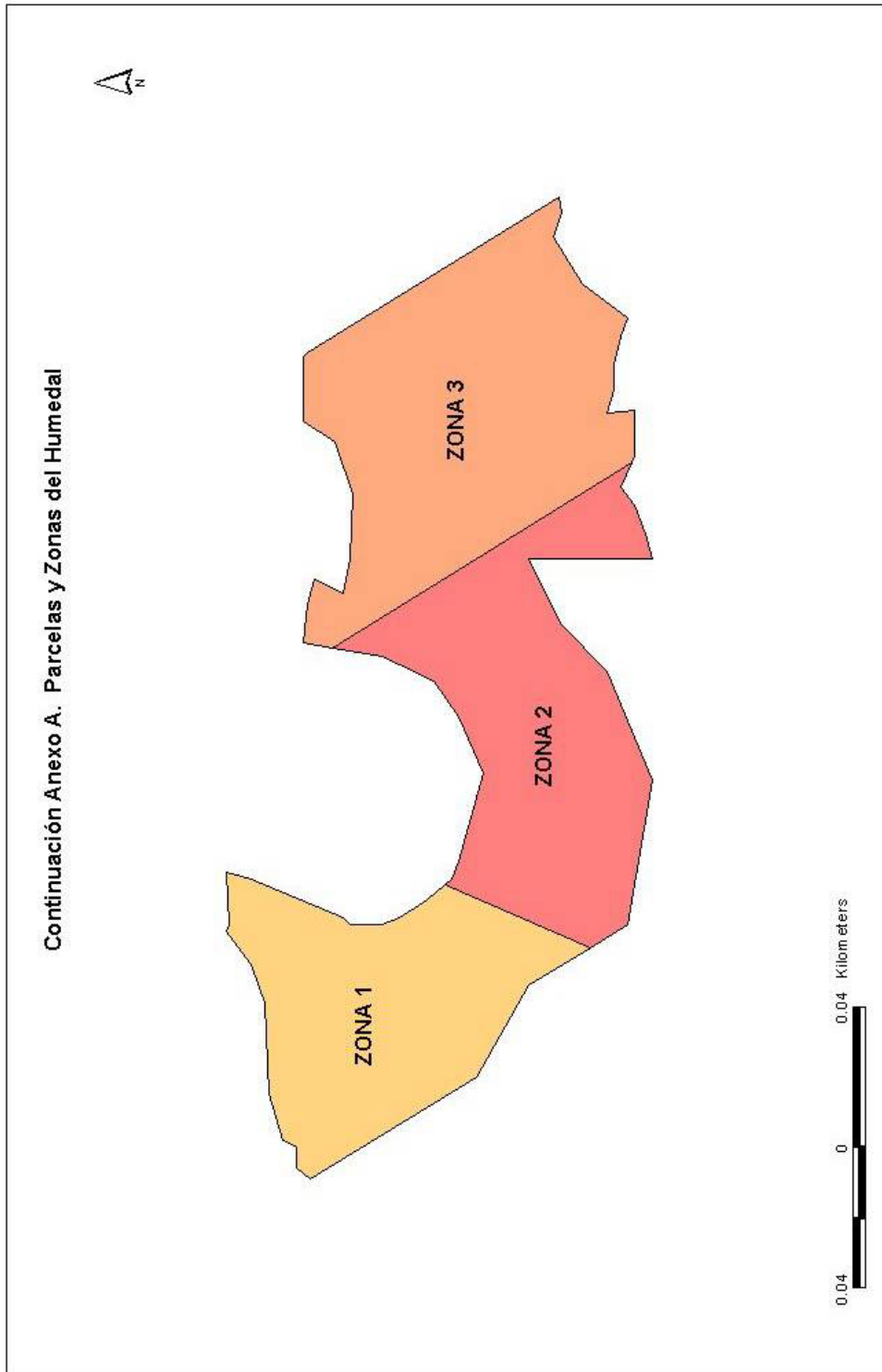
U.S. Environmental Protection Agency. Guía para la protección de las aguas subterráneas. [On line]. U.S. Environmental Protection Agency, 1990. Disponible en internet: <URL:<http://www.epa.gov/safewater/protect/citguisp.html>>.

U.S. Environmental Protection Agency. Impacts on quality of inland wetlands of the United States : A survey of indicators, Techniques, and Applications of community level biomonitoring data. Appendix A. Summary of Advantages and Disadvantages of use of major taxa in monitoring wetland ecological condition. [On line]. U.S. Environmental Protection Agency. 1998 Disponible en internet: <URL:<http://www.epa.gov/owow/wetlands/wqual/procon.html>>.

ANEXOS

Anexo A. Parcelas y Zonas del Humedal





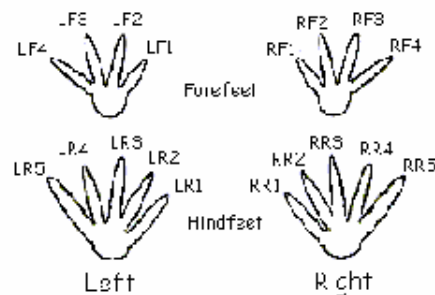
Anexo B. Ficha técnica para Anuros

Localidad.....
Fecha..... Parcela..... Hora..... Colector.....
Latitud.....°N.....'....." Longitud.....°W.....'....."
Clima: Caliente Frío Normal Humedad: Caliente Frío Normal
Precipitación: Semana.....
Día.....

Género..... Especie..... N°.....
Estado: Adulto Juvenil Larva Huevo
Basado en:.....
Sexo: Hembra Macho Peso:.....g Parcela: X.....Y.....
Posición vertical:..... Actividad:.....
Método de captura..... LRC.....

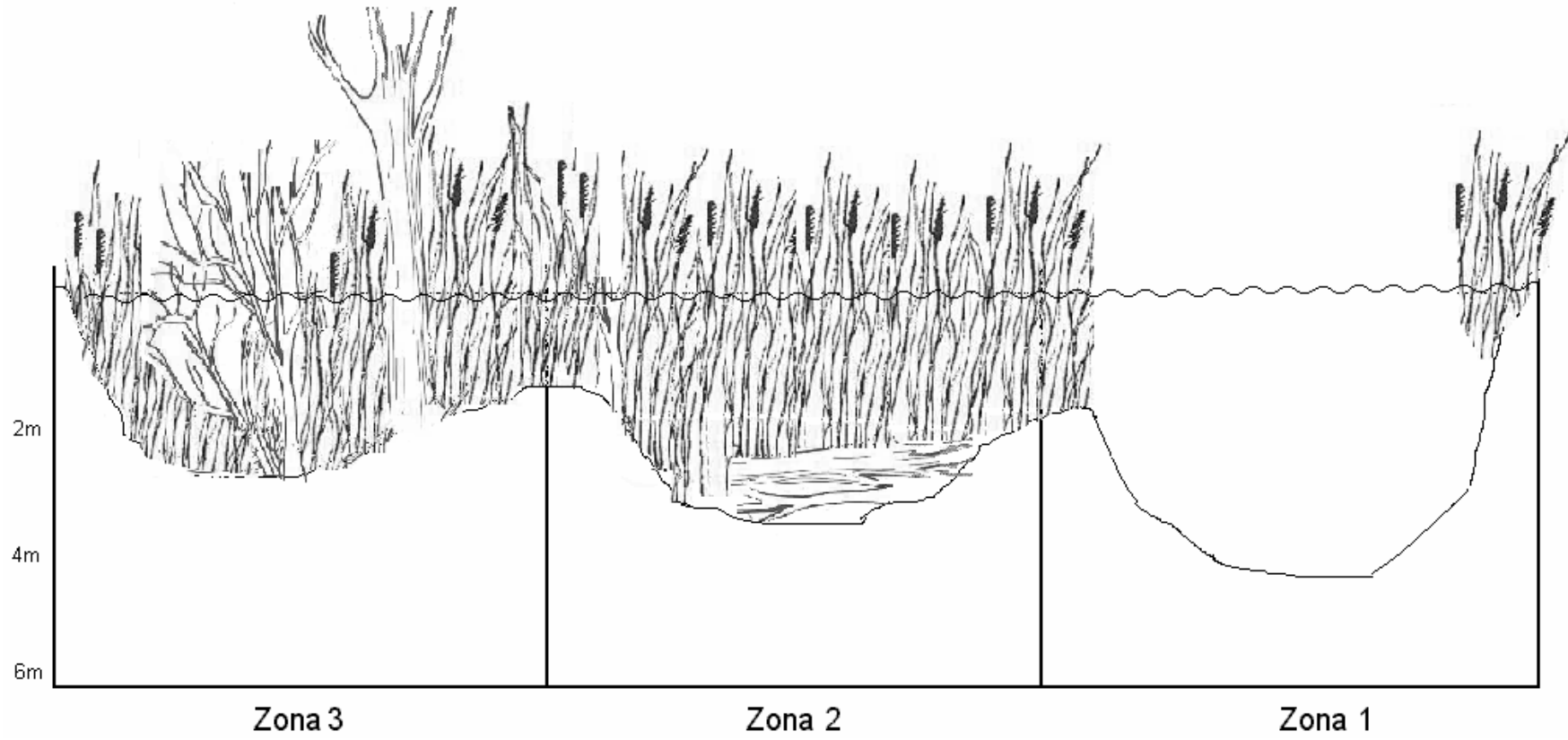
Descripción del hábitat.....
.....
Tipo de sustrato: Suelo desnudo Hojarasca Tronco: Vivo Muerto Caído
en pie Hoja viva Hoja muerta Otro:.....

Observaciones.....
.....



Adaptado de: LIPS, K. 2001 y HEYER, R. 1994.

Anexo C. Morfología (perfil) del Humedal



Anexo D. Registros de Precipitación para la Ciudad de Popayán (Nov-02 a Jul-03)

Día	Nov-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	Mar-03	Abr-03	May-03	Jun-03	Jul-03
1	10.5	1.9	0.0	27	3.2	12.5	0.0	-	60.9
2	9.2	28.5	0.0	21	0.0	0.0	0.0	-	0.0
3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.6	-	0.4
5	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	-	3.6
6	8.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-	1.0
7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.8	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1
9	1.2	7.0	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	1.2
19	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	17.8	18.3	0.0	2.6
11	0.0	7.0	0.0	0.0	1.4	12.9	21.4	0.0	0.4
12	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	6.0	0.0
13	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.5	0.0
14	1.0	0.0	0.0	0.4	0.0	3.2	0.0	34.6	0.0
15	0.0	6.8	0.5	26.0	18.8	1.8	0.0	0.4	0.0
16	8.4	44	48.5	2.3	5.6	2.2	0.0	21.1	0.0
17	0.5	7.4	11	51.5	1.0	26.5	0.0	2.6	0.0
18	0.0	6.8	0.8	13.8	0.0	0.1	18.8	8.2	0.0
19	5.7	2.4	11	1.0	0.0	26.2	19.7	12.2	0.0
20	0.0	0.0	16.7	1.1	19.5	3.9	15.5	0.4	0.0
21	0.2	20.4	0.0	0.8	14.4	1.6	-	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.8	1.2	13.5	-	0.0	0.0
23	0.0	16.5	1.8	0.0	1.0	3.0	-	1.1	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	12	3.0	-	7.4	0.0
25	0.0	0.0	2.2	0.0	2.8	4.4	-	0.0	0.0
26	0.0	3.8	0.0	1.7	13	21	-	0.0	0.0
27	0.0	3.6	0.0	2.9	70.5	1.0	-	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	19.1	15	1.1	-	0.0	0.0
29	0.0	1.1	0.0	0.0	1.0	0.0	-	-	0.0
30	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.5	-	0.0	0.4
31	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0
Promedio	1.94	6.62	2.98	6.05	5.83	5.57	4.85	4.14	2.7

Fuente: IDEAM. Registros metereológicos, Estación: Aeropuerto "Guillermo León Valencia" 2003.

Anexo E. Datos y estadísticas descriptiva para la variable pH

Parcela	Mes	Media	Desv. tip.	N
1,00	1,00	6,4950	7,778E-02	2
	2,00	6,0645	,1747	2
	3,00	5,8720	,2418	2
	4,00	5,7410	1,414E-03	2
	5,00	5,7215	4,950E-03	2
	6,00	4,7145	,1322	2
	7,00	4,9765	2,616E-02	2
	Total	5,6550	,5992	14
2,00	1,00	6,0330	,5332	2
	2,00	4,7190	9,475E-02	2
	3,00	5,7910	,1867	2
	4,00	5,6275	6,010E-02	2
	5,00	5,6440	8,061E-02	2
	6,00	5,0905	,2072	2
	7,00	4,8555	7,849E-02	2
	Total	5,3944	,5136	14
3,00	1,00	5,5285	2,616E-02	2
	2,00	5,1415	1,061E-02	2
	3,00	6,1265	,1492	2
	4,00	5,7300	3,253E-02	2
	5,00	5,7245	1,485E-02	2
	6,00	5,4950	,1853	2
	7,00	5,2170	,2645	2
	Total	5,5661	,3372	14
Total	1,00	6,0188	,4951	6
	2,00	5,3083	,6218	6
	3,00	5,9298	,2183	6
	4,00	5,6995	6,379E-02	6
	5,00	5,6967	5,491E-02	6
	6,00	5,1000	,3753	6
	7,00	5,0163	,2060	6
	Total	5,5385	,4955	42

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: pH

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	9,436 ^a	20	,472	15,750	,000
Intersección	1288,349	1	1288,349	43005,900	,000
PARCELA	,492	2	,246	8,205	,002
MES	5,716	6	,953	31,802	,000
PARCELA * MES	3,228	12	,269	8,981	,000
Error	,629	21	2,996E-02		
Total	1298,415	42			
Total corregido	10,065	41			

a. R cuadrado = .937 (R cuadrado corregido = .878)

Anexo F. Datos y estadísticas descriptiva para la variable Conductividad

Parcela	Mes	Media	Desv. típ.	N
1,00	1,00	20,5000	1,4142	2
	2,00	17,9100	1,2869	2
	3,00	17,8850	9,192E-02	2
	4,00	13,8650	,6152	2
	5,00	21,9500	7,071E-02	2
	6,00	6,4600	,6364	2
	7,00	12,8800	4,5679	2
	Total	15,9200	5,2764	14
2,00	1,00	24,1500	,6364	2
	2,00	15,1150	2,5668	2
	3,00	18,6150	1,1526	2
	4,00	18,3100	,1556	2
	5,00	21,4000	,1414	2
	6,00	7,4050	1,3364	2
	7,00	11,2650	3,8113	2
	Total	16,6086	5,7466	14
3,00	1,00	22,4750	7,2478	2
	2,00	20,5000	,5657	2
	3,00	20,4000	1,9799	2
	4,00	16,3950	3,536E-02	2
	5,00	25,9500	3,3234	2
	6,00	14,8700	3,0123	2
	7,00	18,9500	1,9092	2
	Total	19,9343	4,3428	14
Total	1,00	22,3750	3,6966	6
	2,00	17,8417	2,7414	6
	3,00	18,9667	1,5462	6
	4,00	16,1900	2,0143	6
	5,00	23,1000	2,6736	6
	6,00	9,5750	4,3883	6
	7,00	14,3650	4,5763	6
	Total	17,4876	5,3312	42

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Conductividad

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1034,767 ^a	20	51,738	8,324	,000
Intersección	12844,306	1	12844,306	2066,371	,000
PARCELA	129,029	2	64,514	10,379	,001
MES	790,454	6	131,742	21,194	,000
PARCELA * MES	115,284	12	9,607	1,546	,185
Error	130,533	21	6,216		
Total	14009,607	42			
Total corregido	1165,301	41			

a. R cuadrado = ,888 (R cuadrado corregido = ,781)

continuación Anexo F. Datos y estadísticas descriptiva para la variable Conductividad

Conductividad entre zonas

ANOVA

Conductividad

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	129,029	2	64,514	2,428	,101
Intra-grupos	1036,272	39	26,571		
Total	1165,301	41			

Conductividad entre meses

ANOVA

Conductividad

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	129,029	2	64,514	2,428	,101
Intra-grupos	1036,272	39	26,571		
Total	1165,301	41			

Anexo G. Datos y estadísticas descriptiva para la variable CO2

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95 %		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
CO2	1	6	5,5000	,5477	,2236	4,9252	6,0748	5,00	6,00
	2	6	1,1000	,1095	4,472E-02	,9850	1,2150	1,00	1,20
	3	6	,6500	5,477E-02	2,236E-02	,5925	,7075	,60	,70
	4	6	,6000	1,697E-17	6,928E-18	,6000	,6000	,60	,60
	5	6	1,7000	,1095	4,472E-02	1,5850	1,8150	1,60	1,80
	6	6	3,5000	,0000	,0000	3,5000	3,5000	3,50	3,50
	7	6	2,0000	,0000	,0000	2,0000	2,0000	2,00	2,00
	Total	42	2,1500	1,6805	,2593	1,6263	2,6737	,60	6,00

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CO2	Inter-grupos	114,150	6	19,025	407,263	,000
	Intra-grupos	1,635	35	4,671E-02		
	Total	115,785	41			
Turbiedad	Inter-grupos	166265,143	6	27710,857	.	.
	Intra-grupos	,000	35	,000		
	Total	166265,143	41			

Anexo H. Datos y estadísticas descriptiva para la variable Turbiedad

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95 %		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Turbiedad 1	6	34,0000	,0000	,0000	34,0000	34,0000	34,00	34,00
2	6	32,0000	,0000	,0000	32,0000	32,0000	32,00	32,00
3	6	18,0000	,0000	,0000	18,0000	18,0000	18,00	18,00
4	6	35,0000	,0000	,0000	35,0000	35,0000	35,00	35,00
5	6	59,0000	,0000	,0000	59,0000	59,0000	59,00	59,00
6	6	215,0000	,0000	,0000	215,0000	215,0000	215,00	215,00
7	6	61,0000	,0000	,0000	61,0000	61,0000	61,00	61,00
Total	42	64,8571	63,6808	9,8262	46,0128	84,7015	18,00	215,00

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CO2	Inter-grupos	114,150	6	19,025	407,263	,000
	Intra-grupos	1,635	35	4,671E-02		
	Total	115,785	41			
Turbiedad	Inter-grupos	166265,143	6	27710,857	,	,
	Intra-grupos	,000	35	,000		
	Total	166265,143	41			

Anexo J. Macrófitas presentes en el humedal

Familia	Nombre científico
Araceae	<i>Anthurium pedatum</i>
Asteraceae	<i>Baccharis nitida</i>
Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i>
Asteraceae	<i>Gamochoeta americana</i>
Begoniaceae	<i>Begonia towarensis</i>
Bromeliaceae	<i>Tillandsia pectinata</i>
Clusiaceae	<i>Clusia sp</i>
Commelinaceae	<i>Aneilema sp</i>
Cucurbitaceae	<i>Melothria pendula</i>
Cyperaceae	<i>Rhynchospora corymbosa</i>
Cyperaceae	<i>Eleocharis elegans</i>
Fabaceae	<i>Aeschynomene falcata</i>
Lamiaceae	<i>Hyptis capitata</i>
Lythraceae	<i>Cuphea sp</i>
Malastomataceae	<i>Tibouchina ciliaris</i>
Malastomataceae	<i>Monochaetum sp</i>
Onagraceae	<i>Ludwigia peruviana</i>
Onagraceae	<i>Ludwigia hyssopinifolia</i>
Orchidaceae	<i>Pterichis sp</i>
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca sp</i>
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i>
Poaceae	<i>Axonopus sp</i>
Poaceae	<i>Panicum sp</i>
Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>
Poaceae	<i>Pennisetum purpureum</i>
Pteridophyta	<i>Polypodium giganteum</i>
Pteridophyta	<i>Osmunda regalis</i>
Pteridophyta	<i>Asplenium aethiopicum</i>
Rubiaceae	<i>Galium hypocarpium</i>
Rubiaceae	<i>Coprosma granadensis</i>
Rubiaceae	<i>Coccocypselum lanceolatum</i>
Rubiaceae	<i>Manettia lehmannii</i>
Scrophulariaceae	<i>Castilleja arvensis</i>

continuación Anexo J. Macrófitas presentes en el humedal



Anthurium pedatum



Piper aduncum



Aneilema sp



Rhynchospora corymbosa



Tillandsia pectinata



Ludwigia peruviana

Anexo K. Distribución de las macrófitas

Species	Variance	Mean	Chi-sq	d.f.	Probability	Aggregation
<i>Rhynchospora corymbosa</i>	0.001	0.2333	0.0089	2	0.9960703	Regular
<i>Galium hypocarpium</i>	0	0.0003	0.0005	2	0.9996768	Regular
<i>Tibouchina ciliaris</i>	0	0.0012	0.0027	2	0.9987687	Regular
<i>Polypodium giganteum</i>	0	0.0005	0.003	2	0.9986504	Regular
<i>Baccharis nitida</i>	0.0001	0.0085	0.0161	2	0.9927024	Regular
<i>Mikania micrantha</i>	0	0.0012	0.0027	2	0.9987687	Regular
<i>Monochaetum sp</i>	0	0.001	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Axonopus sp</i>	0	0.001	0.006	2	0.9973679	Regular
<i>Panicum sp</i>	0.0009	0.0308	0.0555	2	0.9729818	Random
<i>Melothria pendula</i>	0	0.0005	0.003	2	0.9986504	Regular
<i>Aeschynomene falcata</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Coprosma granadensis</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Coccocypselum lanceolatum</i>	0	0.0002	0.001	2	0.9994685	Regular
<i>Eleocharis elegans</i>	0.0035	0.0383	0.1828	2	0.9122536	Random
<i>Aneilema sp</i>	0	0.0017	0.0025	2	0.9988571	Regular
<i>Osmunda regalis</i>	0	0.0017	0.0025	2	0.9988571	Regular
<i>Ludwigia peruviana</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Tillandsia pectinata</i>	0	0.0008	0.005	2	0.9978032	Regular
<i>Anthurium pedatum</i>	0	0.0007	0.004	2	0.9982309	Regular
<i>Phytolacca sp</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Cuphea sp</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Asplenium aethiopicum</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Clusia sp</i>	0	0.0008	0.005	2	0.9978032	Regular
<i>Begonia tovarensis</i>	0	0.002	0.0007	2	0.9995714	Regular
<i>Andropogon bicornis</i>	0	0.0008	0.005	2	0.9978032	Regular
<i>Pterichis sp</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Castilleja arvensis</i>	0	0.0002	0.001	2	0.9994685	Regular
<i>Hyptis capitata</i>	0	0.0008	0.005	2	0.9978032	Regular
<i>Pennisetum purpureum</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Manettia lehmannii</i>	0	0.0003	0.002	2	0.9990618	Regular
<i>Gamochoeta americana</i>	0	0.0002	0.001	2	0.9994685	Regular
<i>Ludwigia hyssopifolia</i>	0	0.0008	0.005	2	0.9978032	Regular
<i>Piper aduncum</i>	0	0.003	0.018	2	0.991763	Regular

Anexo L. Mosaico de Cobertura vegetal



Anexo M. Familia de artrópodos presentes en el humedal

Orden	Familia	Día (Abundancia)	Noche (Abundancia)
Araneae	Pisauridae	18.18	15.38
Araneae	Dictynidae	1.51	
Araneae	Araneidae	1.51	
Araneae	Gnaphosidae	1.51	
Coleoptera	Curculionidae	3.03	7.7
Coleoptera	Dermestidae	1.51	
Coleoptera	Cantharidae	1.51	
Coleoptera	Indeterminada N°1	9.1	
Coleoptera	Alleculidae	4.54	
Coleoptera	Cantharidae	12.12	
Dictyoptera	Blattellidae	1.51	
Diptera	Indeterminada N°1	1.51	15.38
Hemiptera	Alydidae	3.03	
Homoptera	Cercopidae	6.06	15.38
Hymenoptera	Formicidae N°1	4.54	
Hymenoptera	Formicidae N°2	9.1	
Julida	Julidae	3.03	
Lepidoptera	Indeterminada N°1	1.51	
Lepidoptera	Indeterminada N°2	3.03	
Odonata	Coenagrionidae	3.03	
Odonata	Libellulidae	4.54	7.7
Opostoporos	Lumbricidae	3.03	
Orthoptera	Acrididae	1.51	
Lepidoptera	Indeterminada N°3		38.46

Anexo N. Distribución de las familias artrópodos

Familia	Variance	Mean	Chi-sq	d.f.	Probability	Aggregation
Pisauridae	16.3333	4.6667	7	2	0.0294983	Random
Dictynidae	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
Araneidae	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
Gnaphosidae	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
Curculionidae	1.3333	0.6667	4	2	0.1328335	Random
Dermestidae	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
Cantharidae	12	3	8	2	0.0180616	Aggregated
Indeterminada N°1	3	2	3	2	0.2213992	Random
Alleculidae	1	1	2	2	0.3694414	Random
Blattellidae	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
Indeterminada N°1	3	1	6	2	0.048449	Random
Alydidae	1.3333	0.6667	4	2	0.1328335	Random
Cercopidae	3	2	3	2	0.2213992	Random
Formicidae N°1	1	1	2	2	0.3694414	Random
Formicidae N°2	12	2	12	2	0.002679	Aggregated
Julidae	1.3333	0.6667	4	2	0.1328335	Random
Indeterminada N°1	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
Indeterminada N°2	1.3333	0.6667	4	2	0.1328335	Random
Indeterminada N°3	8.3333	1.6667	10	2	0.006884	Aggregated
Coenagrionidae	1.3333	0.6667	4	2	0.1328335	Random
Libellulidae	1.3333	1.3333	2	2	0.3694414	Random
Lumbricidae	1.3333	0.6667	4	2	0.1328335	Random
Acrididae	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random

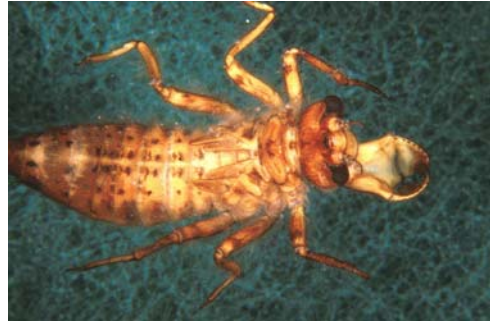
Anexo Ñ. Macroinvertebrados presentes en el humedal

Orden	Familia	Nombre científico
Acari	Elylidae	<i>Eylaidea sp?</i>
Amphipoda	<i>Hyalellidae</i>	<i>Hyalella sp</i>
Basommatophora	Ancylidae	<i>Ferrisia sp</i>
Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus sp</i>
Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus sp</i>
Coleoptera	Scirtidae	<i>Elodes sp</i>
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Andogyrus?</i>
Coleoptera	Hidrophidae	<i>Tropisternus sp</i>
Coleoptera	Dyticidae	<i>Cybister ?</i>
Coleoptera	Halipidae	<i>Halipus sp</i>
Diptera	Chironomidae	<i>Tanypodidae</i>
Diptera	Culicidae	<i>Culex sp</i>
Diptera	Tabanidae	<i>Chrysops sp</i>
Diptera	Ceratopognidae	<i>Stilobezzia sp</i>
Ephemeroptera	Beatidae	<i>Beatis sp</i>
Estilomatoforos	Lombridae	<i>Morfoespecie 1</i>
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta sp</i>
Hemiptera	Gelastocoridae	<i>Nerthra sp</i>
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelacoris sp</i>
Hemiptera	Gerridae	<i>Limnogonus sp</i>
Hemiptera	Notonectidae	<i>Buenoa sp</i>
Hemiptera	Belastomidae	<i>Belastoma sp</i>
Hemiptera	Corixidae	<i>Centrocorisa kollari</i>
Hemiptera	Hebridae	<i>Hebrus sp</i>
Hemiptera		<i>Morfoespecie 2</i>
Hemiptera		<i>Morfoespecie 3</i>
Hirudiformes	Cylibcobdellidae	<i>Cylibcobdella sp</i>
Isopoda	Oniscidae	<i>Armadillium sp</i>
Indeterminado	Staphylinidae	<i>Morfoespecie 4</i>
Indeterminado		<i>Morfoespecie 5</i>
Odonata	Libellulidae	<i>Erythemis sp</i>
Odonata	Coenagrionidae	<i>Telabasis sp</i>
Odonata	Lestidae	<i>Lestes sp</i>
Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna sp</i>
Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia sp</i>
Systellommatophora	Veronicellidae	<i>Morfoespecie 6</i>

continuación Anexo Ñ. Macroinvertebrados presentes en el humedal



Dugesia sp



Erythrmis sp



Ferrisia sp



Hyaella sp



Lymnaea sp



Gyraulus sp



Belostoma sp

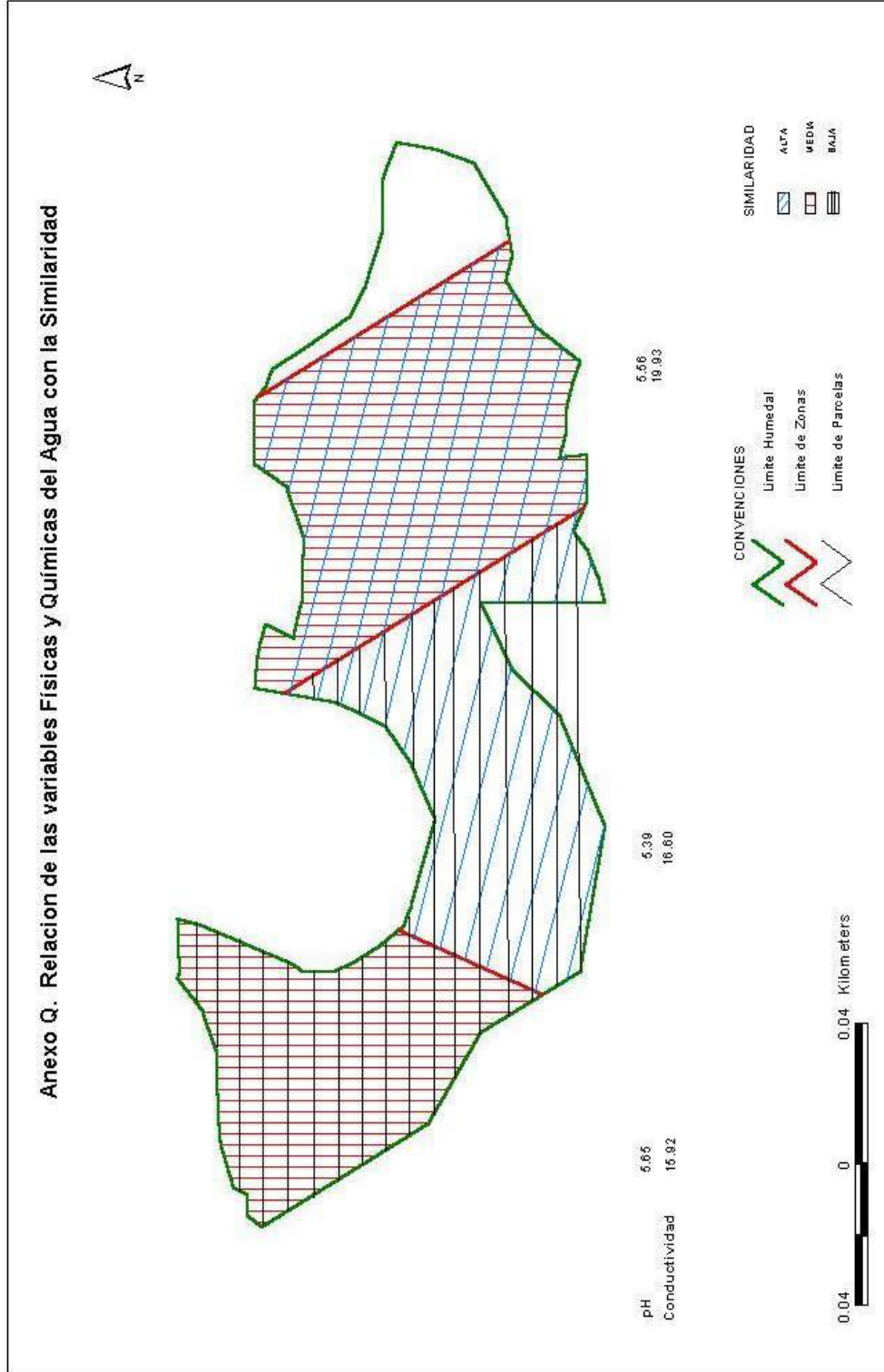


Cybister sp

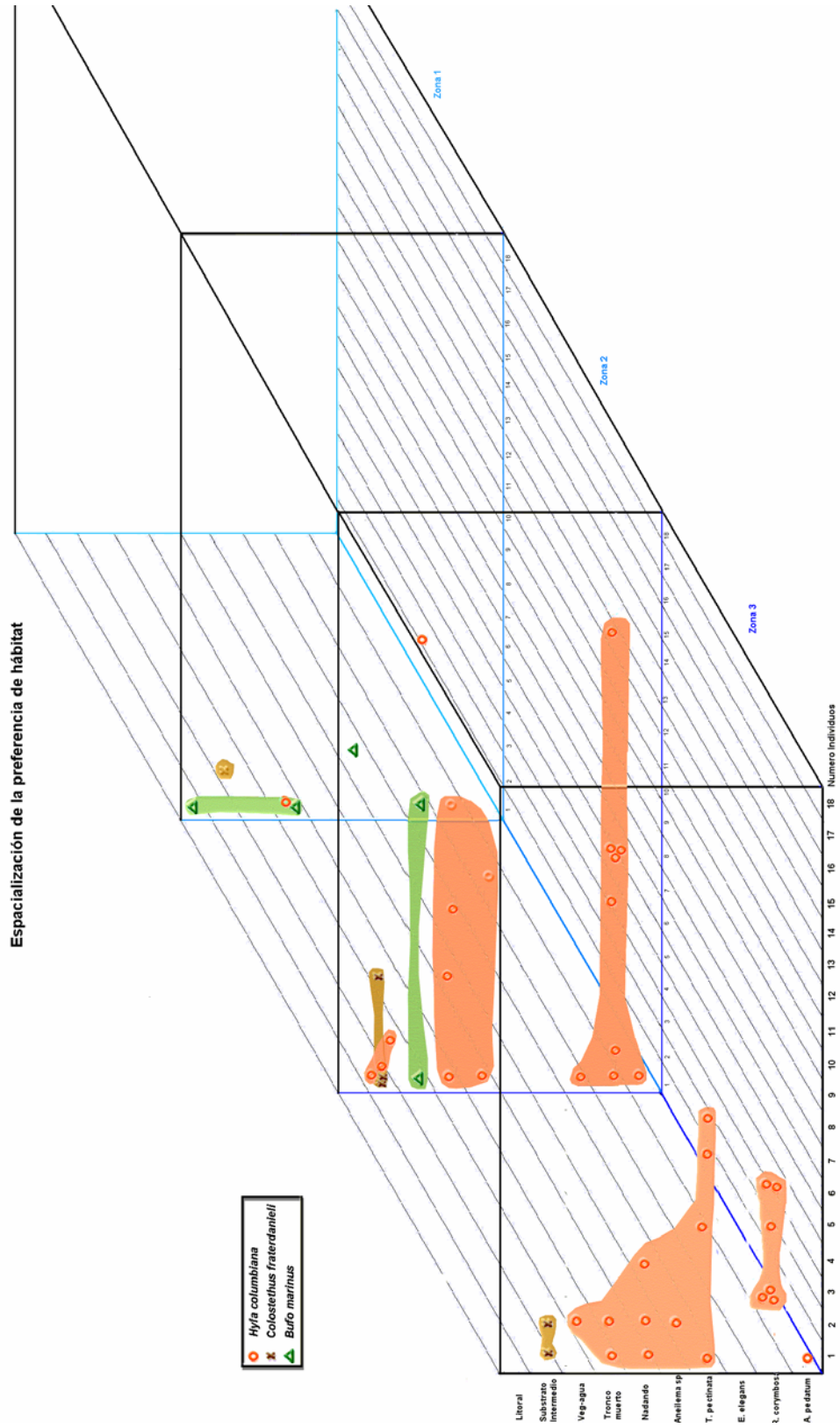
Anexo P. Distribución de los macroinvertebrados

Species	Variance	Mean	Chi-sq	d.f.	Probability	Aggregation
<i>Eylaidea sp</i>	5.3333	3.3333	3.2	2	0.1998506	Random
<i>Hyalella sp</i>	1	1	2	2	0.3694414	Random
<i>Ferrisia sp</i>	1.3333	1.3333	2	2	0.3694414	Random
<i>Gyraulus sp</i>	121.3333	7.3333	33.0909	2	3.00E-07	Aggregated
<i>Lymnaea sp</i>	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
<i>Helichus sp</i>	680.3333	41.3333	32.9194	2	3.00E-07	Aggregated
<i>Elodes sp</i>	137.3333	31.6667	8.6737	2	0.0130196	Aggregated
<i>Andogyrus?</i>	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
<i>Tropisternus sp</i>	367	15	48.9333	2	0	Aggregated
<i>Cybister ?</i>	4.3333	1.6667	5.2	2	0.0723459	Random
<i>Halipilus sp</i>	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
<i>Tanypodidae</i>	19	15	2.5333	2	0.2811985	Random
<i>Culex sp</i>	196.3333	22.6667	17.3235	2	0.0002376	Aggregated
<i>Chrysops sp</i>	1.3333	0.6667	4	2	0.1328335	Random
<i>Stilobezzia sp</i>	1	1	2	2	0.3694414	Random
<i>Beatis sp</i>	8.3333	1.6667	10	2	0.006884	Aggregated
<i>Morfoespecie 1</i>	0.3333	0.6667	1	2	0.6124016	Random
<i>Notonecta sp</i>	67	9	14.8889	2	0.0007087	Aggregated
<i>Nerthra sp</i>	1	1	2	2	0.3694414	Random
<i>Pelacoris sp</i>	379	22	34.4545	2	2.00E-07	Aggregated
<i>Limnogonus sp</i>	12	2	12	2	0.002679	Aggregated
<i>Buenoa sp</i>	12	2	12	2	0.002679	Aggregated
<i>Belastoma sp</i>	1	1	2	2	0.3694414	Random
<i>Centrocorisa kollari</i>	3	1	6	2	0.048449	Random
<i>Hebrus sp</i>	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
<i>Morfoespecie 2</i>	1.3333	1.6667	1.6	2	0.5470799	Random
<i>Morfoespecie 3</i>	1	2	1	2	0.6124016	Random
<i>Cylibcobdella sp</i>	394.3333	47.3333	16.662	2	0.000319	Aggregated
<i>Armadillium sp</i>	310.3333	33.3333	18.62	2	0.000134	Aggregated
<i>Morfoespecie 4</i>	52	6	17.3333	2	0.0002366	Aggregated
<i>Morfoespecie 5</i>	1	1	2	2	0.3694414	Random
<i>Erythemis sp</i>	154.3333	21.6667	14.2462	2	0.0009496	Aggregated
<i>Telabasis sp</i>	21.3333	9.6667	4.4138	2	0.1076394	Random
<i>Lestes sp</i>	1.3333	0.6667	4	2	0.1328335	Random
<i>Aeshna sp</i>	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random
<i>Dugesia sp</i>	69.3333	15.3333	9.0435	2	0.0108898	Aggregated
<i>Morfoespecie 6</i>	0.3333	0.3333	2	2	0.3694414	Random

Anexo Q. Modelo similitud/pH-cond



Anexo R. Especialización de las Preferencias de Hábitat



Anexo S. Preferencia de las especies de anuros por determinados substratos

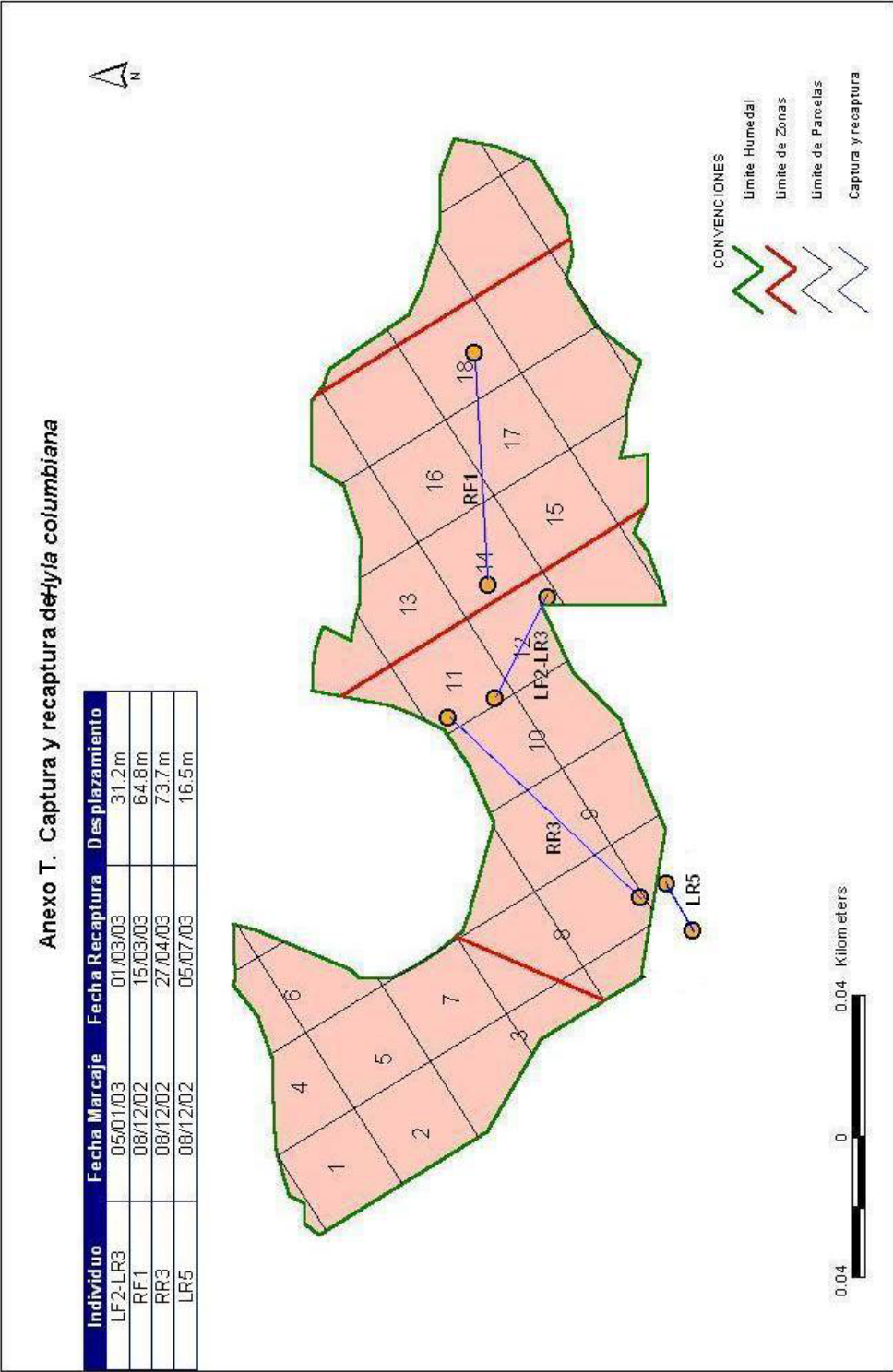
Distribución de las especies en los substratos

Species	Variance	Mean	Chi-sq	d.f.	Probability	Aggregation
H. Columbiana	408.0444	14.4	255.0278	9	0	Aggregated
C. fraterdanieli	10	1	90	9	0	Aggregated
B. Marinus	13.8333	1.5	83	9	0	Aggregated

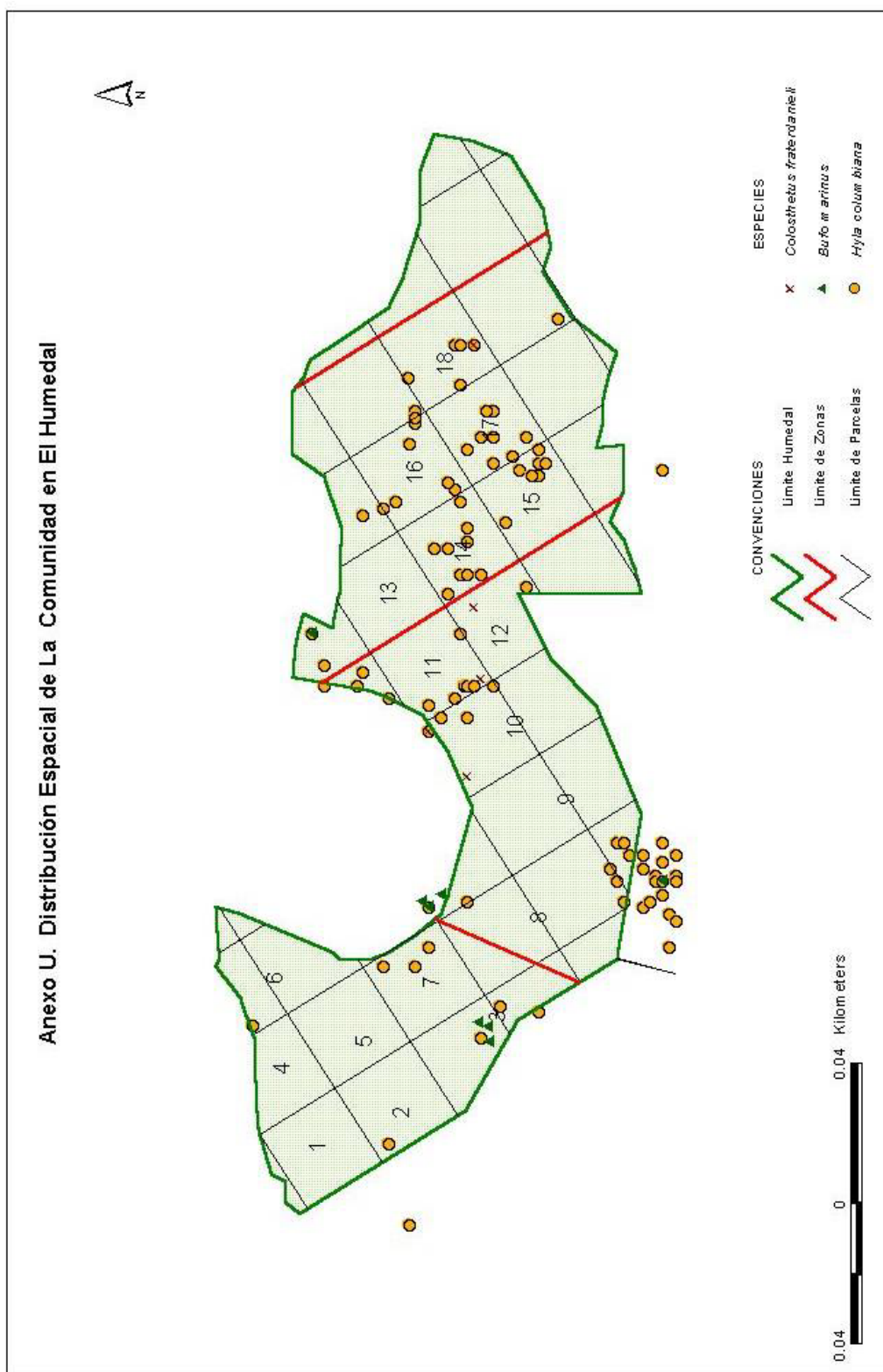
Preferencia de substrato por especie

	H. Columbiana	C. fraterdanieli	B. Marinus
R. corymbosa	68	0	1
Litoral	0	0	12
E. elegans	9	0	1
tronco muerto	16	0	1
T. pectinata	22	0	0
substrato intermedio	2	10	0
Aneilema sp	2	0	0
Nadando	15	0	0
veg-agua	8	0	0
A. pedatum	2	0	0
Total individuos	144	10	15

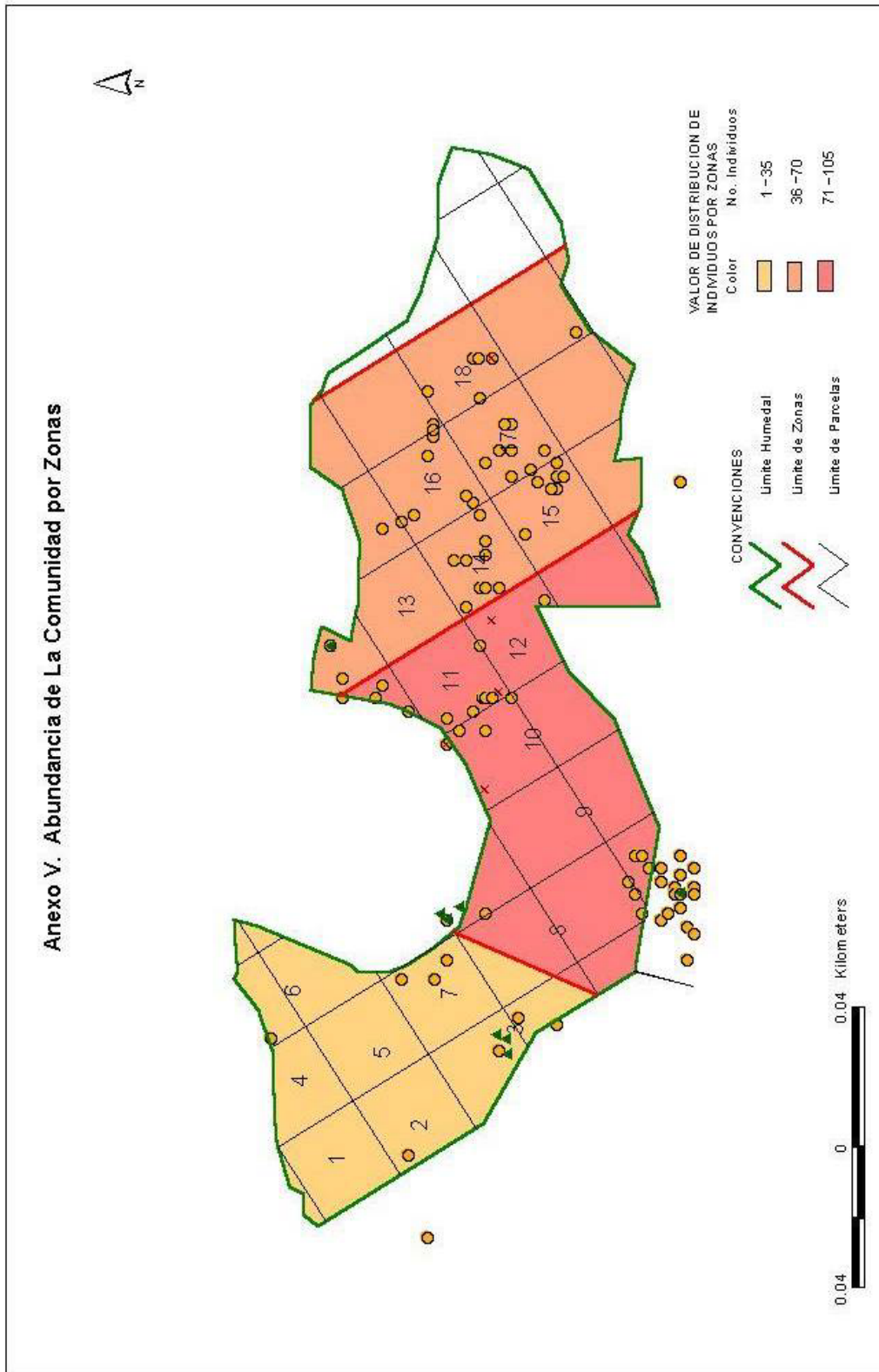
Anexo T. Captura-recaptura



Anexo U. Distribución espacial de la comunidad dentro del humedal



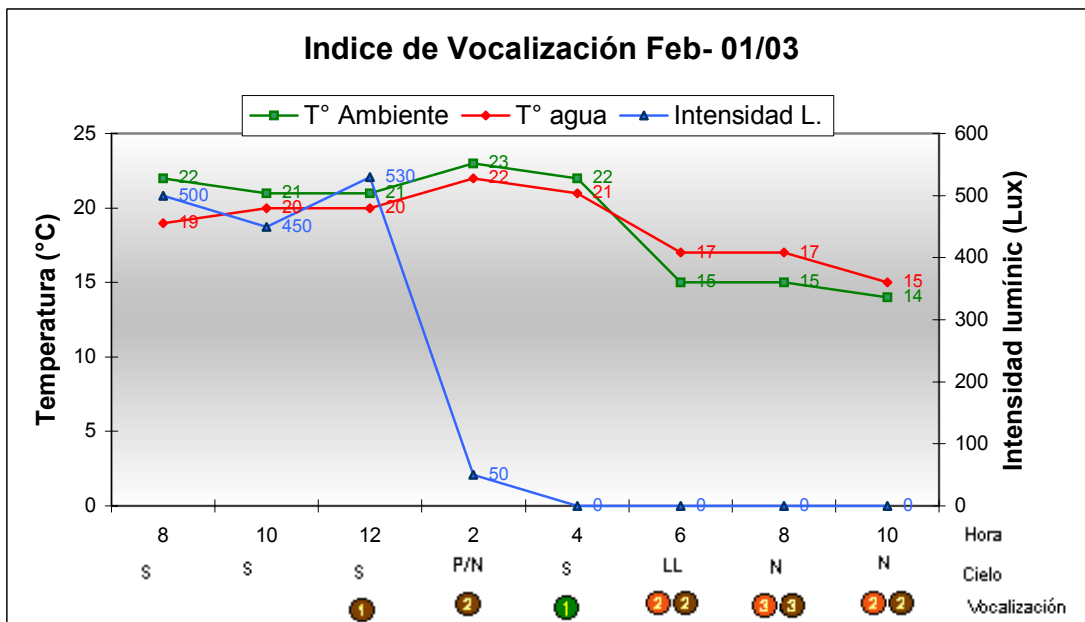
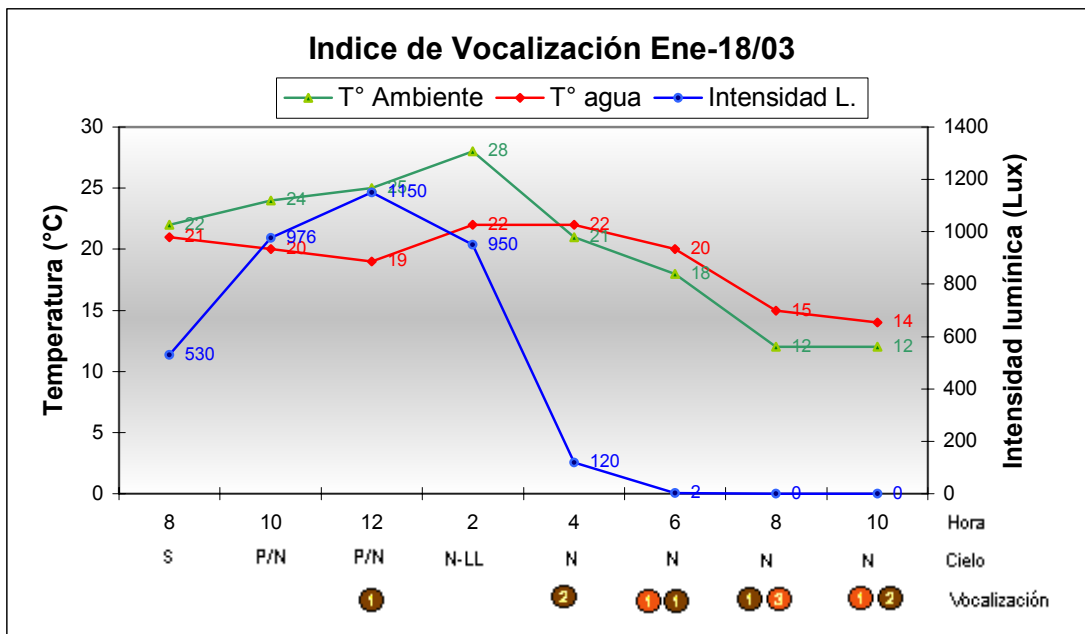
Anexo V. Abundancia de la comunidad por parcelas



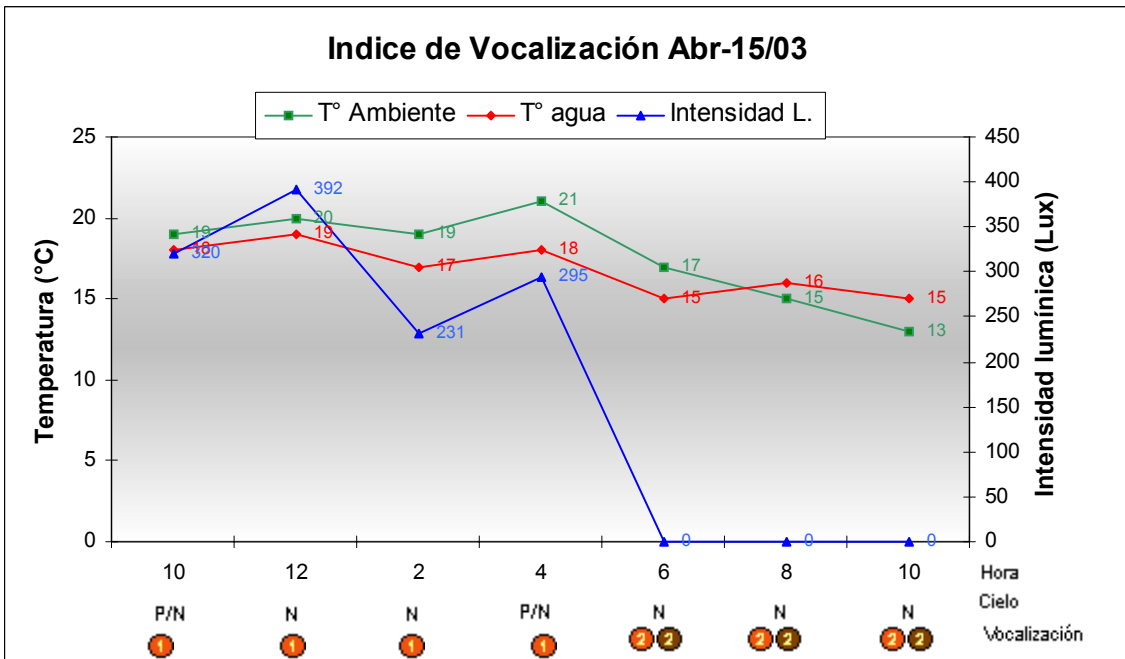
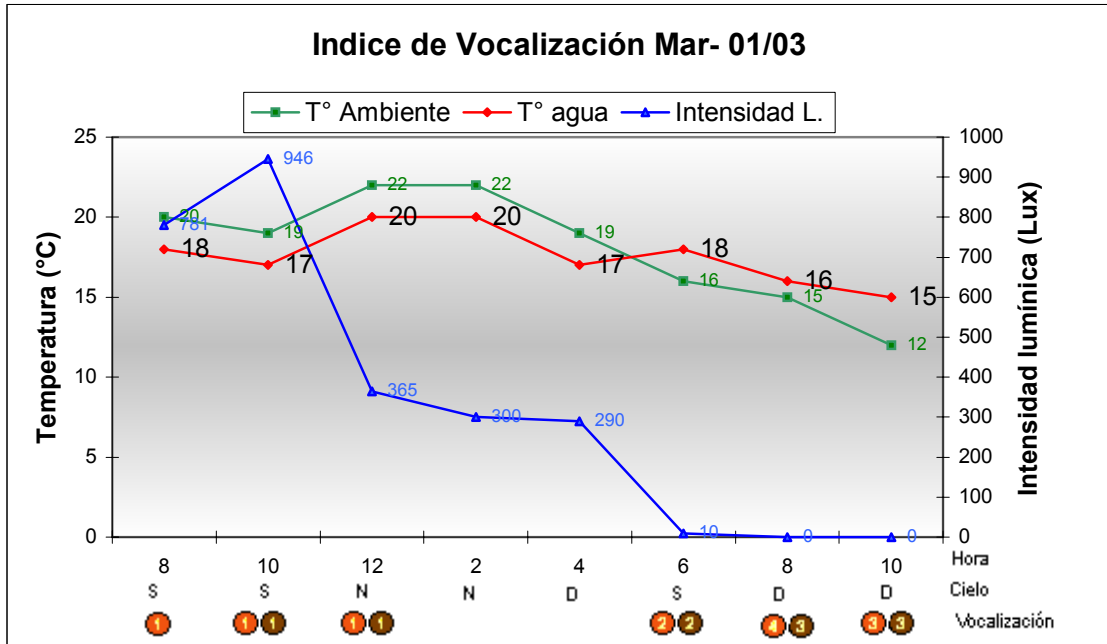
Anexo W. Anormalidades presentadas por la comunidad de anuros



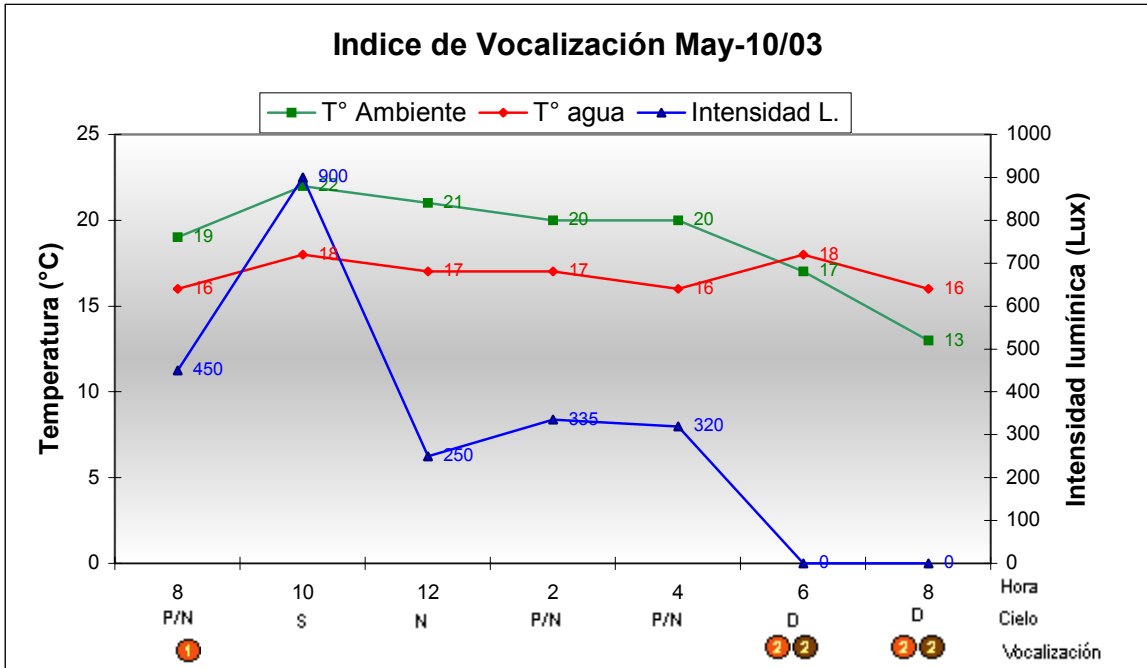
Anexo X. Índices cualitativos de vocalización



Continuación Anexo X. Índices cualitativos de vocalización



Continuación Anexo X. Índices cualitativos de vocalización



Anexo Y. Fauna asociada



Gallinula chloropus



Anas flavirostris



Porphyryla martinica



Prionodactylus vertebralis

Anexo Z. Depósito de ejemplares en colecciones biológicas

Popayán 12 de Diciembre de 2003

Señor:
BERNARDO RAMÍREZ M.g.
Director Herbario CAUP
Universidad del Cauca

Cordial saludo

Por medio de la presente, me dirijo a usted para hacerle entrega formal del material vegetal utilizado en el trabajo de grado titulado: "Caracterización y modelación del mesohábitat de una comunidad de anfibios (Anura) en un humedal de la meseta de Popayán". Dicho material, se dona para que haga parte de la colección de referencia del herbario.

Sin otro particular, agradezco su atención prestada

Atentamente,

MÓNICA PATRICIA VALENCIA ROJAS
MÓNICA PATRICIA VALENCIA ROJAS
Cod. Unicauca 30981066

Rdo.:
[Firma manuscrita]
12 Dic. 2003

Anexo: datos del lugar de colecta y lista de especies.

continuación Anexo Z. Depósito de ejemplares en colecciones biológicas

Popayán 12 de Diciembre de 2003

Lugar de colecta: Departamento del Cauca, Municipio de Popayán, Vereda San
Antonio, Hacienda La Cruz, Sitio Humedal
Altitud: 1737 msnnm
Coordenadas Geográficas: 2° 38' 20" N, 76° 35' 48" W

Señor:

SANTIAGO AYERBE GONZALES M.D.

Director

Museo de Historia Natural

Universidad del Cauca

Cordial saludo

Por medio de la presente, me dirijo a usted para hacerle entrega formal del material animal (anuros) utilizado en el trabajo de grado titulado: "Caracterización y modelación del mesohábitat de una comunidad de anfibios (Anura) en un humedal de la meseta de Popayán". Dicho material, se dona para que haga parte de la colección de referencia de la sección de herpetología.

Sin otro particular, agradezco su atención prestada

Atentamente,

MÓNICA PATRICIA VALENCIA ROJAS
MÓNICA PATRICIA VALENCIA ROJAS
Cod. Unicauca 30981066

Anexo: datos del lugar de colecta y lista de especies.

ter
12 DIC: 2003
Recibido