

CARACTERIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA AURORA PARA EL DISEÑO DE UN CORREDOR URBANO Y PERIURBANO QUE FACILITE LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA EN EL MUNICIPIO DE IBAGUÉ



Corporación Autónoma Regional del Tolima, CORTOLIMA

OLGA LUCIA ALFONSO LANNINI

Directora General

Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica

CARLOS ENRIQUE QUIROGA CALDERON

FREDY HERNÁN MAYORGA PEDREROS

Subproceso de Áreas Protegidas

Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica

FERNANDO DÍAZ DÍAZ

Supervisión

Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima

SERGIO LOSADA PRADO

Coordinador del proyecto

GLADYS REINOSO FLÓREZ

Coordinadora

FRANCISCO ANTONIO VILLA NAVARRO

Coordinador

GIOVANY GUEVARA CARDONA

Coordinador

DIANA CAROLINA MONTOYA OSPINA

Coordinadora Técnica del Proyecto

Fotografías texto

Grupo de Investigación en Zoología, 2021

CORTOLIMA

Nit: 890.704.536-7.

PBX: +57(8) 265 5378 - 2654553

Dirección: Av. Ferrocarril Calle 44 Esquina - Ibagué, Colombia.

Universidad del Tolima

Nit 890.700.640-7

PBX +57(8) 2 771212

B. Santa Helena Parte Alta. A.A. 546 - Ibagué, Colombia

EQUIPO TÉCNICO

Fredy Hernán Mayorga Pedreros	Subdirección de Planeación Áreas Protegidas CORTOLIMA
Fernando Díaz Díaz	Supervisor del convenio
Sergio Losada Prado	Coordinador del Proyecto Coordinador Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima
Gladys Reinoso Flórez	Coordinadora
Francisco Antonio Villa Navarro	Coordinador
Giovanny Guevara Cardona	Coordinador
Diana Carolina Montoya Ospina	Coordinadora Técnica del Proyecto
Shirly Alejandra Espinosa Guzmán Héctor Fabio Cruz Cuellar	Área: Sistemas de Información Geográfica
Michael Alejandro Castro Bonilla	Área: Flora
Helena Carranza Castillo	Área: Macroinvertebrados acuáticos
Andrea Paola Tafúr Acosta	Área: Lepidópteros diurnos
Diana Carolina Montoya Ospina	Área: Ictiología
Johan Albeiro Romero García	Área: Herpetología
Chabeli Villabón Moreno	Área: Ornitología
Leidy Viviana García Herrera	Área: Mastozoología



¡Construimos la universidad que soñamos!

CONTENIDO

OBJETIVOS.....	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos	14
Área de estudio	15
1. FLORA.....	17
INTRODUCCIÓN	17
METODOLOGÍA.....	18
Área de estudio.....	18
Metodología de campo.....	18
Metodología de laboratorio.....	19
Análisis de datos	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Composición de especies.....	22
Representatividad del Muestreo.....	28
Diversidad alfa	30
Diversidad beta.....	32
Categorías ecológicas, endemismos y usos de las especies vegetales encontradas	34
Información secundaria	38
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
2. FAUNA.....	46
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	46
Lepidópteros diurnos.....	46
Macroinvertebrados acuáticos	47
Ictiofauna.....	48
Herpetofauna.....	49
Avifauna	50
Mastofauna.....	51
METODOLOGÍA.....	53

Lepidópteros diurnos.....	53
Macroinvertebrados acuáticos	57
Ictiofauna.....	59
Herpetofauna.....	64
Avifauna	69
Mastofauna.....	75
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
Lepidópteros diurnos.....	81
Macroinvertebrados acuáticos	94
Ictiofauna.....	105
Herpetofauna.....	112
Avifauna	127
Mastofauna.....	140
CONCLUSIONES.....	149
RECOMENDACIONES.....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
3. DISEÑO DE CORREDOR DE CONSERVACIÓN PARA EL MUNICIPIO DE IBAGUÉ	179
INTRODUCCIÓN	179
METODOLOGÍA.....	180
Quebrada la Aurora	182
Clasificación de Coberturas de la tierra	183
Descripción de coberturas.....	184
Fotogrametría digital	186
Corredores ecológicos.....	187
Análisis del paisaje.....	187
Conectividad estructural.....	189
Análisis espacial multicriterio	190
Variables espaciales.....	191
Análisis multicriterio	195
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	199
Descripción de coberturas.....	199

Pendiente del terreno	201
Distancia a afluente quebrada La Aurora	203
Rondas de protección hídrica (30m).....	204
Estructura Ecológica Principal Urbana de Ibagué (EEP) y Sistema Municipal de Áreas Protegidas (SIMAP).....	205
Enlaces lineales y áreas de conservación.....	207
Producto final.....	209
Importancia del corredor ecológico para la biodiversidad	213
CONCLUSIONES	219
4. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS	222
METODOLOGÍA.....	222
RESULTADOS	222
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	225
ANEXOS.....	226

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio de los monitoreos de flora y fauna en la microcuenca de la quebrada La Aurora	16
Figura 2. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de flora.....	18
Figura 3. Colecta y prensado de material vegetal en prensa de cartón para desplazamiento	19
Figura 4. Abundancia relativa de las especies encontradas en las cuatro estaciones establecidas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	24
Figura 5. Número de especies de epífitas encontradas en los forófitos muestreados en la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	25
Figura 6. Abundancia relativa de las especies de epífitas vasculares presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora. ...	26
Figura 7. Cobertura total de los principales grupos de epífitas no vasculares presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	27
Figura 8. Curva de acumulación de especies de árboles y arbustos presentes en el área de estudio (estimadores de riqueza ACE y CHAO1).	28
Figura 9. Curva de acumulación de especies epífitas vasculares presentes en el área de estudio (estimadores de riqueza ACE y CHAO1).	29
Figura 10. Curva de acumulación de especies epífitas vasculares presentes en el área de estudio (estimadores de riqueza ACE y CHAO1).	29
Figura 11. Índices de diversidad, riqueza específica de Margalef, Shannon-Wiener y dominancia de los árboles y arbustos presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora	30
Figura 12. Índices de diversidad, riqueza específica de Margalef, Shannon-Wiener y dominancia de las epífitas vasculares presentes en las estaciones muestreadas de la quebrada La Aurora	31
Figura 13. Índices de diversidad, riqueza específica de Margalef, Shannon-Wiener y dominancia de las epífitas no vasculares presentes en las estaciones muestreadas de la quebrada La Aurora	32
Figura 14. Dendrograma de similitud empleando el índice de Bray-Curtis de las estaciones muestreadas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	33
Figura 15. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de lepidópteros diurnos.....	53
Figura 16. Trampas Van Someren-Rydon instaladas en el área de influencia de la microcuenca La Aurora del municipio de Ibagué.....	55
Figura 17. Captura de ejemplares con red entomológica sobre el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué	55
Figura 18. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos.	57
Figura 19. Métodos de colecta de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	58

Figura 20. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de la ictiofauna.....	60
Figura 21. Estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	61
Figura 22. Métodos de campo utilizados en las diferentes estaciones de la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	62
Figura 23. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de herpetofauna.....	65
Figura 24. Estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de herpetofauna.....	66
Figura 25. Metodología de campo para la herpetofauna en estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora	67
Figura 26. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de avifauna	69
Figura 27. Instalación de redes de niebla en las diferentes zonas de muestreo de la microcuenca de la quebrada La Aurora.	71
Figura 28. Extracción de individuos de redes, medición y toma de datos de individuos en las diferentes zonas de muestreo de la microcuenca de la quebrada La Aurora.	72
Figura 29. Puntos de conteo y avistamientos aleatorios en la microcuenca de la quebrada La Aurora	72
Figura 30. Preparación de pieles en el laboratorio e ingreso de pieles a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima.....	73
Figura 31. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de mastofauna	76
Figura 32. Instalación de rede de niebla y medición de los individuos capturados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora....	77
Figura 33. Instalación de cámaras trampas en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	78
Figura 34. Toma de rastros de mamíferos medianos y grandes en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	78
Figura 35. Curva de acumulación de especies presentes en el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué.....	81
Figura 36. Abundancia relativa de las familias de lepidópteros diurnos presentes en el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué.....	86
Figura 37. Abundancia relativa de las subfamilias de lepidópteros diurnos presentes en el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué	87
Figura 38. Índices de diversidad alfa de lepidópteros diurnos presentes en el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué.....	89
Figura 39. Dendrograma de similaridad Bray-Curtis para las estaciones muestreadas en el área de influencia de la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	90
Figura 40. Abundancia relativa de órdenes registrados en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	94
Figura 41. Abundancia relativa de las familias registradas en la microcuenca de la quebrada La Aurora	95

Figura 42. Abundancia relativa de los géneros registrados en la microcuenca de la quebrada La Aurora	96
Figura 43. Curva de acumulación de los géneros de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	98
Figura 44. Diversidad Shannon – Wiener (H'), índice de Margalef e índice de Dominancia Simpson de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	99
Figura 45. Índice de Similitud de Bray-Curtis de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	100
Figura 46. Curva de acumulación de especies ícticas registradas en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	105
Figura 47. Abundancia relativa de las especies de la comunidad íctica en la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	106
Figura 48. Composición de especies la comunidad íctica a nivel espacial de la microcuenca de la quebrada La Aurora.	107
Figura 49. Variación general de los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H'), Margalef y Dominancia de Simpson de la comunidad íctica, en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	108
Figura 50. Análisis de similaridad de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora	109
Figura 51. Oscilograma y espectrograma de <i>Hyloxalus vergeli</i> registrado sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	113
Figura 52. Oscilograma y espectrograma de <i>Pristimantis taeniatus</i> registrado sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	114
Figura 53. Oscilograma y espectrograma de <i>Boana platanera</i> registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	114
Figura 54. Curva de acumulación de especies de la comunidad de herpetos registradas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	115
Figura 55. Curva de acumulación de especies de anfibios registradas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	116
Figura 56. Curva de acumulación de especies de Reptiles registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	116
Figura 57. Abundancia relativa y número de familias por orden de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	117
Figura 58. Abundancia relativa y número de especies por familias de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	118
Figura 59. Índices de diversidad alfa de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	119
Figura 60. Índices de diversidad alfa de los anfibios registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	120
Figura 61. Índices de diversidad alfa de los reptiles registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	121

Figura 62. Índices de diversidad beta de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	122
Figura 63. Índices de diversidad beta de los anfibios registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	122
Figura 64. Índices de diversidad beta de los reptiles registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	123
Figura 65. Abundancia relativa de los órdenes de aves registradas con más de una especie en la información primaria y secundaria para la microcuenca de la quebrada La Aurora.	127
Figura 66. Abundancia relativa de familias de aves registradas en la información primaria y secundaria para el área de estudio	128
Figura 67. Abundancia relativa de especies agrupadas por categoría ecológica de la información secundaria y primaria del área de estudio.	128
Figura 68. Abundancia relativa de los órdenes de aves con más de dos especies registradas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	130
Figura 69. Abundancia relativa de las familias de aves registradas con más de dos especies en la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	133
Figura 70. Curva de acumulación por fecha de observación de especies según ACE y Chao 1 en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	134
Figura 71. Índices de diversidad alfa (Margalef, Shannon-Wiener y Simpson) para las estaciones de muestreo en la microcuenca de la quebrada La Aurora	134
Figura 72. Dendrograma de similitud de Bray-Curtis entre las localidades de la microcuenca de la quebrada La Aurora.	135
Figura 73. Abundancia relativa de especies de aves agrupadas por categoría ecológica en la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	136
Figura 74. Curva de acumulación de especies registrados en la microcuenca de la quebrada La Aurora	140
Figura 75. Abundancia relativa de los órdenes de mamíferos registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	141
Figura 76. Abundancia relativa de las familias de mamíferos registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	142
Figura 77. Índices de Diversidad alfa (α) de los mamíferos registrados en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	143
Figura 78. Índices de Diversidad beta (β) de los mamíferos registrados en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	144
Figura 79. Abundancia relativa de especies de mamíferos voladores registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	145
Figura 80. Gremios tróficos de los mamíferos voladores registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	146
Figura 81. Abundancia relativa de especies de mamíferos medianos registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	147
Figura 82. Registro de <i>Leopardus pardalis</i> en la estación E4-Desembocadura (Jardín Botánico San Jorge) sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	147
Figura 82. Mapa del área de estudio	181

Figura 83. Mapa de la quebrada La Aurora	183
Figura 84. Polígono resultante.....	186
Figura 85. Mapa conceptual definición de pendiente terreno, ...	192
Figura 86. Modelo conceptual de Cobertura de la tierra.....	193
Figura 87. Componentes de las rondas hídricas.	193
Figura 88. Delimitación de las rondas hídricas.	194
Figura 89. Partes de una microcuenca	194
Figura 90. Microcuenca hidrográfica del corredor de estudio.	195
Figura 91. Esquema metodológico para el diseño del corredor periurbano, quebrada La Aurora, Ibagué	196
Figura 92. Modelo de suma ponderada y ruta de menor costo	198
Figura 93. Coberturas de la tierra del corredor de estudio	200
Figura 94. Pendiente del corredor de estudio.....	202
Figura 95. Representatividad de la pendiente del terreno	202
Figura 96. Distancia a afluentes del corredor de estudio.....	203
Figura 97. Rondas de protección de afluentes.	205
Figura 98. EEP de Ibagué y SIMAP	206
Figura 99. Áreas de conservación (EEP y SIMAP) y enlaces lineales (100 m) del corredor de estudio.....	208
Figura 100. Enlaces lineales (100 m) y rondas de protección del corredor de estudio.	208
Figura 101. Enlaces lineales (100 m), rondas de protección y perímetro urbano del corredor de estudio	209
Figura 102. Resultado Final del corredor.....	212
Figura 103. Charla de concientización sobre la importancia de la biodiversidad y su conocimiento para el mantenimiento de los ecosistemas y sus servicios asociados, y socialización de resultados del convenio 496-2020 (30 de julio 2021).	223
Figura 104. Charla de concientización sobre la importancia de la biodiversidad y su conocimiento para el mantenimiento de los ecosistemas y sus servicios asociados, y socialización de resultados del convenio 496-2020 (17 de agosto 2021).....	224

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición florística de los árboles y arbustos presentes en los relictos boscosos de la microcuenca de a la quebrada la Aurora.	22
Tabla 2. Composición florística de epifitas vasculares presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	25
Tabla 3. Composición florística de epifitas no vasculares presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	27
Tabla 4. Categorías ecológicas, endemismo, origen, habito, usos y elevación de las especies vegetales de la comunidad de árboles y arbustos encontradas en el área de estudio.....	34
Tabla 5. Especies vegetales con alto valor de importancia como fuente de alimentación animal.....	35
Tabla 6. Categorías ecológicas, endemismo, origen y usos de las especies vegetales de la comunidad de epifitas vasculares encontradas en la zona de estudio.	36
Tabla 7. Categorías ecológicas, endemismo y origen de las especies vegetales de la comunidad de epifitas vasculares encontradas en el área de estudio.....	37
Tabla 8. Estaciones de muestreo establecidas sobre la microcuenca de la quebrada la Aurora del municipio de Ibagué.....	53
Tabla 9. Variables físicas de las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	61
Tabla 10. Estaciones de muestreo y puntos de georreferenciación (redes de niebla y puntos de conteos de aves) en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	69
Tabla 11. Puntos de muestreo para la evaluación de la mastofauna presente en la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	76
Tabla 12. Lepidópteros diurnos colectado en el área de influencia de la microcuenca La Aurora del municipio de Ibagué.....	83
Tabla 13. Estudio de lepidópteros diurnos realizados en el municipio de Ibagué	91
Tabla 14. Riqueza y abundancia a partir de estudios de Lepidópteros diurnos realizados en el municipio de Ibagué	92
Tabla 15. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	96
Tabla 16. Índice de calidad de agua BMWP/col de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	101
Tabla 17. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos encontrados en las estaciones de las quebradas Ambalá y Panelas (Reinoso et al., 2007).....	102
Tabla 18. Composición de especies de la comunidad íctica en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	106
Tabla 19. Composición de la herpetofauna (anfibios y reptiles) en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	112
Tabla 20. Especies endémicas, en categoría de amenaza (IUCN) o CITES de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.	124

Tabla 21. Listado de la herpetofauna (Anfibios y Reptiles) potencial, presente sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora, con base a información secundaria existente.	125
Tabla 22. Especies relevantes para la conservación en el estudio (información primaria y secundaria).....	129
Tabla 23. Avifauna colectada, observada o de información primaria en las diferentes zonas de muestreo, Secuencia lineal de especies sigue a Remsen et al. (2021).	131
Tabla 24. Individuos capturados con red de niebla en la microcuenca de la quebrada La Aurora y número de ingreso a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima	133
Tabla 25. Valores obtenidos para los índices de diversidad alfa (Margalef, Shannon y Simpson) para la avifauna observada y colectada en la microcuenca de la quebrada La Aurora.	135
Tabla 26. Aspectos ecológicos de la avifauna observada en la microcuenca de la quebrada La aurora.....	136
Tabla 27. Especies relevantes para la conservación presentes en la microcuenca de la quebrada La Aurora	138
Tabla 28. Mamíferos registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.....	140
Tabla 29. Representatividad de la pendiente del terreno.....	201
Tabla 30. Métricas del paisaje del área de estudio.	210

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar la biodiversidad de la microcuenca de quebrada La Aurora para el diseño de un corredor urbano que facilite la conectividad ecológica en el municipio de Ibagué.

Objetivos específicos

- Identificar las especies de flora y fauna de la microcuenca de la quebrada La Aurora en el municipio de Ibagué.
- Diseñar escenarios de conservación que faciliten la conectividad estructural de las áreas urbanas y periurbanas del municipio de Ibagué.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el municipio de Ibagué departamento del Tolima, sobre la región biogeográfica del Valle Magdalena, Subregión Alto Magdalena. El municipio se encuentra ubicado, en la parte central de la región andina de Colombia, en la vertiente oriental de la Cordillera Central en su confluencia con el valle del Río Magdalena, dentro de las coordenadas geográficas: Latitud: 4°15' y 4°40' N Longitud: 74°00' y 75°30' W. La temperatura promedio anual es entre 17°C y 29°C.

En cuanto a la microcuenca de la quebrada La Aurora y su área de influencia, corresponden al área de estudio específica, para el diseño del corredor urbano y periurbano. Dicha quebrada nace en el área rural en la vereda Alaska del municipio de Ibagué, presenta una longitud de 2645.3 metros aproximadamente, y recorre los barrios Clarita Botero, La Aurora, Ancón, La Trinidad, Viñas de Calambeo y Calambeo; en este último barrio se une con la quebrada Los cristales y otros tributarios para formar el río Chipalo entre de las coordenadas geográficas 4°27'47.1" N; 75°14'12.4" W y 4°27'4.19" N y 75°13'25.00" W.

En el área de estudio, zona de influencia de la quebrada La Aurora, los tipos de vegetación más predominante son el matorral (herbazal denso), bosque de crecimiento secundario, bosque fragmentado, cultivos como el café y plátano, y pastizales arbolados.

De manera general, fueron establecidas cuatro estaciones de muestreo a lo largo de la microcuenca de la quebrada La Aurora, dentro de cada una de ellas, los grupos de flora y fauna recorrieron el área ubicando los sitios para monitorear cada uno de estos componentes (Figura 1).

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.



ACTIVIDAD 1. CARACTERIZAR LA FLORA DE LOS RELICTOS BOSCOSOS DEL ÁREA URBANA Y PERIURBANA, EN PARTICULAR EL GRUPO DE EPÍFITAS

1. FLORA

INTRODUCCIÓN

El rol de la vegetación es muy importante para su funcionamiento, debido a proveer hábitat, alimento para la fauna, formación de suelo, regulación del agua, regulación de la materia, fotosíntesis y regulación del clima (Beltran, 2012). La ampliación de la frontera agrícola y la deforestación ha causado pérdidas en la vegetación y la fauna, estos procesos ocasionados por el ser humano han impactado notablemente sobre los bosques subandinos, los cuales se encuentran ubicados entre los 1000 y 2400 m.s.n.m. (Rodríguez-Lomabana, 2017; FAO y PNUMA, 2020).

En este sentido, conocer la vegetación determinará el grado de conservación y enfocaría las acciones a ejercer en la zona, debido a que la vegetación como componente biótico más evidente, refleja los procesos naturales y culturales (Rodríguez-Lomabana, 2017).

Los bosques subandinos sufren constante fragmentación que provoca formación de remanentes que se van aislando en medio de una matriz de hábitats transformados, por lo que es necesario además de enfocarse en atributos de diversidad, incluir estrategias de conservación de los procesos ecológicos tales como la conectividad entre fragmentos que permitan a las plantas propagarse, tener intercambio genético y aumentar la variabilidad, para finalmente mantener la biodiversidad (Colorado et al., 2017).

En cuanto a la flora vascular, se estima que existen entre 223000 y 420000 especies en el mundo (Goaverts, 2003), en Suramérica se encuentran cerca de 90000 especies y el norte de los Andes contiene cerca del 22% de la flora mundial y 55% de la flora suramericana, por tal motivo ha sido considerada un hotspot de biodiversidad (Myers et al., 2000; Jørgensen et al., 2011).

En Colombia, se han registrado cerca de 24405 especies vegetales, dentro de las cuales, 975 especies corresponden a briofitos (Tropicos, 2021) y 1700 especies a líquenes (Rangel, 2015). A nivel regional, en el departamento del Tolima se han registrado un total de 3529 especies entre briofitos y líquenes (Bernal et al., 2019). Existen diferentes estudios realizados en el departamento, dentro de los cuales se destacan el realizado en la cuenca del río Totare (535 spp.) (Esquivel y Parra, 2007) y en la cuenca alta del río Combeima (234 spp.) (Cortolima, 2019), por otra parte, en cuanto a los briofitos se han registrado 54 especies (Catano et al, 2014) y, respecto a los líquenes, se han registrado entre 21 y 38 especies en el municipio de Ibagué (Barreto y Esquivel, 2020; Díaz y Morales, 2019).

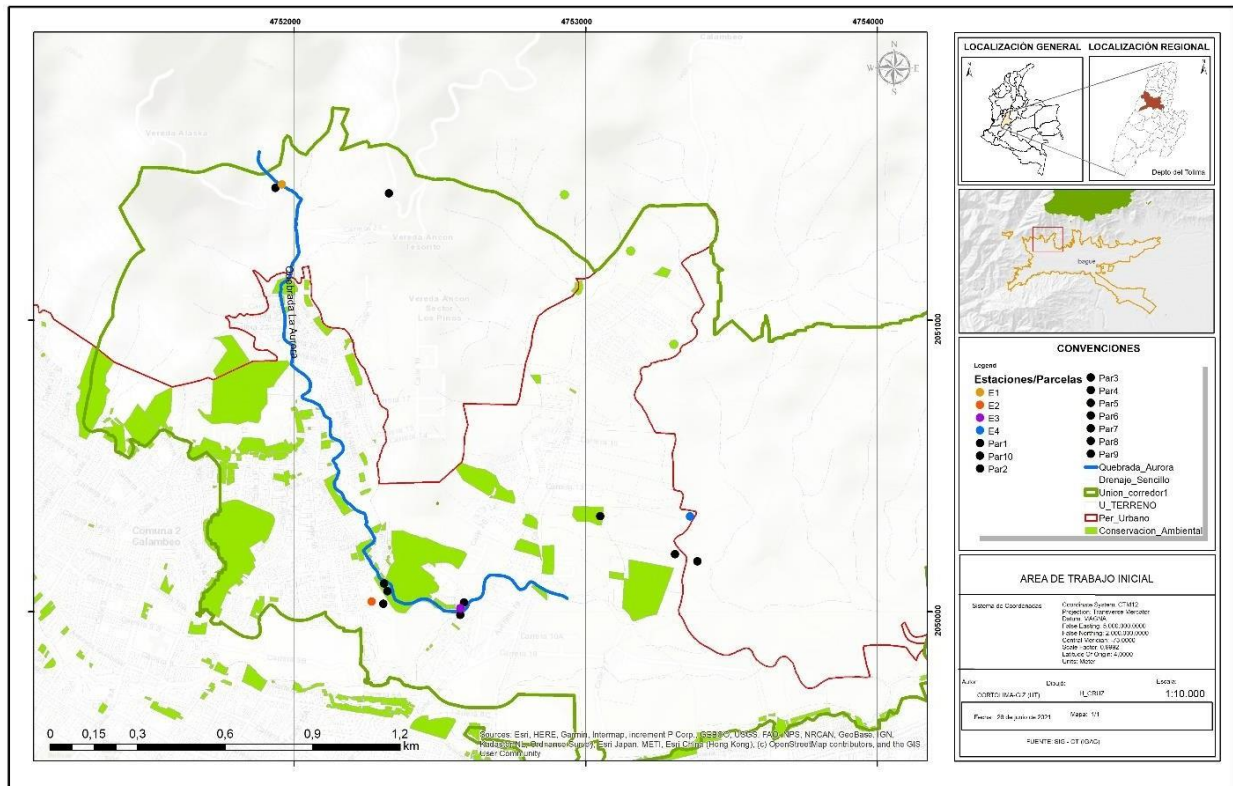
METODOLOGÍA

Área de estudio

Partiendo del mapa del área de estudio y de las 4 estaciones de muestreo seleccionadas (E1 - Cabecera, E2 - parte media (universidad Antonio Nariño), E3 - Viñas de Calambeo y E4 - Desembocadura), se establecieron áreas dentro de cada estación de muestreo con presencia potencial de epifitas para el muestreo.

Los sitios de muestreo fueron definidos de acuerdo con la ubicación de las parcelas del componente florístico (Figura 2).

Figura 2. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de flora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Metodología de campo

El método utilizado para determinar la riqueza de las plantas fue el Rapid Assessment Program (RAP), donde, se trazaron transectos de 50x2 m, considerando a los individuos con DAP ≥ 1 cm, los cuales incluyen árboles, arbustos y plantas herbáceas (Villareal et al., 2004). Para el prensado y preservación del material colectado se realizó la técnica propuesta por Esquivel (1997), la cual consiste en el prensado con base preservante de

alcohol al 75%, para su posterior transporte al Herbario TOLI de la universidad del Tolima (Figura 3).

Figura 3. Colecta y prensado de material vegetal en prensa de cartón para desplazamiento.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

La evaluación de las epífitas se desarrolló a partir del protocolo para un Análisis Rápido y Representativo de la Diversidad de Epífitas (RRED-analysis) propuesto por Gradstein et al. (2003), en el que, para representar 1 ha de área es necesario el muestreo de ocho árboles para las epífitas vasculares y cinco para epífitas no vasculares. Los individuos seleccionados tuvieron $DAP \geq 15$ cm (diámetro a la altura del pecho), una distancia entre sí de más de 25 m y fueron representativos de la variación morfológica del ecosistema.

El censo de epífitas vasculares en cada forófito se realizó según la estratificación vertical modificada de la propuesta de Johansson (1974), con división en cuatro estratos: base (1), tronco bajo (2a), tronco alto (2b) y dosel interno (3). La flora no vascular se evaluó al tomar un área de 20x20 cm (400 cm²) por cada una de las zonas de Johansson consideradas (1, 2a, 2b y 3). Los ejemplares colectados se almacenaron en bolsas de papel kraft, debidamente marcadas.

Metodología de laboratorio

Las muestras fueron trasladadas al herbario TOLI de la universidad del Tolima para su secado en horno. Una vez secas, mediante claves botánicas (Gentry, 1993; Keller, 1996; Vargas, 2002), consultas con expertos, bases de datos de herbarios digitales, catálogo de planta de Colombia y libros, las plantas colectadas fueron caracterizadas y determinadas. Solamente aquellas muestras fértiles (aquellas con presencias de flores, frutos e inflorescencias) fueron escogidas para ingreso al herbario TOLI de la Universidad del Tolima.

Para identificar las muestras de briófitas se prepararon láminas semipermanentes para observación en estereoscopio y microscopio óptico. Se usaron las siguientes claves y literatura especializada: Gradstein y Costa (2003), y Tropicos (2021). Para los líquenes se usaron claves, catálogos digitales y literatura especializada.

Análisis de datos

Abundancia. Con el fin de determinar la importancia y proporción en la cual se encuentra cada una de las especies con respecto a la comunidad, se calculó la abundancia relativa a partir del número de individuos colectados de cada especie y su relación con el número total de individuos colectados, en las diferentes estaciones evaluadas.

$$AR = \frac{\text{\# de individuos de cada especie en la muestra}}{\text{\# total de individuos en la muestra}} \times 100$$

Representatividad del Muestreo. Con la información recolectada en campo y los ejemplares identificados hasta el nivel taxonómico más detallado posible, se elaboró una base de datos en Microsoft Excel, para establecer los parámetros de composición y abundancia de los diferentes organismos, para la posterior elaboración de la curva de acumulación de especies por medio de los estimadores ACE y CHAO 1, realizados por el programa EstimateS versión 8.2.0 (Colwell, 2009). Los gráficos fueron realizados en el programa R (R Core Team, 2021).

Diversidad alfa. Con la base de datos elaborada en Excel se compararon las estaciones de muestreo mediante el cálculo de los índices de Margalef, Dominancia y diversidad de Shannon a través del software Past versión 4.04 (Hammer et al., 2001).

Diversidad beta. Se calculó utilizando un análisis de agrupamiento mediante el índice de similitud de Bray-Curtis, el cual expresa la diferencia entre la composición de las comunidades de las muestras que pertenecen a localidades de referencia y cualquier muestra con las que se quiera comparar, integrando datos cuantitativos que permiten asignar un valor de importancia a cada una de las especies que conforman la comunidad vegetal (Bray y Curtis, 1957).

Categorías ecológicas, endemismos y usos de las especies vegetales encontradas: se elaboró una tabla donde se incluye las categorías ecológicas de las especies determinadas, el grado de amenaza, endemismo, usos, el origen (si es nativa o exótica) y el rango altitudinal.

Información secundaria. La búsqueda de información secundaria fue realizada en diferentes bases de datos como Google académico, Science Direct, Springer, Jstor, Wiley, Redalyc, Scielo, Plant List, Tropicos, Catálogo de plantas de Colombia, empleando palabras claves: Bosque andino, Bosque subandino, diversidad de epifitas,

briofitos, líquenes, entre otras. En el caso de las búsquedas en inglés se usaron marcadores booleanos (e.g., or, nor, and).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de especies

Se registró un total de 22 órdenes, 35 familias, 52 géneros y 57 especies entre árboles y arbustos, en las cuatro estaciones establecidas sobre los relictos boscosos de la microcuenca de la quebrada La Aurora (Tabla 1). Las familias con mayor número de especies fueron, Fabaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Piperaceae, Rubiaceae y Solanaceae.

Estas familias suelen ser representativas de los bosques premontanos, son grupos diversos en los ecosistemas andinos y sirven como facilitadores en bosques secundarios (Tinoco et al., 2014; Camargo et al., 2019). *Acalypha*, *Anthurium*, *Cupania* y *Piper* fueron los géneros más abundantes, y de ellos, *hurium* y *Piper* son conocidos por su alta plasticidad ecológica que favorece su amplia distribución en el país (Camargo et al., 2019).

Tabla 1. Composición florística de los árboles y arbustos presentes en los relictos boscosos de la microcuenca de a la quebrada la Aurora.

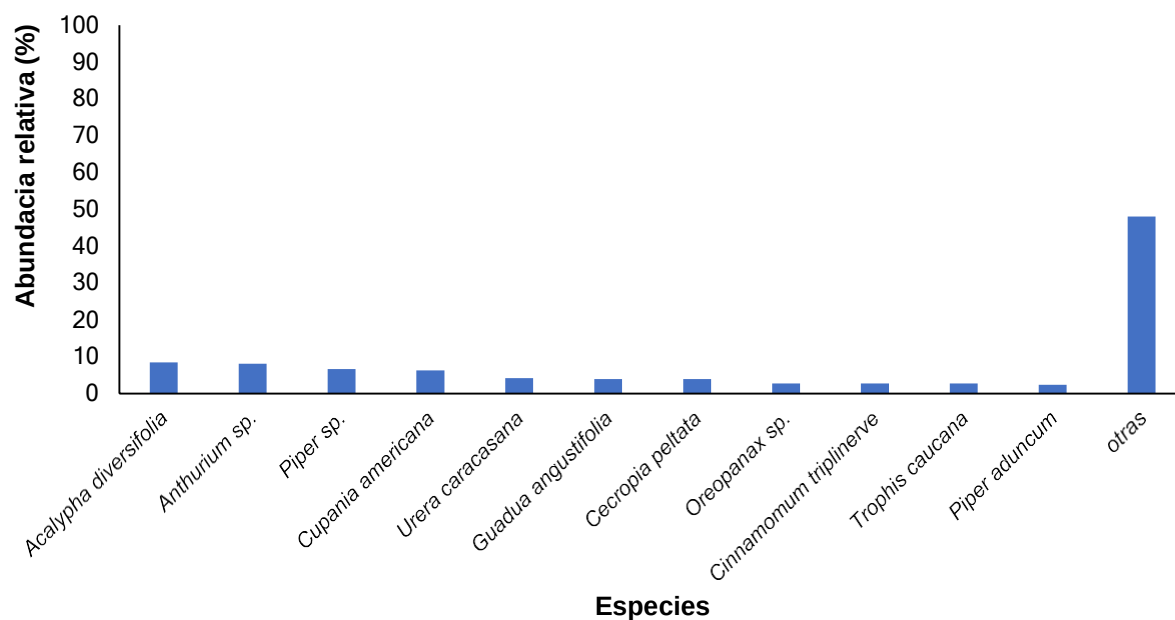
Orden	Familia	Género	Especie	Abundancia
Alismatales	Araceae	<i>Anthurium</i>	<i>Anthurium</i> sp.	27
Apiales	Araliaceae	<i>Oreopanax</i>	<i>Oreopanax</i> sp.	9
Arecales	Arecaceae	<i>Aiphanes</i>	<i>Aiphanes horrida</i> (Jacq.) Burret	7
Asparagales	Orchidaceae	<i>Sobralia</i>	<i>Sobralia</i> aff. <i>antioquiensis</i>	2
Asterales	Asteraceae		Asteraceae sp. 1	1
		<i>Tithonia</i>	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray	6
Commelinales	Commelinaceae	<i>Tradescantia</i>	<i>Tradescantia zanonía</i> (L.) Sw.	2
Ericales	Lecythidaceae	<i>Gustavia</i>	<i>Gustavia</i> sp.	5
	Primulaceae	<i>Myrsine</i>	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	5
	Actinidiaceae	<i>Saurauia</i>	<i>Saurauia yasicae</i> Loes.	5
Fabales	Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>Inga</i> sp.	4
		<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa pudica</i> L.	1
		<i>Pithecellobium</i>	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	1
		<i>Senna</i>	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin y Barneby	7
Gentianales	Apocinaceae	<i>Asclepias</i>	<i>Asclepias curassavica</i> L.	1
	Rubiaceae	<i>Cinchona</i>	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	5
		<i>Condaminea</i>	<i>Condaminea corymbosa</i> (Ruiz y Pav.) DC.	7
		<i>Genipa</i>	<i>Genipa americana</i> L.	3
Lamiales	Gesneriaceae	<i>Columnnea</i>	<i>Columnnea</i> sp.	1
	Verbenaceae	<i>Verbena</i>	<i>Verbena litoralis</i> Kunth	1
Laurales	Lauraceae	<i>Cinnamomum</i>	<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz y Pav.) Kosterm.	9
		<i>Persea</i>	<i>Persea caerulea</i> (Ruiz y Pav.) Mez	6
	Siparunaceae	<i>Siparuna</i>	<i>Siparuna grandiflora</i> (Kunth) Perkins	7

			<i>Siparuna</i> sp.	1
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	28
		<i>Croton</i>	<i>Croton hibiscifolius</i> Spreng.	5
	Clusiaceae	<i>Clusia</i>	<i>Clusia</i> sp.	4
	Lacistemataceae	<i>Lacistema</i>	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J.Bergius) Rusby	6
Malvales	Malvaceae	<i>Malvaceae</i>	<i>Triumfetta</i> sp.	4
	Muntingiaceae	<i>Muntingia</i>	<i>Muntingia calabura</i> L.	1
Meliaceae	Meliaceae	<i>Guarea</i>	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	7
Myrtales	Melastomataceae	<i>Clidemia</i>	<i>Clidemia ciliata</i> Pav. ex D. Don	1
		<i>Miconia</i>	<i>Miconia caudata</i> (Bonpl.) DC.	5
			<i>Miconia</i> sp.	1
		<i>Tibouchina</i>	<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	7
	Myrtaceae	<i>Myrcia</i>	<i>Myrcia</i> sp. 1	1
			<i>Myrcia</i> sp. 2	1
		<i>Psidium</i>	<i>Psidium guajava</i> L.	1
Piperales	Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>Piper aduncum</i> L.	8
			<i>Piper peltatum</i> L.	4
			<i>Piper</i> sp.	22
Poales	Bromeliaceae	<i>Bromeliaceae</i>	aff. <i>Pitcarnia</i> sp.	1
	Poaceae	<i>Guadua</i>	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	13
		<i>Gynerium</i>	<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl.) P.Beauv.	5
Polypodiales	Athyriaceae	<i>Diplazium</i>	<i>Diplazium</i> sp.	4
Rosales	Urticaceae	<i>Cecropia</i>	<i>Cecropia peltata</i> L.	13
		<i>Urera</i>	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	14
	Moraceae	<i>Trophis</i>	<i>Trophis caucana</i> (Pittier) C.C. Berg.	9
Sapindales	Sapindaceae	<i>Cupania</i>	<i>Cupania americana</i> L.	21
		<i>Paullinia</i>	<i>Paullinia alata</i> (Ruiz y Pav.) G.Don	4
Solanales	Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum</i> sp.	2
		<i>Solanum</i>	<i>Solanum americanum</i> Mill.	1
			<i>Solanum</i> sp.	7
Zingiberales	Heliconiaceae	<i>Heliconia</i>	<i>Heliconia</i> cf. <i>bihai</i>	2
			<i>Heliconia</i> sp.	4
	Zingiberaceae	<i>Renealmia</i>	<i>Renealmia</i> sp.	1
		<i>Zingiber</i>	<i>Zingiber spectabile</i> Griff.	3

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

De las 57 especies registradas, *Acalypha diversifolia* fue la más abundante (8.4%) en las cuatro estaciones de muestreo, seguida de *Anthurium* sp. (8.1%), *Piper* sp. (6.6%), *Cupania americana* (6.3%) y *Urera caracasana* (4.2%) (Figura 4). Las especies menos abundantes dentro del muestreo y de interés de conservación, se encuentra *Sobralia* aff. *antioquiensis* (0.6%). La alta presencia de *Acalypha diversifolia* se debe a que es común ser encontrada en áreas perturbadas y cerca de ríos y quebradas, que corresponde con las características de las zonas muestreadas (Cardial y Muñoz, 2012).

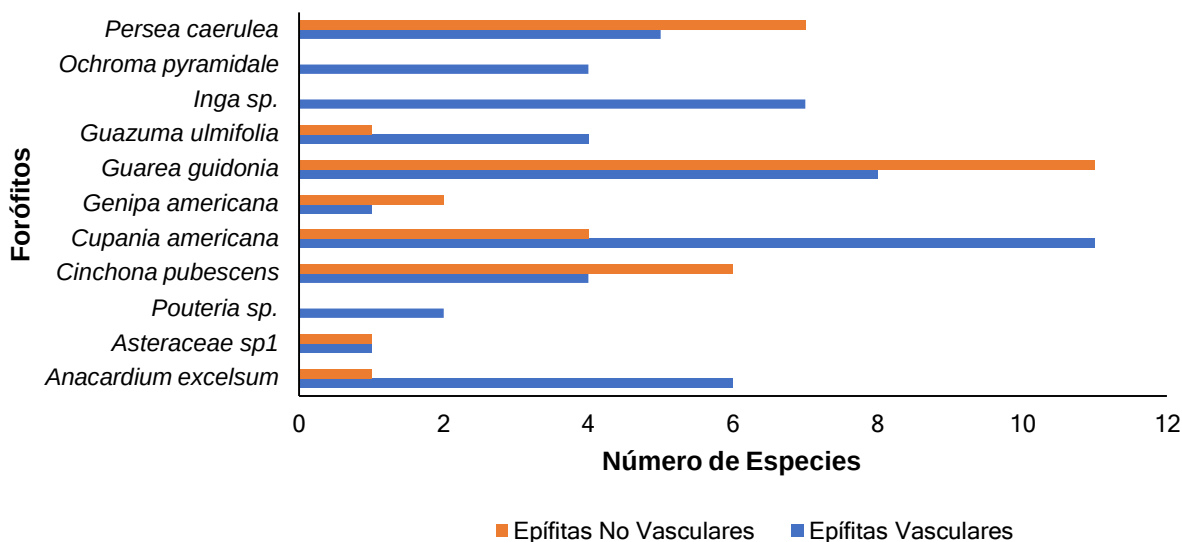
Figura 4. Abundancia relativa de las especies encontradas en las cuatro estaciones establecidas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Con relación a las epifitas, se registraron un total de 11 especies de forófitos u hospederos, las más abundantes fueron, *Guarea guidonia*, *Persea caerulea* y *Cupania americana*. En general el número de especies de epifitas encontradas por especie de forófito fue ligeramente mayor en las no vasculares, que en las vasculares. Los forófitos que presentaron mayor número de especies de epifitas no vasculares fueron *Guarea guidonea*, *Persea caerulea* y *Cinchona pubescens*, mientras que los forófitos con mayor número de especies de epifitas vasculares fueron *Cupania americana*, *Guarea guidonea* e *Inga* sp. (Figura 5).

Figura 5. Número de especies de epifitas encontradas en los forófitos muestreados en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Respecto a las epifitas vasculares, se registraron un total de seis órdenes, siete familias, 13 géneros y 18 especies (Tabla 2). Las familias con mayor número de especies fueron Bromeliaceae, Orchidaceae, Piperaceae, Araceae y Polypodiaceae, lo cual refleja una similitud con estudios en bosques submontanos en Bolivia, donde la mayor riqueza de especies estuvo concentrada en Orchidaceae, Pteridofitas, Bromeliaceae y Peperomias (Kromer et al., 2007). Un patrón similar de riqueza fue registrado por Henao-Díaz et al. (2012) para bosques subandinos al sur del departamento del Huila con las familias Piperaceae, Bromeliaceae, Araceae, Polypodiaceae, Aspleniaceae y Orchidaceae como las más abundantes.

Tabla 2. Composición florística de epifitas vasculares presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Orden	Familia	Géneros	Especies	Abundancia
Alismatales	Araceae	<i>Anthurium</i>	<i>Anthurium</i> sp.	1
		<i>Monstera</i>	<i>Monstera</i> sp.	10
		<i>Philodendron</i>	<i>Philodendron</i> aff. <i>barrosoanum</i>	3
Asparagales	Orchidaceae	<i>Epidendrum</i>	<i>Epidendrum</i> sp.	3
		<i>Jacquinella</i>	<i>Jacquinella</i> <i>globosa</i> (Jacq.) Schltr.	1
		<i>Scaphyglottis</i>	<i>Scaphyglottis</i> <i>prolifera</i> (R.Br.) Cogn.	1
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Rhipsalis</i>	<i>Rhipsalis</i> <i>baccifera</i> (J.S.Muell.) Stearn	1
Piperales	Piperaceae	<i>Peperomia</i>	<i>Peperomia</i> cf. <i>tetraphylla</i>	9
			<i>Peperomia</i> <i>obtusifolia</i> (L.) A.Dietr	50
			<i>Peperomia</i> sp.	15
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i>	<i>Tillandsia</i> cf. <i>fasciculata</i>	3

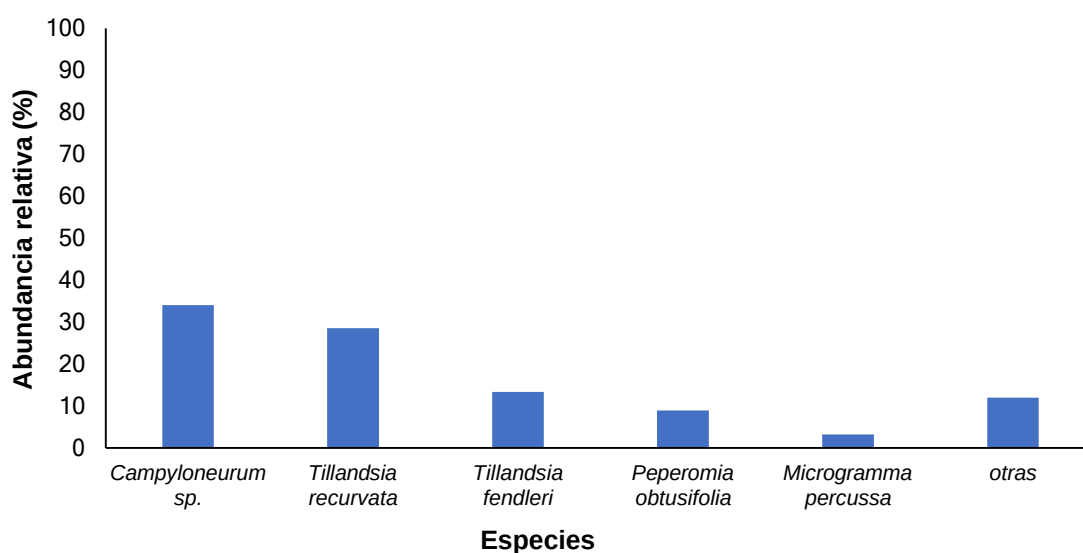
			<i>Tillandsia fendleri</i> Griseb.	75
			<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	160
			<i>Tillandsia</i> sp.	14
Polypodiales	Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>	<i>Asplenium auritum</i> Sw.	5
	Polypodiaceae	<i>Campyloneurum</i>	<i>Campyloneurum</i> sp.	191
		<i>Polypodium</i>	aff. <i>Polypodium</i>	1
		<i>Microgramma</i>	<i>Microgramma percussa</i> (Cav.) de la Sota	18

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Las especies más abundantes fueron, *Campyloneurum* sp. (34%), seguido de *Tillandsia recurvata* (28.5%), *Tillandsia fendleri* (13.4%), *Peperomia obtusifolia* (8.9%) y *Microgramma percussa* (3.2%). Contrario a esto, las menos abundantes fueron *Jacquinella globosa* (0.12%), *Rhipsalis baccifera* (0.12%) y *Scaphyglottis prolifera* (0.12%), las cuales destacan por ser de la familia Orchidaceae y Cactaceae, indicadas por el CITES como especies dentro del apéndice II (Figura 6).

Las especies dentro del género *Campyloneurum* se destacan por ser nativas de los neotrópicos, tener hábitos epífitos y también se ha documentado que, de las 60 especies reportadas, 36 se encuentran en los andes y 12 son endémicas (Labiak y Moran, 2018). La especie *Tillandsia recurvata* se ha documentado como una planta biofiltradora de metales pesados y ha sido usada como bioindicadora de áreas urbanas contaminadas como Cali y Medellín (Schrimpff, 1984).

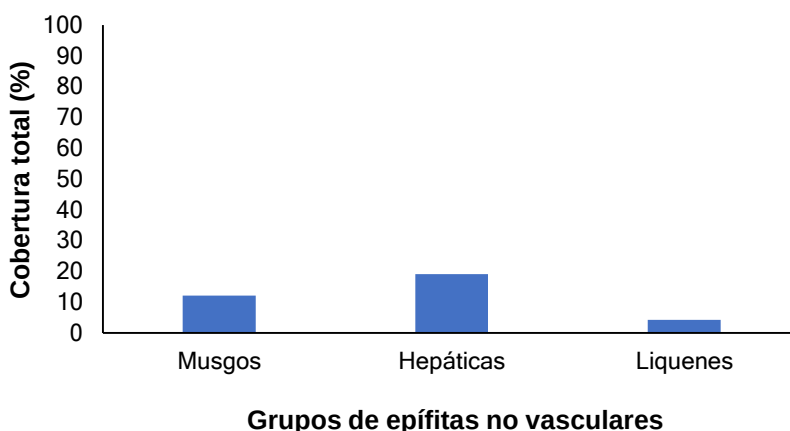
Figura 6. Abundancia relativa de las especies de epífitas vasculares presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

El área de estudio registró un porcentaje de cobertura total del 35.4% para las epífitas no vasculares, de las cuales 19.1% fueron Hepáticas, 12.1% Musgos y 4.2% Líquenes (Figura 7).

Figura 7. Cobertura total de los principales grupos de epífitas no vasculares presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

De manera general, las epífitas no vasculares registraron un total de nueve musgos, cuatro hepáticas y seis líquenes; respecto a los musgos, se registraron tres órdenes, siete familias, ocho géneros y nueve especies; para las hepáticas se registraron dos órdenes, tres familias, tres géneros y cuatro especies; y, finalmente, para los líquenes se registraron cuatro órdenes, cinco familias, cinco géneros y seis especies (Tabla 3).

Las familias de líquenes con mayor cobertura fueron Physciaceae, Collemataceae, las cuales son consideradas como las más abundantes en los parques y zonas verdes de la ciudad de Ibagué (Barreto, 2018) así como por Diaz y Morales (2019) para diversas reservas de la sociedad civil en el municipio de Ibagué.

Las familias de briofitos con mayor cobertura fueron Lejeuneaceae, Frullaniaceae y Sematophyllaceae, lo cual coincide con estudios realizados en bosques montanos en Panama (Guerra-Batista et al., 2020), en bosques submontanos del Bolivar (Gil-Novoa, et al., 2017) y en los Montes de María, Colombia (0-1000 m) (García et al., 2016).

Tabla 3. Composición florística de epífitas no vasculares presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Grupo	Orden	Familia	Género	Especies	Cobertura (%)
Líquenes	Caliciales	Physciaceae	<i>Physcia</i>	<i>Physcia aipolia</i> (Humb.) Fürrrohr	2.9
	Gyalectales	Coenogoniaceae	<i>Coenogonium</i>	<i>Coenogonium lepreurii</i> (Mont.) Nyl.	0.01
	Lecanorales	Ramalinaceae	<i>Ramalina</i>	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) Krog y Swinscow	0.025

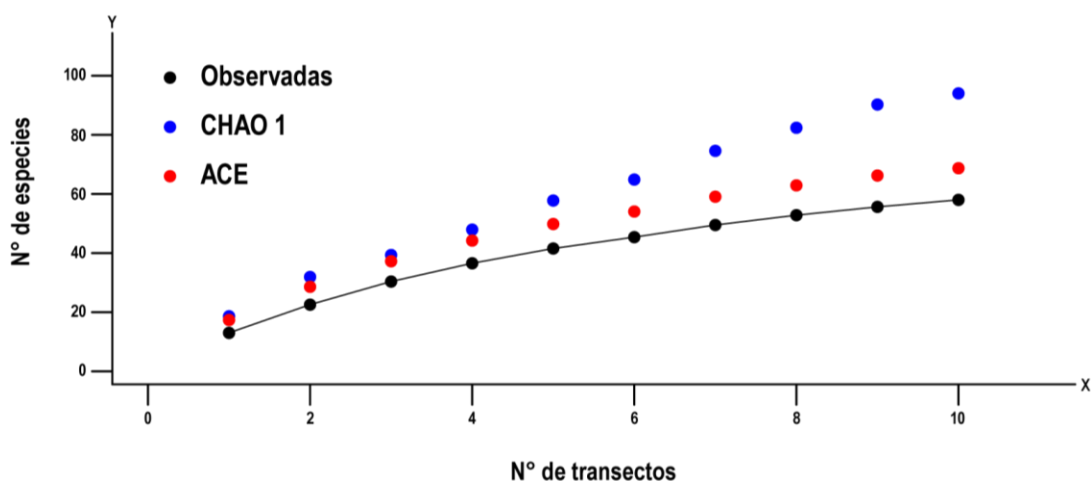
	Peltigerales	Collemataceae	<i>Leptogium</i>	<i>Leptogium</i> cf. <i>azureum</i>	0.25
				<i>Leptogium</i> sp.	0.5
		Lobariaceae	<i>Sticta</i>	<i>Sticta</i> sp	0.6
Musgos	Dicranales	Calymperaceae	<i>Octoblepharum</i>	<i>Octoblepharum albidum</i> Hedw.	0.34
	Hookeriales	Pilotrichaceae	<i>Callicostella</i>	<i>Caliscostella</i> aff. <i>ciliata</i>	0.12
			<i>Cyclodictyon</i>	aff. <i>Cyclodictyon</i>	0.12
	Hypnales	Entodontaceae	<i>Erythrodontium</i>	<i>Erythrodontium squarrosus</i> (Hampe) Paris	3.1
		Fabroniaceae	<i>Fabronia</i>	<i>Fabronia ciliaris</i> (Brid.) Brid.	0.14
		Meteoriaceae	<i>Zelometeorium</i>	<i>Zelometeorium patulum</i> (Hedw.) Manuel	2.7
		Neckeraceae	<i>Neckeropsis</i>	<i>Neckeropsis undulata</i> (Hedw.) Reichardt	1
		Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i>	<i>Sematophyllum</i> sp.	0.01
				<i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) E. Britton	4.6
Hepáticas	Jungermanniales	Plagiochilaceae	<i>Plagiochila</i>	<i>Plagiochila</i> sp.	4.2
	Porellales	Frullaniaceae	<i>Frullania</i>	<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi	6
		Lejeuneaceae	<i>Cheilolejeunea</i>	aff. <i>Cheilolejeunea</i>	0.12
				Lejeuneaceae sp. 1	8.7

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Representatividad del Muestreo

Según la curva de acumulación de especies, la representatividad del muestreo para los árboles y arbustos estuvo entre el 62% (CHAO1) y 84.4% (ACE) de las especies esperadas, lo que sugiere la necesidad de aumentar el número de parcelas para aumentar la probabilidad de encontrar nuevos taxones y mejorar el inventario de la flora presente en la microcuenca de la quebrada La Aurora. (Figura 8).

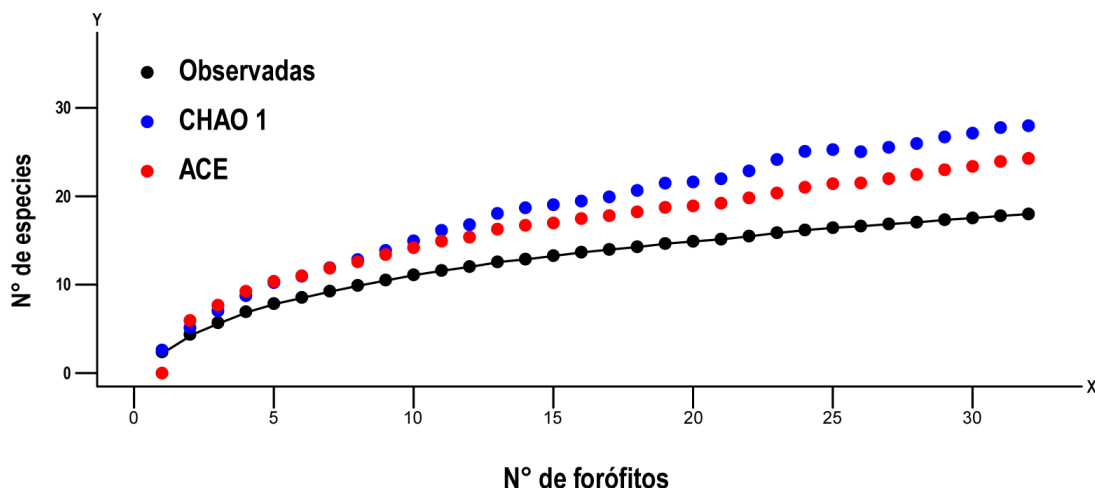
Figura 8. Curva de acumulación de especies de árboles y arbustos presentes en el área de estudio (estimadores de riqueza ACE y CHAO1).



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

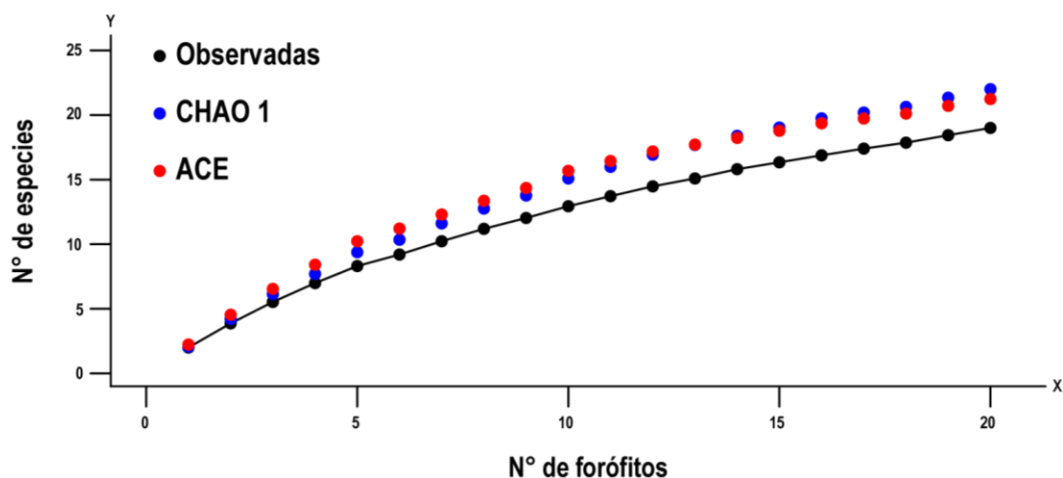
El esfuerzo de muestreo en la quebrada La Aurora alcanzó entre 64.3% (CHAO1) y 74.1% (ACE) la riqueza esperada de epífitas vasculares (Figura 9) y entre 86.7% (CHAO 1) y el 89.4% (ACE) de las epífitas no vasculares (Figura 10), lo cual representa el registro de más del 50% de las especies probables en la zona de estudio, sin embargo, refleja la necesidad de seguir muestreando en estas localidades o áreas.

Figura 9. Curva de acumulación de especies epífitas vasculares presentes en el área de estudio (estimadores de riqueza ACE y CHAO1).



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Figura 10. Curva de acumulación de especies epífitas vasculares presentes en el área de estudio (estimadores de riqueza ACE y CHAO1).



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Diversidad alfa.

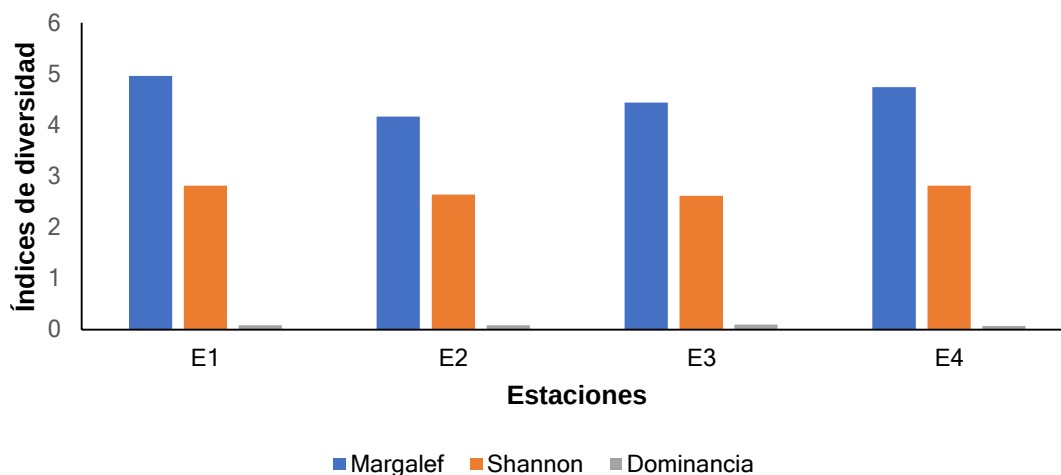
Para Árboles y arbustos, los valores de dominancia estuvieron cercanos a cero y el índice de diversidad de Shannon tuvo valores entre $H' = 2.61$ a $H' = 2.81$, con un alto promedio de $H' = 2.81$ para E4-desembocadura, seguido por E1-cabecera con $H' = 2.8$, y el promedio bajo se evidenció en E1-cabecera con $H' = 2.61$.

Lo anterior indica una diversidad media, una comunidad que es heterogénea y no hay presencia de alguna especie que domine en las estaciones de muestreo (Chaves y Hurtado, 2019), a pesar de que la zona de estudio está en el área urbana y periurbana, donde la fragmentación y deforestación son una de las principales amenazas para la biodiversidad (Duque, 2013), no obstante, es posible que los paisajes fragmentados puedan albergar una gran diversidad biológica (Newton et al., 2009) (Figura 11).

El índice de riqueza de Margalef tuvo valores que oscilaban entre $D = 4.17$ a $D = 4.96$, con un alto valor promedio con $D = 4.96$ para E1-cabecera, seguido por E4-desembocadura con $D = 4.74$. Las estaciones E1-cabecera y E4-desembocadura están ubicadas en la cabecera y en la desembocadura, cerca al Jardín Botánico San Jorge, allí es posible encontrar bosques secundarios o fragmentados donde puede encontrarse una mayor diversidad de especies (Gomez y Hernandez, 2014).

Las estaciones E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo, tuvieron los valores más bajos, a pesar de que valores por encima de 4 son considerados como alta diversidad en bosques fragmentados (Cabezas, 2016), sin embargo, las cuatro estaciones estuvieron ubicadas dentro del área urbana y periurbana de la ciudad de Ibagué.

Figura 11. Índices de diversidad, riqueza específica de Margalef, Shannon-Wiener y dominancia de los árboles y arbustos presentes en las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

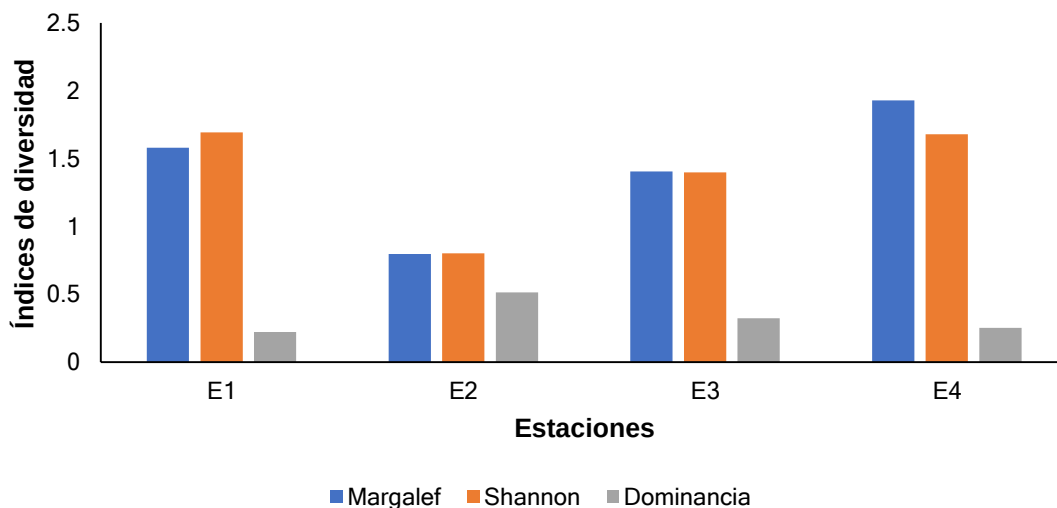
La comunidad de epifitas vasculares, presentó los mayores valores del índice de dominancia en las estaciones E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo con $\lambda = 0.51$ y $\lambda = 0.32$ respectivamente. Contrario a esto, valores más bajos del índice de dominancia fueron encontrados en E1-cabecera con 0.22 y la E4-desembocadura con 0.25.

Por otra parte, en cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, los mayores valores estuvieron presentes en las estaciones E1-cabecera con $H' = 1.69$ y E4-desembocadura con $H' = 1.68$. Los menores valores estuvieron presentes en las estaciones E3-Viñas de Calambeo con $H' = 1.39$ y E2-parte media con $H' = 0.8$.

El índice de riqueza de Margalef tuvo valores que oscilaban entre $D = 0.79$ a $D = 1.93$, con un alto valor promedio de $D = 1.93$ para la estación E4-desembocadura y un bajo valor promedio para E2-parte media (Figura 12). Lo anterior refleja, la baja diversidad y la alta dominancia de algunas especies en las estaciones E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo, las cuales son las estaciones dentro del área urbana.

Por otro lado, las estaciones E1-cabecera y E2-parte media presentes en bosques secundarios, reflejaron una diversidad y dominancia medias. El índice de Margalef es bajo, debido a que este se ve afectado por el número de especies, así los valores bajos en las estaciones E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo obedezcan a factores antrópicos evidenciados en las zonas de muestreo que reducen la diversidad de epifitas como se ha observado en bosques perturbados y secundarios en Venezuela y Bolivia, donde la pérdida oscila entre el 50 al 70% (Barthlott et al., 2001; Krömer et al., 2007). La baja diversidad también es explicada en bosques secundarios, pues al estar abierto el dosel la humedad del aire es menor y hay mayor irradiación, provocando que solo algunas especies toleren esas condiciones (Henao-Díaz et al., 2012).

Figura 12. Índices de diversidad, riqueza específica de Margalef, Shannon-Wiener y dominancia de las epifitas vasculares presentes en las estaciones muestreadas de la quebrada La Aurora.



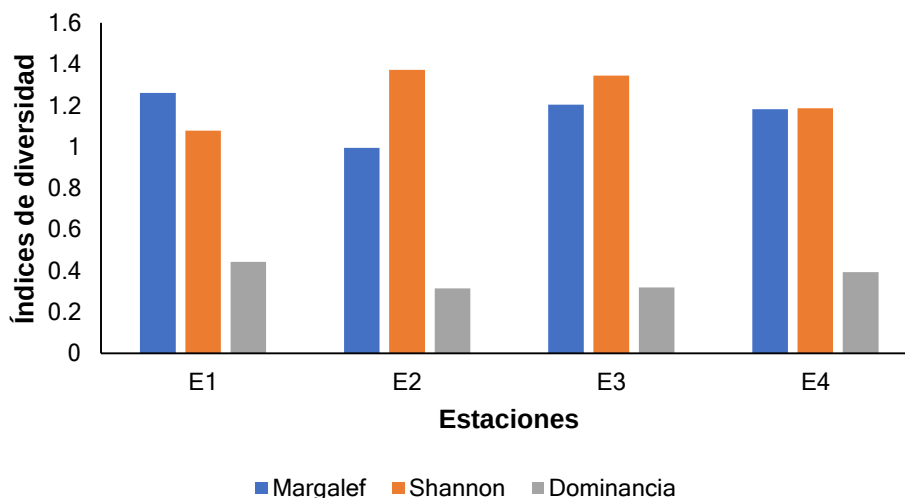
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

La comunidad de epifitas no vasculares, presentó los mayores valores de dominancia en la estación E1-cabecera con $\lambda = 0.44$ y E4-desembocadura con $\lambda = 0.39$. Los menores valores de dominancia fueron encontrados en la E2-parte media con $\lambda = 0.31$ y la E3-Viñas de Calambeo con $\lambda = 0.32$.

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, los mayores valores estuvieron presentes en las estaciones E2-parte media con $H' = 1.37$ y E3-Viñas de Calambeo con $H' = 1.34$. Los menores valores estuvieron presentes en las estaciones E1-cabecera con $H' = 1.08$ y E4-desembocadura con $H' = 1.19$. El índice de riqueza de Margalef tuvo valores que oscilaban entre $D = 0.99$ a $D = 1.26$, con un alto valor promedio de $D = 1.26$ para E1-cabecera y un bajo valor promedio de $D = 0.99$ para E2-parte media (Figura 13).

Este patrón de diversidad baja en briofitas es evidente en zonas de mayor presión antrópica, donde los cambios de distribución y cambio del uso del suelo conlleva a una pérdida del hábitat de la zona, muy típico de zonas urbanas (Zepeda-Gómez et al., 2014).

Figura 13. Índices de diversidad, riqueza específica de Margalef, Shannon-Wiener y dominancia de las epifitas no vasculares presentes en las estaciones muestreadas de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Diversidad beta

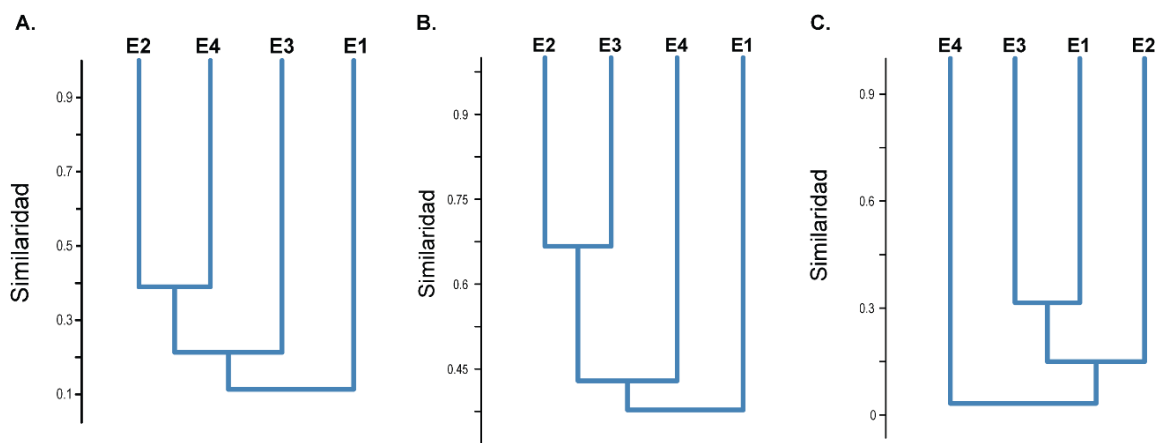
El análisis de similitud de Bray-Curtis para la comunidad de árboles y arbustos (Figura 14A) reveló que las estaciones tuvieron una relación de acuerdo con su composición en 11% (los valores oscilaron entre 11% a 39%). La mayor afinidad en composición correspondió a E2-parte media y E4-desembocadura con un 39%, esta similitud muestra que estas dos estaciones comparten nueve especies, entre las que se destacan *Cupania americana*, *Cinnamomum triplinerve* y *Guarea guidonia*.

La menor afinidad correspondió a las estaciones E1-cabecera y E2-parte media con un 7%. Es de resaltar, que *Cupania americana* fue la única especie presente en todos los sitios de muestreo, la cual presenta un variado rango altitudinal que va desde los 80 m.s.n.m. hasta los 2340 m.s.n.m. además de ser una especie ribereña con preferencia a climas húmedos (Francis, 2000; Obando, 2021).

Con respecto a las epifitas vasculares, el índice de similitud de Bray-Curtis mostró el mayor porcentaje de agrupamiento (67%) entre las estaciones E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo. Estas dos estaciones son las que se encontraban más cerca entre sí y comparten entre si especies como *Campyloneurum* sp., *Tillandsia recurvata* y *Tillandsia fendleri*. Las estaciones con menor porcentaje de agrupamiento (30%) fueron las estaciones E1-cabecera y E4-desembocadura (Figura 14B).

Para las epifitas no vasculares, el índice de Bray-Curtis registró los valores más altos de agrupamiento (32%) para las estaciones E1-cabecera y E3-Viñas de Calambeo (Figura 14C). Estas dos estaciones comparten especies como *Frullania brasiliensis* y *Fabronia ciliaris*, esta última asociada generalmente con ocupación humana y frecuente en ciudades y granjas (Tropicos, 2021), donde precisamente se ubican las parcelas E1-cabecera y E3-Viñas de Calambeo. Las estaciones con menor porcentaje de agrupamiento fueron las estaciones E1-cabecera y E4-desembocadura con 0% (Figura 14C).

Figura 14. Dendrograma de similitud empleando el índice de Bray-Curtis de las estaciones muestreadas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



(A. Comunidad de árboles y arbustos. B. Comunidad de Epífitas Vasculares. C. Comunidad de Epífitas no Vasculares.)

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Categorías ecológicas, endemismos y usos de las especies vegetales encontradas

Para los árboles y arbustos, 20 especies están en preocupación menor y 18 especies no evaluadas (Tabla 4). Asimismo, se encontró una especie endémica que se encuentra en el apéndice II del CITES para especies que no están necesariamente amenazadas pero que podrían llegar a estarlo.

En relación con el origen se encontró que el 95% de las especies son nativas y el 5% son cultivadas. Además, el 45% son árboles, 34% arbustos y 21% subarbustos. Sumado a esto, el 23% son ornamentales, el 20% para alimento animal, 18% medicinales, 15% ambientales, 15% maderables y 9% usadas para construcciones.

Tabla 4. Categorías ecológicas, endemismo, origen, habito, usos y elevación de las especies vegetales de la comunidad de árboles y arbustos encontradas en el área de estudio.

Especies	Categoría Ecológica	CITES	Origen	Endémica	Habito	Usos	Elevación (m.s.n.m.)
<i>Acalypha diversifolia</i>	LC		Nativa	NO	Arbusto	Medicinal	0 - 2000
<i>Aiphanes horrida</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Construcción, Medicinal, Alimento	100 - 1700
<i>Asclepias curassavica</i>	LC		Nativa	NO	Subarbusto	Medicinal	0 - 2700
<i>Cecropia peltata</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Ambiental, Medicinal	0 - 1800
<i>Cinchona pubescens</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Medicinal	600 - 3300
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Medicinal	0 - 2600
<i>Clidemia ciliata</i>	NE		Nativa	NO	Arbusto	Ambiental	100 - 2260
<i>Condaminea corymbosa</i>	LC		Nativa	NO	Arbusto	Medicinal	0 - 2000
<i>Croton hibiscifolius</i>	NE		Nativa	NO	Arbusto	Alimento animal, Ambiental	300 - 2700
<i>Cupania americana</i>	NE		Nativa	NO	Árbol	Ornamental, Alimento animal	80 - 2340
<i>Genipa americana</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Maderable, Alimento animal	0 - 1850
<i>Guadua angustifolia</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Construcción, Ambiental	10 - 2250
<i>Guarea guidonia</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Ornamental, Medicinal, Maderable	0 - 1400
<i>Gynerium sagittatum</i>	NE		Nativa	NO	Arbusto	Construcción, Ambiental	0 - 2000
<i>Heliconia cf. bihai</i>	NE		Nativa	NO	Subarbusto	Ornamental	0 - 1700
<i>Lacistema aggregatum</i>	LC		Nativa	NO	Arbusto	Medicinal	0 - 2100
<i>Miconia caudata</i>	NE		Nativa	NO	Arbusto	Ornamental, Alimento animal, Ambiental	150 - 3200
<i>Mimosa pudica</i>	LC		Nativa	NO	Subarbusto	Ornamental	0 - 1780
<i>Muntingia calabura</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Medicinal	0 - 1100

<i>Myrsine guianensis</i>	NE		Nativa	NO	Árbol	Ornamental	0 - 3000
<i>Paullinia alata</i>	NE		Nativa	NO	Subarbusto	Medicinal	2 - 1625
<i>Persea caerulea</i>	NE		Nativa	NO	Árbol	Maderable	1000 - 2500
<i>Piper aduncum</i>	LC		Nativa	NO	Arbusto	Alimento animal, Medicinal, Ornamental	0 - 2600
<i>Piper peltatum</i>	LC		Nativa	NO	Subarbusto	Medicinal	0 - 2200
<i>Pithecellobium dulce</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Maderable, Medicinal, Alimento	0 - 2130
<i>Psidium guajava</i>	NE		Cultivada	NO	Árbol	Alimento animal, ornamental	50 - 2040
<i>Saurauia yasicae</i>	NE		Nativa	NO	Árbol	Ambiental	0 - 2000
<i>Senna spectabilis</i>	LC		Nativa	NO	Árbol	Ornamental	160 - 1800
<i>Siparuna grandiflora</i>	NE		Nativa	NO	Arbusto	Ambiental	30 - 2250
<i>Sobralia aff. antioquiensis</i>	NE	Apéndice II	Nativa	SI	Arbusto	Ornamental	400 - 2000
<i>Solanum americanum</i>	LC		Nativa	NO	Subarbusto	Medicinal	0 - 2600
<i>Tibouchina lepidota</i>	NE		Nativa	NO	Árbol	Ornamental	400 - 3900
<i>Tithonia diversifolia</i>	NE		Nativa	NO	Arbusto	Ornamental, Medicinal	100 - 2000
<i>Tradescantia zanoniana</i>	LC		Nativa	NO	Subarbusto	Medicinal	100 - 2000
<i>Trophis caucana</i>	NE		Nativa	NO	Arbusto	Ambiental	0 - 3200
<i>Urera caracasana</i>	NE		Nativa	NO	Árbol	Medicinal	20 - 2290
<i>Verbena litoralis</i>	LC		Nativa	NO	Arbusto	Medicinal	341 - 2880
<i>Zingiber spectabile</i>	NE		Cultivada	NO	Subarbusto	Ornamental	0 - 1500

Convenciones: LC: preocupación menor, NE: no evaluada.

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Con las especies usadas como alimento animal, se hizo un levantamiento con información secundaria de los visitantes, así como de los atributos florales y frutales en la Tabla 5. Vale la pena destacar que dentro de las especies que son fuente de alimentación animal se destacan *Cupania americana* y *Cecropia peltata* por ser las especies que tuvieron presencia en las cuatro estaciones de muestreo. Con respecto a *Cecropia peltata* se tiene documentado que es fuente de alimento de aves y murciélagos, especialmente del género *Artibeus* (Fleming y Williams, 1990).

Tabla 5. Especies vegetales con alto valor de importancia como fuente de alimentación animal.

Especies	Visitantes	Atributos florales	Atributos frutales
<i>Aiphanes horrida</i>	Aves y mamíferos	Inflorescencia interfoliar de hasta 2 m	Drupa color rojo
<i>Cecropia peltata</i>	Aves y mamíferos	Inflorescencias en espigas	Infrutescencia: frutíolos pardo rojizos
<i>Cinchona pubescens</i>	Aves	Panículas con flores rosáceas	Capsula elipsiode
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Aves	Flores pequeñas blanco verdosas	Fruto en drupas pequeñas

<i>Croton hibiscifolius</i>	Aves	Espigas con flores pequeñas color crema.	Capsula trilocular
<i>Cupania americana</i>	Aves	Paniculas con flores blancas pequeñas	Cápsula con tres semillas
<i>Guarea guidonia</i>	Aves	Flores pequeñas fragantes	Capsula
<i>Lacistema aggregatum</i>	Aves	Espigas axilares	Capsula subglobosa de color rojo
<i>Persea caerulea</i>	Aves y Mamíferos	Panicula de flores pequeñas blancas	Baya
<i>Senna spectabilis</i>	Aves	Racimos amarillos	Legumbre
<i>Siparuna grandiflora</i>	Aves	Flores con tépalos rojizos	Drupa con semillas grises
<i>Tibouchina lepidota</i>	Aves	Inflorescencia en dicasios simples de 4 a 6 flores de color morado.	Capsula loculicida elipsoide
<i>Tithonia diversifolia</i>	Aves	Capítulos	Aquenios negros

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Respecto a la comunidad de epifitas vasculares, seis especies están en preocupación menor y cinco especies están no evaluadas (Tabla 6). Asimismo, se encontraron tres especies en el apéndice II del CITES para especies que no están necesariamente amenazadas pero que podrían llegar a estarlo. En relación con el origen se encontró que el 100% de las especies epifitas vasculares son nativas. Además, el 90% son ornamentales y el 10% medicinal y alimento.

Tabla 6. Categorías ecológicas, endemismo, origen y usos de las especies vegetales de la comunidad de epifitas vasculares encontradas en la zona de estudio.

Especies	Categoría Ecológica	Origen	CITES	Endémica	Usos
<i>Philodendron aff. barrosoanum</i>	NE	Nativa		NO	Ornamental
<i>Jacquinella globosa</i>	NE	Nativa	Apéndice II	NO	Ornamental
<i>Scaphyglottis prolifera</i>	NE	Nativa	Apéndice II	NO	Ornamental
<i>Rhipsalis baccifera</i>	LC	Nativa	Apéndice II	NO	Ornamental
<i>Peperomia cf. tetraphylla</i>	LC	Nativa		NO	Ornamental
<i>Peperomia obtusifolia</i>	LC	Nativa		NO	Ornamental
<i>Tillandsia cf. fasciculata</i>	LC	Nativa		NO	Ornamental
<i>Tillandsia fendleri</i>	LC	Nativa		NO	Ceremonial, Alimento
<i>Tillandsia recurvata</i>	LC	Nativa		NO	Ornamental, Medicinal
<i>Asplenium auritum</i>	NE	Nativa		NO	Ornamental
<i>Microgramma perculsa</i>	NE	Nativa		NO	Ornamental

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Para la comunidad de epifitas no vasculares, a pesar de no encontrarse especies endémicas y el estado de conservación no evaluado, todas las especies son nativas de Colombia (Tabla 7). Los briofitos y los Líquenes han sido utilizados como bioindicadores de la calidad del aire (Lisboa y Borgues, 1995; Conti y Cecchetti, 2001), donde se indica que bajas diversidades de estos grupos podría estar asociado a zonas intervenidas y con menor pureza del aire (Acevedo y Charry, 2018).

Tabla 7. Categorías ecológicas, endemismo y origen de las especies vegetales de la comunidad de epifitas vasculares encontradas en el área de estudio.

Especies	Grupo	Categoría Ecológica	Origen	Endémica
<i>Physcia aipolia</i>	Liquen	NE	Nativa	No
<i>Coenogonium leprieurii</i>	Liquen	NE	Nativa	No
<i>Ramalina celastri</i>	Liquen	NE	Nativa	No
<i>Leptogium cf. azureum</i>	Liquen	NE	Nativa	No
<i>Octoblepharum albidum</i>	Musgo	NE	Nativa	No
<i>Caliscostella aff. ciliata</i>	Musgo	NE	Nativa	No
<i>Erythrodontium squarrosum</i>	Musgo	NE	Nativa	No
<i>Fabronia ciliaris</i>	Musgo	NE	Nativa	No
<i>Zelometeorium patulum</i>	Musgo	NE	Nativa	No
<i>Neckeropsis undulata</i>	Musgo	NE	Nativa	No
<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	Musgo	NE	Nativa	No
<i>Frullania brasiliensis</i>	Hepática	NE	Nativa	No

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, 2021.

Las categorías ecológicas son de suma importancia en este estudio. No obstante, en las tres comunidades vegetales (árboles y arbustos, epifitas vasculares y epifitas no vasculares) la mayoría de las especies presentan estado no evaluado, haciendo falta de un examen de acuerdo con los criterios de la IUCN en las listas rojas. Sumado a esto varias especies presentaron el estado de preocupación menor (LC), tales especies no están en peligro, pero al mediano plazo podrían sufrir deterioro poblacional.

Se encontró una especie endémica *Sobralia antioquiensis*, perteneciente a la familia Orchidaceae, esta familia está presente en el apéndice II del CITES, por lo que los esfuerzos de conservación deberían tener un efecto directo sobre dichas especies endémicas (Vargas et al., 2016).

Aunque los estados de las categorías ecológicas muestran que la comunidad vegetal dentro de las zonas de estudio no se encuentran especies bajo algún grado de amenaza, aun así, los esfuerzos de conservación deben mantenerse en vista al alto grado de beneficio que aportan las especies vegetales como fuente de alimento para la fauna de la zona, además de que casi todas las especies vegetales son nativas de Colombia. Es sabido, que los bosques tropicales juegan un rol importante en la regulación del clima, las emisiones de carbono, los deslaves e inundaciones, así como la oferta de alimentos, energía, materiales de construcción, medicinas, especies ornamentales, entre otros, por lo que es necesario el mantenimiento de los relictos boscosos de la microcuenca de la quebrada La Aurora (Balvanera, 2012).

Información secundaria

En esta sección se presentan diferentes estudios encaminados a destacar la riqueza florística del bosque andino colombiano, donde los resultados reflejan valores de diversidad altos, pero al mismo tiempo la creciente pérdida del ecosistema.

De acuerdo a lo anterior, Duque et al. (2013) registraron para bosques andinos en el oriente de Antioquia, una composición florística donde las familias con mayor número de especies fueron Melastomataceae, Lauraceae, Rubiaceae, Orchidaceae, Asteraceae y Piperaceae y los géneros con mayor riqueza fueron *Miconia*, *Anthurium*, *Inga*, *Peperomia* y *Piper*. Por otra parte, Tinoco et al. (2014) registraron para los bosques premontanos de la cuenca del río Negro a las familias Lauraceae, Melastomataceae, Moraceae, Myrtaceae, Euphorbiaceae y Meliaceae como aquellas con la mayor riqueza de especies. Encontró valores de diversidad altos y dominancia baja, sin embargo, con valores más bajos de lo reportado para la cordillera oriental.

Gómez y Hernandez (2014) realizaron un estudio comparativo de los boques presentes en los jardines botánicos de la ciudad de Ibagué, allí registraron para el Jardín Botánico San Jorge un total de 32 especies y 20 familias. Las especies con mayor abundancia fueron, *Cinchona pubescens*, *Lacistema aggregatum* y *Myrsine guianensis*. Es interesante que el registro de *Cinchona pubescens* contrasta con el presente estudio que estuvo en el Jardín, pero no registro la especie para la estación E4-desembocadura, pero si en la E1-cabecera. Las familias más dominantes fueron Rubiaceae y Sapindaceae. Concluyen que el Jardín Botánico San Jorge posee mayor riqueza de especies en comparación al Jardín Botánico Alejandro Von Humboldt.

Rodríguez-Lombana et al. (2017) revelaron a las familias Melastomaceae, Poaceae, Asteraceae y Polygonaceae como las que tenían mayor riqueza de especies. Allí pudo evidencias que las especies más frecuentes tendían a ser de bajo porte.

Camargo-Espitia et al. (2019) encontraron para un bosque subandino en Colombia, una composición florística donde destacan Rubiaceae, Gesneriaceae, Melastomataceae, Solanaceae, Araceae y Urticaceae como las familias con mayor número de géneros y especies. Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Miconia*, *Ficus*, *Peperomia*, *Solanum*, *Anthurium*, *Clusia*. En general el bosque se presenta con alta diversidad y baja dominancia.

Gil-Novoa et al. (2017) registraron para un bosque subandino 72 especies en 48 géneros y 21 familias: Las familias con mayor riqueza fue Pilotrichaceae, seguida de Neckeraceae, y la presencia de Sematophyllaceae, estas tres familias fueron encontradas en el presente estudio, y son familias típicas de sustratos cortícolas.

García et al. (2017) registraron para un bosque seco tropical en los Montes de María un total de 63 especies, 42 géneros y 23 familias. Los musgos estuvieron mejor

representados que las hepáticas. Lejeuneaceae y Sematophyllaceae fueron las familias más ricas en especies y los géneros *Plagiochila* y *Sematophyllum* entre los más sobresalientes. La alta diversidad de especies de musgos se asoció a alto grado de conservación de la zona de estudio.

Guerra-Batista et al. (2020) registraron para un bosque montano un total de 48 especies de briofitos y 41 especies de hepáticas. La familia Lejeuneaceae fue indicada como la de mayor diversidad. Al comprar la composición y diversidad de dos zonas, una cerca al sotobosque y otra próxima al dosel del bosque, allí pudieron evidenciar mayor diversidad en la zona cerca al sotobosque con respecto a la próxima al dosel del bosque.

Barreto (2018) encontró que las familias de líquenes con mayor cobertura fueron Physciaceae, Ramalinaceae, Parmeliaceae y Collemataceae. Los géneros con mayor cobertura fueron *Physcia*, *Bacidia* y *Leptogium*. Lo anterior coincide con el presente estudio, pues también se registró mayor cobertura para *Physcia* y *Leptogium*.

Díaz y Morales (2019) registraron como familias más abundantes fueron Arthoniaceae, Roccellaceae, Physciaceae y Parmeliaceae. Dentro de las especies que presentaron abundancias altas se encontró a *Physcia aipolia*, que también fue registrada en el presente estudio.

Algunos estudios sugieren que la variación en la diversidad de líquenes y musgos está asociada con una mejor o peor calidad del aire, así, una zona con baja diversidad de líquenes y musgos indicaría un aire con calidad baja, en cambio, una zona con alta diversidad de líquenes y musgos indicaría un aire con una calidad alta (Lisboa y Borgues, 1995; Conti y Cecchetti, 2001, Acevedo y Charry, 2018).

CONCLUSIONES

La diversidad de flora estuvo representada con 57 especies entre arboles y arbustos, 37 especies de epifitas presentes en las estaciones de la cabecera de la quebrada la Aurora, Universidad Antonio Nariño, Viñas de Calambeo y desembocadura de la quebrada la Aurora.

La gran mayoría de las especies encontradas son nativas de los bosques andinos. Estas especies se caracterizan principalmente por su valor ornamental, medicinal y ambiental por lo que ofrecen diferentes servicios ecosistémicos que mitigan la contaminación de la ciudad. Es decir, son especies clave en la conectividad a lo largo de la cuenca pues son fuente de alimentación y sustento para la fauna silvestre.

La baja diversidad de epifitas vasculares y la cobertura de epifitas no vasculares, indica un alto grado de intervención y posiblemente una menor calidad del aire.

Del total de especies encontradas solamente *Sobralia antioquiensis* es endémica de Colombia, y junto con *Jacquinilla globosa* y *Scaphyglottis prolifera*, son parte del apéndice II de CITES de especies que podrían correr el riesgo de entrar en alguna categoría de amenaza.

RECOMENDACIONES

Los fragmentos de bosque en la cabecera y desembocadura de la quebrada La Aurora reflejan similitudes bajas y por tanto la necesidad de conservar ambos fragmentos. Para conectar se recomienda restaurar ecológicamente, priorizando especies como Guacharaco (*Cupania americana*), Bilibili (*Guarea guidonia*), Aguacatillo (*Persea caerulea*) y Quina (*Cinchona pubescens*), debido a que son especies que se encuentran a lo largo de la quebrada, además son hospederas de diversas epifitas vasculares y no vasculares y fuente de alimento para aves y mamíferos.

Especialmente en la estación E3-Viñas de Calambeo, se observó la plantación de diversas especies exóticas que, aunque no entraron en las unidades de muestreo significan un peligro para la flora nativa de la quebrada, por lo tanto, es necesario crear jornadas de educación ambiental con las habitantes de la zona, que permitan integrar actores activos permanentes de conservación de la flora encontrada en la quebrada La Aurora.

Se pudieron observar en la estación E3-Viñas de Calambeo algunos terrenos amplios, algunos usados en ganadería, cercanos a la quebrada la Aurora, que podrían ser utilizados como unidades de conservación en asociación con los propietarios y la comunidad del barrio Viñas de Calambeo, para contribuir al aumento de la diversidad florística del área.

En la E4-desembocadura de la quebrada la Aurora, las orquídeas fueron encontradas en arboles aislados en potreros cerca de la desembocadura de la quebrada la Aurora, por lo tanto, es necesario establecer estrategias enfocadas en la sensibilización de los propietarios frente a la singularidad biológica y vulnerabilidad de la vegetación presente, para diseñar una estrategia de restauración ecológica de bosques, mediante la reconversión ambiental parcial o total de estos potreros.

En E2-parte media, se pudo observar que del lado de la Universidad Antonio Nariño la vegetación se encuentra fragmentada, por lo que es prioritario adelantar acciones en conjunto con organizaciones de planeación territorial y la alcaldía de Ibagué para minimizar la alteración generada por la presencia de casas dentro del margen de protección hídrica.

Las estaciones E2-parte media (Universidad Antonio Nariño) y E3-Viñas de Calambeo, reflejan elementos arbóreos y arbustivos típicos de la cabecera y la desembocadura, por lo tanto, podrían servir de referencia para restaurar otras zonas de la quebrada que tengan muy comprometidos sus relictos boscosos. Es necesario diseñar monitoreos en el tiempo de la red ecológica para lograr corroborar los impactos en el tiempo, y hacer seguimiento de sucesión vegetal y recambio de especies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, S., y Charry, Y. T. (2018). *Líquenes como bioindicadores de calidad del aire* (Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Occidente).
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2).
- Barreto, D. (2018). *Diversidad, distribución y riqueza de líquenes en las zonas verdes de la ciudad de Ibagué* (Trabajo de grado, Universidad del Tolima).
- Barreto, D. y Esquivel, H. E. (2020). Diversidad, distribución y riqueza de líquenes en las zonas verdes de la ciudad de Ibagué. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 24(2), 25-39.
- Barthlott, W., Schmit-Neuerburg, V., Nieder, J., y Engwald, S. (2001). Diversity and abundance of vascular epiphytes: a comparison of secondary vegetation and primary montane rain forest in the Venezuelan Andes. *Plant ecology*, 152(2), 145-156.
- Beltrán, H. (2012). Evaluación de matorrales y bancos de semillas en invasiones de *Ulex europaeus* con diferente edad de invasión al sur de Bogotá DC-Colombia. Trabajo de Maestría en Ciencias Biológicas). Bogotá: *Pontificia Universidad Javeriana*, 140 pp.
- Bernal, R., S.R. Gradstein y M. Celis (eds.). (2019). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de: <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>.
- Bray, J. R., y Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4), 326-349.
- Cabezas Duarte, J. A. (2016). *Composición florística y estructural de la vegetación arbórea de un bosque seco tropical del alto Magdalena en el departamento del Tolima*. Trabajo de grado.
- Camargo-Espitia, N. A., Gil-Leguizamón, P. A., y Morales-Puentes, M. E. (2019). Vegetación de un bosque subandino en Bolívar, Santander-Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 989-998.
- Cardiel, J. M., y Muñoz, P. (2012). Synopsis of Acalypha (Euphorbiaceae) of continental Ecuador. *PhytoKeys*, (17), 1.
- Catano, D., Uribe, J. y Campos, L. V. (2014). Liverworts and mosses diversity of peatlands from Nevado del Tolima, Colombia. *Caldasia*, 36(2), 217-229.
- Chaves, S. L., y Hurtado, L. M., (2019). *Estructura y composición de tres zonas boscosas del jardín botánico del campus Los Robles, Fundación Universitaria de Popayán*. Tesis de Grado. Popayán.

Colorado, G. J., Vásquez, J. L., y Mazo, I. N. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta biológica colombiana*, 22(3), 379-393.

Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9. Obtenido de <http://purl.oclc.org/estimates>.

CORTOLIMA. (2019). *Inventario de biodiversidad de fauna y flora y los aspectos socioeconómicos como línea base para la declaratoria de los predios adquiridos con fines de conservación, en el municipio de Ibagué, como áreas protegidas*. Ibagué: CORTOLIMA. Grupo de Investigación en Zoología. Universidad del Tolima.

Costa, D. P. y Peralta, D. F. (2015). Bryophytes diversity in Brazil. *Rodriguesia*, 66, 1063-1071.

Díaz, E., y Morales, J. D. (2020). *Líquenes cortícolas como bioindicadores de calidad atmosférica en reservas de la sociedad civil en la región Central de Colombia*. Trabajo de grado, Universidad de Ibagué.

Duque, A., Álvarez, E., Rodríguez, W., y Lema, Á. (2013). Impacto de la fragmentación en la diversidad de plantas vasculares en bosques andinos del nororiente de Colombia. *Colombia forestal*, 16(2), 115-137.

Esquivel, H., Botánico, D. J., y Von Humboldt, A. (1997). Herbarios en los jardines botánicos. *Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Tolima. Ibagué (Tolima), Colombia*.

Esquivel, H. E. y Pava, D. (2007). Flora. En G. Reinoso-Florez, F. A. Villa-Navarro, H. E. Esquivel, J. E. Garcia-Melo, y M. A. Bejarano-Delgado, Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del Río Totare Biodiversidad Regional Fase III (p. 1231). Ibagué: Grupo de Investigación en Zoología. Universidad del Tolima.

FAO y PNUMA (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020*. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma.

Fleming, T. H., y Williams, C. F. (1990). Phenology, seed dispersal, and recruitment in *Cecropia peltata* (Moraceae) in Costa Rican tropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology*, 6(2), 163-178.

Francis, J. K., Lowe, C. A., y Trabanino, S. (2000). *Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales* (pp. 524-540). Río Piedras, Puerto Rico: US Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry.

García, S., Basilio, H. D. J., Herazo, F. Y., Mercado, J. D., y Morales, M. E. (2016). Diversidad de briófitos en los Montes de María, Colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(1), 41-52.

Gentry, A. H., y Vasquez, R. (1993). *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru): with supplementary notes on herbaceous taxa*.

Gil-Novoa, J. E., Cuta-Alarcón, L. E., y Morales-Puentes, M. E. (2017). Riqueza y distribución de musgos en un bosque subandino en Bolívar-Santander, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 65(4), 1397-1406.

Gómez, J. A., y Hernández, U. D. (2014). *Evaluación de los patrones fenológicos floración, fructificación y su relación con los parámetros meteorológicos precipitación y temperatura, para dos bosques ubicados en dos jardines botánicos en la ciudad de Ibagué*. Trabajo de grado.

Govaerts, R. (2003). How many species of seed plants are there? a response. *Taxon*, 52(3), 583-584.

Gradstein, S. R., y da Costa, D. P. (2003). *The hepaticae and anthocerotae of Brazil*. Memoirs-New York botanical Garden.

Gradstein, S. R., Nadkarni, N. M., Krömer, T., Holz, I., y Nöske, N. (2003). A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity of tropical rain forests. *Selbyana*, 105-111.

Guerra-Batista, N., Arrocha, E., Rodríguez, Q., y Benítez, Á. (2020). Diversidad y distribución de briófitos epífilos en *Beilschmiedia costaricensis* (Mez y Pittier) CK Allen (Lauraceae). *Colombia Forestal*, 23(2), 47-58.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., y Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Education*, 4(1), 1-9.

Henao-Díaz, L. F., Pacheco-Fernández, N. M., Argüello-Bernal, S., Moreno-Arocha, M. M., y Stevenson, P. R. (2012). Patrones de diversidad de epífitas en bosques de tierras bajas y subandinos. *Colombia forestal*, 15(2), 161-172.

Johansson, D. (1974). Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeografica*, 25, 370-383.

Jørgensen, P. M., Ulloa Ulloa, C., León, B., León-Yáñez, S., Beck, S. G., Nee, M., ... y Gradstein, R. (2011). Regional patterns of vascular plant diversity and endemism. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)*, 192-203.

Keller, R. (2013). *Identification of tropical woody plants in the absence of flowers and fruits: A field guide*. Birkhäuser.

Krömer, T., Gradstein, S. R., y Acebey, A. (2007). Diversidad y ecología de epífitas vasculares en bosques montanos primarios y secundarios de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 42(1), 23-33.

Labiak, P. H., y Moran, R. C. (2018). Phylogeny of *Campyloneurum* (polypodiaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 179(1), 36-49.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

Newton, A. C., Cayuela, L., Echeverría, C., Armesto, J. J., Del Castillo, R. F., Golicher, D., ... y Williams-Linera, G. (2009). Toward integrated analysis of human impacts on forest biodiversity: lessons from Latin America. *Ecology and Society*, 14(2).

Obando, S. (2015). *Cupania americana* L. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasydecolombia.unal.edu.co>.

Rangel-Ch, J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(151), 176-200.

R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Rodríguez-Lombana, A. R., Beltrán-Gutiérrez, H. E., y Moreno, A. C. (2017). Caracterización florística del bosque subandino y algunas áreas disturbadas en San Bernardo (Cundinamarca), Colombia. *Biota Colombiana*, 18(2), 42-71.

Schrimpf, E. (1984). Air pollution patterns in two cities of Colombia, SA according to trace substances content of an epiphyte (*Tillandsia recurvata* L.). *Water, Air, and Soil Pollution*, 21(1), 279-315.

The Plant List (2021). Versión 1.1. Obtenido de The Plant List: <http://www.theplantlist.org/>.

Tinoco, M. F. (2014). Efecto del tamaño en la estructura, composición y diversidad de bosques premontanos en la cuenca del Rionegro-Cundinamarca. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(26).

Tropicos. (2021). *Andean Bryophytes*. Obtenido de Tropicos: <http://legacy.tropicos.org/projectwebportal.aspx?pagename=AMFamilykeysprojectid=21>.

Vargas, J. A., González, Á. M., Barona, E., y Bolívar, W. (2016). Vegetation Composition and Structure of Tropical Dry Forest Fragments and of Two Sites with Anthropogenic Activity in La Dorada and Victoria, Caldas. *Revista de Ciencias*, 20(2), 13-60.

Vargas, W. G. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales*. Universidad de Caldas (ed). Colección Ciencias Agropecuarias, Manizales. 813p.

Villareal, H. M., Álvarez, M., Córdoba-Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., ... y Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*.

Zepeda-Gómez, C., Ávila-Pérez, P., Díaz-García, U. S., Alanís-Martínez, Y., Zarazúa-Ortega, G., y Amaya-Chávez, A. (2014). Diversidad de musgos epífitos de la zona metropolitana del valle de Toluca, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(1), 108-124.

ACTIVIDAD 2. CARACTERIZAR LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, LEPIDÓPTEROS DIURNOS, ICTIOFAUNA, HERPETOFAUNA, AVIFAUNA Y MASTOFAUNA DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA AURORA

2. FAUNA

INTRODUCCIÓN GENERAL

Lepidópteros diurnos

Las mariposas diurnas son consideradas componentes fundamentales de un hábitat, debido a la gran especificidad de los estados larvales por determinadas especies vegetales y los requerimientos nectarívoros de los adultos, además de su papel trascendental en la polinización y en las cadenas tróficas, pues al ser consumidores primarios, transforman la materia vegetal en materia orgánica y sirven como fuente de alimento para muchos otros animales y parásitos (Claro, 2005; Montero et al., 2009; Powell, 2009).

Adicionalmente, la estructura y composición de sus poblaciones pueden indicar no solo la diversidad de los ecosistemas, sino también el estado de conservación de éstos, al responder más rápidamente que los vertebrados a las perturbaciones, siendo sensibles a los cambios de temperatura, humedad y radiación solar que se producen por alteraciones en su hábitat, por lo tanto el inventario de sus comunidades con medidas de la diversidad, riqueza y de sus aspectos ecológicos, constituye una herramienta válida para evaluar el estado de conservación y/o alteración del medio natural (Andrade, 1998; Beccaloni y Gaston, 1995; Kremen et al., 1993).

Para el mundo, se estima que hay entre 17500 a 20400 especies de mariposas diurnas, de las cuales el 42% se encuentra en la región neotropical con aproximadamente 7500 especies (Heppner, 2008; Robbins y Opler, 1997; Shields, 1989; Lamas, 2000, van Nieukerken et al., 2011). El legado natural sobre el cual se construye hoy Colombia, lo caracterizan como uno de los países neotropicales más diversos, exhibiendo el 10% de la biodiversidad mundial, con un registro de 3642 especies de mariposas diurnas, lo que equivale al 19.4% de todas las especies de mariposas del planeta, de las cuales 350 son endémicas, catalogándose como el país con más especies de mariposas en el mundo (Andrade, 2002; SIB, 2021; Garwood et al., 2021).

Sin embargo, esta diversidad se ha visto opacada por la deforestación, actividades ganaderas y agrícolas, el aumento de la urbanización, la contaminación atmosférica, turismo, entre otros factores (Andrade, 2011), afectando de esta manera la conectividad y el flujo genético entre las diferentes poblaciones de mariposas, como también generando algunas extinciones locales (Mahecha et al., 2011). A lo anterior, se le suma la falta de conocimiento acerca de la distribución, extensión y estado de los ecosistemas

y de las especies, siendo estos algunos de los principales obstáculos a la hora de tomar decisiones en conservación (Rodríguez et al., 2006).

Para la microcuenca de la quebrada La Aurora no se encuentra ningún estudio de la comunidad de lepidópteros diurnos, sin embargo, hay investigaciones que han contribuido al conocimiento sobre la diversidad de mariposas en el municipio de Ibagué, en alturas entre los 1200 y 1500 m.s.n.m., entre los que se encuentran el trabajo de Villa et al., (2004) quienes estudiaron la diversidad y distribución de mariposas en la cuenca del río Coello; Peña (2007), quien estudio la biodiversidad de lepidópteros diurnos en la cuenca del río Totare; Camero y Calderón (2007), por su parte estudiaron la estructura espacial y temporal de la comunidad de mariposas diurnas en un gradiente altitudinal del cañón del río Combeima; Ospina y Reinoso (2009) contribuyeron listando y estudiando las mariposas de la superfamilia Papilionoidea y Hesperioidea del Jardín Botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad del Tolima.

Además, se destacan trabajos como el de Andrade et al., (2018) quienes caracterizaron las mariposas presentes en el Mariposario del Tolima; Páez (2018) quien evaluó la composición, riqueza, diversidad y estructura de la comunidad de mariposas en cuatro zonas verdes, vinculando la perspectiva de la ecología urbana y sus posibles relaciones con las comunidades humanas en el municipio. Finalmente, otro trabajo que aportó al conocimiento de las mariposas diurnas en el departamento, en especial en el municipio, determinando la composición y distribución de las mariposas diurnas (Papilionoidea) del departamento del Tolima a partir de los especímenes depositados en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT) fue el de Tafur (2020).

Lo anterior, evidencia la necesidad de caracterizar paisajes urbanos que permitan la gestión y desarrollo de la conectividad entre lo urbano y lo natural, con la finalidad de proponer acciones que protejan la biodiversidad local y minimicen la pérdida de ecosistemas naturales, ya que la conservación y protección de los remanentes de hábitat natural aún presentes en paisajes dominados por la actividad humana resultan tener un papel clave en el mantenimiento de la diversidad (Clavijo et al., 2020; Sánchez et al., 2019).

Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500 μm , entre los que se incluyen animales con diferentes categorías taxonómicas que están ampliamente distribuidas en aguas dulceacuícolas. Con respecto a los insectos, los estados inmaduros son acuáticos, mientras que los adultos suelen ser terrestres. Entre los órdenes de insectos con alguna fase de su vida acuática se destacan: Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Hemiptera, Coleoptera, Tricoptera y Diptera

(Roldan, 2008).

Algunos viven en la superficie del agua (neustón) mientras que otros permanecen suspendidos en la columna del agua (plancton) o bien nadan activamente (nectón). Estos grupos generalmente no habitan en aguas con corriente y pueden ser muy abundantes y diversos en lagos y lagunas. La mayoría de los animales dulceacuícolas viven sobre algún tipo de sustrato, ya sea en el fondo (bentos) o en los tallos de plantas acuáticas, madera, rocas, etc. El alimento puede ser autóctono o alóctono, y hay organismos carnívoros, herbívoros, detritívoros y omnívoros. Dentro de cada una de estas categorías se puede distinguir varios grupos funcionales, basados en su comportamiento alimenticio, que puede cambiar lo largo del ciclo de vida (Hanson et al., 2010).

La biodiversidad de los macroinvertebrados, especialmente los insectos, puede verse afectada por la exposición directa a plaguicidas. Los efectos no letales incluyen una vida útil más corta (enfermedades), alteración del comportamiento (reclutamiento) y problemas de desarrollo y reproducción, que pueden provocar cambios en la sensibilidad (adaptabilidad, resistencia).

También puede haber cambios demográficos (abundancia, estructura de edad) de las poblaciones. Es por esto que el estudio de la comunidad de macroinvertebrados es importante, ya que permite conocer la salud del ambiente acuático evaluado (Hanson et al., 2010).

Es de resaltar, que para la microcuenca de la quebrada La Aurora, no existen estudios de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, sin embargo, se han realizado diferentes estudios en cuencas cercanas, como es el caso de los trabajos realizados por Reinoso et al., (2007) (llevado a cabo en la cuenca del río Totare) y por Cortolima en el año 2018 (plan de manejo de distrito de conservación de suelos “Cerros del Norte de Ibagué), en donde los órdenes Trichoptera, Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera son los más abundantes en dichas áreas de estudio.

Ictiofauna

Los peces son los vertebrados más diversos del mundo, se estima que la riqueza de peces dulceacuícolas consiste en cerca de 6000 especies descritas (Reis et al., 2003), las cuales representan el 25% de la biodiversidad global de los vertebrados. En este orden, Suramérica posee la diversidad más grande de peces, y para Colombia se han registrado 1610 especies de las cuales cerca del 25% tienen su localidad tipo en el país (DoNascimento et al., 2018).

De acuerdo a lo anterior, esta enorme diversidad se refleja principalmente en zonas de baja altitud, y sus altos valores se expresan en las cuencas del Amazonas y Orinoco (DoNascimento et al., 2018). Sin embargo, la cuenca del río Magdalena, es la tercera con mayor número de especies y se considera que su ictiofauna es la mejor conocida de Suramérica (DoNascimento et al., 2018; García-Melo, 2005), casi el 50% de sus especies son endémicas, razón por la cual la cuenca y otros sistemas hídricos que de ella se originan, han sido ampliamente estudiados en cuanto a su diversidad y distribución.

A pesar de que existe una gran cantidad de especies, algunos factores como la altitud, están relacionados de manera inversa con la diversidad (Lomolino, 2001). Asimismo, las distribuciones y dinámicas poblacionales pueden ser afectadas por las alteraciones hidrológicas y las temperaturas de agua más cálidas asociadas con el cambio climático proyectado (Anderson y Maldonado-Ocampo 2010). Las comunidades de peces son un indicador primario de la salud en integridad de los cuerpos de agua, de tal forma que la declinación en la calidad de las comunidades es un indicador de una influencia humana negativa para el sistema (Muller y Pyron, 2010).

A pesar de que no existen estudios sobre la ictiofauna de la microcuenca de la quebrada La Aurora, se han desarrollado otros trabajos en cuencas cercanas (Alvarado, Combeima, Coello), los cuales pueden brindar una visión a priori de las comunidades de peces de la quebrada La Aurora.

Herpetofauna

La herpetofauna es una agrupación artificial destinada a aquellos animales con hábitos de “arrastre”, allí encontramos tanto a los anfibios como los reptiles, y aunque no comparten un origen evolutivo, ni taxonómico, son de amplio interés investigativo debido a la semejanza en sus características ecológicas, comportamentales y requerimientos alimenticios (Vidal y Labra, 2008). Colombia se encuentra catalogado a nivel mundial, como el segundo país con la mayor diversidad de anfibios (849 spp.) y el tercero en reptiles (743 spp.) (SiB Colombia, 2020; Andrade, 2011), esto, gracias a la variedad de hábitats y ecosistemas existentes en el país, lo cual ha permitido el establecimiento de una amplia diversidad de herpetofauna a partir de la multivariiedad de hábitos comportamentales y reproductivos, característico en estos grupos (Vargas-Salinas, Muñoz-Ávila y Morales-Puentes, 2019).

Anfibios y reptiles, cumplen roles importantes en la naturaleza, contribuyendo al ciclaje de nutrientes, son controladores innatos de plagas como invertebrados y roedores, así como un elemento clave en la cadena trófica, sirviendo de alimento para otros vertebrados (Valencia-Aguilar et al., 2012). Recién se han venido evidenciando su

intervención en procesos ecológicos como la dispersión de semillas y la polinización, a partir de que existen organismos con hábitos herbívoros, o la tendencia ocasional de algunos lagartos por robar néctar de las flores (Lasso y Barrientos, 2015; Galindo y Hoyos, 2007).

Se ha llegado a considerar que, la presencia de determinadas especies de anfibios o reptiles en un ecosistema, son indicadores de la calidad del ambiente (Rueda-Almonacid et al., 2004), ya que, alteraciones como cambios en la acidez de los suelos, el vertimiento de productos químicos en el agua, la introducción de especies invasoras o el aumento a la exposición a la radiación solar, altera las dinámicas naturales, afectando los procesos biológicos de estos grupos (Baptiste et al., 2010; Lajmanovich et al., 2012; Tejedo y Marco, 2003), principalmente los anfibios, ya que la mayoría de ellos se encuentran estrechamente ligados al agua, donde llevan a cabo las primeras etapas de su desarrollo ontogénico, a través del proceso denominado metamorfosis (Andrade, 2011; Méndez-Narváez, 2014).

Al igual que el uso de agroquímicos o la afección, producto del hongo quitrido *Batrachochytrium dendrobatidis* (Louca, Lampo y Doebeli, 2014). Presentándose a su vez problemáticas culturales, de uso y creencias. Teniendo el tráfico de especies, para consumo, extracción y venta de individuos por mitos curativos o tráfico de mascotas, lo cual ha afectado enormemente las poblaciones de herpetos.

Son pocos los trabajos enfocados en conocer la diversidad de anfibios y reptiles en el Tolima, y el municipio de Ibagué (Bernal, 2002; Bernal, Páez, y Vejarano, 2005; Clavijo-Garzón et al., 2018; Luna-Mora, 2011; Llano-Mejía, Cortés-Gómez y Castro-Herrera, 2010). Este tipo de estudios contribuyen conocer la diversidad de la herpetofauna regional, permitiendo vislumbrar a su vez el estado de conservación de los bosques (Rueda-Almonacid et al., 2004).

Con la finalidad de contribuir a la generación de un corredor urbano y periurbano en el municipio de Ibagué, se llevó a cabo el muestreo de la herpetofauna asociada a la microcuenca de la quebrada la Aurora, buscando conocer el estado de las poblaciones de anfibios y reptiles y el grado de conservación de la localidad.

Avifauna

Las aves constituyen uno de los grupos taxonómicos con mayor diversidad de funciones ecológicas dentro de los ecosistemas (Bautista, 2013; Navarro et al., 2014). Siendo los países localizados en la región de América latina y el Caribe los que presentan mayor diversidad (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2013). Los cambios de uso de suelo y principalmente el grado de alteración de los hábitats en las quebradas o

rios se han presentado como las principales problemáticas que inciden en la disminución de las poblaciones de aves silvestres (Birdlife International, 2014).

De acuerdo a lo anterior, es importante desarrollar estudios de caracterización biológica en las quebradas, ya que estas áreas constituyen medios amortiguadores y conectores ecológicos entre espacios naturales, así como también ofrecen a los habitantes una serie de servicios eco-sistémicos (Arequipa y Ortega, 2018). Las quebradas se caracterizan por albergar relictos de vegetación natural original, existentes en los diferentes ecosistemas, lo cual ha producido que muchas especies de fauna nativa encuentren en estos espacios, áreas permanentes de residencia, especialmente en zonas en donde los disturbios antropogénicos se presentan de manera dominante (Arequipa y Ortega, 2018).

Mastofauna

Las consecuencias ecológicas de la fragmentación del hábitat se han revisado ampliamente y se sabe que conducen a la pérdida de especies, alterando la composición de la fauna y procesos ecológicos que desarrollan (Sahlean et al., 2020). Por lo tanto, la pérdida de hábitat son un desafío importante en la conservación de especies y el mantenimiento de la biodiversidad (Henle et al., 2004).

Los bosques tropicales, revisten gran interés, debido a la conversión constante de sus suelos; dejando paisajes compuestos por parches pequeños rodeados por una matriz heterogénea, obligando a las especies a persistir en áreas degradadas y a limitar la migración altitudinal y longitudinal (Fernández y Simonetti, 2013; Pirnat y Hladnik, 2016). En consecuencia, las especies que no pueden sobrevivir o adaptarse a estas condiciones pueden sufrir disminución en sus poblaciones hasta la extinción local (Tee et al., 2018).

Entre las especies más sensibles a la fragmentación del hábitat se han identificado a los mamíferos con grandes áreas de distribución y con requisitos de hábitat o alimentación especializados como los mesodepredadores o carnívoros (Sahlean et al., 2020). De igual forma, pequeños mamíferos presentan una baja capacidad de colonización y dispersión en ambientes transformados, lo que reduce su persistencia en bosques fragmentados (Pardini, 2004; Passamani y Fernandez, 2011). Por lo tanto, la persistencia de la mayoría de mamíferos en estos ambientes está asociada a la conectividad funcional del paisaje, proporcionada por componentes estructurales como franjas de bosque, corredores ribereños y arbolados (de Castro y Fernandez, 2004; Passamani y Ribeiro (2009).

Los corredores biológicos son componente importante de la estructura y función del paisaje, especialmente donde predominan las matrices menos permeables, al permitir que las especies se dispersen y colonicen, aumentando su población (Darveau et al., 2001; Sahlean et al., 2020). Los corredores se constituyen en una herramienta de

conservación imperiosa para diferentes taxones y en espacial para los mamíferos; ya que pueden ayudar a los organismos a rastrear las condiciones climáticas adecuadas y ampliar su rango geográfico, maximizando su persistencia y mejorando sus condiciones (Umetsu y Pardini, R. 2007; Ribeiro et al., 2009).

La mayor parte del paisaje de la ciudad de Ibagué, está compuesto por pequeños fragmentos de bosque inmersos en una matriz agrícola diversificada, con prioridades de conservación. Con el objetivo de garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los bosques de los cerros periurbanos de la ciudad de Ibagué, se caracterizó la mastofauna presente en el área de influencia de la microcuenca de la quebrada La Aurora, con el fin de conocer su diversidad, riqueza y estado de conservación, métricas que permitirán priorizar áreas de conservación y especies con alto interés.

Es de resaltar, que además de los muestreos estandarizados que se emplearon para caracterizar la mastofauna presente en la microcuenca de la quebrada La Aurora, se correlaciono información secundaria, que incluyó el POMCA del río Totare, el Plan de Manejo Ambiental efectuado en tres fincas de la vereda Ambalá y estudios adicionales realizados por la Universidad del Tolima, entre los que se destacan, Composición, Distribución Altitudinal y Estructura Trófica de la Fauna Chiroptera en la cuenca del Río Totare - Departamento del Tolima, 2008 (Gutiérrez-Díaz, 2008) y Composición y estructura de pequeños mamíferos no voladores en un gradiente altitudinal en la Reserva Forestal Protectora Bellavista del flanco oriental de la cordillera Central Colombiana (Rojas-Briñez, 2008). Estudios que nos permitieron corroborar que los bosques aledaños a la quebrada La Aurora permiten el desplazamiento de una alta diversidad de especies y se constituyen en elementos importantes de conservación.

	AC-TV03	1453	4°27'47.5"	75°14'13.1"
	AC-TV04	1517	4°27'52.6"	75°14'15.4"
E2 - Parte media (universidad Antonio Nariño)	E1UAN	1256	4°26'58.8"	75°13'59.82"
	E2UAN	1253	4°26'58.09"	75°13'58.19"
	E3UAN	1252	4°26'56.06"	75°13'57.61"
	UAN-TV01	1255	4°26'57.88"	75°13'59.40"
	UAN-TV02	1256	4°27'0.47"	75°13'59.68"
	UAN-TV03	1253	4°26'59.35"	75°13'58.22"
	UAN-TV04	1250	4°26'57.79"	75°13'56.36"
E3 - Viñas de Calambeo	E1VIÑA	1231	4°26'56.37"	75°13'50.54"
	E2VIÑA	1231	4°26'57.37"	75°13'48.71"
	E3VIÑA	1229	4°26'58.59"	75°13'48.90"
	VIÑA-TV01	1233	4°26'56.72"	75°13'51.59"
	VIÑA-TV02	1231	4°26'56.37"	75°13'50.00"
	VIÑA-TV03	1231	4°26'56.81"	75°13'49.29"
	VIÑA-TV04	1230	4°26'57.69"	75°13'48.83"
E4 - Desembocadura	E1SJ	1217	4°27'03.01"	75°13'20.92"
	E2SJ	1216	4°27'03.33"	75°13'24.45"
	E3SJ	1223	4°27'10.07"	75°13'16.40"
	SJ-TV01	1220	4°27'05.19"	75°13'24.56"
	SJ-TV02	1214	4°27'03.34"	75°13'25.71"
	SJ-TV03	1214	4°27'02.60"	75°13'23.78"
	SJ-TV04	1216	4°27'03.01"	75°13'22.72"

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Metodología de campo. Para la captura de ejemplares se utilizaron dos métodos de colecta, el primero con jama o red entomológica y el segundo con trampas Van Someren-Rydon según las especificaciones de Villarreal et al., (2006) y Andrade et al., (2013). En cada localidad se ubicaron cuatro trampas Van Someren-Rydon (Figura 16), durante dos días, abarcando el área de influencia de la quebrada La Aurora.

Estas trampas se instalaron espaciadas 50 metros una de la otra, a una distancia entre uno y tres metros por encima del suelo, dependiendo de la estructura de la vegetación y altura del dosel, utilizando como cebo atrayente fruta fermentada y pescado en descomposición, siendo revisadas cada tres horas (Andrade et al., 2013; Ospina, 2014; Peña y Reinoso, 2016).

Figura 16. Trampas Van Someren-Rydon instaladas en el área de influencia de la microcuenca La Aurora del municipio de Ibagué.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

En cuanto a la colecta con red entomológica, se realizaron capturas al azar en transectos de longitud no definida (tipo sendero), tomando como referencia tres lugares distintos con el fin de abarcar gran parte del área a estudiar (Figura 17). Estas dos actividades fueron realizadas desde las 07:00 hasta 19:00 horas por una sola persona, para un total de 24 horas/jama/hombre y 48 horas/trampa por muestreo en cada sitio visitado.

Figura 17. Captura de ejemplares con red entomológica sobre el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Los ejemplares colectados se sacrificaron por presión digital en el tórax y se almacenaron en sobres triangulares de papel milano, registrando los datos de captura como localidad, fecha, coordenadas, altura, hora, número de campo, número del lugar y método de colecta (Andrade et al., 2013). Para el transporte de los ejemplares se utilizó un recipiente de plástico hermético, cuyo interior contenía una base de silica gel, con el fin de evitar la

proliferación de hongos por exceso de humedad y otras plagas (Ospina, 2014; Peña, 2016).

Metodología de laboratorio. Los ejemplares fueron sometidos al procedimiento de cámara húmeda durante un periodo de 48 horas, para lo cual se dispuso de un recipiente hermético cuya base contenía un paño absorbente humedecido con alcohol al 70%, esto con el fin de lograr el ablandamiento corporal, para su manipulación y montaje (Andrade et al., 2013). Una vez los ejemplares salieron de cámara húmeda, se les realizó un pinchazo en el tórax con alfileres entomológicos dependiendo de su tamaño y se realizó la extensión alar en láminas de poliestireno (icopor), permaneciendo allí aproximadamente ocho días, permitiendo un secado completo de los ejemplares (Ospina, 2014).

Para la determinación de los ejemplares se utilizaron las claves, ilustraciones y descripciones de Andrade (1990), D'Abrera, (1982, 1984, 1987a, 1987b, 1989, 1994, 1995), De Vries, (1987), Ehrlich y Ehrlich (1961), Fox y Real (1971), García et al., (2002), Le Crom et al., (2002, 2004), Neild (1996), Willmott (2003). Adicionalmente, se utilizó la base de datos con galería fotográfica Butterflies of America (Warren et al., 2016). Una vez determinados, los ejemplares se ingresaron con todo el protocolo pertinente a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección Lepidópteros (CZUT-LEP).

Análisis de datos.

- **Representatividad del muestreo.** Se realizaron curvas de acumulación de especies utilizando el programa estadístico Estimate S versión 9.1.0 (Colwell, 2019), por medio de los estimadores no paramétricos Chao1 y ACE, los cuales se basan en abundancias, obteniendo de esta manera la estimación de la riqueza esperada y los porcentajes de representatividad del muestro (Villarreal et al., 2006).
- **Diversidad alfa y beta.** Por medio del programa Paleontological Statistics software package (PAST) versión 4.06 (Hammer, 2021) y con el fin de medir la riqueza del muestreo se calculó el índice de Margalef, el cual transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Moreno, 2001).

Así mismo, se calculó el índice de Shannon-Wiener y el índice de dominancia de Simpson, el primero indica qué tan uniformes están representadas las especies teniendo en cuenta todas las especies muestreadas, mientras que el segundo refleja el grado de dominancia en una comunidad, es decir muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie (Moreno, 2001; Villarreal et al., 2006). Adicionalmente, con el propósito de establecer posibles similitudes entre los sitios de muestreo, se calculó el índice de Bray-Curtis (Magurran, 1988), utilizando una matriz de abundancias para cada sitio de muestreo y el programa PAST

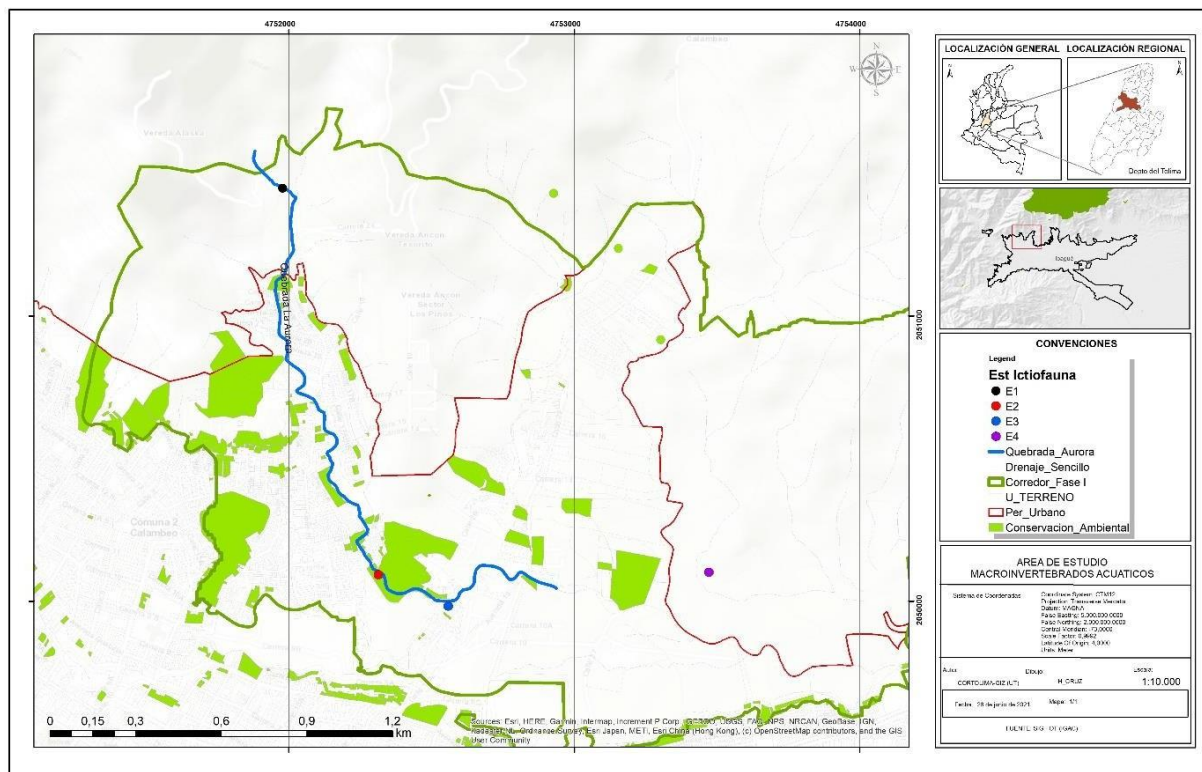
versión 4.06 (Hammer, 2021).

- **Información secundaria.** Se realizó la búsqueda de información en bases de datos científicas, abarcando estudios técnicos, artículos científicos, revistas y libros, con el fin de compilar información de la fauna de lepidópteros diurnos que potencialmente pueda estar en el área de estudio, haciendo énfasis en el municipio de Ibagué, además como lo menciona Camero y Calderón (2007) la composición y estructura de las comunidades en un ecosistema presenta variaciones a lo largo de gradientes altitudinales, por lo tanto se tuvo en cuenta el gradiente altitudinal de la zona de estudio que se encuentra entre los 1200 y 1500 m.s.n.m.

Macroinvertebrados acuáticos

Área de estudio. A lo largo de la microcuenca de la quebrada La Aurora, se escogieron cuatro puntos de muestreo los cuales fueron: E1-Cabecera, E2-Parte media (universidad Antonio Nariño), E3-Viñas de Calambeo y E4-Desembocadura, en cada una de las estaciones se evaluaron diferentes sustratos dependiendo de su disponibilidad, roca, grava, arena y hojarasca (Figura 18).

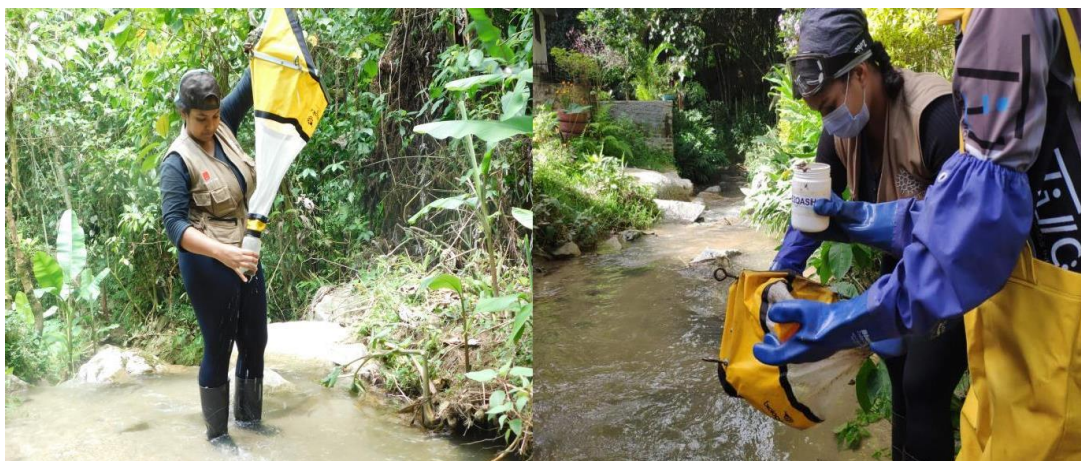
Figura 18. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Metodología de campo. La colecta del material biológico se realizó usando una red surber en cuatro sustratos (roca, grava, arena y hojarasca) (Figura 19) siguiendo la metodología propuesta por Wantzen y Rueda (2009). El material se almacenó en frascos plásticos debidamente rotulados y se fijaron con alcohol al 96% para su limpieza y determinación en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima.

Figura 19. Métodos de colecta de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Metodología de laboratorio. En el Laboratorio de Investigación en Zoología, se realizó la limpieza, separación y determinación de los organismos hasta el mínimo nivel taxonómico posible, usando un estereomicroscopio Motic SMZ-168 (10X) y empleando las claves taxonómicas de Posada y Roldán (2003), Merritt et al. (2008), Domínguez y Fernández (2009), Bouchard (2009), Gutiérrez y Dias (2015) y Hamada, Thorp y Covich (2018). Por último, los organismos fueron almacenados en alcohol al 70%, e ingresados a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección macroinvertebrados acuáticos (CZUT-Ma).

Análisis de datos. Para evaluar la composición y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados en la zona de estudio, se realizaron los siguientes análisis:

- **Representatividad del muestreo.** Se realizó una curva de acumulación de especies, en este caso en específico se usaron los géneros, con el fin de establecer representatividad del muestreo realizado y la proporción de organismos registrados, se emplearon los estimadores Chao 1, ACE, todo esto se realizó en el programa estadístico EstimateS.

- **Abundancia relativa.** Se determinó la abundancia relativa a partir del número de individuos colectados de cada una de las familias y su relación con el número total de individuos de la muestra. Se calculó con el objetivo de poder determinar la importancia y proporción en la que se encuentra cada uno de los taxones con respecto a la comunidad en el cuerpo de agua.

$$AR = \left(\frac{\# \text{ individuos de cada especie en la muestra}}{\# \text{ individuos total de la muestra}} \right) \times 100$$

- **Diversidad.** Para determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, se utilizó los índices de equidad de Shannon-Wiener, riqueza de Margalef y dominancia de Simpson. Adicionalmente, se calculó el índice de similitud de Bray-Curtis el cual hace parte de la diversidad Beta (β), para identificar el grado de similitud entre las zonas por el ensamblaje de especies presentes en ellas (Magurran, 2004). Para el cálculo de los índices se utilizó el paquete estadístico PastProgram® (Hammer et al., 2001).
- **Índice de Calidad Ambiental.** Este índice permite identificar la calidad del agua del ecosistema evaluado, en este caso se aplicó el índice de bioindicación BMWP/Col (Roldan y Ramírez, 2008).
- **Información secundaria.** Esta búsqueda se realizó en bases de datos académicas, informes técnicos, revistas científicas, dónde se buscó información relacionada con la comunidad de macroinvertebrados acuáticos que estuviera disponible para esta microcuenca o cuencas cercanas.

Ictiofauna

Área de estudio. Se establecieron cuatro estaciones de muestreo en la microcuenca de la quebrada La Aurora, las cuales se describen a continuación:

Estación 1 (E1-cabecera): se ubica en la parte alta de la quebrada La Aurora, vereda Ancón-Tesorito, a 1418 m de elevación (m.s.n.m.), presenta una temperatura del agua de 15.6 °C; el fondo es una combinación de arena y roca, su cauce está cubierto parcialmente por vegetación ribereña arbustiva y arbórea. Presenta una profundidad promedio de 0.13 m, con un ancho del cauce de 2.46 m, la velocidad media del agua es de 0.28 m/s y el caudal calculado es de 8.99 m³/s. En este sector la quebrada es aprovechada como acueducto (Acuapaz) (Figuras 20 y 21, Tabla 9).

Estación 2 (E2-parte media Universidad Antonio Nariño): se ubica en inmediaciones del campus de la Universidad Antonio Nariño, a 1275 m de elevación (m.s.n.m.). Presenta una temperatura de 17.7°C, su fondo es de arena y roca, los márgenes están cubiertos parcialmente por vegetación ribereña arbustiva y arbórea. Presenta una profundidad promedio de 0.33 m, con un ancho del cauce de 2.1 m, la velocidad media

Estación 3 (E3-Viñas de Calambeo): se ubica en el barrio Viñas de Calambeo, a una altura de 1254 m de elevación (m.s.n.m.), con una temperatura del agua de 23.1°C; el fondo es de grava, roca y arena, su cauce se encuentra parcialmente cubierto por vegetación ribereña, principalmente arbórea. Presenta una profundidad promedio de 0.15 m, con un ancho del cauce de 5.5 m, la velocidad media del agua es de 0.71 m/s y el caudal estimado de 59.59 m³/s (Figuras 20 y 21, Tabla 9).

Figura 20. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de la ictiofauna.

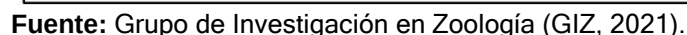


Figura 21. Estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

E1-cabecera

E2-parte media

E3-Viñas de Calambeo E4-desembocadura



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Tabla 9. Variables físicas de las estaciones de muestreo establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Estaciones	Coordenadas		Temp. agua (°C)	Ancho cauce (m)	Prof. prom. (m)	Velocidad (m/s)	Caudal (m³/s)
	N	W					
E1-Cabecera	4°27'44"	75°14'9.5"	15.6	2.46	0.13	0.28	8.99
E2-Parte media (Universidad Antonio Nariño)	4°26'58.8"	75°13'59.82"	17.7	2.1	0.33	0.19	13.40
E3-Viñas de Calambeo	4°27'0.18"	75°13'58.33"	23.1	5.5	0.15	0.71	59.59
E4-Desembocadura	4°27'03.01"	75°13'20.92"	19	5	0.17	0.85	74.41

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Metodología de campo. El muestreo se realizó empleando un equipo de electropesca, la cual es un tipo de pesca ventajoso debido a que no es selectivo y es más eficiente en las capturas por unidad de esfuerzo (Gowns et al., 1996) (Figura 22). Esta metodología consiste en una corriente que fluye entre dos electrodos opuestos en el agua y que al tener contacto con los peces les produce un estado de electrotaxis (natación de forma obligada), electrotetania y electronarcosis (Lobón-Cerviá, 1996), lo que facilita su captura.

Figura 22. Métodos de campo utilizados en las diferentes estaciones de la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

En campo, una vez colectados los peces, a algunos ejemplares se les tomaron muestras de tejidos de músculo y aletas, las cuales fueron depositadas en tubos ependorff, posteriormente, fueron catalogados y etiquetados para su ingreso a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima sección tejidos. Una vez tomadas las muestras de tejidos, los ejemplares se sumergieron en una solución de formol al 10% (UFR, 2013), con el fin de evitar la descomposición de tejidos. Las muestras fueron depositadas en bolsas plásticas de sello hermético con la correspondiente etiqueta de campo y se transportaron hasta las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima.

Metodología de laboratorio. Una vez en el laboratorio, los peces se lavaron, se separaron por morfotipos y se pasaron a alcohol al 70% para su conservación. Los ejemplares fueron determinados taxonómicamente siguiendo las claves y descripciones propuestas por García-Melo (2005), Maldonado-Ocampo et al. (2005) y Albornoz et al. (2018); posteriormente, fueron catalogados y etiquetados para su ingreso a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección Ictiología (CZUT-IC), Registro de Colección N° 156, otorgado por el Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt (IAvH).

Análisis de datos.

- **Representatividad del muestreo.** La representatividad del muestreo fue evaluada estimando el número de especies esperadas por medio de la curva de acumulación de especies, empleando los estimadores Chao 1, ACE y Cole mediante el programa EstimateS 9.0 (Colwell, 2013).

- **Abundancia relativa AR (%).** se determinó a partir del número de individuos totales, de cada especie, colectados en campo y su relación con el número total de individuos de la muestra. Este parámetro fue calculado con el fin de establecer la importancia y proporción en la cual se encuentra cada una de las especies con respecto a la comunidad, en las distintas estaciones de muestreo y cuerpos de agua, mediante la fórmula:

$$AR = (n_i / N) \times 100$$

Dónde,

AR= Abundancia relativa de la especie 1.

n_i = número de individuos capturados u observados de la especie.

N= número total de individuos capturados u observados.

- **Índices de riqueza y diversidad.** Para evaluar la riqueza y diversidad de la ictiofauna, se calcularon los índices de riqueza de Margalef (D), diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de especies de Simpson (λ) (Ramírez, 1999) y diversidad beta (índice de Bray Curtis) mediante el paquete estadístico PastProgram 2.08 ® (Hammer y Harper, 2001).

Índice de Riqueza de Margalef (D). Se halló mediante la siguiente fórmula:

$$D = S - 1 / \ln(N)$$

Donde,

D= índice de riqueza.

S= número de especies.

N= tamaño de la muestra.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). Se halló mediante la siguiente fórmula:

$$H' = \sum (p_i \ln p_i)$$

Donde,

$P_i = n_i / N$.

n_i = número de individuos de la especie i .

N= número total de individuos en la muestra.

Índice de Simpson. Se halló mediante la siguiente fórmula:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde,

P_i = es el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

- **Diversidad Beta (β).** La diversidad beta fue evaluada con el índice de Bray-Curtis. Este índice es una medida de similitud que hace énfasis en la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios muestreados (Pielou, 1984) y se formula con el siguiente algoritmo:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^S (X_{ij} - X_{ik})}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{ik})}$$

Dónde,

B= medida de Bray-Curtis entre las muestras j y k ,

X_{ij} = número de individuos de la especie i en la muestra j ,

X_{ik} = número de individuos de la especie i en la muestra k y,

S= número de especies.

Los valores de esta medida de disimilitud oscilan de cero a uno y puede ser transformada como una medida de similitud, utilizando el complemento de Bray-Curtis ($1-\beta$).

- **Importancia de las especies.** Con la información disponible para Colombia, se realizó una revisión de literatura (Lasso et al., 2011; Mojica et al., 2012; Zapata y Usma, 2013), para determinar si las especies registradas son ornamentales, de consumo, migratorias, endémicas y bajo qué grado de amenaza se encuentran.
- **Información secundaria.** Adicional a la salida de campo realizada y con el fin de generar una información más detallada de la quebrada La Aurora, se realizó la revisión de tesis y bases de datos disponibles en línea, para complementar la composición de la comunidad íctica presente en el área de estudio.

Herpetofauna

Área de estudio. El muestreo fue realizado en el municipio de Ibagué, en cuatro localidades previamente establecidas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora, E1-cabecera, E2-parte media (universidad Antonio Nariño), E3-Viñas de Calambeo y E4-desembocadura; ubicadas en un rango altitudinal entre los 1200 m.s.n.m. a 1400 m.s.n.m. (Figuras 23 y 24); las cuales corresponden a Bosque premontano y montano bajo según Holdridge (1967), cada una con un grado de conservación, cobertura vegetal e intervención antrópica distinta.

E1-cabecera: se describe como un ambiente semiconservado, donde se establece la planta de tratamiento de aguas del barrio la Paz, consta de un bosque secundario al parecer continuo, de amplia extensión hacia los cerros (Figuras 23 y 24).

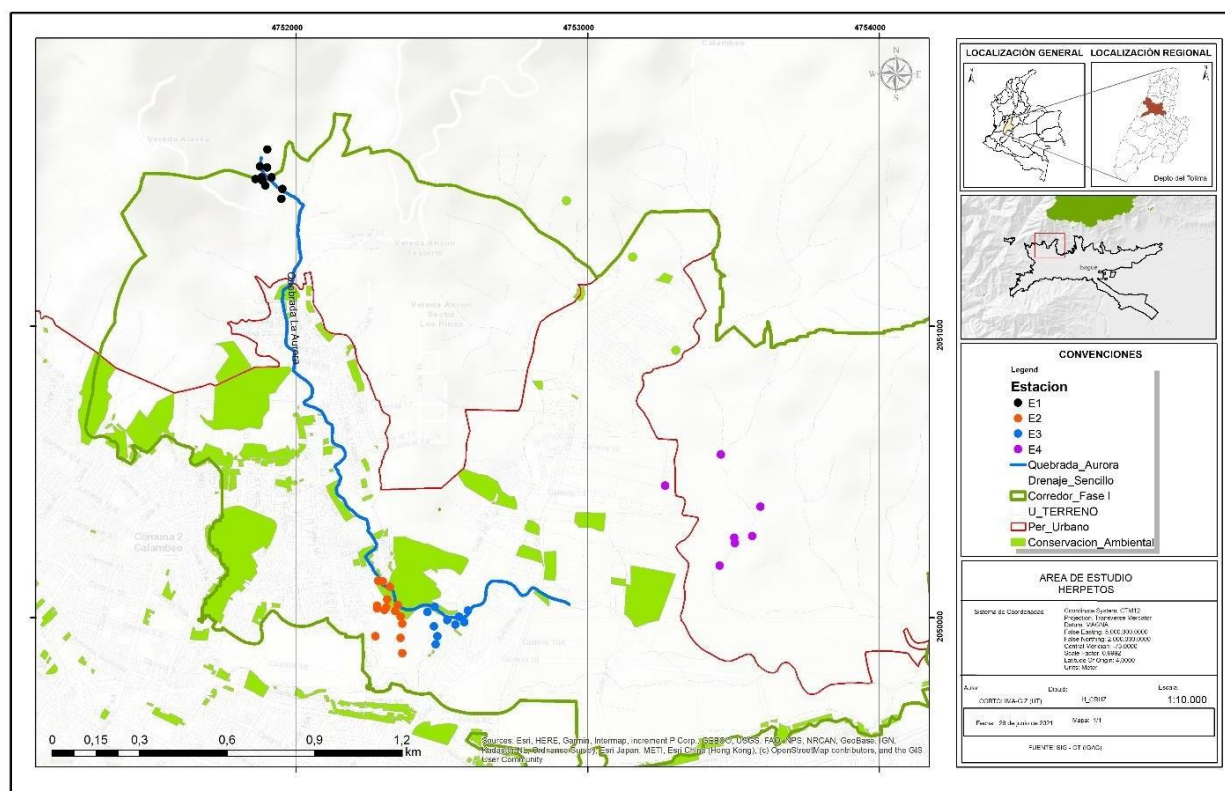
E2-parte media: fragmento de bosque secundario con intervención antrópica evidente, contiguo a viviendas, presencia de basuras y afecciones ambientales como, desagües o especies invasoras como mata Andrea y caracol africano; la mayoría de su extensión

consta de guaduales, plantaciones de caña brava y pastizales arbolados (Figuras 23 y 24).

E3-Viñas de Calambeo: fragmento reducido de vegetación secundaria con amplia extensión de plantaciones de caña brava y guadua, ubicado entre barrio residencial, contiguo a viviendas, presencia de basuras y desagües (Figuras 23 y 24).

E4-Desembocadura: área de amplia extensión, conectada con sectores de reciente urbanización, cultivos agrícolas, en su mayoría girasol y la reserva Jardín Botánico San Jorge con una extensión media de 70 ha de bosque secundario conservado (Figuras 23 y 24).

Figura 23. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de herpetofauna



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Figura 24. Estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de herpetofauna.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Metodología de campo. El muestreo en campo se realizó mediante la técnica de búsqueda libre, sin restricciones, por encuentro casual y auditivo (Angulo et al., 2006), evaluando áreas cercanas a cuerpos de agua, o microhábitats propicios para anfibios o reptiles, como troncos, rocas, hojarasca, entre otros (Heyer et al., 1994).

El muestreo tuvo una periodicidad alternada en los distintos momentos del día, en horas de la mañana, entre las 6:00 a las 10:00, con el fin de detectar aquellas especies de hábitos diurnos como los pertenecientes a la familia Dendrobatidae y aquellos reptiles, principalmente lagartos, que se exhiben y termorregulan; y, en la tarde-noche entre las 16:00 y las 21:00, para organismos que demuestran una mayor actividad nocturna y crepuscular, como serpientes y anuros (Angulo et al., 2006), para un esfuerzo de muestreo promedio de 9 horas/día/hombre (Figura 25).

Los animales colectados fueron transportados en bolsas plásticas para su manejo y determinación. Se realizó el registro fotográfico respectivo, georreferenciación y anotaciones correspondientes a su coloración en vida, características morfológicas y morfométricas, así como aspectos comportamentales, climáticos y ecológicos al

momento de la captura, con la finalidad contribuir a su determinación y confirmación taxonómica buscando llegar hasta la mínima categoría posible (Angulo et al., 2006) (Figura 24). A aquellos organismos que se encontraron vocalizando, se grabó el canto empleando una grabadora digital Tascam DR-40, con el fin de nutrir las bases de cantos.

Los individuos seleccionados fueron sacrificados mediante técnica de punción cardiaca con Roxicaina al 2% para reptiles y animales de tamaño considerable. En el caso de los anfibios, dada su capacidad de respiración cutánea, el sacrificio se realizó empleando Garhocaina Benzocaina al 20%, hasta evidenciar inmovilidad y disminución total de pulsaciones. Se tomaron muestras de tejido muscular, cardiaco o hepático, destinado a futuras investigaciones moleculares. Los organismos sacrificados fueron dispuestos en bandejas plásticas con papel filtro y absorbente impregnados con formol al 10%, acomodando los especímenes en la mejor posición natural con el fin de evaluar sus caracteres morfológicos apropiadamente (Heyer et al., 1994; Angulo et al., 2006).

Figura 25. Metodología de campo para la herpetofauna en estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Metodología de laboratorio. Los individuos colectados fueron transportados al Laboratorio del Grupo de investigación en Zoología (GIZ) de la Universidad del Tolima, mantenidos en formol al 10% hasta pasado los tiempos de fijación (15 días reptiles, cinco-diez días anfibios), tras lo cual se eliminó el fijador, con base en el protocolo modificado de McDiarmid (1994) a través de lavados de disolución de alcohol y almacenados en frascos de vidrio con alcohol al 70%.

Para la confirmación taxonómica de cada uno de los organismos, se emplearon descripciones, claves dicotómicas y/o publicaciones, así como la comparación diagnóstica de los individuos colectados confrontados con especímenes dispuestos en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección Anfibios y Reptiles (CZUT-A; CZUT-R), para posteriormente ser ingresados en la misma (Heyer et al., 1994; Angulo

et al., 2006).

Análisis de datos.

- **Representatividad del muestreo.** Se elaboró una curva de acumulación de especies usando el programa estadístico EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013). Calculando los valores de los estimadores de riqueza basados en la abundancia, ACE y Chao1 (Moreno, 2001), empleándose 100 aleatorizaciones en todos los cálculos. Se graficaron los valores de los estimadores en el programa Microsoft Office Excel 2019®, en las que se incluyeron las curvas de especies raras: Singletons (especies con un solo individuo) y Dobletons (especies con dos individuos).

- **Abundancia.** Se calculó la abundancia relativa (%) de las especies de herpetofauna encontrada, empleando la fórmula:

$$AR\% = (n_i/N) \times 100$$

Dónde,

AR= Abundancia relativa;

n_i = Número de individuos capturados u observados;

N= Número total de X capturados u observados.

- **Diversidad Alfa y Beta.** Para determinar la diversidad alfa se hallaron los índices de Shannon-Wiener, Margalef y dominancia, los cuales relacionan el número de especies de acuerdo con el número total de individuos.

Para hallar la diversidad beta, se usó el índice de similitud de Bray-Curtis, con un coeficiente de grupos pareados, con el fin de determinar el grado de similitud entre las diferentes estaciones de muestreo. Esto por medio de del paquete de análisis estadístico PastProgram® (Hammer et al., 2001).

- **Categorías Ecológicas.** Para la obtención de la información sobre el estado actual de amenaza de las distintas especies, se utilizaron los datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), así como registros y/o publicaciones para establecer el grado de endemismo de las especies.

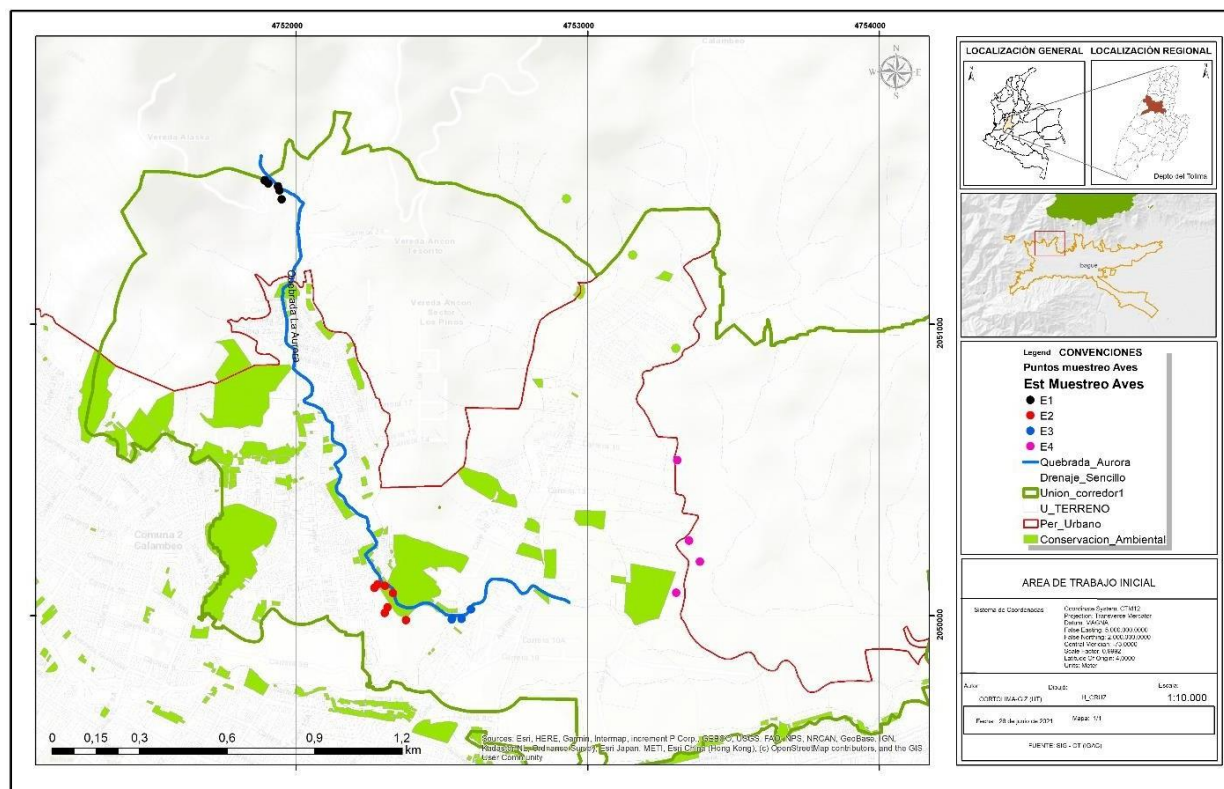
- **Búsqueda de información secundaria.** Se realizó la recopilación de información secundaria con la finalidad de conocer las especies de anfibios y reptiles potenciales para el área de estudio, a partir de artículos científicos, bases de datos de colecciones y registros técnicos realizados sobre el área de estudio vinculado con el rango altitudinal de la microcuenca de la quebrada la Aurora.

Avifauna

Área de estudio.

Fueron establecidas cuatro estaciones de muestreo (Figura 26, Tabla 10) en un buffer de 300 m alrededor de la quebrada La Aurora, las cuales se encontraron dentro de una franja altitudinal entre los 1200 y 1500 m.s.n.m.

Figura 26. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de avifauna.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Tabla 10. Estaciones de muestreo y puntos de georreferenciación (redes de niebla y puntos de conteos de aves) en la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Localidad	Tipo de Punto	Nº	Código	N	W
E1-Cabecera	Punto conteo	2	E1_Cab_PC2	4°27'45.42"	-75°14'12.27"
E1-Cabecera	Punto conteo	3	E1_Cab_PC3	4°27'44.32"	-75°14'10.64"
E1-Cabecera	Punto conteo	1	E1_Cab_PC1	4°27'44.80"	-75°14'10.79"
E1-Cabecera	Red	2	E1_Cab_RN2	4°27'43.32"	-75°14'10.39"
E1-Cabecera	Red	1	E1_Cab_RN1	4°27'45.08"	-75°14'11.88"
E1-Cabecera	Red	3	E1_Cab_RN3	4°27'45.48"	75°14'12.24"

E2-Parte media	Punto conteo	4	E2_UAN_PC4	4°26'56.38"	-75°13'56.85"
E2-Parte media	Punto conteo	2	E2_UAN_PC2	4°26'57.79"	-75°13'58.45"
E2-Parte media	Punto conteo	1	E2_UAN_PC1	4°26'59.98"	-75°13'59.93"
E2-Parte media	Punto conteo	3	E2_UAN_PC3	4°26'59.41"	-75°13'57.85"
E2-Parte media	Red	3	E2_UAN_RN3	4°26'57.16"	-75°13'58.76"
E2-Parte media	Red	1	E2_UAN_RN1	4°27'0.19"	-75°13'58.75"
E2-Parte media	Red	2	E2_UAN_RN2	4°27'0.36"	-75°13'59.57"
E3-Viñas de calambeo	Punto conteo	2	E3_VC_PC2	4°26'56.53"	-75°13'50.22"
E3-Viñas de calambeo	Punto conteo	1	E3_VC_PC1	4°26'56.57"	-75°13'51.26"
E3-Viñas de calambeo	Punto conteo	3	E3_VC_PC3	4°26'57.60"	-75°13'49.16"
E3-Viñas de calambeo	Red	1	E3_VC_RN1	4°26'56.47"	-75°13'51.30"
E3-Viñas de calambeo	Red	2	E3_VC_RN2	4°26'56.53"	-75°13'50.22"
E3-Viñas de calambeo	Red	3	E3_VC_RN3	4°26'57.60"	-75°13'49.16"
E4-Desembocadura	Punto conteo	1	E4_Des_PC1	4°26'59.53"	-75°13'26.33"
E4-Desembocadura	Punto conteo	3	E4_Des_PC3	4°27'14.33"	-75°13'26.25"
E4-Desembocadura	Punto conteo	2	E4_Des_PC2	4°27'5.34"	-75°13'24.92"
E4-Desembocadura	Red	3	E4_Des_RN3	4°27'14.33"	-75°13'26.25"
E4-Desembocadura	Red	2	E4_Des_RN2	4°27'5.34"	-75°13'24.92"
E4-Desembocadura	Red	1	E4_Des_RN1	4°27'3.00"	-75°13'23.69"

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Metodología de Campo. Para la determinación de la composición taxonómica de la avifauna se realizaron muestreos mediante el uso de redes de niebla, la observación por puntos de conteo y las observaciones libres (Ralph et al., 1993; Ralph, et al., 1996), con el objetivo de abarcar una mayor área circundante a la quebrada.

Redes de niebla. En zonas de interés se extendieron tres redes de niebla de 2.5 m de alto x 12 m de largo y 36 mm de malla, según el procedimiento descrito por Ralph et al. (1996). La instalación de las redes se realizó poco antes de iniciar el muestreo (Wunderle, 1994) y se abrieron en los 15 minutos siguientes al amanecer. La revisión se llevó a cabo en intervalos de 30 minutos (Figura 27). Las redes se abrieron durante jornada continua en horario de 07:00 - 17:00.

Figura 27. Instalación de redes de niebla en las diferentes zonas de muestreo de la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Convenciones: a, b) E1-cabecera, c, d) E2-parte media, e, f) E3-Viñas de Calambeo, g, h) E4-desembocadura.

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

La extracción de las aves capturadas, se realizó mediante el método de sujeción del cuerpo y la técnica de patas primero, descritas por Ralph et al. (1993) y Ralph et al. (1996). A cada una de las aves capturadas se le tomaron los datos relacionados con su edad, condición física, estado reproductivo y medidas morfométricas. Toda la información se registró en formatos de campo siguiendo las recomendaciones de la North American Banding Council (NABC) (2003) y Ralph et al. (2008). Una vez procesadas, las aves fueron liberadas, no obstante, algunos individuos fueron colectados, preparados e ingresados a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT-OR) (Figura 28).

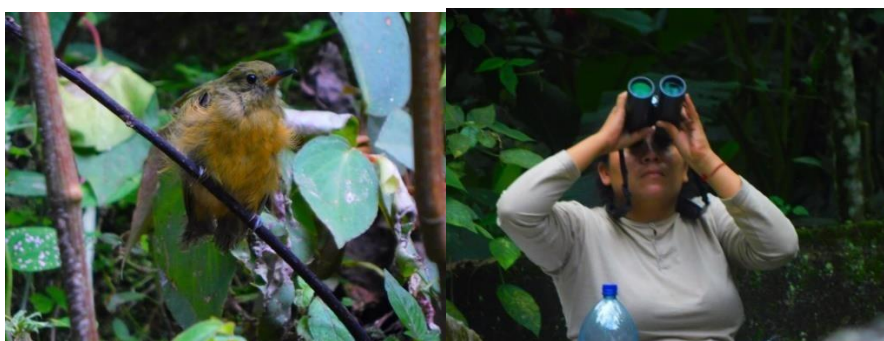
Figura 28. Extracción de individuos de redes, medición y toma de datos de individuos en las diferentes zonas de muestreo de la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Conteo por puntos. Mediante el uso de binoculares, se contaron, identificaron y registraron las aves detectadas desde un sitio definido o “punto de conteo”. Cada punto abarcó una superficie circular de 50 m de radio y dentro de él se contaron todas las aves avistadas y escuchadas a lo largo de diez minutos, anotándolas en el orden en que fueron detectadas, junto con los datos correspondientes a localidad-número del punto, fecha, hora, coordenadas, nombre de la especie, número de individuos (Modificado de Ralph et al., 1996) (Figura 29).

Figura 29. Puntos de conteo y avistamientos aleatorios en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Una vez pasado el tiempo, se realizó un nuevo muestreo en el punto de conteo consecutivo-procurando causar el mínimo de perturbación a las aves e iniciando el conteo desde la llegada al lugar. Con el fin de evitar contar a un mismo individuo en

puntos de conteo diferentes, estos estuvieron separados entre sí a una distancia aproximada de 100 m (Ralph et al., 1996).

Además, con el fin de complementar el inventario de la avifauna presente en el área de estudio, se implementó la metodología de “Observaciones Libres” mediante la cual se registrarán los individuos observados o escuchados fuera de los puntos de conteo establecidos.

Determinación taxonómica. Para la determinación hasta el nivel de especie de los individuos capturados en campo y los observados en los puntos de conteo, se emplearon las guías de Hilty y Brown (2001) y Ayerbe (2018). El listado general de las aves siguió la nomenclatura y orden taxonómico sugerido por Remsen et al. (2021).

Metodología de laboratorio

Colección de referencia (CZUT-OR). Los individuos colectados fueron preparados como pieles redondas acorde a la metodología convencional de las colecciones científicas propuesta por (Villareal et al. 2004). A cada uno de los individuos se le registró la información correspondiente a su peso, sexo, tamaño/desarrollo gonadal, coloración de las gónadas, cantidad de grasa subcutánea, estado de la osificación del cráneo, número de colector, número de catálogo y comentarios (Figura 30).

Figura 30. Preparación de pieles en el laboratorio e ingreso de pieles a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Análisis de datos

- **Revisión de información secundaria.** Se realizó la búsqueda de información secundaria en diferentes libros, artículos y plataformas (ScienceDirect, SPRINGER, Jstor) teniendo en cuenta la altura, zona de vida y ubicación geográfica cerca de las zonas de interés.
- **Representatividad del muestreo.** Se utilizó el programa estadístico EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2009) con el fin de calcular la representatividad del muestreo por estación empleando los estimadores no paramétricos basados en la abundancia ACE y

Chao1 (Moreno, 2001) y se graficaron los valores de los estimadores haciendo uso del programa Microsoft Office Excel 2013®.

- **Diversidad.** Para la diversidad alfa en cada una de las estaciones de interés se calcularon los índices de riqueza de Margalef (Dmg), equitatividad de Shannon (H') y Dominancia (D) por estación. Para evaluar la diversidad beta, se empleó el índice de similitud de Bray-Curtis basado en las abundancias de las especies por cada localidad o punto de interés. Estas pruebas se realizaron empleando el software PAST 3.0 (Hammer et al., 2001).

A cada uno de los registros de aves obtenidos mediante las metodologías empleadas, se les consigno la información correspondiente a la categoría de amenaza (Renjifo et al., 2002; Renjifo et al., 2014), el apéndice CITES (Roda et al., 2003), su carácter endémico (Chaparro-Herrera et al., 2013) migratorio o residente (Naranjo y Espinel, 2009; Naranjo et al., 2012, Avendaño, 2017) y la categoría ecológica. Este último criterio se asignó siguiendo las recomendaciones de Stiles y Bohorques (2000).

I. Especies de bosque

- a. Especies restringidas al bosque primario o poco alterado: detectadas principal o exclusivamente en el interior o dosel de estos bosques, con frecuencias mucho más bajas en los bordes o en bosques secundarios adyacentes a los bosques primarios.
- b. Especies no restringidas al bosque primario o poco alterado: detectadas más frecuentemente en este hábitat, pero también regularmente en los bordes, bosques secundarios, u otros hábitats arbolados cerca del bosque primario.

II. Especies de bosque secundario o bordes de bosque, o de amplia tolerancia.

Encontradas con mayor frecuencia en los bordes y bosques secundarios, pero también a veces en el bosque primario y rastrojo, hasta en potreros arbolados: su requisito principal es la presencia de árboles y en algunos casos, la sombra debajo de ellos, más no un tipo de bosque específico.

III. Especies de áreas abiertas.

Encontradas principal o exclusivamente en áreas con poco o ninguna cobertura arbórea como potreros o rastrojos; en potreros o matorrales arbolados se asocian con la vegetación baja más que con los árboles; pueden encontrarse en los bordes de los bosques, pero no bosque adentro.

IV. Especies acuáticas

- a. Especies asociadas a cuerpos de agua sombreadas o con la vegetación densa al borde del agua, evitando áreas abiertas o soleadas: quebradas o áreas pantanosas dentro de los bosques primarios o secundarios.

b. Especies asociadas a cuerpos de agua sin sombra, orillas abiertas o con vegetación baja, o aparentemente indiferentes a la presencia de árboles excepto para perchas.

V. Especies aéreas.

Generalmente encontradas sobrevolando varios hábitats terrestres:

a. Especies que requieren por lo menos parches de bosque, por ejemplo, para anidación, pero sobrevuelan una amplia gama de hábitats.

b. Especies indiferentes a la presencia de bosque, o que prefieren áreas más abiertas.

Mastofauna

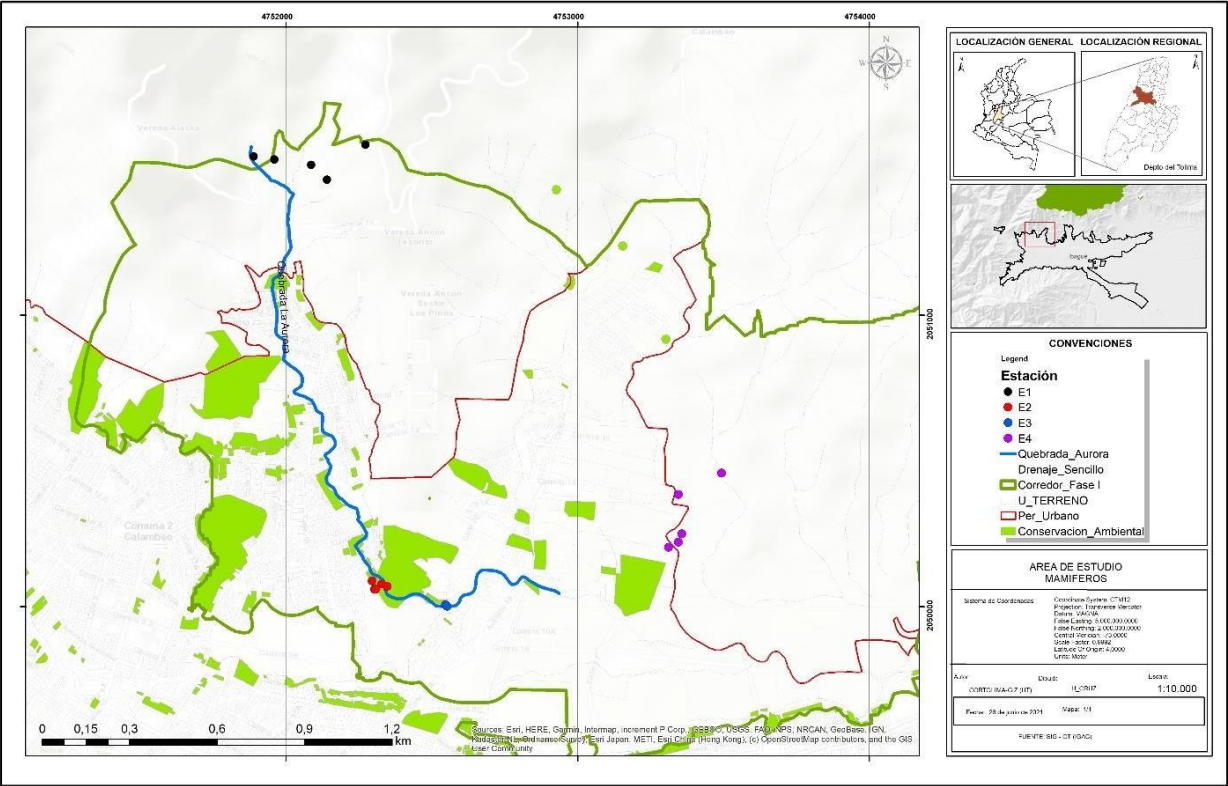
Área de estudio.

La ciudad de Ibagué, presenta importantes relictos de bosques en la zona periurbano y urbana, ubicados en el flanco oriental de la cordillera Central, en un paisaje de montaña con altas pendientes y gran riqueza hídrica, donde nacen importantes fuentes hídricas como Ancón-La Aurora, el río Chipalo, quebrada Cristales, Calambeo, Ambalá, San Antonio y Las Panelas; fuentes abastecedoras de acueductos urbanos y rurales (CORTOLIMA, 2008; 2009).

Los suelos presentan una textura franco-arenosa, lo que permite el crecimiento y establecimiento de bosques y agrícola, siendo este un reglón importante en la economía del área de estudio, pero a su vez un factor de años de presión sobre los recursos naturales modificando la estructura original de los bosques y reduciendo su cobertura original (CORTOLIMA, 2009).

Las áreas de muestreo de la mastofauna se establecieron para complementar los datos registrados en la información secundaria, enriqueciendo los criterios que permitan definir el posible polígono para el diseño del corredor biológico de las áreas periféricas y urbanas de la ciudad de Ibagué. Por lo tanto, se seleccionaron las áreas más representativas de la microcuenca de la quebrada La Aurora (Figura 31, Tabla 11).

Figura 31. Área de estudio de las estaciones establecidas en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el monitoreo de mastofauna.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Tabla 11. Puntos de muestreo para la evaluación de la mastofauna presente en la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Localidad		Método de Muestreo	N	W
E1	Cabecera	Redes de Niebla	4°27'47.1"	75°14'12.4"
			4°27'44.54"	75°14'4.24"
		Cámaras trampa y búsqueda de rastros	4°27'48.45"	75°13'59.95"
			4°27'46.17"	75°14'5.99"
E2	Parte media Universidad Antonio Nariño	Redes de Niebla	4°26'58.81"	75°13'58.79"
			4°26'59.74"	75°13'59.07"
		Cámaras trampa y búsqueda de rastros	4°26'59.4.0"	75°13'58"
			4°26'58.81"	75°13'58.65"
E3	Viñas de Calambeo	Redes de Niebla	4°26'59.15"	75°13'57.39"
			4°26'57.1"	75°13'50.9"
		Cámaras trampa y búsqueda de rastros	4°26'56.95"	75°13'50.71"
E4	Desembocadura Jardín Botánico San Jorge	Redes de Niebla	4°27'11.91"	75°13'20.22"
			4°27'5.11"	75°13'24.69"
		Cámaras trampa y búsqueda de rastros	4°27'03.6"	75°13'26.1"
			4°27'09.5"	75°13'25.0"
			4°27'4.19"	75°13'25.00"

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Metodología de campo.

Redes de niebla. Para la captura de mamíferos voladores, se realizaron muestreos de 2 días/localidad, empleando cinco redes de niebla de 12x2,5 m, ubicadas *ad libitum* teniendo en cuenta las características del área de estudio y la composición vegetal de la misma (Figura 32). Las redes operaron desde las 18:00 hasta las 23:00 h, con una frecuencia de monitoreo de 30 minutos.

Los individuos capturados se dispusieron en bolsas de algodón para su posterior procesamiento; toma de medidas morfológicas estándar, siguiendo a Simmons y Voss (1998), e información morfológica del ejemplar como masa corporal, y edad determinada por el grado de osificación en las epífisis de las falanges observados contra la luz, siguiendo los criterios propuestos por Dietz et al., (2009). El manejo de los individuos se realizó siguiendo los lineamientos de la Sociedad Americana de Mastozoología (Sikes et al., 2016).

Figura 32. Instalación de red de niebla y medición de los individuos capturados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIz, 2021).

Trampas cámara. Se instalaron tres cámaras trampa por cada localidad evaluada. Se utilizaron cámaras Bushnell de 10 Mega pixeles, con batería de larga duración y una tarjeta de memoria de 16 Gb. Las cámaras fueron programadas para funcionamiento de 24 horas y toma de secuencia de seis fotografías por cada minuto de detección de movimiento. Las cámaras presentaron una actividad de 30 días consecutivos.

Las cámaras fueron dispuestas a lo largo de senderos, y estuvieron asociadas a estaciones cebadas con sardinas, maíz, frutas maduras y maní (Figura 33). Los tipos de cebo se ubicaron de forma aleatoria en las cuatro localidades.

Figura 33. Instalación de cámaras trampa en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Recorridos libres. Para el rastreo de indicios se empleó un transecto lineal, de longitud de 2 km; realizándose recorridos libres en horas crepusculares a una velocidad promedio de 1 km/hora. Los avistamientos, huellas, heces, restos y madrigueras fueron tomados como indicios; se registraron datos como especie, número de indicio, hora de encuentro, ubicación y tipo de formación vegetal.

Para la identificación de huellas se elaboró un molde con yeso odontológico siguiendo lo propuesto por Aranda, (2000); adicionalmente, a todas las huellas se les realizó un dibujo en acetato transparente, colocándolo por encima de la huella y trazando la silueta de la misma con ayuda de un marcador de punta fina y tinta indeleble (Figura 34).

Figura 34. Toma de rastros de mamíferos medianos y grandes en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Se realizaron búsquedas visuales en los diferentes estratos de la vegetación y en microhábitats, método especialmente útil para detectar especies diurnas o especies arborícolas nocturnas. Así mismo se realizaron búsquedas de rastros como huellas, heces, madrigueras, comederos, restos óseos, entre otros.

Encuestas. Teniendo en cuenta que los hábitos de los mamíferos pueden dificultar su registro, se realizaron entrevistas semiestructuradas a pobladores locales apoyadas en fotografías de mamíferos de Colombia y complementando con preguntas específicas sobre las especies reconocidas en las láminas.

Metodología de laboratorio.

Mamíferos voladores. Se recolectó al menos un individuo de cada especie para confirmar la identificación taxonómica siguiendo la propuesta a nivel general de Díaz et al., (2016) y para el caso particular del género *Platyrrhinus*, Velazco, (2005); Velazco y Gardner, (2009) y Velazco et al., (2010). Los especímenes se conservaron como piel de estudio a través de la metodología cráneo limpio y cuerpo seco y fueron depositados en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección mastofauna.

Mamíferos medianos. Los moldes en yeso y los dibujos en acetato fueron confrontados contra el catálogo de huellas de los mamíferos de México (Aranda, 2000) y las impresiones de huellas depositadas la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, área mastofauna.

Análisis de datos.

- **Representatividad de muestreo.** Para analizar la integridad del inventario de especies, calculamos los estimadores ACE y Chao 1. Estimadores no paramétrico basado en la abundancia de especies, con el programa EstimateS versión 8.0 (Colwell, 2013). El esfuerzo de captura para los mamíferos voladores se analizó a través de las horas-red totales trabajadas y el éxito de captura, teniendo en cuenta el número de individuos totales capturados respecto al esfuerzo de muestro (individuos/horas-red totales) x 100.

El esfuerzo de muestreo a través de las cámaras trampa se determinó mediante el cálculo del porcentaje de fotos efectivas en relación con el número total de fotos tomadas:

$$\% \text{Fotos efectivas} = \text{N}^\circ \text{ fotos efectivas} / \text{N}^\circ \text{ total de fotos}$$

Donde:

Fotos efectivas= Fotos en las cuales se capturo uno o más individuos de cualquier especie.

Total de fotos= Número total de fotos obtenidas.

- **Abundancia relativa.** Cuantificamos la riqueza, abundancia de especies de mamíferos para cada localidad. La riqueza de murciélagos se midió como el número de especies efectivas y la abundancia (% AR) se determinó por órdenes, familias y especies. La abundancia relativa se definió como:

$$\% \text{ AR} = (n1 / N) \times 100$$

Donde:

AR= Abundancia relativa del taxón

n1= El número de individuos registrados de cada taxón

N= El número total de individuos registrados

- **Diversidad.** Se determinó la Diversidad alfa (α) y beta (β), para el análisis de la alfa- diversidad se emplearon los análisis ecológicos de Shannon-Weinner (H'), Riqueza de Margalef (D) y Dominancia de Simpson (D). Por su parte para el análisis de beta- diversidad, se empleó el índice de Bray-Curtis.
- **Categorías ecológicas y amenaza.** Las especies registradas, fueron relacionadas con el gremio trófico al que pertenecen y sus hábitos de vida. Así mismo, se resaltaron las especies en categoría de amenaza a nacional (MADS, 2017) o global (IUCN, 2019), categoría CITES, endémicas (Ramírez-Chaves et al., 2016).
- **Revisión de información secundaria.** Se realizó una revisión de la información disponible sobre los mamíferos presentes en la zona de estudio. Para ello se consultaron publicaciones científicas, documentos técnicos y bases de datos de registros biológicos (SiB Colombia y GBIF). Para la búsqueda en bases de datos de registros biológicos, se elaboró un polígono delimitando la zona de interés y se descargaron los datos resultantes, entre los cuales se tuvieron en cuenta únicamente los registros clasificados hasta el nivel de especie, provenientes de colecciones biológicas, y se optó por tener en cuenta únicamente aquellos datos obtenidos a partir del año 2000 teniendo en cuenta las transformaciones en la zona y con el fin de tener una mayor aproximación a la composición actual de la mastofauna.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

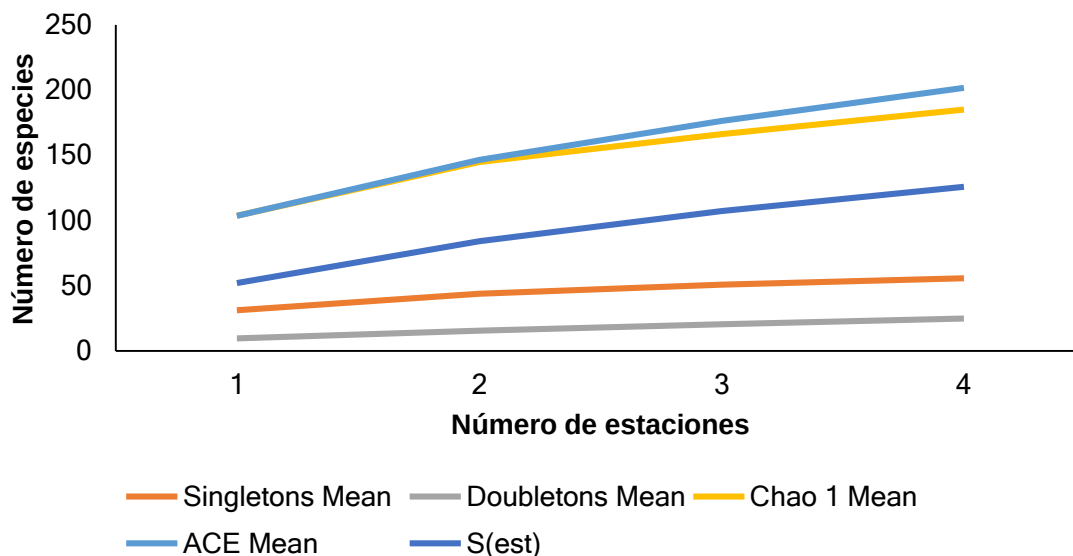
Lepidópteros diurnos

Representatividad del muestreo. El número total de especies observadas (126 spp.) fue menor al estimado con los índices, donde el 68% del valor esperado estuvo representado con el estimador de riqueza Chao 1 (185 especies) y el 62% (202 especies) con ACE (Figura 35). Por otro lado, el 64% de especies capturadas está compuesta por especies raras, donde el 44% está conformado por especies con un solo individuo y el 20% lo conforman especies con dos individuos.

De acuerdo a lo reportado por Jiménez y Hortal (2003), un inventario puede considerarse que está razonablemente completo cuando la eficiencia de muestreo alcanza o supera el 80% de la riqueza total estimada. Lo anterior, sugiere que en la microcuenca La Aurora faltan muestreos, pues las curvas aún no alcanzan la asíntota y a medida que el número y esfuerzo de muestreos aumente, especies nuevas pueden irse sumando al total, alcanzando una mayor representatividad de la comunidad (Ortiz, 2007).

Es de relevar, que estos resultados dan información importante para que, en trabajos futuros, se reconsidere el diseño de muestreo, pues factores como la temporada climática en la que se realizó el muestreo, la franja de vuelo que presentan algunas especies y la preferencia de cebo pudieron afectar los resultados (Arroyo, 2018; Coral, 2014).

Figura 35. Curva de acumulación de especies presentes en el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Composición y estructura. Se colectaron 426 individuos, pertenecientes a 126 especies, 88 géneros, 17 subfamilias y 6 familias (Tabla 12, Anexo 1), información que representa el 3.4% de la fauna de lepidópteros diurnos presentes en el país, lo cual es muy relevante desde una escala regional, pues se reportan 17 de las 25 subfamilias descritas para el país, además se destaca la presencia de la subespecie endémica para la región como *Heliconius cydno hermogenes*, y especies endémicas para Colombia como *Parides eurimedes* y *Crocozona pheretima* (Garwood et al., 2021; Murillo et al., 2018; Ospina, 2014; Ospina y Reinoso, 2009).

Es importante destacar que un factor determinante de esta riqueza y composición, son las características encontradas en la zona, siendo un conjunto paisajístico heterogéneo, además de la cantidad de recursos disponibles con que cuenta el ensamblaje de mariposas (Olarte et al., 2016; Ospina y Reinoso, 2009). En referencia con lo anterior, la presencia de especies endémicas, resalta la importancia de la microcuenca La Aurora, como reservorio para la diversidad de mariposas diurnas y se constituye en un componente clave para la conservación de relictos de bosque en zonas urbanas (Murillo et al., 2018).

En cuanto a las familias, se encontró que Nymphalidae representó la mayor abundancia relativa (59,4%), seguida de la familia Pieridae (16.4%), Riodinidae (7.7 %), Hesperidae (6.8%), Lycaenidae (5.2%), y finalmente Papilionidae con 4.5% (Figura 36). Los resultados de abundancia para la familia Nymphalidae coinciden con lo reportado en otros estudios realizados en el municipio tales como Camero y Calderón (2007), Ospina y Reinoso (2009), Peña (2007) y Villa et al., (2019), situación que se debe en parte a que esta familia posee un amplio rango de distribución, pues al ser la mayoría de sus especies cosmopolitas es capaz de ocupar una gran variedad de hábitats, además, de sus hábitos alimenticios variables, que van desde néctar, frutas en descomposición, exudados de plantas, lodos hasta excremento, beneficia la representación de esta familia (Freitas y Brown, 2004; González et al., 2016; Mercado et al., 2018; Santos et al., 2011).

Por otro lado, la baja abundancia de Lycaenidae y Papilionidae, se debe posiblemente a la existencia de poblaciones pequeñas y localizadas, lo que sugiere un sesgo de muestreo, ya que las especies de estas familias no se consideran habitantes estrictos del área muestreada (Ramírez et al., 2007).

Tabla 12. Lepidópteros diurnos colectado en el área de influencia de la microcuenca La Aurora del municipio de Ibagué.

Familia/género/especie	E1	E2	E3	E4	Total	AB%
Hesperiidae	5	11	11	2	29	6,81
Hesperiidae sp. 1 Latreille, 1809	1	0	0	0	1	0,23
Hesperiidae sp. 2 Latreille, 1809	1	0	0	0	1	0,23
Hesperiidae sp. 3 Latreille, 1809	0	1	0	0	1	0,23
Hesperiidae sp. 4 Latreille, 1809	0	1	2	0	3	0,70
Hesperiidae sp. 5 Latreille, 1809	0	1	0	0	1	0,23
Hesperiidae sp. 6 Latreille, 1809	0	0	1	0	1	0,23
Hesperiidae sp. 7 Latreille, 1809	0	0	0	1	1	0,23
Eudaminae	1	1	3	0	5	1,17
<i>Autochton itylus</i> Hübner, 1823	1	0	1	0	2	0,47
<i>Spicauda procne</i> (Plötz, 1881)	0	1	1	0	2	0,47
<i>Urbanus dorantes</i> (Stoll, 1790)	0	0	1	0	1	0,23
Hesperiinae	2	3	0	0	5	1,17
<i>Anthoptus epictetus</i> (Fabricius, 1793)	0	2	0	0	2	0,47
<i>Apaustus</i> sp. Hübner, [1819]	1	0	0	0	1	0,23
<i>Xeniades orchamus</i> (Cramer, 1777)	1	1	0	0	2	0,47
Pyrginae	0	4	5	1	10	2,35
<i>Ouleus fridericus</i> (Geyer, 1832)	0	0	1	0	1	0,23
<i>Pyrgus adepta</i> Plötz, 1884	0	4	2	1	7	1,64
<i>Pyrgus oileus</i> (Linnaeus, 1767)	0	0	1	0	1	0,23
<i>Xenophanes tryxus</i> (Stoll, 1780)	0	0	1	0	1	0,23
Lycaenidae	0	7	9	6	22	5,16
Polyommatae	0	3	4	5	12	2,82
<i>Cupido comyntas</i> (Godart, [1824])	0	1	1	5	7	1,64
<i>Leptotes cassius</i> (Cramer, 1775)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Zizula cyna</i> (W. H. Edwards, 1881)	0	1	3	0	4	0,94
Theclinae	0	4	5	1	10	2,35
<i>Arawacus lincoides</i> (Draudt, 1917)	0	3	2	1	6	1,41
<i>Ministrymon una</i> (Hewitson, 1873)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Rekoa palegon</i> (Cramer, 1780)	0	0	1	0	1	0,23
<i>Strymon cardus</i> (Hewitson, 1874)	0	0	2	0	2	0,47
Nymphalidae	56	57	59	81	253	59,39
Biblidinae	0	0	3	1	4	0,94
<i>Catonephele nyctimus</i> (Westwood, 1850)	0	0	1	0	1	0,23
<i>Diaethria gabaza</i> (Hewitson, [1855])	0	0	0	1	1	0,23
<i>Hamadryas fornax</i> (Hübner, [1823])	0	0	1	0	1	0,23
<i>Pyrrhogyra otolais</i> H. Bates, 1864	0	0	1	0	1	0,23
Charaxinae	3	4	2	4	13	3,05
<i>Archaeoprepona amphimachus</i> (Fabricius, 1775)	1	0	2	1	4	0,94
<i>Consul fabius</i> (Cramer, 1776)	0	1	0	1	2	0,47

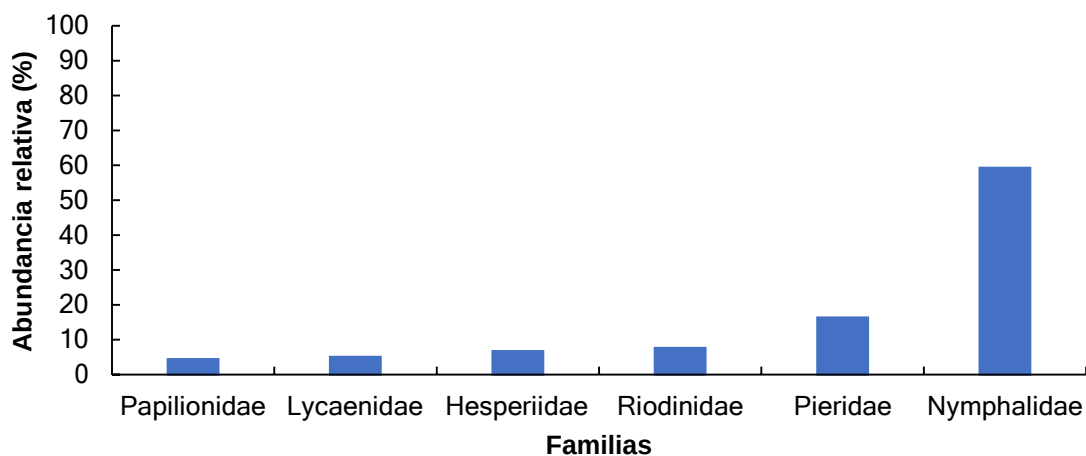
Familia/género/especie	E1	E2	E3	E4	Total	AB%
<i>Consul panariste</i> (Hewitson, 1856)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Hypna clytemnestra</i> (Cramer, 1777)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Memphis moruus</i> (Fabricius, 1775)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Memphis</i> sp. Hübner, [1819]	2	0	0	1	3	0,70
<i>Prepona laertes</i> (Hübner, [1811])	0	0	0	1	1	0,23
Danainae	1	15	18	7	41	9,62
<i>Ceratinia tutia</i> (Hewitson, 1852)	0	0	2	2	4	0,94
<i>Danaus gilippus</i> (Cramer, 1775)	0	0	1	0	1	0,23
<i>Danaus plexippus</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Dircenna dero</i> (Hübner, 1823)	0	1	6	2	9	2,11
<i>Hypoleria ocalea</i> (E. Doubleday, 1847)	0	1	1	1	3	0,70
<i>Mechanitis lysimnia</i> (Fabricius, 1793)	0	1	1	0	2	0,47
<i>Mechanitis menapis</i> Hewitson, [1856]	0	2	0	1	3	0,70
<i>Mechanitis polymnia</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	3	0	4	0,94
<i>Oleria amalda</i> (Hewitson, [1857])	1	3	2	0	6	1,41
<i>Pseudoscada troetschi</i> (Staudinger, [1884])	0	1	0	0	1	0,23
<i>Pteronymia aletta</i> (Hewitson, [1855])	0	3	0	0	3	0,70
<i>Pteronymia latilla</i> (Hewitson, [1855])	0	0	2	0	2	0,47
<i>Thyridia psidii</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Tithorea tarricina</i> Hewitson, [1858]	0	0	0	1	1	0,23
Heliconiinae	13	6	5	12	36	8,45
<i>Actinote</i> sp. Hübner, [1819]	0	0	1	0	1	0,23
<i>Agraulis vanillae</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Altinote ozomene</i> (Godart, 1819)	1	0	0	0	1	0,23
<i>Altinote stratonice</i> (Latreille, [1813])	2	0	0	0	2	0,47
<i>Eueides aliphera</i> (Godart, 1819)	0	0	0	1	1	0,23
<i>Eueides isabella</i> (Stoll, 1781)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Eueides vibilia</i> (Godart, 1819)	0	0	0	1	1	0,23
<i>Heliconius charithonia</i> (Linnaeus, 1767)	4	1	1	2	8	1,88
<i>Heliconius cydno hermogenes</i> (Hewitson, [1858])	2	0	0	0	2	0,47
<i>Heliconius doris</i> (Linnaeus, 1771)	2	1	1	0	4	0,94
<i>Heliconius eleuchia</i> (Hewitson, [1854])	1	0	0	8	9	2,11
<i>Heliconius erato</i> (Linnaeus, 1758)	0	2	0	0	2	0,47
<i>Heliconius melpomene</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	2	0	2	0,47
<i>Philaethria neildi</i> Constantino & Salazar, 2010	1	0	0	0	1	0,23
Limenitidinae	19	0	0	0	19	4,46
<i>Adelpha alala</i> (Hewitson, 1847)	18	0	0	0	18	4,23
<i>Adelpha cytherea</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	1	0,23
Nymphalinae	12	10	11	9	42	9,86
<i>Anartia amathea</i> (Linnaeus, 1758)	1	2	4	2	9	2,11
<i>Anartia jatrophae</i> (Linnaeus, 1763)	0	0	1	1	2	0,47
<i>Anthanassa drusilla</i> (C. Felder & R. Felder, 1861)	0	1	3	2	6	1,41
<i>Castilia eranites</i> (Hewitson, 1857)	1	0	0	1	2	0,47

Familia/género/especie	E1	E2	E3	E4	Total	AB%
<i>Colobura dirce</i> (Linnaeus, 1758)	0	2	0	0	2	0,47
<i>Eresia polina</i> Hewitson, 1852	0	0	1	0	1	0,23
<i>Janatella fellula</i> (Schaus, 1902)	1	0	0	0	1	0,23
<i>Janatella leucodesma</i> (C. Felder & R. Felder, 1861)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Siproeta epaphus</i> (Latreille, [1813])	4	1	0	0	5	1,17
<i>Siproeta stelenes</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	1	1	3	0,70
<i>Smyrna blomfieldia</i> (Fabricius, 1781)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Tegosa anieta</i> (Hewitson, 1864)	5	0	1	2	8	1,88
Satyrinae	8	22	20	48	98	23,00
<i>Cissia pompilia</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	0	5	4	4	13	3,05
<i>Forsterinaria neonympha</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	1	0	0	2	3	0,70
<i>Hermeuptychia harmonia</i> (A. Butler, 1867)	1	0	0	2	3	0,70
<i>Hermeuptychia hermes</i> (Fabricius, 1775)	1	5	2	4	12	2,82
<i>Morpho helenor</i> (Cramer, 1776)	1	0	0	0	1	0,23
<i>Opsiphanes cassina</i> C. Felder & R. Felder, 1862	0	1	1	0	2	0,47
<i>Oressinoma typhla</i> E. Doubleday, [1849]	0	0	0	1	1	0,23
<i>Parataygetis lineata</i> (Godman & Salvin, 1880)	0	3	2	3	8	1,88
<i>Pareuptychia ocirrhoe</i> (Fabricius, 1776)	1	6	10	26	43	10,09
<i>Pseudodebis celia</i> (Cramer, 1779)	0	2	1	2	5	1,17
<i>Pseudodebis puritana</i> (Weeks, 1902)	0	0	0	3	3	0,70
<i>Pseudohaetera hypaesia</i> (Hewitson, 1854)	3	0	0	0	3	0,70
<i>Taygetis</i> sp. Hübner, [1819]	0	0	0	1	1	0,23
Papilionidae	3	4	5	7	19	4,46
Papilioninae	3	4	5	7	19	4,46
<i>Battus polydamas</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Mimoides euryleon</i> (Hewitson, [1856])	2	0	0	0	2	0,47
<i>Parides anchises</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	4	4	0,94
<i>Parides eurimedes</i> (Stoll, 1782)	1	3	5	3	12	2,82
Pieridae	12	18	23	17	70	16,43
Coliadinae	4	15	22	12	53	12,44
<i>Anteos clorinde</i> (Godart, [1824])	0	1	0	0	1	0,23
<i>Anteos menippe</i> (Hübner, [1818])	0	0	1	0	1	0,23
<i>Eurema albula</i> (Cramer, 1775)	0	3	4	3	10	2,35
<i>Eurema arbela</i> Geyer, 1832	0	1	6	1	8	1,88
<i>Eurema daira</i> (Godart, 1819)	0	3	1	0	4	0,94
<i>Eurema elathea</i> (Cramer, 1777)	0	1	3	3	7	1,64
<i>Eurema xanthochlora</i> (Kollar, 1850)	4	2	2	1	9	2,11
<i>Phoebis agarithe</i> (Boisduval, 1836)	0	0	1	0	1	0,23
<i>Pyrisitia venusta</i> (Boisduval, 1836)	0	4	4	4	12	2,82
Dismorphiinae	7	2	0	2	11	2,58
<i>Dismorphia amphione</i> (Cramer, 1779)	0	1	0	1	2	0,47
<i>Dismorphia crisia</i> (Drury, 1782)	2	0	0	0	2	0,47

Familia/género/especie	E1	E2	E3	E4	Total	AB%
<i>Dismorphia thermesina</i> (Hopffer, 1874)	0	1	0	1	2	0,47
<i>Dismorphia theucharila</i> (E. Doubleday, 1848)	1	0	0	0	1	0,23
<i>Dismorphia zathoe</i> (Hewitson, [1858])	3	0	0	0	3	0,70
<i>Pseudopieris nehemia</i> (Boisduval, 1836)	1	0	0	0	1	0,23
Pierinae	1	1	1	3	6	1,41
<i>Ascia monuste</i> (Linnaeus, 1764)	0	0	1	2	3	0,70
<i>Leptophobia aripa</i> (Boisduval, 1836)	1	0	0	0	1	0,23
<i>Leptophobia eleusis</i> (Lucas, 1852)	0	1	0	1	2	0,47
Riodinidae	11	6	8	8	33	7,75
Riodininae	11	6	8	8	33	7,75
<i>Anteros kupris</i> Hewitson, 1875	2	0	0	0	2	0,47
<i>Charis anius</i> (Cramer, 1776)	0	0	2	0	2	0,47
<i>Chorinea bogota</i> (Saunders, 1859)	1	0	0	0	1	0,23
<i>Crocozona pheretima</i> C. Felder & R. Felder, 1865	1	0	1	0	2	0,47
<i>Emesis fatimella</i> Westwood, 1851	1	0	0	0	1	0,23
<i>Emesis lucinda</i> (Cramer, 1775)	1	0	0	0	1	0,23
<i>Eurybia dardus</i> (Fabricius, 1787)	1	1	0	3	5	1,17
<i>Isapis agyrtus</i> (Cramer, 1777)	0	1	0	0	1	0,23
<i>Leucochimona lagora</i> (Herrich-Schäffer, [1853])	2	4	0	5	11	2,58
<i>Melanis electron</i> (Fabricius, 1793)	1	0	2	0	3	0,70
<i>Melanis marathon</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	0	0	1	0	1	0,23
<i>Mesosemia mevania</i> Hewitson, [1857]	1	0	0	0	1	0,23
<i>Theope pieridoides</i> C. Felder & R. Felder, 1865	0	0	2	0	2	0,47
Total	87	103	115	121	426	100

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

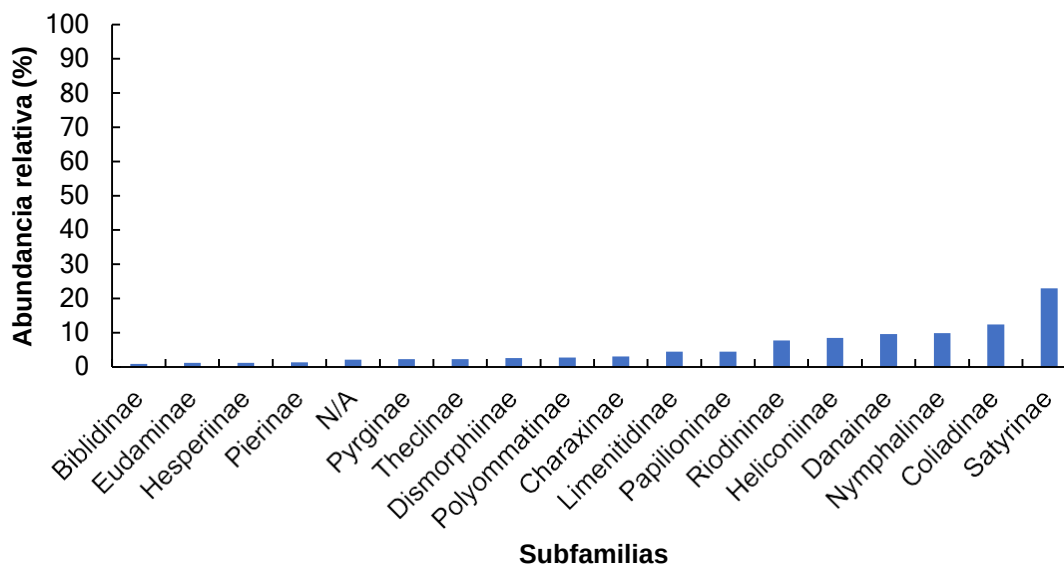
Figura 36. Abundancia relativa de las familias de lepidópteros diurnos presentes en el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Por otro lado, de las 17 subfamilias reportadas, la mayor abundancia estuvo representada por la subfamilia Satyrinae con 23%, seguida de Coliadinae (12.4%), Nymphalinae (9.9%), Danainae (9.6%), Heliconiinae (8.5%) y Riodininae (7.7%), las demás subfamilias presentaron una abundancia menos al 5% (Figura 37). La abundancia de la subfamilia Satyrinae responde a que este grupo presenta una alta diversidad, pues se encuentra en todos los hábitats, desde tundras hasta las selvas tropicales de tierras bajas, bosques primarios, secundarios y zonas abiertas, asimismo, esta alta representatividad puede deberse a la gran variabilidad fisiográfica y diversidad de pisos térmicos, así como las diferentes zonas de vida que generan una alta heterogeneidad en el paisaje (García et al., 2007; Murray, 2001; Peña y Wahlberg, 2008).

Figura 37. Abundancia relativa de las subfamilias de lepidópteros diurnos presentes en el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Respecto a las 126 especies reportadas, se encontraron como las más abundantes *Pareuptychia ocirrhoe* con 43 individuos y una abundancia relativa del 10.1%, *Adelpha alala* con 18 individuos (4.2%), *Cissia pompilia* con 13 individuos (3.1%), *Pyrisitia venusta*, *Parides eurimedes* y *Hermeuptychia hermes*, con 12 individuos (2.8%), *Leucochimona lagora* con 11 individuos (2.6%), *Eurema albula* con 10 (2.3%), las demás especies presentaron abundancias menores a 2.3% (Tabla 12).

Las abundancias de *Pareuptychia ocirrhoe*, *Cissia pompilia*, *Hermeuptychia Hermes*, puede deberse a sus hábitos generalistas, pues aprovecha las diferentes ofertas de la vegetación (flores o frutos), teniendo recursos suficientes para ser abundantes a lo largo del año entre los bosques y los rastrojos, permitiendo adaptarse a sitios altamente perturbados donde tienden a preferir el sotobosque (Carrero et al., 2013; Coral y Pérez,

2017; González et al., 2016; Orozco et al., 2009).

Por su parte, *Eurema albula* y *Pyrisitia venusta* son especies propias de áreas abiertas e intervenidas (Casas et al., 2016; Aparecida de Andrade y do Valle, 2017). Asimismo, *Adelpha alala* que también es una especie de áreas abiertas, se le puede encontrar donde la estructura del área muestreada es más sencilla y la influencia de los factores ambientales es más fuerte (Vélez et al., 2015). Es de destacar, que la presencia de *Leucochimona lagora* está ligada a los relictos de bosque, pues tiene una preferencia por los fragmentos de bosque, mientras que *Parides eurimedes* tiene preferencias por el sotobosque, pero se les puede observar libando en bordes y claros de bosque (Le Crom et al., 2004).

Es importante resaltar la presencia de especies propias de interior de bosque como *Pseudohaetera hypaesia* y *Tithorea tarricina* que se ven beneficiadas por la cantidad de microhábitats, producto de parches en estados de sucesión (Ríos, 2007; Vélez et al., 2015). Además, la presencia de especies como *Consul panariste* considerada como una especie que refleja la buena salud de los ecosistemas y géneros raros o poco comunes con preferencias de hábitats poco perturbados como *Charis* y *Mesosemia* (Ríos, 2007).

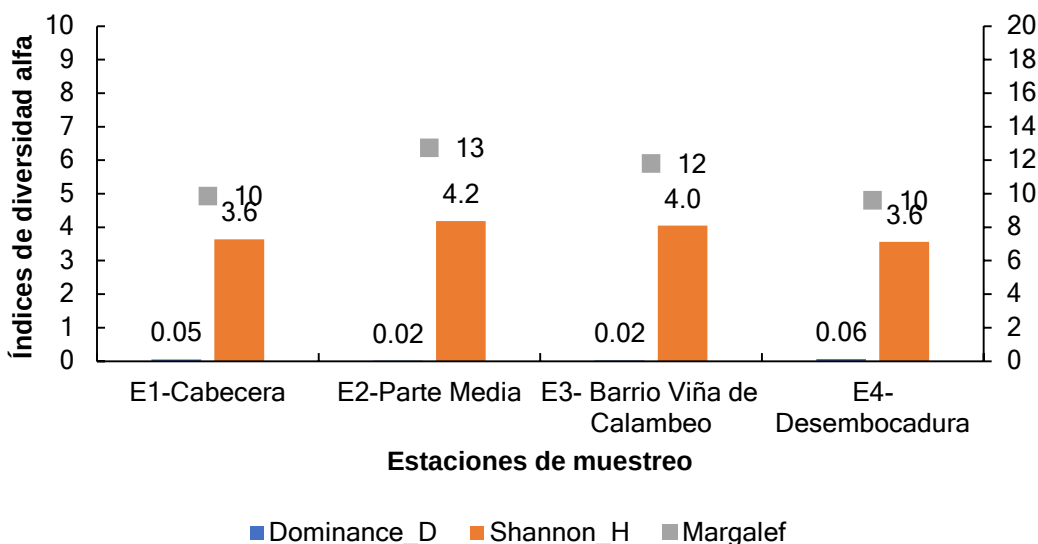
Siendo el registro ocasional o de un solo ejemplar de estas especies, de un alto interés, puesto que pueden considerarse vulnerables frente a la presión humana ejercida sobre este ecosistema, por lo anterior, se puede considerar que los corredores biológicos traen beneficios tanto para mariposas generalistas como especialistas pues estas aprovechan los recursos presentes en los grandes fragmentos que se generan de la conectividad (Ríos, 2007; Dennis et al., 2013).

Índices de diversidad

Diversidad alfa. Los valores de los índices de diversidad alfa (Figura 38) evidenciaron una mayor riqueza de especies y diversidad en la estación E2-parte media (Dmg= 13; H'= 4.2). Asimismo, la estación E3-Viñas Calambeo presentó valores altos de riqueza de especies y diversidad (Dmg= 12; H'= 4), mientras que las estaciones E1-Cabecera y E4-Desembocadura presentaron los valores más bajos (Dmg= 10; H'= 3.6).

Por otro lado, E4-Desembocadura presentó la dominancia más alta 1 - D (0.06), seguida de E1-Cabecera (0.05), finalmente la menor dominancia se vio reflejada en E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo.

Figura 38. Índices de diversidad alfa de lepidópteros diurnos presentes en el área de influencia de la microcuenca de La Aurora del municipio de Ibagué.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

La diversidad de mariposas presente en E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo siendo coberturas de mosaico de cultivos, pastos, espacios naturales, herbazales densos y tejido urbano puede ser explicada por el efecto de perturbación intermedio (Connell, 1978) hipótesis donde se propone que valores elevados de diversidad pueden ser mantenidos por niveles intermedios de perturbación (natural o antrópica), los cuales varían en cuanto a frecuencia e intensidad para una zona, además de la capacidad que tengan las especies para competir y tolerar la perturbación (Collins et al., Connell, 1978).

Esta perturbación permite una heterogeneidad en el paisaje influyendo en una mayor disponibilidad de hábitats, flores para libar, presencia de plantas hospederas asociadas a vegetación de crecimiento secundario, además estos claros permiten el incremento de la luminosidad, beneficiando así procesos vitales para las mariposas como la termorregulación y el florecimiento de algunas especies vegetales fuente de néctar (Ospina, 2014; Vélez et al., 2015).

Por otro lado, los altos valores de dominancia registrados en las estaciones E4-desembocadura y E1-cabecera (con coberturas más conservadas), se debe a la presencia de especies que registraron varias capturas como *Pareuptychia ocirrhoe* y *Adelpha alala*, situación que puede deberse en parte al método de captura, pues la mayoría de ellas fueron atrapadas por medio de Trampas Van Someren-Rydon, y, estas especies tienen como preferencia de alimentación las frutas fermentadas, excrementos de aves, mamíferos y otros residuos en descomposición (Valencia et al., 2005). Además, en el caso de *Pareuptychia ocirrhoe* es común que se encuentre en áreas de sotobosque

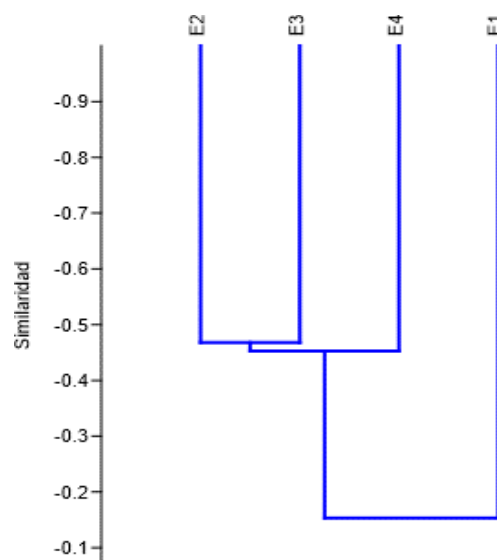
y estrato herbáceo, donde se ve beneficiada debido a sus hábitos umbrófilos (Carrero et al., 2013).

Diversidad beta. El dendrograma de similitud Bray-Curtis, evidencia un porcentaje de 47% entre E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo y 47% entre E2-parte media y E4-desembocadura, La composición de especies analizadas en las cuatro estaciones evaluadas a través del dendrograma de similitud Bray-Curtis, evidencia un nivel alto en similitud entre E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo (47%), al igual que E2-parte media y E4-desembocadura (47%). E1-cabecera es la estación que presenta la similitud más baja con respecto a las anteriormente mencionadas (Figura 39).

Esta similitud entre las estaciones E2-parte media, E3-Viñas de Calambeo y E4-desembocadura, se debe probablemente a su cercanía geográfica que hace que en estas estaciones los factores ambientales y la composición florística no tengan una variación considerablemente (Muñoz y Amarillo, 2010).

Por otro lado, la similitud baja de E1-cabecera con respecto a las otras estaciones puede deberse a que la comunidad presente una distribución y conformación diferente, la cual está relacionada directamente con el factor altitudinal, ya que los sitios presentan rangos altitudinales diferentes, pues las mariposas presentan una alta especificidad hacia la estratificación de gradientes, vegetación de la cual se alimentan, luz, viento, humedad y temperatura, siendo un grupo con alta sensibilidad, esto hace pensar que la zona de influencia de la microcuenca La Aurora es un sistema con una alta diversidad de especies, donde posiblemente muchas poblaciones de mariposas estén localizadas (Palacios y Constantino, 2006; Zambrano y Ortiz, 2009).

Figura 39. Dendrograma de similitud Bray-Curtis para las estaciones muestreadas en el área de influencia de la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Información secundaria. Dentro de los trabajos a nivel regional se destacan los realizados en las cuencas de los ríos Coello (Villa et al., 2004), Totare (Peña, 2007), en el cañón del río Combeima (Camero y Calderón, 2007), en el área del mariposario del Tolima (Andrade et al., 2018), Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (Ospina y Reinoso, 2009; Páez, 2018), Jardín Botánico San Jorge (Páez, 2018), orquídeas del Tolima (Páez, 2018), Bosques de palma de cera (Reinoso et al., 2017; Reinoso et al., 2019), Reserva Forestal Regional El Humedal y La Santísima Trinidad (Villa et al., 2019), en los predios del volcán Cerro Machín (Villa et al., 2019) y en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (Tafur, 2020) (Tabla 13).

Tabla 13. Estudio de lepidópteros diurnos realizados en el municipio de Ibagué.

Estudio	Localidad	Altura (m.s.n.m.)
Villa et al., (2004)	Río Coello	433 - 3600
Peña (2007)	Río Totare	270 - 3636
Camero y Calderón (2007)	Cañón del río Combeima	1800 - 3000
Ospina y Reinoso (2009)	Jardín Botánico Alejandro von Humboldt	1170
Reinoso et al., (2017)	Bosque con palma de cera fase I	2700 - 2900
Andrade et al., (2018)	Mariposario del Tolima	1152
Ospina y Reinoso, (2009)	Jardín Botánico Alejandro von Humboldt	1170
Páez (2018)	Jardín Botánico Alejandro von Humboldt	1170
	Jardín Botánico San Jorge	1206
	Orquídeas del Tolima	1320
Villa et al., (2019)	Reserva Forestal Regional El Humedal y La Santísima Trinidad	2398 - 2710
	Predios del volcán Cerro Machín	2162 -2468
Reinoso et al., (2019)	Bosque con palma de cera fase I	2600 - 3000
Tafur (2020)	Colección Zoológica de la Universidad del Tolima	265 - 3700

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Teniendo en cuenta el gradiente altitudinal de la zona de estudio y área del municipio de Ibagué, se encontró que en estos estudios se reporta a Nymphalidae como la familia más abundante, lo que corresponde a lo encontrado en este trabajo, además Lycaenidae y Papilionidae tienden a tener las abundancias más bajas (Tabla 14). Es de resaltar, que esta diversidad reportada demuestra lo importante que es el municipio de Ibagué en cuanto a riqueza y diversidad de mariposas diurnas.

Como especies más abundantes en estos trabajos se reporta *Pteronymia latilla*, *Pareuptychia ocirrhoe*, *Heliconius eleuchia*, *Hamadryas amphinome*, *Smyrna blomfieldia*, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio.

Tabla 14. Riqueza y abundancia a partir de estudios de Lepidópteros diurnos realizados en el municipio de Ibagué.

Estudio	Localidades	Altura (m s.n.m.)	Familia	No. de especies	AR%
Villa et al. (2004)	Cuenca del río Coello	433 - 3600	Nymphalidae	134	46.86%
			Hesperiidae	51	17.83%
			Pieridae	45	15.73%
			Lycaenidae	24	8.39%
			Riodinidae	19	6.64%
			Papilionidae	13	4.54%
Peña Cerpa (2007)	Cuenca del río Totare	270 - 3636	Nymphalidae	95	63.16%
			Pieridae	28	19.14%
			Hesperiidae	11	5.9%
			Lycaenidae	5	2.07%
			Riodinidae	16	6.7%
			Papilionidae	8	3.03%
Ospina y Reinoso (2009)	Jardín Botánico Alejandro von Humboldt	1170	Nymphalidae	53	78%
			Hesperiidae	10	5%
			Riodinidae	8	6%
			Pieridae	8	4%
			Papilionidae	3	4%
			Lycaenidae	2	2%
Andrade et al., 2018	Mariposario del Tolima	1152	Nymphalidae	60	66%
			Hesperiidae	13	14%
			Pieridae	10	11%
			Riodinidae	4	4%
			Papilionidae	2	2%
			Lycaenidae	2	2%
Páez (2018)	Jardín Botánico Alejandro von Humboldt	1170	Nymphalidae	58	89%
			Pieridae	5	3%
			Hesperiidae	4	3%
			Riodinidae	3	3%
			Lycaenidae	3	1%
			Papilionidae	2	1%
	Jardín Botánico San Jorge	1206	Nymphalidae	31	83%
			Hesperiidae	14	5%
			Pieridae	7	3%
			Riodinidae	4	3%
			Papilionidae	2	5%
			Lycaenidae	2	1%
	Orquídeas del Tolima	1320	Nymphalidae	61	73%

Estudio	Localidades	Altura (m s.n.m.)	Familia	No. de especies	AR%
			Hesperiidae	17	7%
			Pieridae	14	11%
			Lycaenidae	5	4%
			Riodinidae	4	1%
			Papilionidae	4	3%
Tafur (2020)	Colección Zoológica de la Universidad del Tolima	1200 - 1600	Nymphalidae	50	63%
			Pieridae	19	21%
			Papilionidae	8	9%
			Riodinidae	9	5%
			Lycaenidae	4	2%

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Macroinvertebrados acuáticos

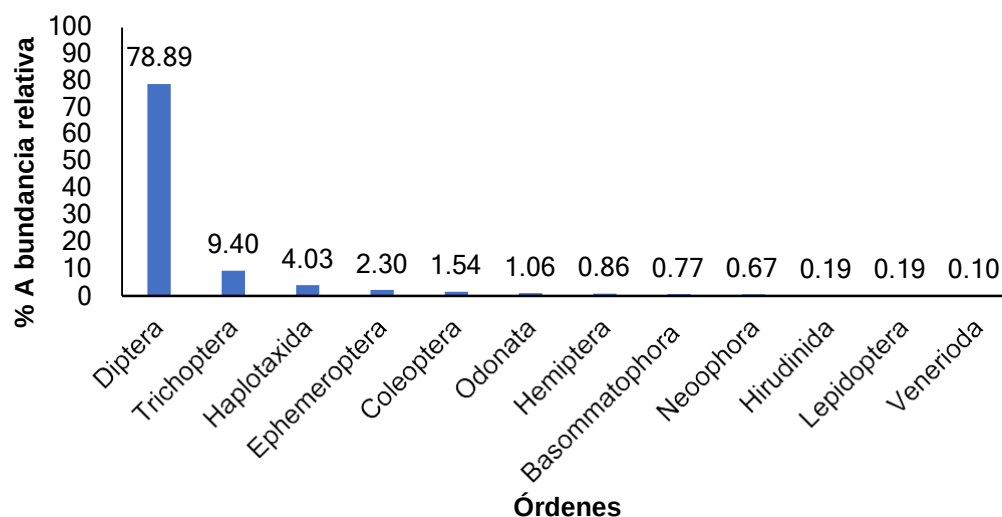
Abundancia relativa. En el muestreo, se encontraron cuatro phylum, cinco clases, 12 órdenes de los cuales la mayoría presentaron abundancias menores al 1%, 24 familias y 33 géneros (Anexo 2). El orden Diptera fue el más abundante (78.89%), seguido por el orden Trichoptera (9.40%) y Haplontaxida (4.03%) (Figura 40).

Esta abundancia es similar a lo reportado en estudios como el de Vásquez y Reinoso (2012), sobre la estructura de esta biota para cuencas andinas. Estos órdenes presentan organismos muy abundantes, cosmopolitas y especializados en explotar los recursos disponibles para sobrevivir en los ecosistemas acuáticos (Vásquez y Reinoso, 2012).

El orden Haplontaxida generalmente se relaciona a condiciones específicas de hábitat, como por ejemplo excavar dentro del bentos, entonces, se ven favorecidos por suelos fangosos como se evidencio en algunas estaciones muestreadas (Torres y Torres, 2016). Adicionalmente, los dípteros gracias a la variación en su morfología presentan gran capacidad de colonización de los sustratos, además, son una parte importante en la dieta de la biota acuática (Murillo y Vásquez, 2019).

Por último, es de resaltar que Trichoptera es el orden más abundante y diverso dentro de los insectos exclusivamente acuáticos, alcanzando una gran diversidad, explorando una variedad de microhábitats en sistemas lóticos y ocupando diferentes niveles tróficos (Borges, 2017).

Figura 40. Abundancia relativa de órdenes registrados en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



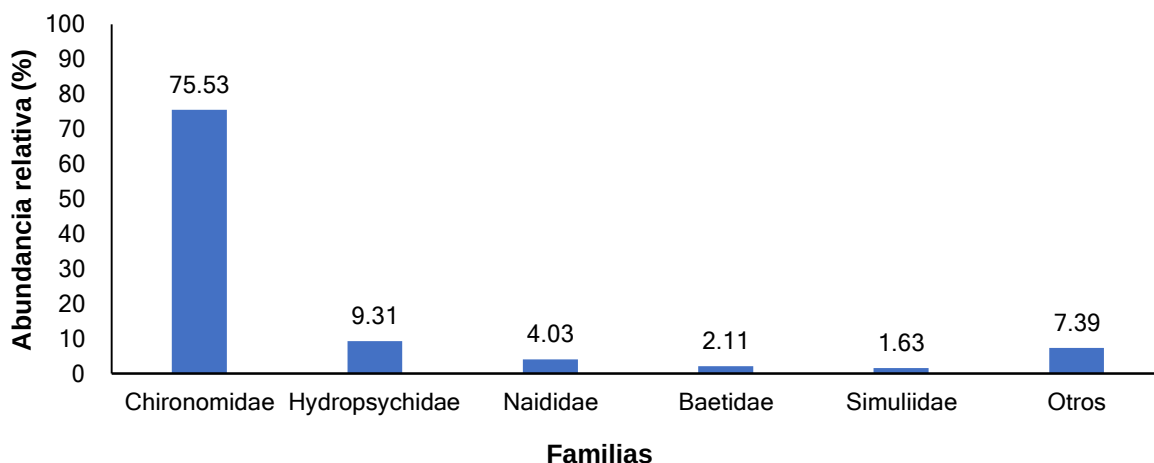
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Se registraron 24 familias, todas ellas reportadas en el departamento del Tolima. Chironomidae fue la más abundante (75.53%), con una diferencia notable en contraste con las otras familias encontradas en el muestreo como hydropsychidae (9.31%) que fue la segunda familia con mayor abundancia (Figura 41).

En el presente estudio, la gran abundancia de los chironomidos puede estar relacionada al hecho de que estos organismos son los insectos más ampliamente distribuidos y los más abundantes en aguas continentales, tanto lólicas como lénticas y gracias a su amplia capacidad de hábitos alimenticios, pueden obtener recursos de cualquier medio y por ende ocupar una gran variedad de microhábitats (Murillo y Vásquez, 2019).

Los miembros de la familia Hydropsychidae, son abundantes y ampliamente distribuidos en regiones templadas y tropicales, también se destacan por su potencial como especies ingenieras, ya que la capacidad que tienen para construir sus casas en base a la seda que producen puede aumentar la heterogeneidad de los ambientes, disminuyendo la erosión de los sedimentos, se ha propuesto que las casas aumentan la acumulación de materia orgánica en sustratos rocosos, así favorecen organismos raspadores y de esta manera también contribuyen a la alteración de la composición trófica de la comunidad (Borges, 2017).

Figura 41. Abundancia relativa de las familias registradas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.

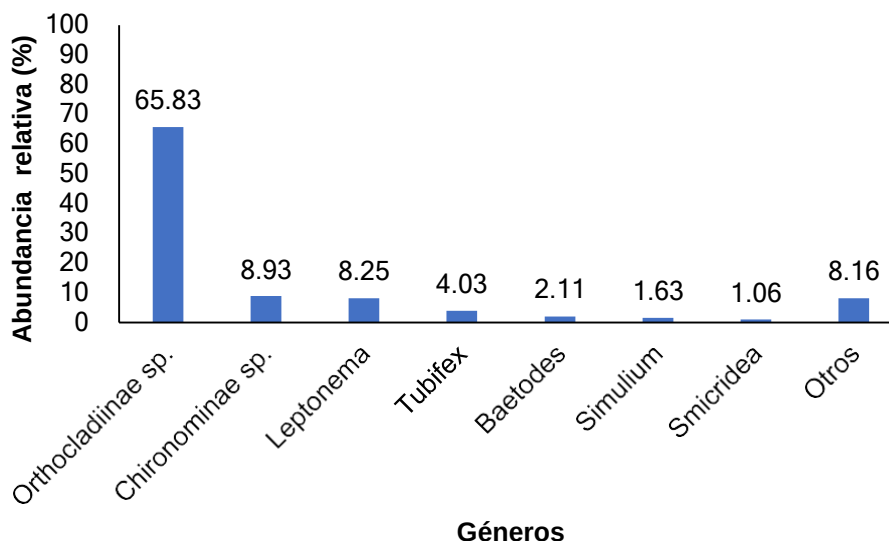


Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

De los 33 géneros encontrados, *Orthoclaadiinae* sp. (65.83%) y *Chironominae* (8.93%) fueron los más abundantes, ambos pertenecientes a la familia Chironomidae (Figura 42), que como se ha mencionado anteriormente, poseen una amplia capacidad de hábitos alimenticios, además, esta familia no tiene preferencias por algún sustrato en específico,

de esta manera se pueden encontrar en sedimentos rocosos, con basura, o corrientes (Sanseverino y Nesimian, 2001).

Figura 42. Abundancia relativa de los géneros registrados en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Composición taxonómica. En el muestreo realizado se encontraron 1042 organismos, pertenecientes a cuatro filos, cinco clases, 24 familias y 33 géneros (Tabla 15).

Tabla 15. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4	A	% A.R.
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Naididae	<i>Tubifex</i>	0	7	2 5	10	42	4,03
		Hirudinida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>	0	0	2	0	2	0,19
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	Dryopidae	1	0	0	0	1	0,10
			Elmidae	<i>Heterelmis</i>	4	0	2	0	6	0,58
				<i>Microcylloepus</i>	3	0	0	0	3	0,29
			Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	6	0	0	0	6	0,58
		Diptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	0	0	0	1	1	0,10
			Chironomidae	Chironomidae	0	2	0	1	3	0,29
				<i>Chironominae sp.</i>	7	7	0	79	93	8,93
				<i>Orthocladinae sp.</i>	7	44 3	3	23 3	68 6	65,8 3
				<i>Tanypodinae sp.</i>	1	4	0	0	5	0,48
			Muscidae	<i>Limnophora</i>	0	1	0	0	1	0,10
				<i>Lispe</i>	0	1	0	0	1	0,10

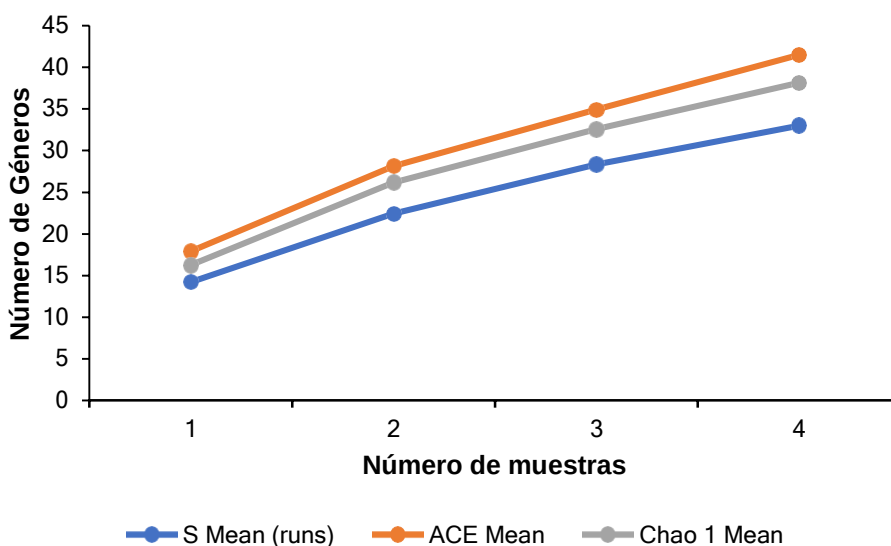
			Psychodidae	<i>Clognia</i>	0	2	0	0	2	0,19
				<i>Pericoma</i>	0	1	0	0	1	0,10
				<i>Psychoda</i>	0	4	1	0	5	0,48
			Simuliidae	<i>Simulium</i>	5	1	0	11	17	1,63
			Tipulidae	<i>Molophilus</i>	6	0	0	0	6	0,58
				<i>Tipula</i>	1	0	0	0	1	0,10
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	0	6	0	16	22	2,11
			Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	2	0	0	0	2	0,19
		Hemiptera	Veliidae	<i>Raghovelia</i>	9	0	0	0	9	0,86
		Lepidoptera	Crambidae	<i>Crambidae</i>	2	0	0	0	2	0,19
		Odonata	Aeshnidae	<i>Coryphaesha</i>	0	1	0	0	1	0,10
			Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	0	2	2	0,19
			Gomphidae	<i>Progomphus</i>	0	2	0	0	2	0,19
			Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	0	4	1	1	6	0,58
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	7	3	5	21	86	8,25
				<i>Smicridea</i>	3	0	8	0	11	1,06
			Hydroptilidae	<i>Leucotrichia</i>	0	0	1	0	1	0,10
Mollusca	Bivalvia	Venerioida	Pisidiidae	<i>Pisidium</i>	0	0	1	0	1	0,10
	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>	0	4	4	0	8	0,77
Platyhelminthes	Trepaxonemata	Neophora	Dugesidae	<i>Dugesia</i>	1	0	6	0	7	0,67

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Los géneros *Orthocladinae* sp. y *Leptonema* estuvieron presentes en cada estación de muestreo, generalmente en los tramos donde aparece la vegetación ribereña, el efecto de sombra producida por esta, puede hacer disminuir a los comedores de algas e incrementar la importancia de los ramoneadores y colectores de un alimento rico en detritos (Borges, 2017)

Representatividad del muestreo. Con respecto a los estimadores de riqueza, se registró un número total de 33 géneros observados en las estaciones evaluadas para un total de cuatro muestras que corresponden al 79.5% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE, 86.5% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 41 géneros (Figura 43).

Figura 43. Curva de acumulación de los géneros de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

La mayoría de los organismos encontrados son cosmopolitas y persistentes en el tiempo, se estima la posibilidad de encontrar una mayor cantidad de géneros, para lograr la asíntota, esto es consecuente, teniendo en cuenta que esta comunidad es sumamente extensa, con una amplia capacidad adaptativa al ecosistema acuático (Brower et al., 1997).

Diversidad alfa. La estación E1-Cabecera, presento los valores de diversidad y riqueza más altos ($H' = 2.26$; $Mg = 3.59$) y la dominancia más baja ($D = 0.09$) (Figura 44), esta estación fue en la parte alta de la quebrada, dónde se ubica el acueducto comunitario Acupaz, en este sitio se encuentra un muro de contención que ocasiona una barrera física y una perturbación para la comunidad. Sin embargo, es importante mencionar que este punto de la quebrada esta antes de ingresar a los barrios del sector, convirtiéndolo en la zona con un mejor estado de conservación, y los valores de diversidad y riqueza corroboran en parte esta hipótesis.

La estación E2-Parte media, presentó los valores más bajos de diversidad ($H = 0.59$) y los más altos con respecto a la dominancia ($D = 0.81$), en este punto la quebrada está bordeando una zona residencial. Se pudo evidenciar varias descargas de vertimientos domésticos en el agua, además de basura en los alrededores y dentro de ella. Estas descargas probablemente aumentan la concentración de diferentes iones, como, fosfatos, nitratos, por ende, se produce un crecimiento descontrolado de materia

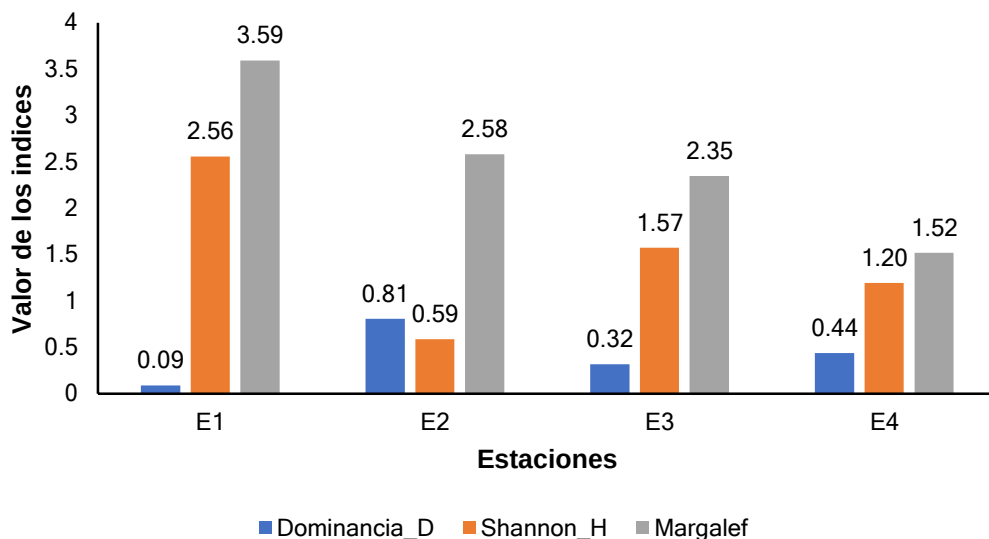
orgánica, situación que conlleva a una mayor tasa de descomposición, que finalmente conduce a un proceso de eutrofización (Bolaño, Cordero y Segura, 2017).

La estación E3-Viñas de Calambeo) fue la que obtuvo los segundos valores más altos con respecto a la diversidad, y los segundos valores más bajos con respecto a la dominancia ($H = 1.57$; $D = 0.32$), esta estación está inmersa en una matriz urbana, donde hay vegetación ribereña que produce sombra, todo esto ayuda a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, aunque, es evidente la degradación del hábitat.

La estación E4-Desembocadura fue la que obtuvo valores más bajos con respecto a la riqueza de géneros ($Mg = 1.52$) y la segunda estación con un valor alto en la dominancia ($D = 0.44$), en general la tendencia en la riqueza fue disminuir a lo largo de la microcuenca de esta quebrada, siendo el punto más bajo el que tuvo menos número de taxones.

En este muestreo *Orthocladinae* sp. fue el género más dominante, lo anterior se podría deber a que estos organismos predominan en ambientes que presentan disturbios frecuentes. Varios estudios, demuestran que aún la familia Chironomidae es un buen bioindicador de mala calidad del agua, al ser dominantes en ambientes contaminados y con estrés de metales pesados (Castro et al., 2020).

Figura 44. Diversidad Shannon – Wiener (H'), índice de Margalef e índice de Dominancia Simpson de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



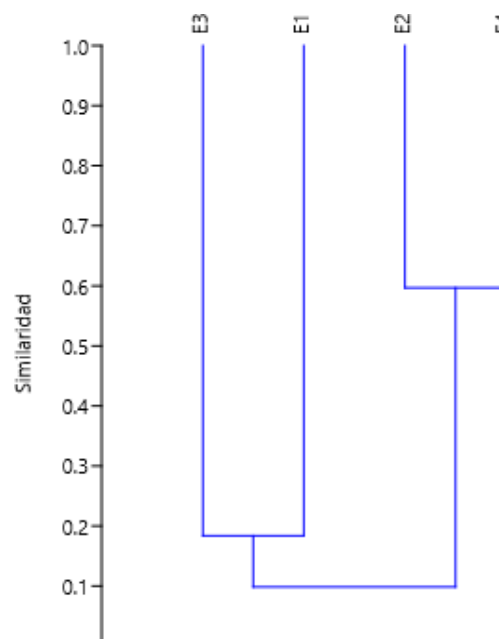
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Diversidad beta. Las estaciones de la quebrada La Aurora, presentaron una similitud de entre el 10% y el 60% (Figura 45). La estación E2-parte media y E4-desembocadura

tienen un 60% de similaridad entre ellas, comparten géneros como *Baetodes*, *Simulium* y *Tubifex*, además, las abundancias de estas dos estaciones están por encima de los 300 organismos colectados siendo las más altas a diferencia del segundo grupo conformado por las estaciones E3-Viñas de Calambeo y E1-cabecera, dónde tienen un 20% de similaridad, estas dos estaciones comparten géneros como *Smicridea*, *Heterelmis* y *Dugesia*, y sus abundancias no superan los 110 organismos.

El hecho de que se encuentren muy bien diferenciados dos grupos dentro del análisis, muestra la heterogeneidad que posee el cuerpo de agua, dónde, puede tener diferentes sustratos disponibles para colonizar y tener diferentes presiones antropogénicas.

Figura 45. Índice de Similaridad de Bray-Curtis de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Calidad de agua. Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, la estación E1-cabecera, es la única que presenta una calidad de agua aceptable (Tabla 16), es decir, que sus aguas están ligeramente contaminadas (Roldan, 2003).

Esta estación se encuentra en la parte alta de la microcuenca y se encontraron familias como Ptilodactylidae, que según el índice obtiene un valor de 10, además de las familias Simuliidae, Veliidae, Dryopidae, Leptohyphidae e Hydropsychidae, todas con valores superiores a 7, en esta estación hay una mayor conservación de la microcuenca, haciendo propicia la presencia de organismos muy sensibles a la contaminación.

Las estaciones E2-parte media, E3-Viñas de Calambeo y E4-desembocadura, presentaron puntajes menores a 60 puntos lo que las incluye en la categoría de calidad de agua dudosa (Tabla 16), en este caso hace referencia a aguas moderadamente contaminadas (Roldan, 2003), y es que estas estaciones se encuentran inmersas en la matriz urbana de los barrios de Ibagué, para el caso de la E4-desembocadura, aunque, está en la zona del Jardín Botánico San Jorge, la acumulación de contaminantes a este punto es mayor, resultado de la acumulación.

En estas estaciones se encontraron las familias Naididae, Muscidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Pisidiidae y Glossiphoniidae, todas con valores inferiores a tres, siendo estos puntajes lo más bajos dentro del índice.

Estas familias son altamente tolerantes a la contaminación del medio acuático, son capaces de tolerar ambientes con baja cantidad de oxígeno, en estado de eutrofización, causado por la alta concentración de fosfatos, nitratos entre otros, como resultado de los vertimientos domésticos e industriales que se presentan en la zona (Roldan, 2003; Castro et al., 2020).

Tabla 16. Índice de calidad de agua BMWP/col de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Estación	Puntaje BMWP/Col	Estado
E1	68	Aceptable
E2	59	Dudosa
E3	51	Dudosa
E4	41	Dudosa

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Los géneros pertenecientes a las familias con los puntajes más altos fueron: *Anchytarsus*, encontrado en la primera estación, perteneciente a la familia Ptilodactylidae que es altamente sensible a la contaminación en los cuerpos de agua. Estos organismos se han categorizado como trituradores de materia orgánica, posiblemente alimentándose de los microorganismos que crecen adheridos a esta, además, es común que se encuentren hacia las orillas, entre las raíces de la vegetación ribereña (Layton, 2017).

Progomphus, encontrado en la segunda estación, el cuál según la literatura se encuentra asociado a fondos de ríos o quebradas con sustratos arenosos y hojarasca, estos organismos se han encontrado en hábitats ricos en oxígeno y generalmente la mayoría de especies de este género no toleran contaminantes, este género se registró en la

segunda estación (Ramirez, 2010). La familia Gomphidae y Ptilodactylidae según el índice BMWP/col se le asignan 10 puntos, el mayor puntaje dentro de este índice.

Simulium, se encontró en las estaciones E1-cabecera, E2-parte media y E4-desembocadura, de la quebrada la Aurora, los organismos están asociados a sustratos rocosos y con hojarasca, tienen potencial bioindicador, pues están presentes en arroyos con impactos intermedios de contaminación urbana, pero ausentes en los sitios fuertemente afectados. según el índice BMWP/col se le asignan 8 puntos a la familia Simuliidae (Docile, 2015).

Rhagovelia, pertenecientes a la familia Veliidae según este índice también tienen 8 puntos. Son considerados como indicadores biológicos de una buena calidad del agua en lo que respecta a la película superficial, ya que son patinadores y cualquier agente externo que afecte la tensión superficial del agua, afecta de manera directa su dispersión. Dentro de los ambientes lóticos, se encuentran asociados con diversidad de sustratos naturales sumergidos, altos niveles de oxígeno y velocidad moderada de la corriente, este género se encontró solo en la primera estación (Padilla y Garcia, 2016).

La presencia de estos géneros en la quebrada la Aurora, indican que se debe conservar toda la microcuenca, ya que hay organismos sensibles a la contaminación en mayor o menor grado en todas las estaciones y al estar hablando de un flujo de agua continuo es necesario que a lo largo de todo el recorrido de la quebrada se haga una recuperación de la vegetación ribereña, que es fundamental para la diversidad de organismos, se controle el ingreso de las descargas industriales o domesticas directas provenientes de la zona urbana.

Información secundaria. En la búsqueda realizada no se encontró información precisa para esta microcuenca, pero, se enfocó en encontrar estudios realizados en quebradas aledañas y pertenecientes a la cuenca del río Totare, dónde se resaltó el trabajo realizado por Reinoso et al., (2007), encontrando la siguiente información sobre la composición de la comunidad de macroinvertebrados (Tabla 17).

Tabla 17. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos encontrados en las estaciones de las quebradas Ambalá y Panelas (Reinoso et al., 2007).

Filo	Clase	Orden	Familia	Género
Anellida	Clitellata	Tubificida	Naididae	<i>Tubifex</i>
Arthropoda	Collembola	Collembola	-	—
	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i>
			Elmidae	<i>Austrolimnius</i>
				<i>Cylloepus</i>

				<i>Heterelmis</i>
				<i>Hexanchorus</i>
				<i>Huleechius</i>
				<i>Macrelmis</i>
				<i>Microcylloepus</i>
				<i>Neoelmis</i>
				<i>Phanocerus</i>
			Hydraenidae	<i>Hydraena</i>
			Psephenidae	<i>Psephenops</i>
			Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>
			Scirtidae	<i>Elodes</i>
		Díptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomya</i>
				<i>Atrichopogon</i>
				<i>Probezzia</i>
			Chironomidae	<i>Chironominae sp.</i>
				<i>Orthocladiinae sp.</i>
				<i>Tanypodinae sp.</i>
			Dixidae	<i>Dixella</i>
			Empididae	<i>Chelifera</i>
				<i>Hemerodromia</i>
			Muscidae	<i>Limnophora</i>
			Simuliidae	<i>Simulium</i>
			Tipulidae	<i>Hexatoma</i>
				<i>Limonia</i>
				<i>Molophilus</i>
				<i>Tipula</i>
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>
				<i>Baetodes</i>
				<i>Camelobaetidius</i>
			Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i>
				<i>Leptohyphes</i>
				<i>Traverhyphes</i>
				<i>Tricorythodes</i>
			Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>
				<i>Thraulodes</i>
		Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>
		Odonata	Aeshnidae	<i>Coryphaeschna</i>
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>
		Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>
			Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>
			Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>

				<i>Smicridea</i>
			Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>
			Hydroptiliidae	<i>Hydroptila</i>
				<i>Leucotrichia</i>
			Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>
				<i>Nectopsyche</i>
				<i>Oecetis</i>
			Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>
	Malacostraca	Isopoda	-	-
Platyhelminthes	Trepaxonemata	Neoophora	Dugesidae	<i>Girardia</i>

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

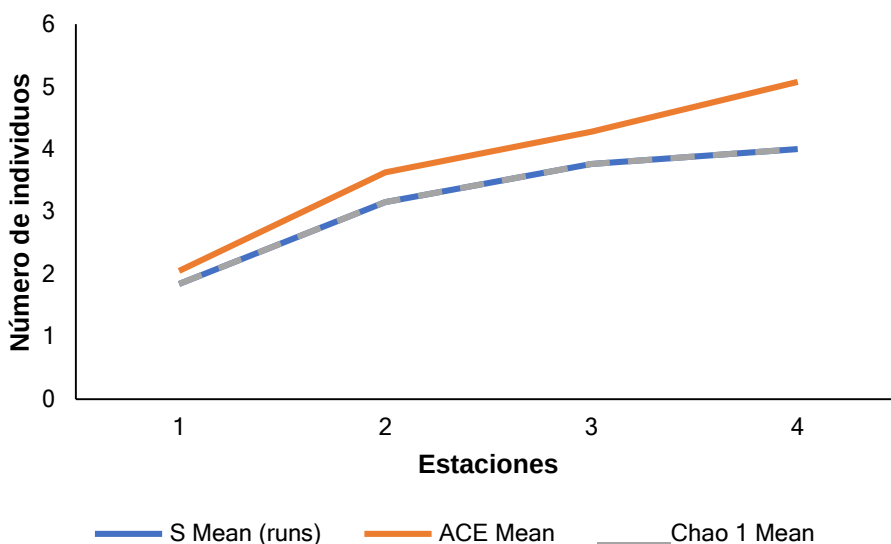
Al comparar la composición de estos resultados con los obtenidos de la quebrada La Aurora, la mayoría de los géneros encontrados, también fueron hallados en estos cuerpos de agua. Es importante destacar que, en las quebradas La Aurora el orden Diptera obtuvo una mayor representación en familias y géneros mientras que, en las quebradas Ambala y Las Panelas fue el orden Trichoptera el de mayor riqueza.

Ictiofauna

Estimaciones de riqueza y representatividad del muestreo. De acuerdo con el estimador de riqueza ACE se registró un 78.74% de las especies esperadas, para el estimador de riqueza Chao 1 se registró el 100% de las especies esperadas. Estos resultados indican que, aunque existe una buena representatividad de especies, hacen falta más muestreos para que los valores observados alcancen la asíntota de la curva (Figura 46).

Las especies observadas representaron el 78.74% de las especies esperadas, que junto con el comportamiento asintótico de la curva de acumulación indicaron una buena representatividad y, por lo tanto, un buen muestreo (Villarreal et al., 2004).

Figura 46. Curva de acumulación de especies ícticas registradas en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



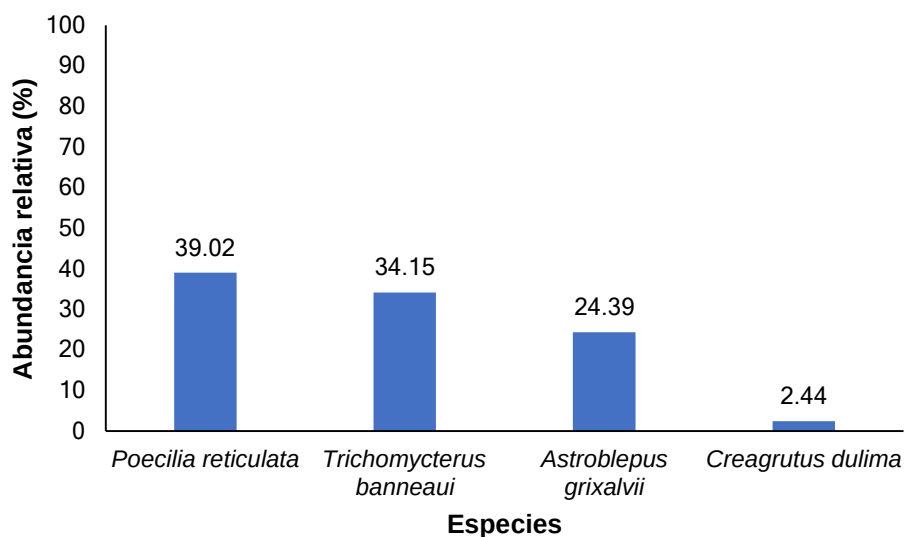
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Composición y abundancia a nivel general. De manera general, fueron colectados 41 individuos, pertenecientes a tres órdenes, cuatro familias y cuatro especies. De acuerdo a lo anterior, Siluriformes con 58.54% (24 individuos) y Cyprinodontiformes con 39.02% (16 individuos), fueron los órdenes más abundantes, por el contrario, Characiformes fue el menos abundante con 2.44% (un (1) individuo) (Anexo 3).

Respecto a las familias, Poeciliidae con 39.02% (16 individuos), Trichomycteridae con 34.15% (14 individuos) y, Astroblepidae con 24.39% (10 individuos) fueron las más abundantes; contrario a esto, Characidae fue la menos abundante con 2.44% (un (1) individuo).

Finalmente, *Poecilia reticulata* con 39.02% (16 individuos), *Trichomycterus banneai* con 34.15% (14 individuos) y *Astroblepus grixalvii* con 24.39% (10 individuos) fueron las especies más abundantes; por otra parte, *Creagrutus dulima* con 2.44% fue la menos abundante, representada por un solo individuo (Figura 47).

Figura 47. Abundancia relativa de las especies de la comunidad íctica en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

A nivel espacial, la estación E4 - desembocadura con 17 individuos, que representa un 41.46% del total fue la más abundante; en su orden le siguen las estaciones E3 - Viñas de Calambeo con nueve (9) individuos (21.95%), E1 - Cabecera con ocho (8) individuos (19.51%) y finalmente, E2 – parte media (universidad Antonio Nariño) con siete (7) individuos (17.07%) (Tabla 18, Figura 48).

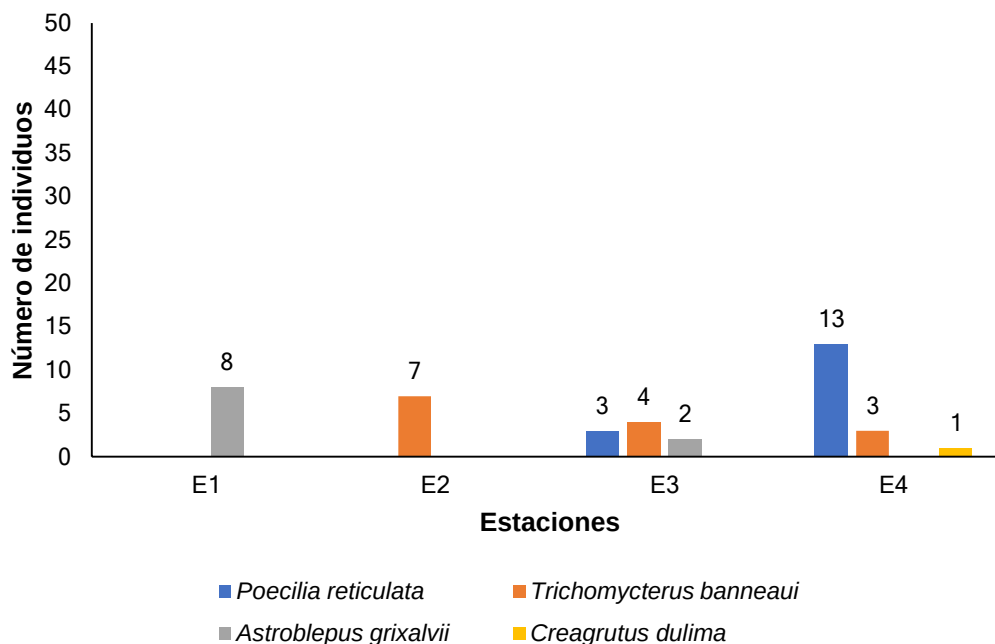
Tabla 18. Composición de especies de la comunidad íctica en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Especies	E1	E2	E3	E4
CHARACIFORMES				
Characidae				
<i>Creagrutus dulima</i>				1
SILURIFORMES				
Astroblepidae				
<i>Astroblepus grixalvii</i>	8		2	
Trichomycteridae				
<i>Trichomycterus banneai</i>		7	4	3
CYPRINODONTIFORMES				

Poeciliidae				
<i>Poecilia reticulata</i>			3	13
TOTAL	8	7	9	17

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Figura 48. Composición de especies la comunidad íctica a nivel espacial de la microcuenca de la quebrada La Aurora.



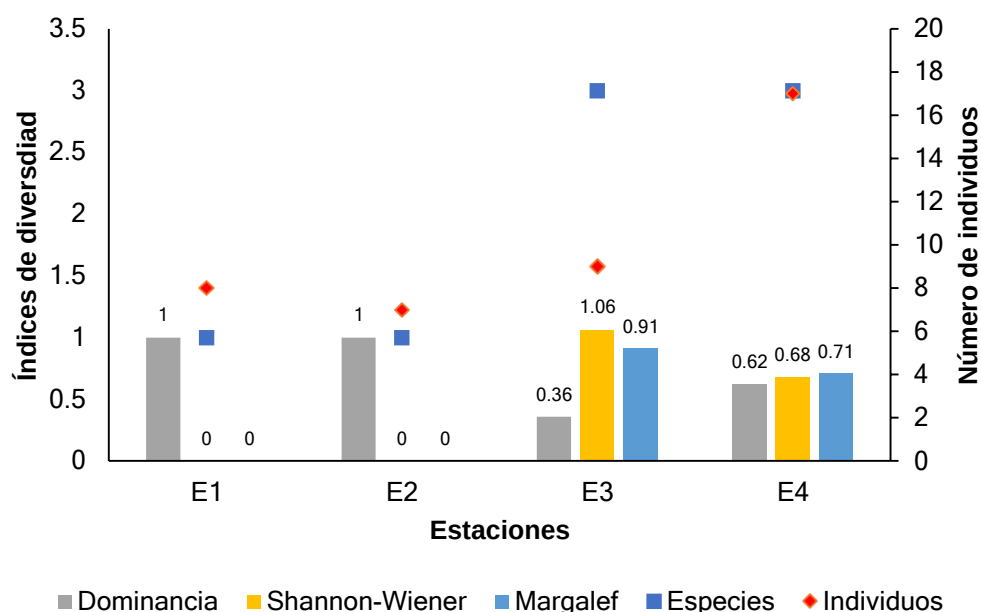
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Índices de riqueza y diversidad. De manera general, el mayor número de especies e individuos se registraron en las estaciones E4 - desembocadura (3 spp., 17 individuos) y E3 - Viñas de Calambeo (3 spp., 9 individuos). Contrario a esto, en las estaciones E1 - Cabecera (1 spp., 8 individuos) y E2 - parte media (universidad Antonio Nariño) (1 spp., 7 individuos), se registraron los valores más bajos de especies y ejemplares (Figura 49).

Por otra parte, los mayores valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Margalef, fueron hallados en E3 – Viñas de Calambeo ($H' = 1.06$, $D = 0.91$) y E4 – Desembocadura ($H' = 0.68$, $D = 0.71$) (Figura 49). Por el contrario, en las estaciones restantes los valores hallados de ambos índices, fueron de 0.

Finalmente, los valores más altos del índice de Dominancia de Simpson fueron hallados en E1 - Cabecera ($\lambda = 1$) y E2 - parte media (Universidad Antonio Nariño) ($\lambda = 1$); por el contrario, en E4 - Desembocadura ($\lambda = 0.62$) y en E3 - Viñas de Calambeo ($\lambda = 0.36$), se hallaron los valores más bajos (Figura 49).

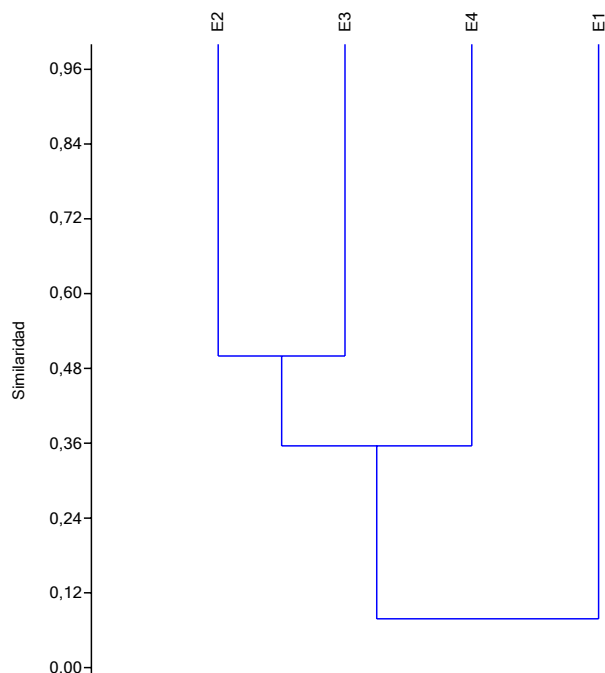
Figura 49. Variación general de los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H'), Margalef y Dominancia de Simpson de la comunidad íctica, en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Diversidad beta. La estructura de la comunidad evaluada por medio del índice de similitud de Bray-Curtis, muestra dos componentes. El primero relaciona las estaciones E2-parte media, E3-Viñas de Calambeo y E4-desembocadura, con una similitud del 36%, esta agrupación se debe a que en todas las estaciones se registró *Trichomycterus banneai*. Dentro de esa agrupación, E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo compartieron el 48% de sus especies. Por otra parte, el segundo componente conformado por la estación E1-cabecera, comparte con la primera agrupación una similitud del 12% (Figura 50).

Figura 50. Análisis de similaridad de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Importancia de las especies. De manera general, ninguna de las especies ícticas registradas se encuentra dentro de alguna categoría de amenaza, no son especies migratorias, ni de consumo; sin embargo, *Creagrutus dulima*, *Trichomycterus banneau* y *Astroblepus grixalvii*, son especies endémicas para la región del Alto Magdalena.

Por otra parte, *Poecilia reticulata* es una especie introducida, por lo general la introducción de especies se asocia con actividades humanas, esta especie se utiliza como agente de control biológico de enfermedades transmitidas por mosquitos y adicionalmente, son ornamentales (Axelrod et al., 1986; Ortega, 2015; Albornoz y Villa, 2017).

Información secundaria. Hasta el momento no se ha realizado una caracterización de la comunidad íctica en la microcuenca de la quebrada La Aurora; sin embargo, se halló información de quebradas pertenecientes a la cuenca del río Alvarado, en la cual se han registrado 36 especies ícticas, las cuales están distribuidas en cinco órdenes y 14 familias (Albornoz et al., 2020).

Por otra parte, de manera general, respecto a los resultados obtenidos, se puede inferir que la baja abundancia y riqueza de especies ícticas se puede atribuir a diferentes factores, dentro de ellos, la notable contaminación del cuerpo de agua es uno de los más importantes. Es de resaltar, que desde el nacimiento de la quebrada se está interviniendo

la quebrada de manera negativa, ya que, en el área del acueducto utilizan soluciones de sulfato las cuales van directamente al cuerpo de agua.

Asimismo, la contaminación antrópica, representada en basura y desechos orgánicos es notoria a lo largo de toda la microcuenca, en especial en las estaciones E2 y E3, condiciones que no permiten el establecimiento de la fauna acuática.

Por otra parte, otro determinante de la baja riqueza de especies es la altura a la cual está ubicada la quebrada La Aurora, ya que, factores como la elevación están relacionados de manera inversa con la diversidad; de acuerdo con lo anterior, en las zonas de mayor altura la diversidad de una amplia gama de organismos, incluidos vertebrados, invertebrados y plantas, el patrón observado se encuentra marcado por una disminución en la diversidad de especies y la sustitución de las mismas a medida que aumenta la altitud (Lomolino, 2001).

Adicionalmente, en Colombia son pocos los estudios que existen entre la relación de la distribución, diversidad y abundancia de la ictiofauna respecto a la altitud, para muchas familias de peces se desconoce cuál es la relación de los gradientes físicos con la distribución y abundancia de sus especies (Briñez-Vásquez et al., 2005).

Por otra parte, la composición general de especies de la microcuenca de la quebrada La Aurora, no se aleja del patrón normal en donde los Siluriformes y Characiformes son los más diversos a nivel de orden y familia (Cortolima, 2004; Cortolima, 2007; López-Delgado, 2013; Albornoz et al., 2020).

Es de resaltar la presencia de *Creagrutus dulima*, la cual es una especie endémica del departamento del Tolima con localidad tipo en la cuenca del río Alvarado, específicamente en la quebrada Chumba (Albornoz et al., 2018).

Cyprinodontiformes, por su parte, también fue un orden abundante en el área de estudio, el cual se encuentra representado por una especie *Poecilia reticulata*, la cual se encuentra asociada a sitios en donde la velocidad de la corriente es baja (Maldonado-Ocampo et al., 2005), en zonas con intervención antrópica y ambientes en donde se tiende a la homogenización de los hábitats (Cassati et al., 2009), como es el caso de la quebrada La Aurora.

P. reticulata, es una especie introducida, estas especies logran estrategias de dispersión y generan efectos negativos en términos de dominancia y desplazamiento de las especies nativas, afectando los ecosistemas en donde se alojan (Baptiste et al., 2010); asimismo, alteran la red trófica y la estructura de la comunidad (Mills et al., 2004; Gutiérrez, 2006), modificando el ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos a través de la depredación y provocando así un aumento en la densidad de la comunidad de perifiton (Maddern et al., 2011).

Las invasiones biológicas, son consideradas la segunda causa de pérdida de biodiversidad y uno de los cinco principales motores de cambio (McNeely, 2001).

Respecto a las especies invasoras acuáticas continentales, se ha definido que las introducciones y trasplantes de especies conduce a cuatro posibles resultados: extinción de homólogos ecológicos; hibridación, con los efectos concomitantes en la genética de las poblaciones originales; fracaso de la introducción, originado en parte por competencia con las especies establecidas; y, coexistencia, lo que implica, que la especie introducida o trasplantada encontró un “nicho vacante” en la comunidad, con una segregación interactiva de nicho (Baptiste et al., 2010).

Herpetofauna

Composición de especies. Durante el muestreo realizado, se encontró un total de 88 individuos, correspondiente a 78 anfibios y 10 reptiles, agrupados en 13 familias, 13 géneros y 14 especies (Anexo 4). Siendo la familia Craugastoridae la de mayor riqueza (dos especies) y la más abundante (59%), seguido de las familias Dendrobatidae, Hylidae y Plethodontidae (Tabla 19).

Resultado constante a lo observado en la mayoría de estudios que se han realizado en la localidad u inmediaciones (Bernal, Páez y Vejarano, 2005; CORTOLIMA, 2018, julio; CORTOLIMA, 2018; CORCUENCAS, 2014), donde familias generalistas como Craugastoridae, Hyidae y Bufonidae tienden a mostrar una amplia abundancia y diversidad de especies, debido a sus reproducciones explosivas, depositando multitud de huevos (Guayara-Barragán y Bernal, 2012), así como su adaptabilidad a los ambientes, como la que muestran los organismos del grupo *Pristimantis*, que al carecer de una dependencia directa a los cuerpos de agua, se vale de su capacidad de desarrollo directo, donde no existe una etapa metamórfica, sino que los huevos eclosionan en tierra dando como resultado replicas pequeñas del estadio adulto, permitiendo conquistar diversos ambientes (Crawford y Smith, 2005).

Tabla 19. Composición de la herpetofauna (anfibios y reptiles) en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Clase	Orden	Familia	Especie	IUCN	CITES	E1	E2	E3	E4
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Rhinella gr. margaritifera</i>	NE	-				3
		Craugastoridae	<i>Pristimantis gagei</i>	LC	-		3	3	
			<i>Pristimantis taeniatus</i>	LC	-	10	13	12	11
		Dendrobatidae	<i>Hyloxalus vergeli</i>	VU	-		11	3	
		Hylidae	<i>Boana platanera</i>	NE	-				4
		Leptodactylidae	<i>Leptodactylus colombiensis</i>	LC	-			1	
	Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa ramosi</i>	NT	-	3			1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Tantilla melanocephala</i>	LC	-		1		
		Corytophanidae	<i>Basiliscus galeritus</i>	LC	-		1		
		Dactyloidae	<i>Anolis tolimensis</i>	LC	-	1			
		Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	LC	-		1	1	
		Gymnophthalmidae	<i>Cercosaura argulus</i>	LC	-		2	1	
		Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	LC	Apend. II			1	

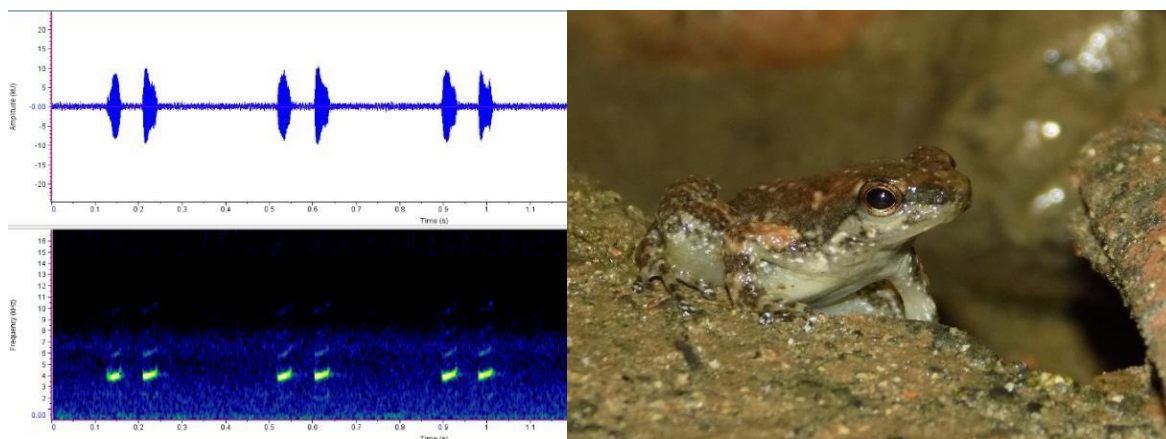
		Polychrotidae	<i>Polychrus marmoratus</i>	LC	-		1		
--	--	---------------	-----------------------------	----	---	--	---	--	--

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Detección acústica. Mediante detección acústica se corroboró y recopiló las vocalizaciones de advertencia de tres especies, *Hyloxalus vergeli*, *Pristimantis taeniatus* y *Boana platanera*, realizando las grabaciones a distancias medias de 1.5 m, registrando datos de humedad al momento de realizarlas.

- *Hyloxalus vergeli*: su canto se caracteriza por tener dos notas tonales de frecuencia modulada con armónicos, con una duración 0.107-0.189 s (0.140 ± 0.015 s), su frecuencia oscila entre los 2067.2 - 4823.4 Hz, y su frecuencia pico es en promedio de 3999.2 Hz. Vocaliza entre huecos cercanos a cuerpos de agua (Figura 51).

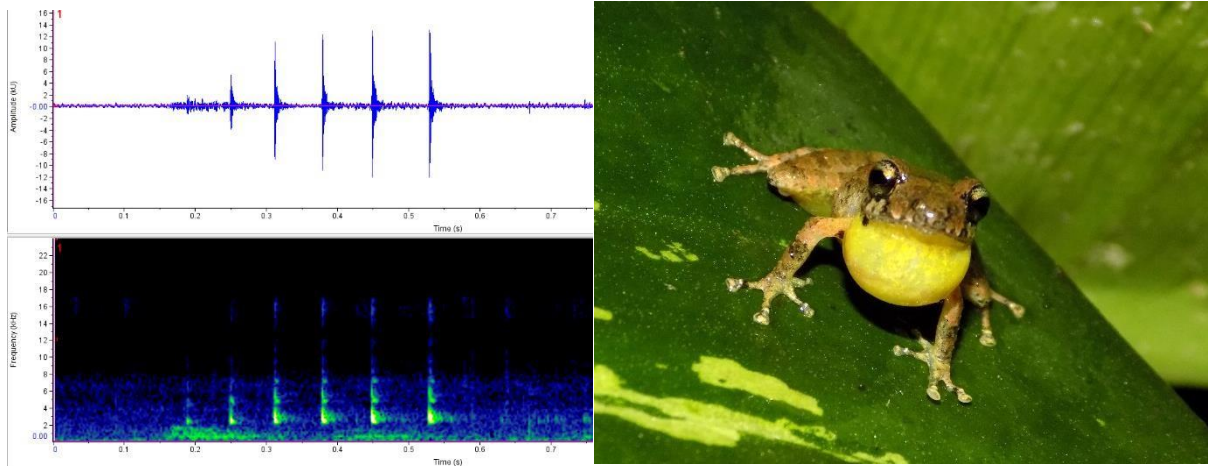
Figura 51. Oscilograma y espectrograma de *Hyloxalus vergeli* registrado sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

- *Pristimantis taeniatus*: canto conformado por una nota con pulsos de repetición múltiple, 4 a 9 pulsos/nota (5.3 ± 1.0 pulsos/nota), y con una duración 0.207 - 0.651 s (0.367 ± 0.099 s), su frecuencia oscila entre los 2067.2 - 5512.5Hz, y la frecuencia pico es en promedio de 2544.1 Hz. Acostumbra a vocalizar perchedo en hojas y ramas de arbustos, en alturas menores a 2 m (Figura 52).

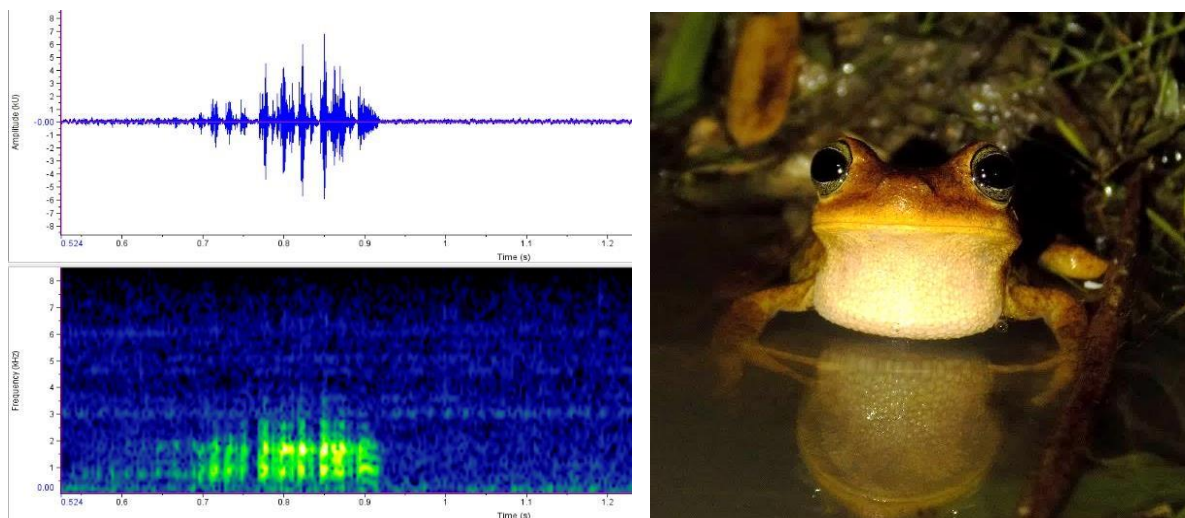
Figura 52. Oscilograma y espectrograma de *Pristimantis taeniatus* registrado sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

- *Boana platanera*: el canto está conformado por un gruñido gutural de corta duración, con una duración entre 0.17 - 0.25 s (0.21 ± 0.03 s), con un rango de frecuencia entre 750-1875 Hz y una frecuencia pico de 1687 Hz (Figura 53).

Figura 53. Oscilograma y espectrograma de *Boana platanera* registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



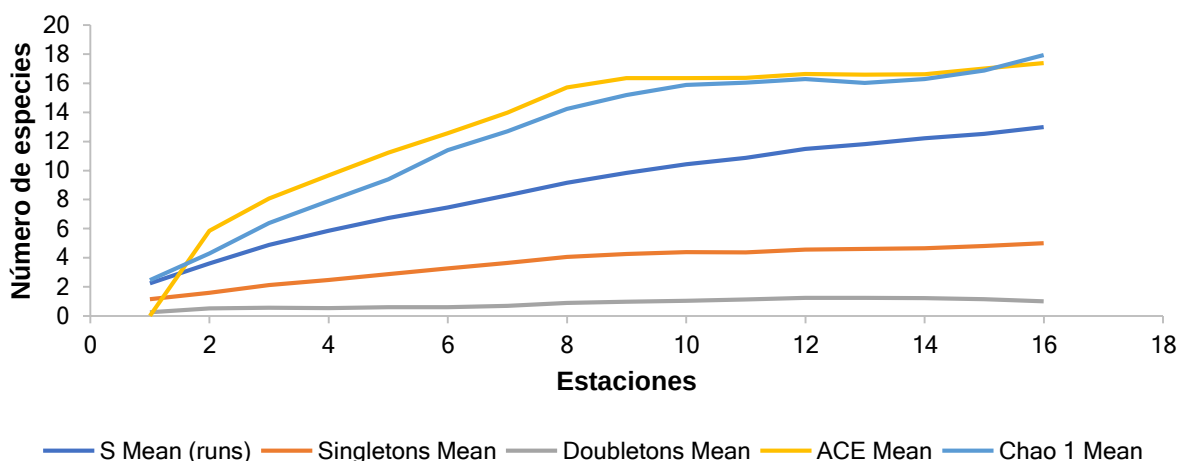
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Representatividad general del muestreo. A nivel general se tiene que la representatividad del muestreo realizado sobre la herpetofauna asociada a la

microcuenca de la quebrada la Aurora, mostro una efectividad entre el 75.5% y el 74.8% con base a los estimadores Chao 1 y ACE, respectivamente, mostrando una tendencia hacia la asíntota.

Esto dada las particularidades del área muestreada, ya que al presentar una amplia heterogeneidad de coberturas, demarca distintos tipos de ambientes que propician el establecimiento de variadas especies, la mayoría de los individuos registrados tuvo una única ocurrencia de registro, lo cual puede estar relacionado con el tamaño de los fragmentos y el efecto de discontinuidad que generan los asentamientos humanos, afectando el tamaño poblacional de las especies (Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona, 2008), de esta forma se mantienen las líneas de tendencias de singletons y dobletons, que indican la probabilidad de poder encontrar hasta entre uno y dos individuos de especies raras, requiriendo que se aumenten los esfuerzos de muestreo (Figura 54).

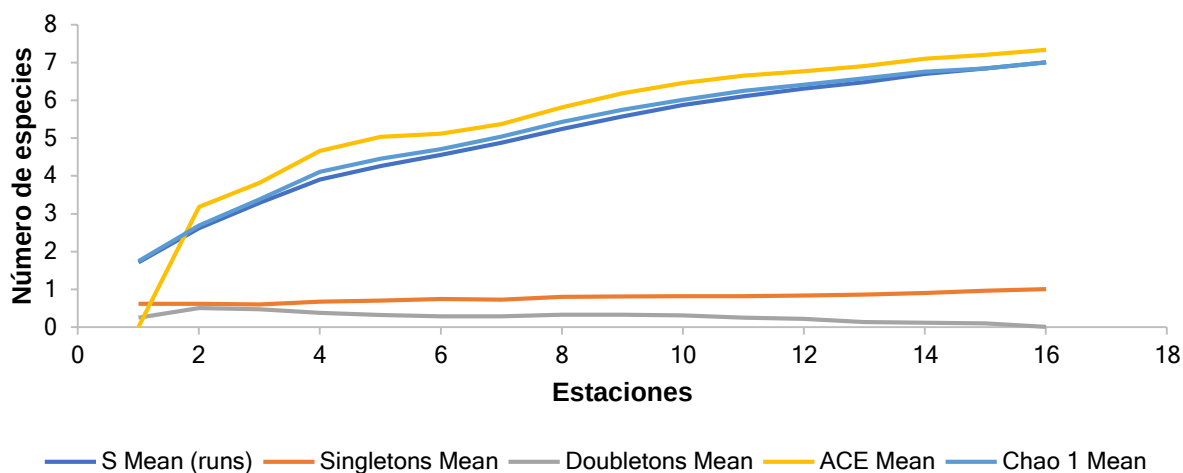
Figura 54. Curva de acumulación de especies de la comunidad de herpetos registradas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Representatividad para Anfibios. Al evaluar la efectividad del muestreo a nivel de anfibios se observa una alta efectividad para este clado (95.5% - 100%), mostrando una tendencia de estabilidad frente al encuentro de nuevas especies, minimizando la probabilidad de encontrar especies raras de anfibios. Si bien los ambientes contribuyen en medida al encuentro de estos, las condiciones de las localidades podrían influir en el establecimiento de nuevas especies por limitaciones de área o alteraciones ambientales (Zamora y Peña, 2018) (Figura 55).

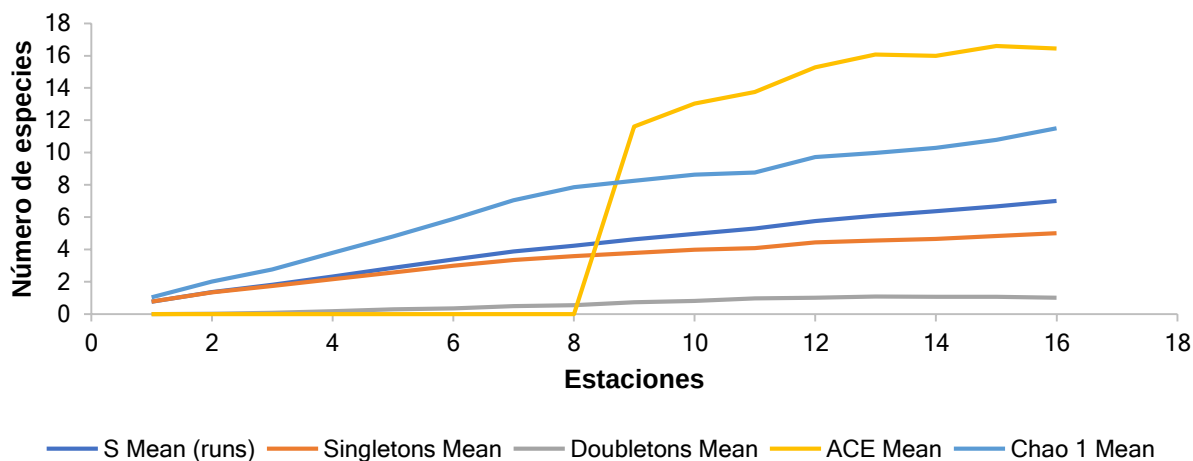
Figura 55. Curva de acumulación de especies de anfibios registradas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Representatividad para Reptiles. Contrario a lo encontrado en anfibios, para reptiles, los valores de efectividad tienden a ser bajos (ACE= 42.6% - Chao 1= 60.9%), teniendo en cuenta que al ser un grupo con comportamientos de escape más explosivos y una variedad de preferencias de habitat, disminuye la eficacia de encuentro a través de los muestreos. La mayoría de sus registros constaron de un único individuo, siendo plausible la probabilidad de encontrar especies raras, principalmente singletons (Figura 56).

Figura 56. Curva de acumulación de especies de Reptiles registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

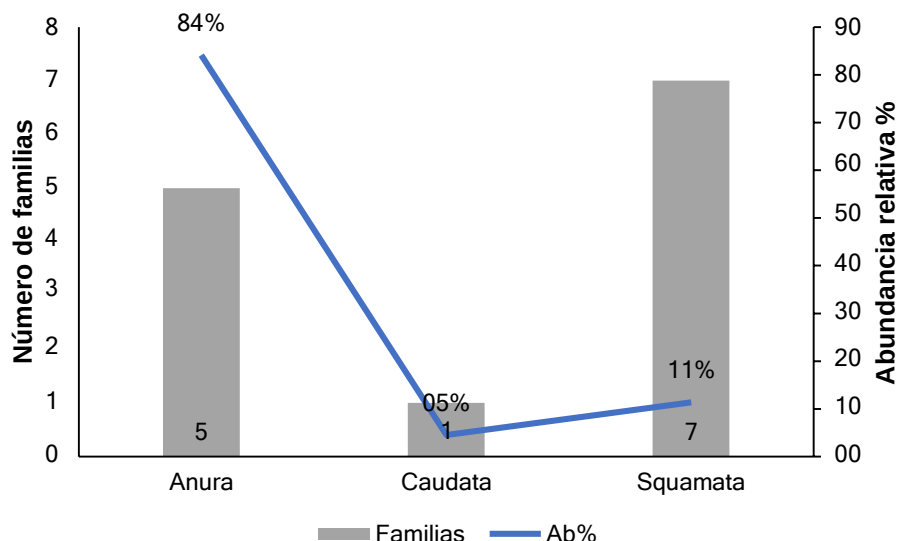


Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Abundancia. Dentro de los grupos de Herpetos, la clase Reptilia, tuvo el número más alto de familias registradas (7 familias), aunque la clase Amphibia presento la mayor abundancia de individuos por especie con un 88.6%, esto dado las condiciones ambientales presentes y el rango altitudinal, lo cual contribuye a minimizar la probabilidad de encuentro de reptiles, teniendo en cuenta que a mayor gradiente la diversidad disminuye (Vargas-Salinas y Aponte-Gutiérrez, 2016; Urbina-Cardona, 2011; Bernal y Lynch, 2008) (Figura 57).

De igual forma la intervención antrópica apreciable, mal manejo de basuras y aguas residuales, en algunas localidades y así como la presencia invasores, transmisores de patógenos, como el caracol africano (*Achatina* sp.) pueden incurrir sobre el tamaño poblacional de distintos vertebrados (Gutiérrez et al., 2012).

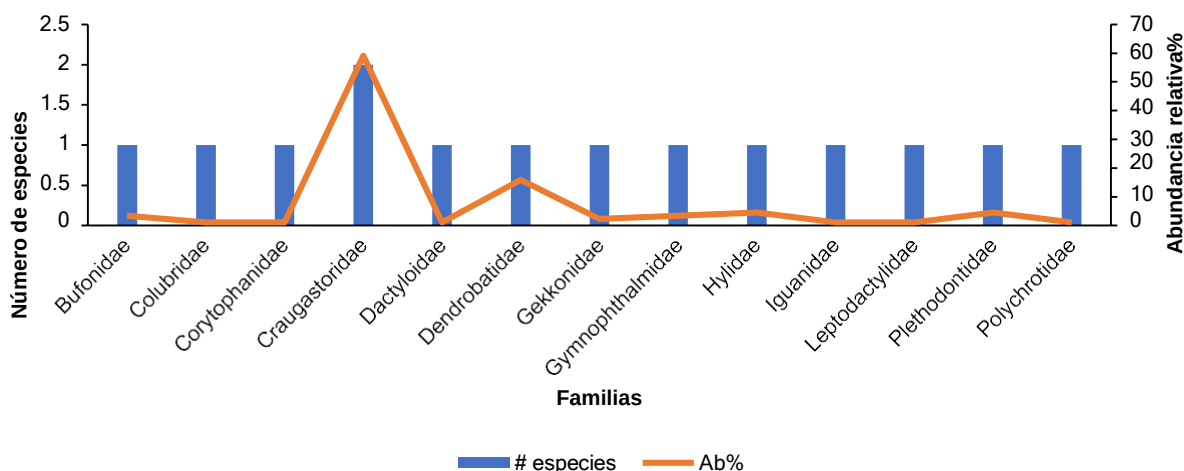
Figura 57. Abundancia relativa y número de familias por orden de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Entre las familias, Craugastoridae fue la más abundante y con el mayor número de especies (59.09%, 2 spp.), pertenecientes al género *Pristimantis*; seguido en abundancia por la familia Dendrobatidae con una única especie *Hyloxalus vergeli* (Figura 58). Estos anfibios poseen cierta capacidad de adaptación a las variaciones en el ambiente, persistiendo en áreas semi-urbanas. Los craugastoridos debido a su capacidad de desarrollo directo, por lo cual no requieren de cuerpos de agua para su reproducción (Crawford y Smith, 2005). Mientras *H. vergeli*, ha mostrado ser tolerante a la ampliación urbana, permitiendo una constancia en sus poblaciones (Sanchez, 2013).

Figura 58. Abundancia relativa y número de especies por familias de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



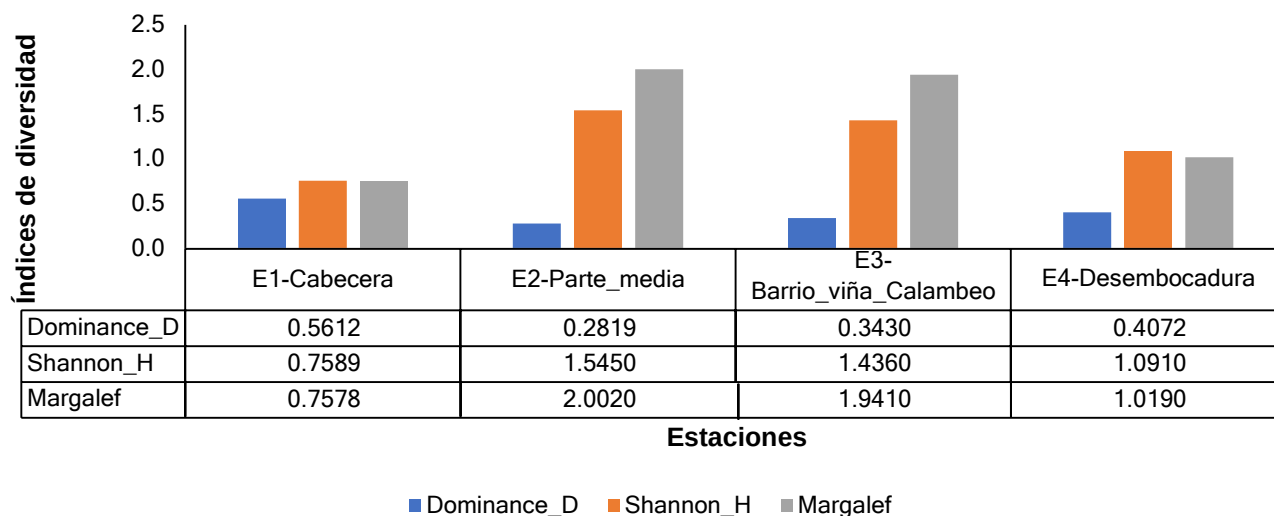
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Diversidad alfa. A nivel general los valores de dominancia reflejados en las localidades muestran una tendencia menor a la media, entendiéndose a que no existen especies predominantes dentro de cada una de las localidades (Figura 58), siendo E1-cabecera la que posee el valor más alto, debido, posiblemente a la presencia de la especie *P. taeniatus*, que al ser propia del grupo Craugastoridae, enmarca la capacidad de colonizar diversos ambientes, a partir de su mecanismo reproductivo (Crawford y Smith, 2005).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener, se encuentra relacionado con la heterogeneidad u homogeneidad de un ambiente, teniendo en cuenta que los valores en la mayoría de localidades superan la unidad se tiene que no prevalece una especie dominante en las localidades, mostrando una tendencia de media a baja diversidad (Figura 59), demarcando nuevamente la dominancia existente en la localidad E1-cabecera.

Si bien el índice de Margalef muestra una baja diversidad para las localidades E1-cabecera y E4-desembocadura, lo cual puede estar asociado al grado de conservación, permitiendo el establecimiento de especies más susceptibles al cambio. Mientras que en las localidades con influencia humana (E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo), se observa una tendencia de la diversidad en aumento, quizás por el tamaño de los fragmentos de bosque la ocurrencia de especies es mayor y se denota significativamente el efecto borde donde se perciben un mayor número de especies generalistas (Zamora y Peña, 2018; Cadavid, Valencia y Gómez, 2005) (Figura 59).

Figura 59. Índices de diversidad alfa de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

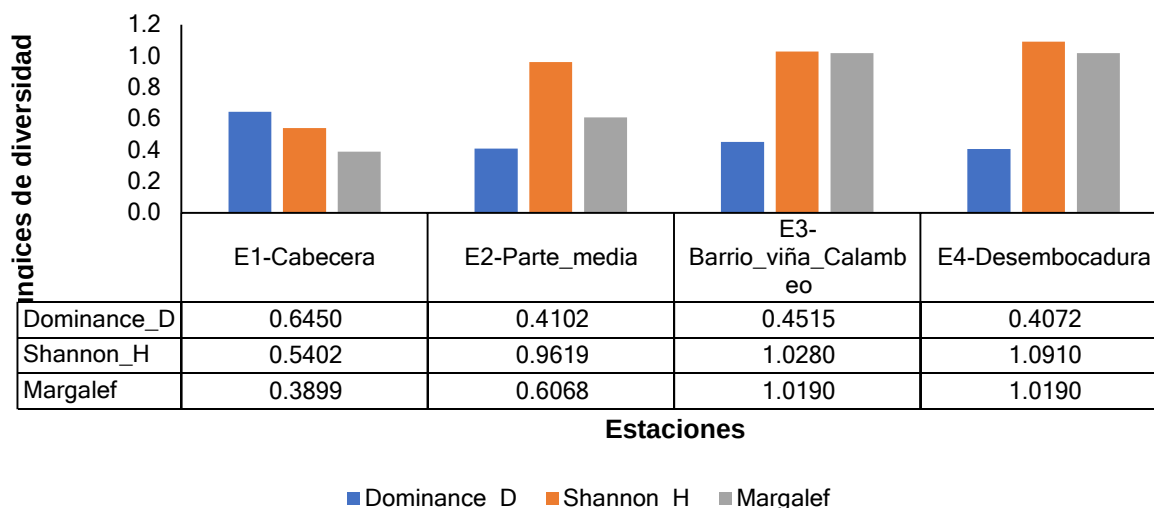


Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Diversidad alfa para Anfibios. A nivel de anfibios, se observa valores de dominancia media, manteniéndose la localidad la E1-cabecera como el más alto, enmarcada por la especie *P. taeniatus*, seguido de la localidad E3-Viñas de Calambeo, donde especies como *Hyloxalus vergeli* tienden a ser más abundantes. Este tipo de organismo muestra gran adaptabilidad a ambientes antropizados dadas sus características fisiológicas y reproductivas (Crawford y Smith, 2005).

De igual manera, el índice de diversidad de Shannon-Wiener muestra una diversidad baja para las cuatro localidades, constatado por el índice de riqueza de Margalef (Figura 60). Si bien hay especies generalistas que muestran una abundancia sobresaliente, son más las especies con pocos registros, evidenciándose el efecto borde frente ambientes alterados (Zamora y Peña, 2018).

Figura 60. Índices de diversidad alfa de los anfibios registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

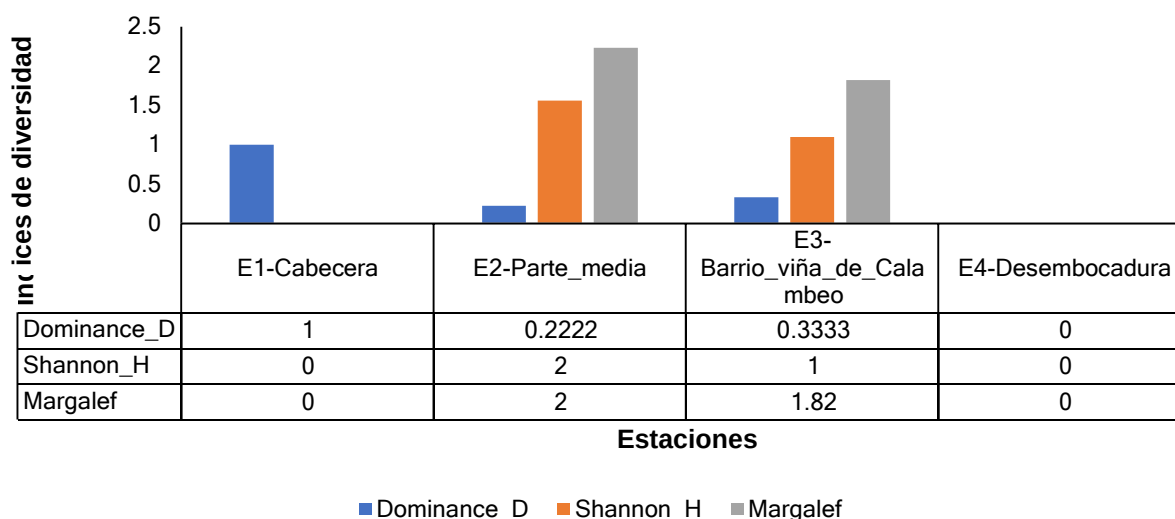


Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Diversidad alfa para Reptiles. A nivel de reptiles los análisis no tienden a ser tan congruentes, dado el número reducido de especies registradas durante el estudio. De esta forma solo se evalúan las localidades E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo que tuvieron un número de especies mayor, mostrando ambas una tendencia semejante al no prevalecer especies dominantes ya que, la mayoría de reptiles tuvieron la ocurrencia de un único encuentro, asimismo el índice de diversidad de Shannon-Wiener, muestra un valor de diversidad cercano a lo normal, constatado con el valor medio en el índice de Margalef (Figura 61).

La baja abundancia de especies puede deberse al tamaño limitado de los fragmentos de bosque, imposibilitando el asentamiento adecuado de reptiles, que tienden a expresar delimitaciones territoriales ya que presentan dispersiones más amplias (Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona, 2008).

Figura 61. Índices de diversidad alfa de los reptiles registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



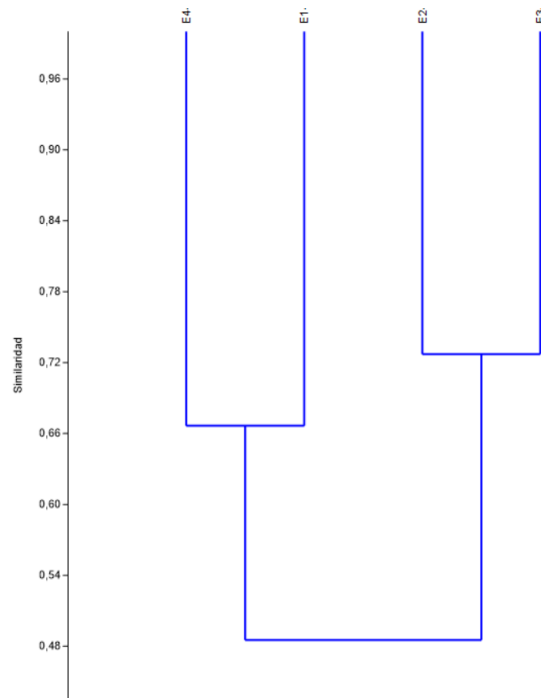
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Diversidad beta. La comunidad de herpetos, mostro una separación marcada entre las localidades de mayor y menor conservación, observándose un mayor grado de relación entre la localidad E2-parte media y E3-Viñas de Calambeo (78%) (Figura 62), las cuales comparten algunas de las especies registradas, valiendo el hecho de la reducción de espacio para el establecimiento de las especies, producto del impacto antrópico que se desarrolla en el sector, permitiendo una ocurrencia mayor, dado que se trata de especies generalistas.

Aunque las localidades E1-cabecera y E4-desembocadura (69%) comparten menos especies, poseen especies más susceptibles a variaciones contundentes en el ambiente como *B. ramosi*, teniendo en cuenta que este organismo depende íntegramente de la humedad constante en el ambiente al carecer de pulmones, permitiéndose encontrar únicamente en ambientes conservados (Cruz, Galindo y Bernal, 2016).

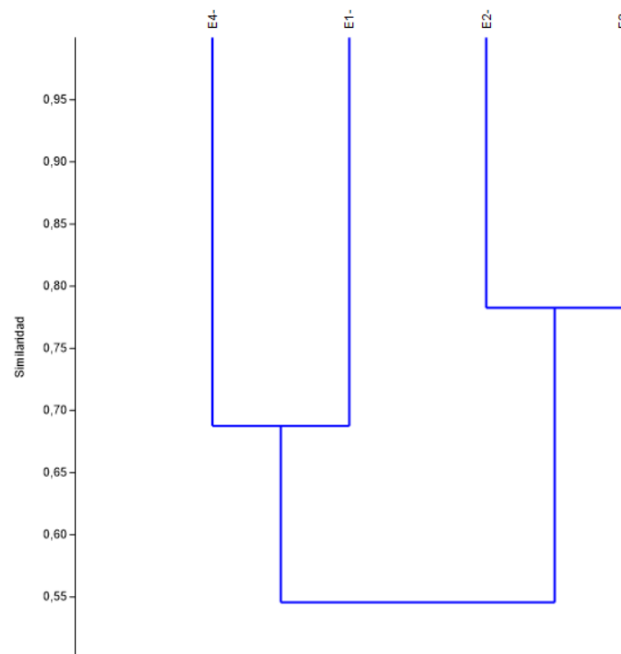
Diversidad beta para Anfibios. Al realizar el análisis de similitud a nivel de anfibios, se observa una tendencia semejante a la general, ya que la mayoría de especies compartidas viene dada por este componente, al mostrar una mayor abundancia de especies que en reptiles (Figura 63). Los anfibios se establecen como un referente en adecuación de ambientes, teniendo al grupo Craugastriidae como uno de los mejores adaptados, con especies como *P. taeniatus* y *P. gaigei* registradas en todos los puntos de muestreo, al igual que el determinante en zonas de vida con especies susceptibles como *B. ramosi*, o dependientes de los cuerpos de agua como *R. margaritifera* y *B. platanera* (Cantillo, 2019).

Figura 62. Índices de diversidad beta de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

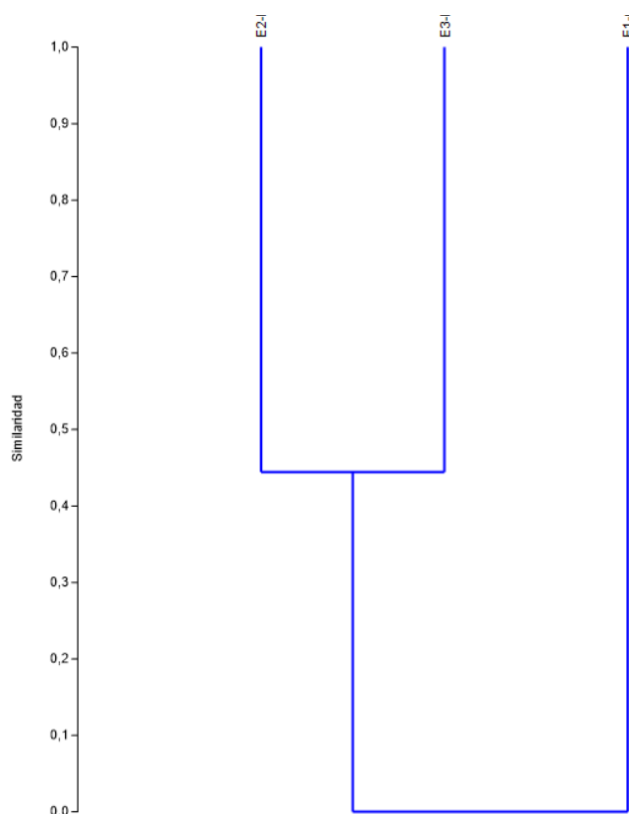
Figura 63. Índices de diversidad beta de los anfibios registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Diversidad beta para Reptiles. Al realizar el análisis de similaridad a nivel de reptiles se observa un porcentaje bajo (44%), con ausencia de registros en la localidad E4-desembocadura (Figura 64); de esta forma, se tiene que especies como *Hemidactylus frenatus* y *Cercosaura argulus* presentaron una mayor abundancia en las localidades, mediado por su cercanía y relación con asentamientos humanos, ya que, por ejemplo *H. frenatus* es una especie introducida, que se ha adaptado enormemente a este vínculo (Caicedo-Portilla y Dulcey-Cala, 2011).

Figura 64. Índices de diversidad beta de los reptiles registrados sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

Categorías ecológicas. De las 14 especies de herpetos registrados en el estudio, 11 están asignadas a la categoría de preocupación menor (LC), *B. platanera* se registra como No evaluada (NE) y *B. ramosi* ha sido asignada a la categoría de Casi Amenazada (NT) (Tabla 20); solo se reporta una especie en categorías de amenaza, *H. vergeli* establecida como Vulnerable (VU) (IUCN) (Tabla 20), aunque se trate de una especie con tolerancia a las perturbaciones en el hábitat, se encuentra restringida a un área de distribución limitada, el cual a su vez ha sido fragmentado sustancialmente por el

establecimiento de cultivos y el aumento de las urbanizaciones, dejando las poblaciones persistentes susceptibles a procesos estocásticos.

De las especies reportadas, solo una aparece dentro de los apéndices del CITES, *I. iguana* establecida en el apéndice II (Tabla 20), donde se enmarcan aquellas especies que por su uso irresponsable se puede llegar a un declive poblacional, teniendo en cuenta que *I. iguana*, es un animal que regionalmente se ve afectado por su extracción ilegal del ambiente natural, con la finalidad de venderse como mascota en mercados clandestinos (Gamboa y Montenefgro, 2007).

De igual forma, es alarmante en algunas zonas del país, pues su carne y huevos son consumidos, más por fines culturales que de subsistencia, llevando a cabo actos crueles en el manejo de los individuos, como la extracción de las hueveras cortando los animales en vida, los cuales en muchos casos son desechados a su suerte, pereciendo por infecciones o hemorragias (Rodríguez y García, 2008).

La herpetofauna evaluada en su mayoría no corresponde a especies endémicas para el país, siendo especies generalistas de distribuciones amplias, solo tres registran endemismos locales, teniendo a *B. ramosi*, *H. vergeli* y *A. tolimensis* como especies endémicas del país (Tabla 20).

Tabla 20. Especies endémicas, en categoría de amenaza (IUCN) o CITES de la herpetofauna registrada sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Especie	IUCN	CITES	Resolución 192 de 2014	Endemismo
<i>Anolis tolimensis</i>	Preocupación Menor (LC)	No aplica	No aplica	Endémica
<i>Bolitoglossa ramosi</i>	Casi Amenazada (NT)	No aplica	No aplica	Endémica
<i>Hyloxalus vergeli</i>	Vulnerable (VU)	No aplica	No aplica	Endémica
<i>Iguana iguana</i>	Preocupación Menor (LC)	Apéndice II	No aplica	Cosmopolita

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Información secundaria.

Se encontraron distintos registros para el área de estudio, pero se seleccionaron cinco documentos y/o bases de datos que ofrecían información congruente asociada a las especies de anfibios y reptiles reportados para la quebrada la Aurora en los cerros Norte de la ciudad de Ibagué; Clavijo-Garzón y colaboradores (2018), CORTOLIMA (2010), GIZ (2019) SiB Colombia (2021) y Vila y colaboradores (2018), encontrándose un total de 60 especies, agrupadas en 23 familias, de las cuales Colubridae mostro ser el grupo con el mayor número de especies, seguido de la familia Leptodactylidae (Tabla 21).

De igual forma se registran dos especies en la categoría CITES por su uso, *Dendrobates truncatus* amenazada por el tráfico ilegal de especies para uso de mascota o investigaciones científicas, debido a la capacidad de retención de alcaloides que posee en su piel (Erazo-Londoño, Ruano-Meneses y López-Peña, 2016), e *Iguana iguana*, afectadas por su uso como mascota, la cual es extraída ilegalmente del medio, así como por acciones culturales propias en algunas regiones del país para consumo de su carne y huevos (Gamboa y Montenegro, 2007). De las 60 especies potenciales, el muestreo permitió registrar tan solo 14 mediante los muestreos realizados.

Tabla 21. Listado de la herpetofauna (Anfibios y Reptiles) potencial, presente sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora, con base a información secundaria existente.

Clase	Orden	Familia	Especie	IUCN	CITES	Inf. Primaria
Amphibia	Anura	Aromobatidae	<i>Rheobates palmatus</i>	LC	-	
		Bufonidae	<i>Rhinella humboldti</i>	LC	-	
			<i>Rhinella horribilis</i>	DD	-	
			<i>Rhinella gr. margaritifera</i>	LC	-	x
		Centrolenidae	<i>Centrolene robledo</i>	LC	-	
		Craugastoridae	<i>Pristimantis taeniatus</i>	LC	-	x
			<i>Pristimantis gaigei</i>	LC	-	x
			<i>Pristimantis permixtus</i>	LC	-	
			<i>Pristimantis w-nigrum</i>	LC	-	
		Dendrobatidae	<i>Dendrobates truncatus</i>	LC	II	
			<i>Hyloxalus arliensis</i>	NE	-	
			<i>Hyloxalus vergeli</i>	VU	-	x
		Hemiphractidae	<i>Gastrotheca nicefori</i>	LC	-	
		Hylidae	<i>Boana platanera</i>	NE	-	x
			<i>Dendropsophus microcephalus</i>	LC	-	
			<i>Scinax ruber</i>	LC	-	
		Leptodactylidae	<i>Engystomops pustulosus</i>	LC	-	
			<i>Leptodactylus colombiensis</i>	LC	-	x
			<i>Leptodactylus fragilis</i>	LC	-	
			<i>Leptodactylus fuscus</i>	LC	-	
			<i>Leptodactylus insularum</i>	LC	-	
	Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa ramosi</i>	NT	-	x
	Gymnophiona	Caeciliidae	<i>Caecilia thompsoni</i>	LC	-	
Reptilia	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus galeritus</i>	LC	-	x
		Dactyloidae	<i>Anolis huilae</i>	LC	-	
			<i>Anolis tolimensis</i>	LC	-	x
		Geckonidae	<i>Gonatodes albugularis</i>	LC	-	
			<i>Tecadactylus rapicaud</i>	LC	-	
			<i>Cercosaura argulus</i>	LC	-	x

		Gymnophthalmidae	<i>Gymnophthalmus speciosus</i>	LC	-	
			<i>Pholidobolus vertebralis</i>	LC	-	
		Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	LC	II	x
		Polychrotidae	<i>Polychrus marmoratus</i>	LC	-	x
		Sphaerodactylidae	<i>Pseudogonatodes guianensis</i>	LC	-	
		Teiidae	<i>Holcosus niceforoi</i>	LC	-	
			<i>Holcosus festivus</i>	LC	-	
		Boidae	<i>Epicrates cenchria</i>	NE	-	
		Colubridae	<i>Chironius carinatus</i>	NE	-	
			<i>Chironius monticola</i>	LC	-	
			<i>Drymarchon melanurus</i>	LC	-	
			<i>Drymobius chloroticus</i>	LC	-	
			<i>Mastigodryas bifossatus</i>	LC	-	
			<i>Mastigodryas boddaerti</i>	LC	-	
			<i>Mastigodryas danieli</i>	LC	-	
			<i>Mastigodryas melanolomus</i>	LC	-	
			<i>Mastigodryas pleei</i>	LC	-	
			<i>Spilotes pullatus</i>	LC	-	
			<i>Stenorrhina degenhardtii</i>	LC	-	
			<i>Xenodon rabdocephalus</i>	LC	-	
			<i>Erythrolamprus aesculapii</i>	LC	-	
			<i>Erythrolamprus epinephelus</i>	LC	-	
			<i>Erythrolamprus melanotus</i>	LC	-	
			<i>Ninia atrata</i>	LC	-	
			<i>Oxyrhopus petolarius</i>	LC	-	
			<i>Phimophis guianensis</i>	LC	-	
			<i>Pseudoboa neuwiedii</i>	LC	-	
			<i>Saphenophis tristriatus</i>	LC	-	
		Elapidae	<i>Micrurus dumerilii</i>	LC	-	
			<i>Micrurus mipartitus</i>	LC	-	
		Typhlopoidea	<i>Trilepida macrolepis</i>	LC	-	

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021)

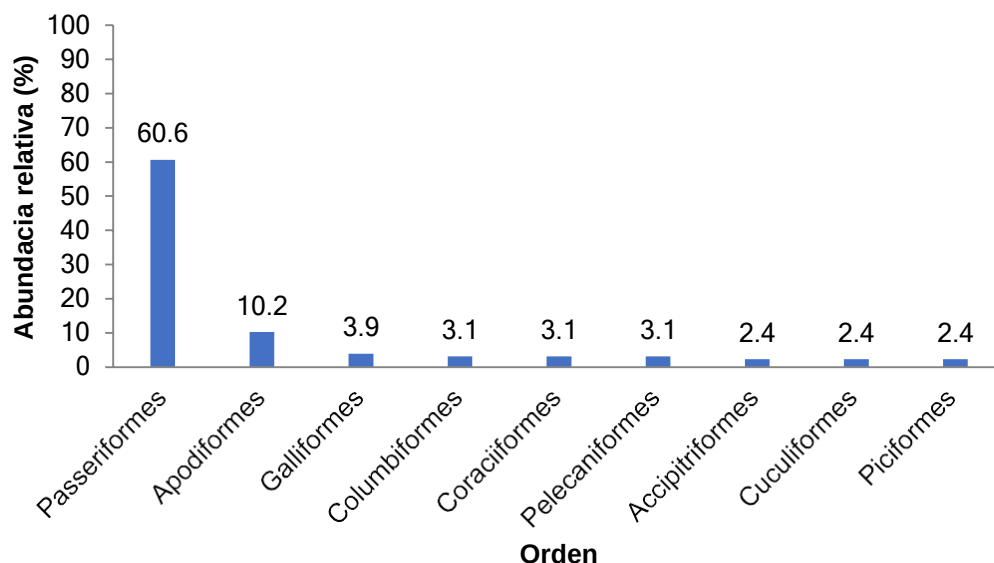
Avifauna

Información primaria y secundaria.

De manera general, se registraron en total 16 órdenes, 34 familias y 81 especies de aves; de acuerdo a lo anterior, en la microcuenca de la quebrada La Aurora, se registraron en total 15 órdenes, 30 familias y 78 especies de aves (Anexo 5); y, en cuanto a la revisión de información secundaria, se encontraron 16 órdenes, 34 familias y 27 especies.

Por otra parte, el orden más representativo fue Paseriformes con 77 especies (Figura 65). Paseriformes es uno de los más diversos de la avifauna (Ricklefs, 2012) ya que posee especies que se alimentan tanto de frutas, semillas y vegetación, adicionalmente, se encuentran en distintos gradientes altitudinales, así como especies que son de abundancias representativas en las diferentes coberturas vegetales; por consiguiente, este orden es comúnmente el más abundante en los diferentes estudios de bosque seco tropical (Ricklefs, 2012).

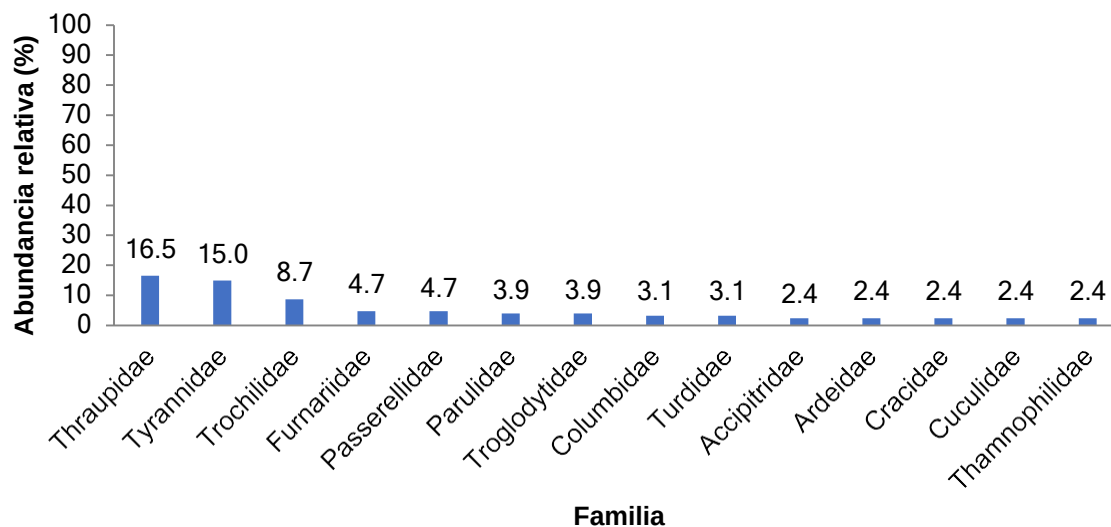
Figura 65. Abundancia relativa de los órdenes de aves registradas con más de una especie en la información primaria y secundaria para la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Con respecto a las familias, las más representativas fueron Thraupidae (21 spp.) y Tyrannidae (19 spp.) (Figura 66). La alta presencia de especies en la familia Thraupidae se puede deber a que el rango geográfico de dos tercios de los traupidos que ocurre completamente en Suramérica (Isler y Isler, 1987), adicionalmente, la alta presencia de la familia Tyrannidae es común ya que su distribución es exclusiva del continente americano y ocupa ecosistemas muy variados (Barden, 1941).

Figura 66. Abundancia relativa de familias de aves registradas en la información primaria y secundaria para el área de estudio.

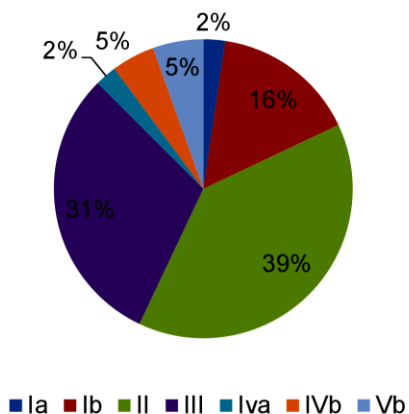


Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Aspectos ecológicos.

Como resultado de la clasificación de especies en cuanto a su asociación con el hábitat, se encontró que el 39% ocurren únicamente en bosques secundarios o bordes de bosque (categoría II), comparados con un 31% de las especies que no están adaptadas a hábitats intervenidos y requieren de bosques no fragmentados (categoría II b) (Figura 67). Estos resultados, nos pueden estar indicando que áreas de bosque secundarios presentes en las estaciones de muestro tienen un estado avanzado de sucesión a bosque primario, siendo esto importante para la conservación de la avifauna en zonas urbanas.

Figura 67. Abundancia relativa de especies agrupadas por categoría ecológica de la información secundaria y primaria del área de estudio.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Especies relevantes para la conservación. En el presente estudio se registraron dos especies, una migratoria (*Catharus ustulatus*) y una endémica (*Ortalis Columbiana*), y en listados de Molina y Rodríguez (2007), Moreno-Palacios et al. (2007), Parra et al. (2007) se han registrado cuatro especies de aves endémicas y ocho aves migratorias, lo cual puede deberse a que estas especies por diferentes presiones ambientales, antropológicas han ido disminuyendo sus poblaciones y su distribución a causa de la fragmentación de su hábitat.

De las especies registradas en la información secundaria y primaria, 15 se encuentran en el apéndice II del CITES, en el cual se encuentran las especies que no están necesariamente amenazadas, pero que podrían llegar a estarlo a menos de que se controle su comercio y una especie en categoría de Vulnerabilidad (*Anthocephala floriceps*), de aquí la importancia de conservar los espacios que las albergan para su alimentación y nidificación (Tabla 22).

Tabla 22. Especies relevantes para la conservación en el estudio (información primaria y secundaria).

ESPECIES	Categoría de amenaza	CITES	Estatus	Tipo de información
<i>Aburria aburri</i>	-	-	-	S
<i>Adelomyia melanogenys</i>	-	II	-	S
<i>Amazilia tzacatl</i>	-	II	-	P - S
<i>Amazona ochrocephala</i>	-	II	-	P
<i>Anthocephala floriceps</i>	VU	-	E	S
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	-	II	-	P - S
<i>Arremon torquatus</i>	-	-	E	S
<i>Atlapetes flaviceps</i>	-	-	E	S
<i>Boissonneaua flavescens</i>	-	II	-	S
<i>Brotogeris jugularis</i>	-	II	-	S
<i>Buteo platypterus</i>	-	II	Mb	S
<i>Buteo swainsoni</i>	-	II	Mb	S
<i>Cathartes aura</i>	-	-	R-Mb	S
<i>Catharus minimus</i>	-	-	Mb	S
<i>Catharus ustulatus</i>	-	-	Mb	P-S
<i>Chalybura buffonii</i>	-	II	-	P - S
<i>Chlorestes julie</i>	-	II	-	S
<i>Florisuga mellivora</i>	-	II	-	P - S
<i>Lonchura malacca</i>	-	-	Int	P
<i>Megascops choliba</i>	-	II	-	P
<i>Ortalis columbiana</i>	-	-	E	P
<i>Phaethornis guy</i>	-	II	-	P - S
<i>Piranga rubra</i>	-	-	M	S
<i>Polyerata amabilis</i>	-	II	-	S
<i>Rupornis magnirostris</i>	-	II	-	P - S

<i>Setophaga fusca</i>	-	-	M	S
<i>Tyrannus savana</i>	-	-	Mb	S

Convenciones: **CA:** EN (En Peligro), VU (Vulnerable), NT (Casi amenazada); **E:** M (Migratoria), Mb (Migratoria boreal), E (Endémica) y R (Residente), Int (Introducida). **T.I:** P (Primaria) y S (Secundaria); **C:** II (No amenazadas, pero podrían llegar a estarlo).

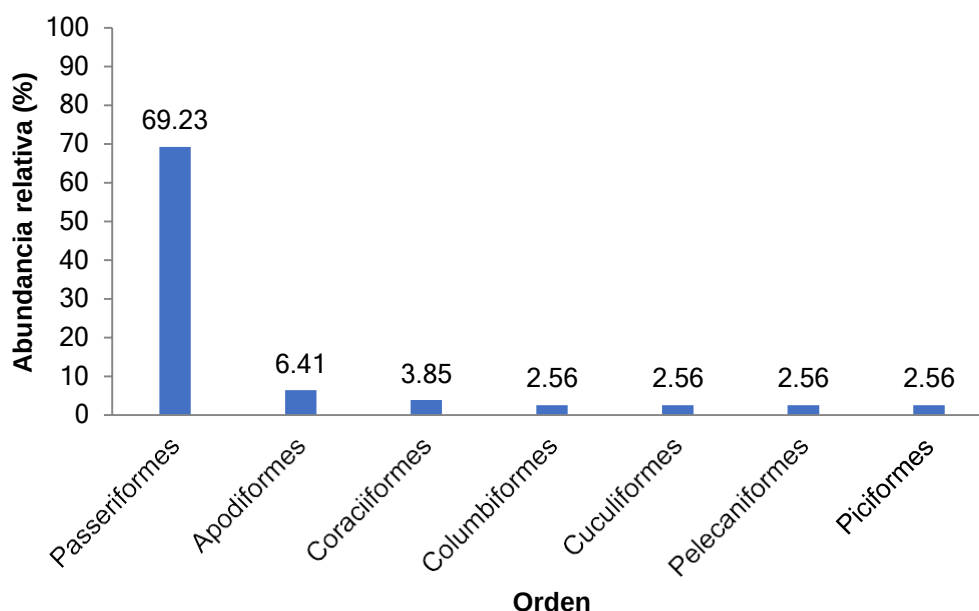
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Información primaria

Composición y estructura de la comunidad: se registraron en total 15 órdenes, 30 familias y 78 especies de aves en la microcuenca de la quebrada La Aurora (Tabla 23); el orden más representativo fue Passeriformes con 54 especies, seguido de Apodiformes con cinco especies (Figura 68).

La alta presencia de las especies de los órdenes Passeriformes y Apodiformes coincide con los reportados en estudios anteriores en las zonas de muestreo, esto puede llegar a ser positivo para las zonas de muestreo ya que las relaciones entre estos órdenes de aves y la fauna presente en el lugar pueden ser beneficiosas de manera bidireccional, pues si bien las plantas le están ofreciendo alimento, éstas a su vez pueden estar ayudando con los procesos de dispersión de semillas, lo que favorece la permanencia y vivencia de las plantas (Acevedo y González, 2019).

Figura 68. Abundancia relativa de los órdenes de aves con más de dos especies registradas en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Tabla 23. Avifauna colectada, observada o de información primaria en las diferentes zonas de muestreo, Secuencia lineal de especies sigue a Remsen et al. (2021).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	E1	E2	E3	E4
Tinamiformes	<i>Tinamidae</i>	<i>Crypturellus soui</i>	-	-	-	1
Galliformes	<i>Cracidae</i>	<i>Ortalis columbiana</i>	1	-	-	-
Columbiformes	<i>Columbidae</i>	<i>Patagioenas cayennensis</i>	-	1	2	-
Columbiformes	<i>Columbidae</i>	<i>Columbina talpacoti</i>	1	3	7	2
Cuculiformes	<i>Cuculidae</i>	<i>Crotophaga ani</i>	-	-	-	1
Cuculiformes	<i>Cuculidae</i>	<i>Tapera naevia</i>	-	-	-	1
Apodiformes	<i>Trochilidae</i>	<i>Florisuga mellivora</i>	-	-	-	1
Apodiformes	<i>Trochilidae</i>	<i>Phaethornis guy</i>	4	-	-	2
Apodiformes	<i>Trochilidae</i>	<i>Anthracothonax nigricollis</i>	-	1	-	-
Apodiformes	<i>Trochilidae</i>	<i>Chalybura buffonii</i>	4	2	1	-
Apodiformes	<i>Trochilidae</i>	<i>Amazilia tzacatl</i>	-	2	2	1
Gruiformes	<i>Rallidae</i>	<i>Aramides cajaneus</i>	-	-	-	1
Charadriiformes	<i>Charadriidae</i>	<i>Vanellus chilensis</i>	-	-	-	2
Pelecaniformes	<i>Ardeidae</i>	<i>Egretta thula</i>	-	-	1	-
Pelecaniformes	<i>Threskiornithidae</i>	<i>Phimosus infuscatus</i>	-	3	2	1
Cathartiformes	<i>Cathartidae</i>	<i>Coragyps atratus</i>	2	4	2	-
Accipitriformes	<i>Accipitridae</i>	<i>Rupornis magnirostris</i>	-	3	1	2
Strigiformes	<i>Strigidae</i>	<i>Megascops choliba</i>	-	-	-	1
Coraciiformes	<i>Momotidae</i>	<i>Momotus aequatorialis</i>	1	2	1	-
Coraciiformes	<i>Alcedinidae</i>	<i>Megaceryle torquata</i>	-	-	-	2
Coraciiformes	<i>Alcedinidae</i>	<i>Chloroceryle americana</i>	-	-	1	-
Piciformes	<i>Picidae</i>	<i>Picumnus olivaceus</i>	-	1	-	-
Piciformes	<i>Picidae</i>	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	-	4	-	-
Psittaciformes	<i>Psittacidae</i>	<i>Amazona ochrocephala</i>	-	1	1	-
Passeriformes	<i>Thamnophilidae</i>	<i>Thamnophilus doliatus</i>	1	-	-	2
Passeriformes	<i>Thamnophilidae</i>	<i>Thamnophilus multistriatus</i>	-	1	-	-
Passeriformes	<i>Thamnophilidae</i>	<i>Dysithamnus mentalis</i>	1	-	-	-
Passeriformes	<i>Furnariidae</i>	<i>Xiphorhynchus susurrans</i>	-	-	-	1
Passeriformes	<i>Furnariidae</i>	<i>Dendroplex picus</i>	-	-	-	2
Passeriformes	<i>Furnariidae</i>	<i>Cranioleuca erythrops</i>	-	-	1	-
Passeriformes	<i>Pipridae</i>	<i>Manacus manacus</i>	1	-	-	-
Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	<i>Mionectes oleagineus</i>	3	2	1	2
Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	-	-	-	1
Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	<i>Leptopogon superciliosus</i>	2	1	-	1
Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	-	1	-	-
Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	<i>Lophotriccus pileatus</i>	-	-	-	1
Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	<i>Todirostrum cinereum</i>	-	1	-	2
Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	<i>Elaenia flavogaster</i>	-	1	1	1

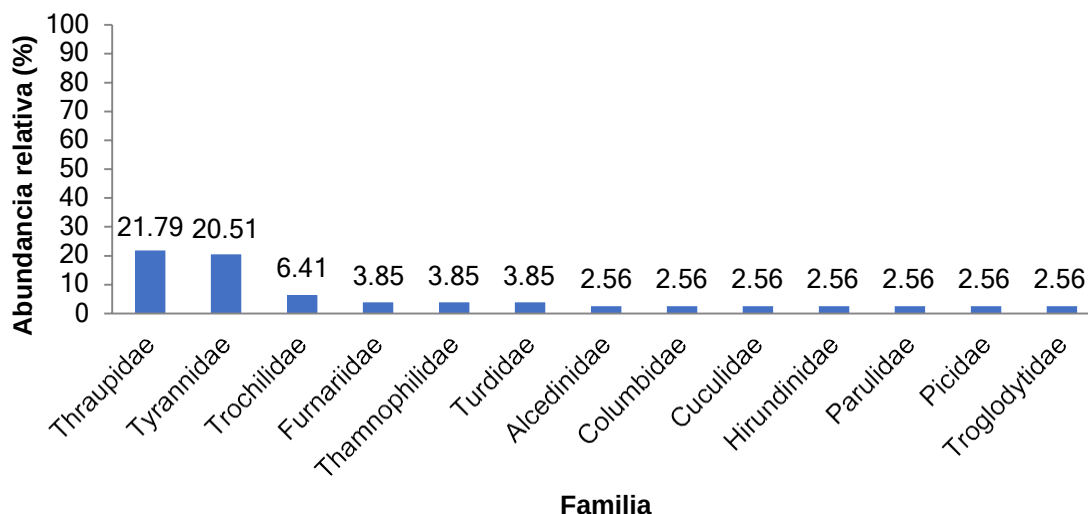
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Phaeomyias murina</i>	-	1	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Legatus leucophaeus</i>	-	2	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	-	7	5	2
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Megarynchus pitangua</i>	-	1	-	1
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes maculatus</i>	-	1	-	2
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes cayanensis</i>	-	3	1	4
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	-	7	-	4
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	-	1	1	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>	-	2	3	-
Passeriformes	Vireonidae	<i>Hylophilus flavipes</i>	1	1	1	2
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	-	1	-	-
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta albiventer</i>	-	3	-	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	1	7	1	4
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Pheugopedius fasciatoventris</i>	1	1	-	1
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	-	1	-	-
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus leucomelas</i>	-	3	3	2
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus ignobilis</i>	3	3	5	1
Passeriformes	Estrildidae	<i>Lonchura malacca</i>	-	-	-	1
Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia lanirostris</i>	3	-	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Arremon aurantirostris</i>	4	2	1	2
Passeriformes	Parulidae	<i>Myiothlypis fulvicauda</i>	3	3	2	1
Passeriformes	Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	2	1	2	1
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cyanoloxia cyanoides</i>	1	-	-	1
Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis flaveola</i>	1	4	4	4
Passeriformes	Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i>	-	-	-	3
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tachyphonus rufus</i>	1	-	-	1
Passeriformes	Thraupidae	<i>Eucometis penicillata</i>	-	-	-	2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	-	8	-	2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Sporophila minuta</i>	-	-	-	2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Sporophila intermedia</i>	-	-	-	1
Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator maximus</i>	-	1	-	-
Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator striatipectus</i>	-	3	1	3
Passeriformes	Thraupidae	<i>Coereba flaveola</i>	1	1	2	3
Passeriformes	Thraupidae	<i>Melanospiza bicolor</i>	-	1	-	2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Stilpnia vitriolina</i>	-	1	1	-
Passeriformes	Thraupidae	<i>Stilpnia cyanicollis</i>	-	2	2	2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara inornata</i>	-	6	1	-
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara giorla</i>	1	4	1	1
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	1	4	3	2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis palmarum</i>	1	1	1	2

Convenciones: E1-cabecera, E2-parte media, E3-Viñas de Calamdeo, E4-desembocadura

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Con respecto a familias, las más representativas fueron Thraupidae (17 spp.) y Tyrannidae (16 spp.) (Figura 69). La alta prevalencia de Thraupidae en las zonas de muestreo puede llegar a ser favorable para el área de estudio, ya que, cuenta con especies de diferentes categorías ecológicas siendo capaces de dispersar semillas en zonas conservadas, semiconservadas o intervenidas, llegando a ser una familia de importancia ecológica en las zonas urbanas y naturales.

Figura 69. Abundancia relativa de las familias de aves registradas con más de dos especies en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Avifauna capturada: por medio del método de redes de niebla se capturaron 52 ejemplares de los cuales se colectaron solamente nueve (Tabla 24). En red cayeron especies relevantes para el estudio como *Cyanoloxia cyanoides*, la cual es un traupido que se encuentran en bosques primarios o bosques secundarios con alta recuperación.

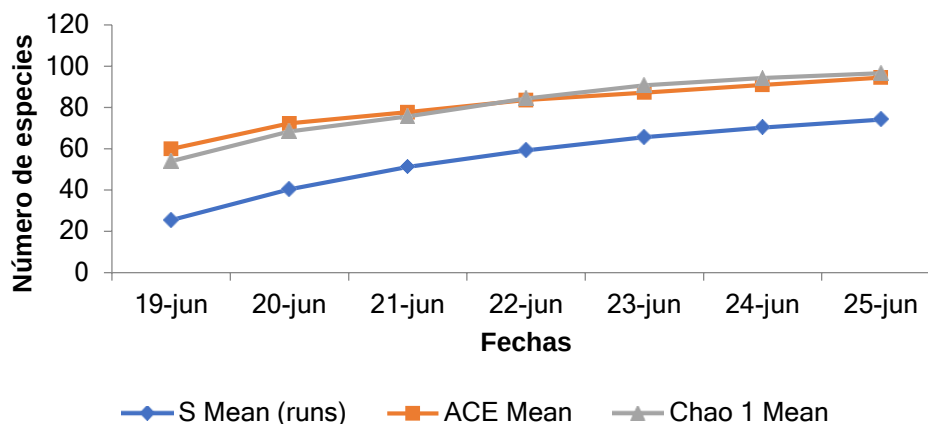
Tabla 24. Individuos capturados con red de niebla en la microcuenca de la quebrada La Aurora y número de ingreso a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima.

LOCALIDAD	# RED	ESPECIE	CZUT-OR
E1-Cabecera	1	<i>Arremon aurantirostris</i>	1657
E1-Cabecera	1	<i>Dysithamnus mentalis</i>	1658
E1-Cabecera	1	<i>Leptopogon superciliaris</i>	1661
E1-Cabecera	1	<i>Phaethornis guy</i>	1660
E1-Cabecera	2	<i>Cyanoloxia cyanoides</i>	1655
E1-Cabecera	2	<i>Mionectes oleagineus</i>	1654
E2-Parte Media	2	<i>Stilpnia cyanicollis</i>	1659
E3-Viñas de Calambeo	1	<i>Chloroceryle americana</i>	1656

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Representatividad del muestreo: Los estimadores no paramétricos ACE y Chao 1 no alcanzaron la asíntota de la curva, lo que indica que es necesario aumentar la intensidad de muestreo para así llegar a registrar nuevos taxones y obtener una estimación real de la comunidad de aves presentes en las estaciones de muestreo (Figura 70).

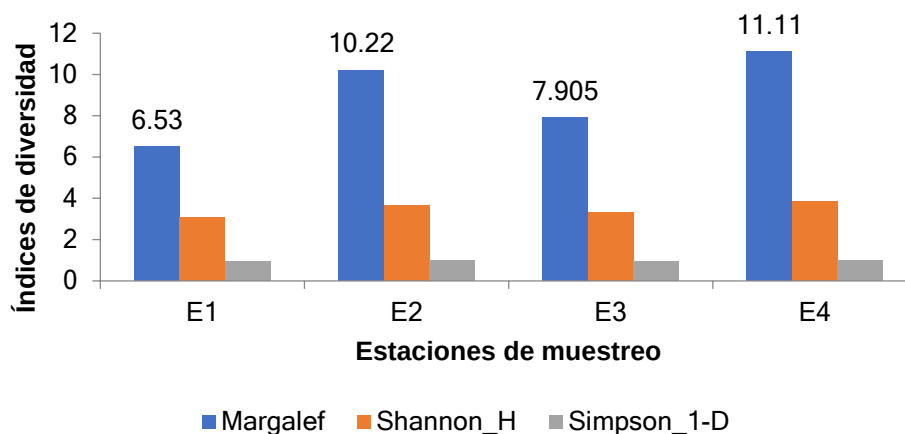
Figura 70. Curva de acumulación por fecha de observación de especies según ACE y Chao 1 en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Diversidad y dominancia: El índice de diversidad de Margalef mostro que la estación E4-desembocadura, presento la mayor riqueza y la mayor diversidad, esto puede llegar a estar influenciado por el jardín botánico San Jorge, ya que mantiene la flora nativa del lugar conservado. En cuanto al índice de dominancia de Simpson, se observó que todas las estaciones poseen una dominancia baja (Tabla 25); esto puede estar reflejando que las diferentes estaciones de muestreo tienen una conservación del hábitat similar (Figura 71).

Figura 71. Índices de diversidad alfa (Margalef, Shannon-Wiener y Simpson) para las estaciones de muestreo en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Convenciones: E1-cabecera), E2-parte media, E3-Viñas de Calambeo, E4-desembocadura.
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Tabla 25. Valores obtenidos para los índices de diversidad alfa (Margalef, Shannon y Simpson) para la avifauna observada y colectada en la microcuenca de la quebrada La Aurora.

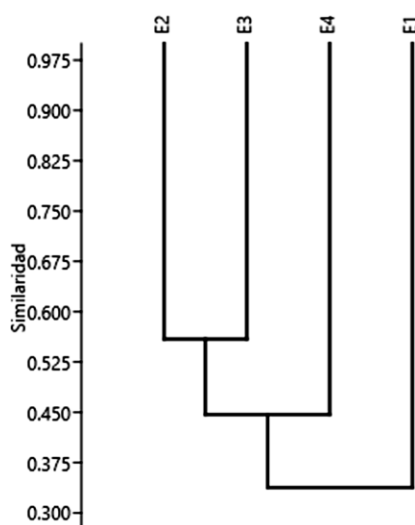
Índices de diversidad	E1-cabecera	E2-parte media	E3-Viñas de Calamdeo	E4-desembocadura
Especies	26	50	34	51
Abundancia	46	121	65	90
Margalef	6,53	10,22	7,905	11,11
Shannon_Wiener	3,09	3,666	3,309	3,82
Simpson_1-D	0,9471	0,9684	0,9543	0,9756

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Patrones de distribución de la riqueza de especies. El dendrograma de similaridad (Figura 72) nos muestra que la comunidad de aves en las estaciones E2-parte media y E3-Viñas de Calamdeo, presentan una alta similitud, a diferencia de la estación E1-cabecera, la cual es la menos similar a ellas.

Esta alta similaridad entre estas dos estaciones, puede estar dada a que poseen características de intervención antrópica e infraestructura similares, adicionalmente, la poca similaridad con E1-cabecera puede estar dada al porcentaje de intervención antrópica, la distancia entre las estaciones o vegetación arbórea que se presentan entre las estaciones, ya que en E1-cabecera, se presentan coberturas vegetales de bosque secundario y herbazales densos en comparación de E2-parte media y E3-Viñas de Calamdeo, en donde la intervención antrópica es alta, cuenta con zonas de pastizales y guaduales; lo que hace que haya una diferencia en la composición del paisaje y pueda estar influyendo en la comunidad de aves en las estaciones y por consiguiente en su similitud.

Figura 72. Dendrograma de similaridad de Bray-Curtis entre las localidades de la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Convenciones: E1-cabecera), E2-parte media, E3-Viñas de Calamdeo, E4-desembocadura.

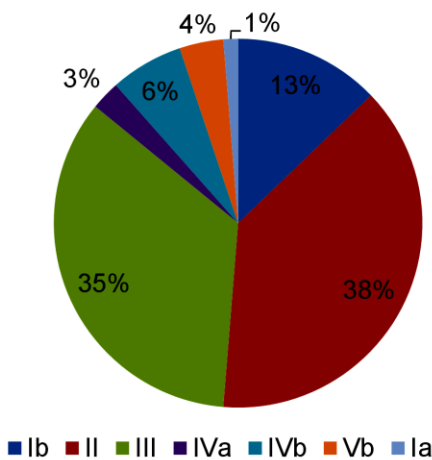
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Aspectos ecológicos

Categorías ecológicas: como resultado de la clasificación de especies en cuanto a su asociación con el hábitat (Tabla 26), se encontró que 30 de las especies ocurren en áreas con algún grado de intervención (categoría II), comparados con las 10 especies que ocurren únicamente en bosques con o sin ninguna intervención (Ib) (Figura 73).

Esto demuestra que las estaciones de muestreo aun poseen áreas de bosque secundario los cuales son primordiales para la conservación de la fauna y flora de las áreas urbanas de la ciudad. Adicionalmente, se puede observar que, se encontraron especies que son estrictamente de interior de bosque primario (Ia), lo que nos puede indicar un área adecuada para promover la conectividad y conservación de fragmentos de bosques.

Figura 73. Abundancia relativa de especies de aves agrupadas por categoría ecológica en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Tabla 26. Aspectos ecológicos de la avifauna observada en la microcuenca de la quebrada La aurora.

Especie	Categoría ecológica	Categoría de amenaza	CITES	Estatus
<i>Crypturellus soui</i>	II	-	-	R
<i>Ortalis columbiana</i>	II	-	-	E
<i>Patagioenas cayennensis</i>	III	-	-	R
<i>Columbina talpacoti</i>	III	-	-	R
<i>Crotophaga ani</i>	III	-	-	R
<i>Tapera naevia</i>	III	-	-	R
<i>Florisuga mellivora</i>	II	-	II	R
<i>Phaethornis guy</i>	Ib	-	II	R
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	III	-	II	R
<i>Chalybura buffonii</i>	II	-	II	R

<i>Amazilia tzacatl</i>	III	-	II	R
<i>Aramides cajaneus</i>	IVa	-	-	R
<i>Vanellus chilensis</i>	III	-	-	R
<i>Egretta thula</i>	IVb	-	-	R
<i>Phimosus infuscatus</i>	IVb	-	-	R
<i>Coragyps atratus</i>	Vb	-	-	R
<i>Rupornis magnirostris</i>	II	-	II	R
<i>Megascops choliba</i>	II	-	II	R
<i>Momotus aequatorialis</i>	II	-	-	R
<i>Megaceryle torquata</i>	IVb	-	-	R
<i>Chloroceryle americana</i>	IVb	-	-	R
<i>Picumnus olivaceus</i>	II	-	-	R
<i>Melanerpes rubricapillus</i>	II	-	-	R
<i>Amazona ochrocephala</i>	III	-	II	R
<i>Thamnophilus doliatus</i>	III	-	-	R
<i>Thamnophilus multistriatus</i>	III	-	-	R
<i>Dysithamnus mentalis</i>	Ia	-	-	R
<i>Xiphorhynchus susurrans</i>	Ib	-	-	R
<i>Dendroplex picus</i>	II	-	-	R
<i>Cranioleuca erythrops</i>	II	-	-	R
<i>Manacus manacus</i>	II	-	-	R
<i>Mionectes oleagineus</i>	Ib	-	-	R
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	Ib	-	-	R
<i>Leptopogon superciliaris</i>	Ib	-	-	R
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	II	-	-	R
<i>Lophotriccus pileatus</i>	Ib	-	-	R
<i>Todirostrum cinereum</i>	III	-	-	R
<i>Elaenia flavogaster</i>	III	-	-	R
<i>Phaeomyias murina</i>	III	-	-	R
<i>Legatus leucophaeus</i>	II	-	-	R
<i>Pitangus sulphuratus</i>	II	-	-	R
<i>Megarynchus pitangua</i>	III	-	-	R
<i>Myiodynastes maculatus</i>	II	-	-	R
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	III	-	-	R
<i>Tyrannus melancholicus</i>	III	-	-	R
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	III	-	-	R
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	III	-	-	R
<i>Sayornis nigricans</i>	IVb	-	-	R
<i>Hylophilus flavipes</i>	II	-	-	R
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Vb	-	-	R
<i>Tachycineta albiventer</i>	Vb	-	-	R
<i>Troglodytes aedon</i>	III	-	-	R

<i>Pheugopedius fasciatoventris</i>	Ib	-	-	R
<i>Catharus ustulatus</i>	II	-	-	Mb
<i>Turdus leucomelas</i>	III	-	-	R
<i>Turdus ignobilis</i>	III	-	-	R
<i>Lonchura malacca</i>	III	-	-	Int
<i>Euphonia lanirostris</i>	II	-	-	R
<i>Arremon aurantirostris</i>	Ib	-	-	R
<i>Myiothlypis fulvicauda</i>	IVa	-	-	R
<i>Basileuterus rufifrons</i>	II	-	-	R
<i>Cyanoloxia cyanooides</i>	Ib	-	-	R
<i>Sicalis flaveola</i>	III	-	-	R
<i>Volatinia jacarina</i>	III	-	-	R
<i>Tachyphonus rufus</i>	II	-	-	R
<i>Eucometis penicillata</i>	Ib	-	-	R
<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	II	-	-	R
<i>Sporophila minuta</i>	III	-	-	R
<i>Sporophila intermedia</i>	III	-	-	R
<i>Saltator maximus</i>	II	-	-	R
<i>Saltator striatipectus</i>	III	-	-	R
<i>Coereba flaveola</i>	II	-	-	R
<i>Melanospiza bicolor</i>	III	-	-	R
<i>Stelpnia vitriolina</i>	II	-	-	R
<i>Stelpnia cyanicollis</i>	II	-	-	R
<i>Tangara inornata</i>	II	-	-	R
<i>Tangara gyrola</i>	II	-	-	R
<i>Thraupis episcopus</i>	II	-	-	R
<i>Thraupis palmarum</i>	II	-	-	R

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIz, 2021).

Especies relevantes del estudio: de las especies observadas en las estaciones de muestreo, *Ortalis columbiana* es endémica y común en el departamento del Tolima; ocho especies están en el apéndice II del CITES siendo especies que aun que no están peligro de extinción, pero si no se controla su comercio pueden llegar a estarlo (Tabla 27).

Tabla 27. Especies relevantes para la conservación presentes en la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Especie	Categoría de amenaza	CITES	Estatus
<i>Ortalis columbiana</i>	-	-	E
<i>Florisuga mellivora</i>	-	II	R
<i>Phaethornis guy</i>	-	II	R
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	-	II	R
<i>Chalybura buffonii</i>	-	II	R

<i>Amazilia tzacatl</i>	-	II	R
<i>Rupornis magnirostris</i>	-	II	R
<i>Megascops choliba</i>	-	II	R
<i>Amazona ochrocephala</i>	-	II	R
<i>Catharus ustulatus</i>	-	-	Mb
<i>Lonchura malacca</i>	-	-	Int

***Categoría de amenaza:** LC (Preocupación menor), **Cites:** II (no amenazada, pero podría llegar a estarlo), **Endémico:** E (Endémico), R (Residente), MB (Migratoria boreal), Int (Introducido).

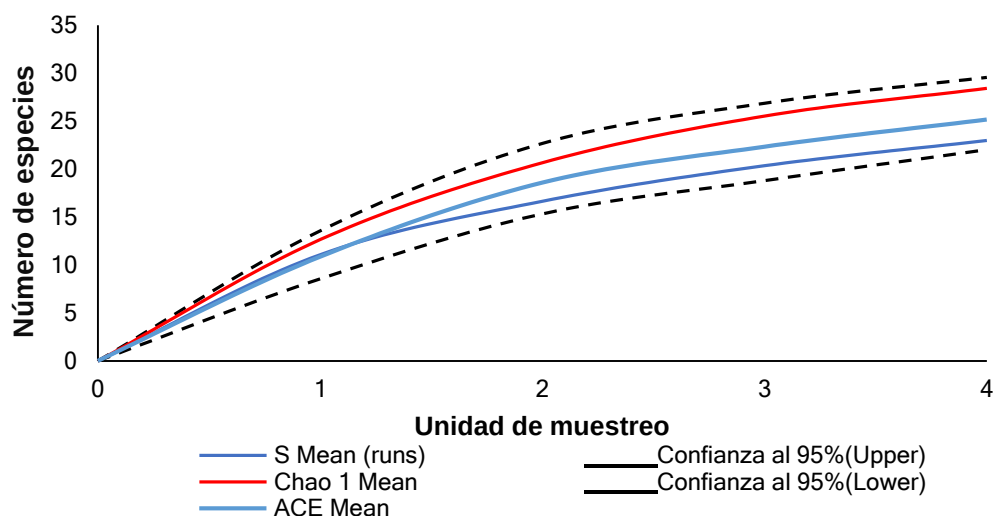
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Presiones locales: aun cuando las zonas ubicadas en la microcuenca de la quebrada La Aurora tienen áreas de bosque primario y secundario bien conservados, también posee zonas con altas presiones antrópicas las cuales han llegado a fragmentar áreas importantes para mantener una conexión a través del afluente de agua para la conservación de avifauna local.

Mastofauna

Representatividad del muestreo y composición de especies. A través de métodos de captura, detección directa e indirecta y la aplicación de entrevistas se registraron cinco órdenes, 12 familias, 18 géneros y 23 especies (Tabla 28, Anexo 6), lo que corresponde al 18.69% de la diversidad de la mastofauna presente a nivel del departamento del Tolima (García-Herrera et al., 2019) y el 4.30% de la riqueza de mamíferos del país (Ramírez-Chaves et al., 2021). La evaluación del inventario realizado de acuerdo con los estimadores ACE y Chao1 obtuvo una representatividad del 91.38% y 80.84% respectivamente, que sugiere que el muestreo fue exitoso en cuanto a la representación de los registros posibles en el área de estudio (Figura 74).

Figura 74. Curva de acumulación de especies registrados en la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Tabla 28. Mamíferos registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Nº INDIV	SITIOS DE MUESTREO
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	3	E1, E2
		<i>Chironectes minimus</i> (Zimmermann, 1780)	1	E1
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	1	E4
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Carollia brevicauda</i> (Schinz, 1821)	12	E1, E2, E4
		<i>Carollia castanea</i> H. Allen, 1890	8	E2, E4
		<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	14	E1, E2, E3, E4
		<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)	2	E1
		<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	16	E1, E2, E3, E4
		<i>Artibeus planirostris</i> (Spix, 1823)	9	E1, E2, E3, E4

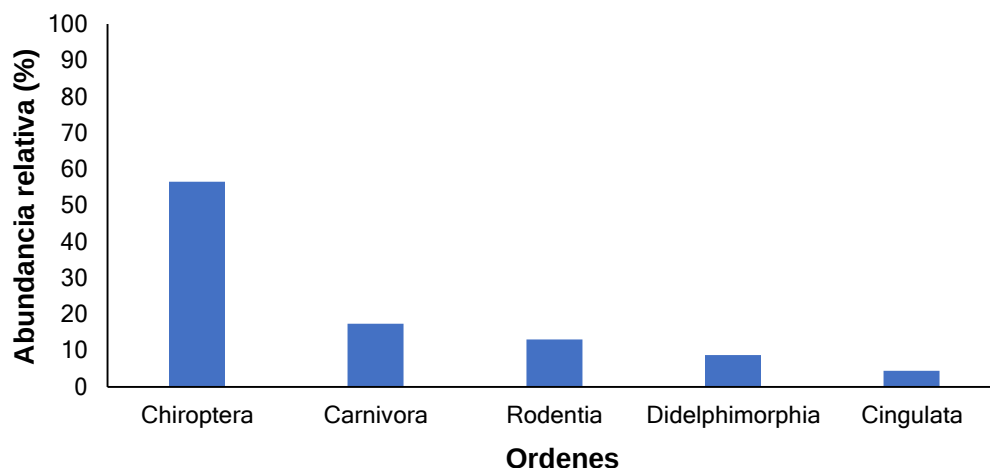
		<i>Artibeus phaeotis</i> Miller, 1902	2	E1
		<i>Platyrrhinus helleri</i> (Peters, 1866)	1	E1
		<i>Sturnira giannae</i> Velazco y Patterson, 2019	5	E1, E3
	Vespertilionidae	<i>Eptesicus brasiliensis</i> (Desmarest, 1819)	2	E2
		<i>Myotis keaysi</i> J.A. Allen, 1914	1	E2
		<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	2	E2
	Molossidae	<i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766)	1	E2
Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	1	E4
	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	3	E2, E4
	Mustelidae	<i>Galictis vittata</i> (Schreber, 1776)	1	E1
	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i> (G. Cuvier, 1798)	2	E2, E4
Rodentia	Sciuridae	<i>Notosciurus granatensis</i> Humboldt (1811)	2	E1, E2
	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	2	E2, E3
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i> Gray, 1842	3	E2, E3, E4

Convenciones: E1 - Cabecera, E2 - parte media (Universidad Antonio Nariño), E3 - Viñas de Calambeo y E4 - Desembocadura.

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

El orden con mayor número de especies reportadas fue Chiroptera (13 spp.), lo que equivale al 56.52% de los registros, resultados que eran esperados, debido a que es el segundo orden con mayor número de especies en el mundo (Burgin et al., 2018). Carnivora y rodentia ostentan el segundo y tercer puesto en este inventario con el 17.39% y 13.04% (Figura 75), resultados que indican la importancia de los fragmentos aledaños de a la quebrada La Aura para el establecimiento de medianos mamíferos.

Figura 75. Abundancia relativa de los órdenes de mamíferos registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



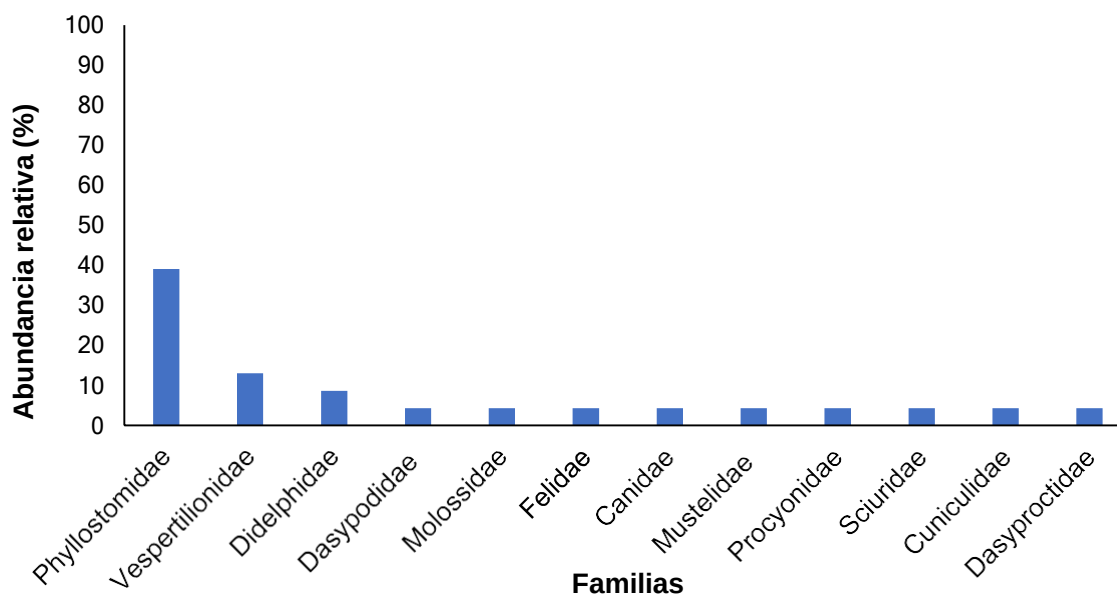
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Phyllostomidae y Vespertilionidae fueron las familias con mayor riqueza y abundancia relativa (Figura 76). Phyllostomidae es considerada de amplia distribución y se

caracterizan por presentar la ecología dietética más diversa de cualquier familia de mamíferos (Freeman, 2000); las dietas incluyen combinaciones de frutas, semillas, néctar, vertebrados, insectos y sangre (Nogueira et al., 2005; Monteiro y Nogueira 2009). Permitiéndoles explotar diversos recursos y frecuentar una amplia variedad de hábitats.

Por su parte, Vespertilionidae es la segunda familia más diversa del mundo de acuerdo con Burgin et al., (2018), con distribución en bosques con presencia de ríos o riachuelos, debido a que emplean estos recursos como conectores entre fragmentos y sitios de caza de insectos. Lo que indica la importancia que ostentan los relictos de bosque en la microcuenca de la quebrada La Aurora para el establecimiento de especies insectívoras y sus servicios ecosistémicos adyacentes.

Figura 76. Abundancia relativa de las familias de mamíferos registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



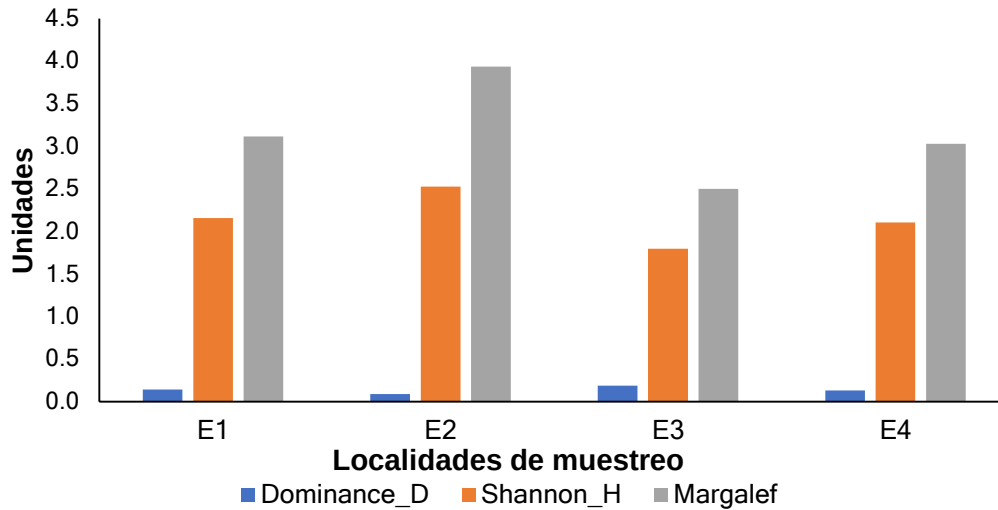
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Diversidad alfa. De acuerdo con el índice de riqueza de Margalef y diversidad de Shannon-Wiener, la localidad con mayor diversidad de mamíferos es E2-parte media, también registro la menor dominancia, seguida de la parte alta de la cuenca E1-cabecera (Figura 77). Se resalta que pese a la evidente fragmentación de los relictos de bosque en la estación E2-parte media, presentan condiciones estructurales que permiten la movilidad de especies como *Cerdocyon thous*, *Dasyprocta punctata* y *Cuniculus paca*.

Resultados consistentes con otros estudios, en donde se ha encontrado que estas especies pueden tolerar ciertos grados de transformación y fragmentación del hábitat, empleando matorrales y pastos como refugio (Michalski y Peres, 2005; Sánchez-Lalinde

y Pérez, 2008), sin embargo, requieren de áreas boscosas para alimentarse y mantener la estabilidad de sus poblaciones (Di Bitetti et al., 2009).

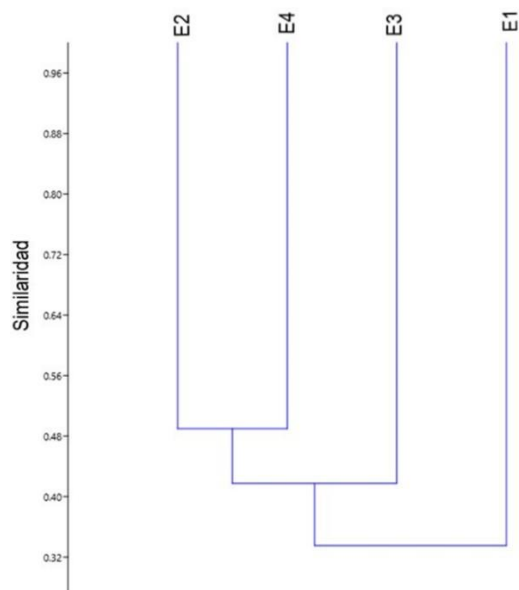
Figura 77. Índices de Diversidad alfa (α) de los mamíferos registrados en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Diversidad beta (β). Se evidencia una similitud entre la parte media de la cuenca y la desembocadura en cuanto al número de especies y abundancia con el 49% de similaridad (Figura 78), situación que se atribuye al hecho que estas localidades registran relictos de bosques continuos que posiblemente permiten el establecimiento de mamíferos voladores y medianos. Se ha establecido que especies generalistas como *Carollia brevicauda*, *Artibeus lituratus*, *Cuniculus paca* y *Dasyprocta punctata* pueden utilizar hábitats transformados en búsqueda de alimento y refugio (Daily et al., 2003, Vandermeer y Carvajal, 2001).

Figura 78. Índices de Diversidad beta (β) de los mamíferos registrados en las estaciones de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



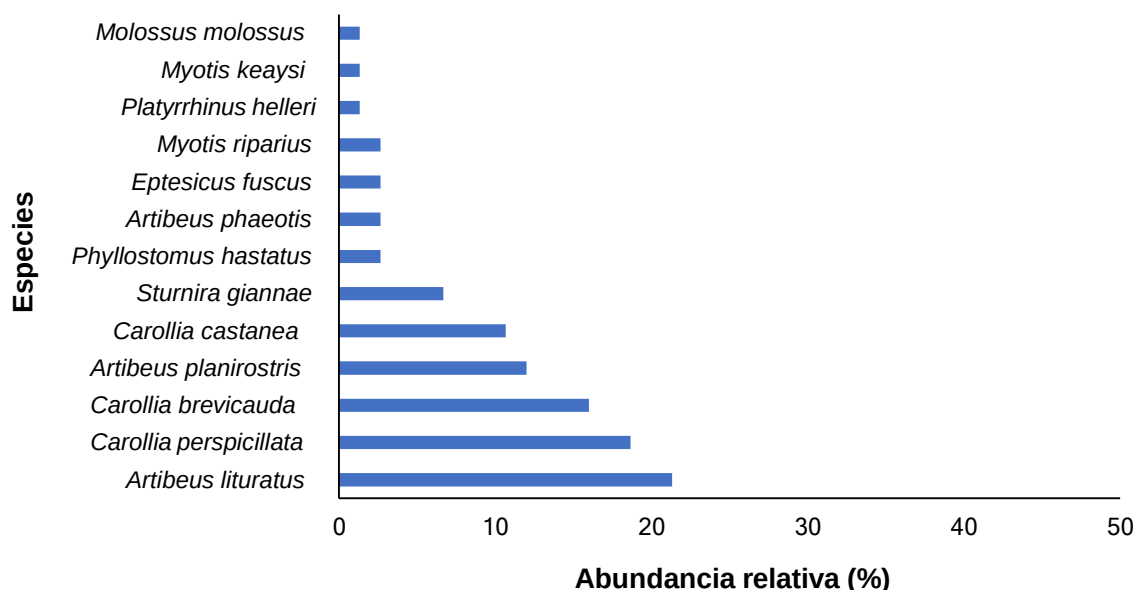
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Mamíferos Voladores. Con un esfuerzo de 200 horas-red totales se capturaron 75 quirópteros, correspondientes a 13 especies, con un éxito de captura de 0.37 individuos/horas-red. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Artibeus lituratus* con el 21.3% de los registros, seguido de *Carollia perspicillata* 18.7%, lo que puede explicarse por la alta flexibilidad en el uso del hábitat combinada con rasgos funcionales como el tamaño corporal (en el caso de *Artibeus*), alta movilidad y flexibilidad dietética (Cely-Gómez y Castillo-Figueroa 2019; Castillo-Figueroa y Pérez-Torres 2018).

Sumado a estas características, son especies clave en los paisajes fragmentados debido a que promueven la sucesión secundaria y la revegetación de áreas, al dispersar especies de plantas pioneras (Muscarella y Fleming 2007; Melo et al., 2009).

Por su parte, las especies insectívoras registraron las abundancias relativas más bajas (Figura 79), resultados similares a los pocos estudios que existen en el Neotrópico relacionados con la diversidad de estos organismos (Rydell et al., 2002; Estrada-Villegas et al., 2010), debido a la alta sensibilidad de detección frente a las redes de niebla.

Figura 79. Abundancia relativa de especies de mamíferos voladores registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

La estación E1-cabecera registró la segunda mayor riqueza de especies y la mayor abundancia relativa (8 spp., 40%), seguido de la E2-parte media (8 spp., 36%), mientras que las estaciones E3-Viñas de Calambeo y E4-desembocadura reportaron igual abundancia (12%), con 5 spp. y 4 spp. respectivamente.

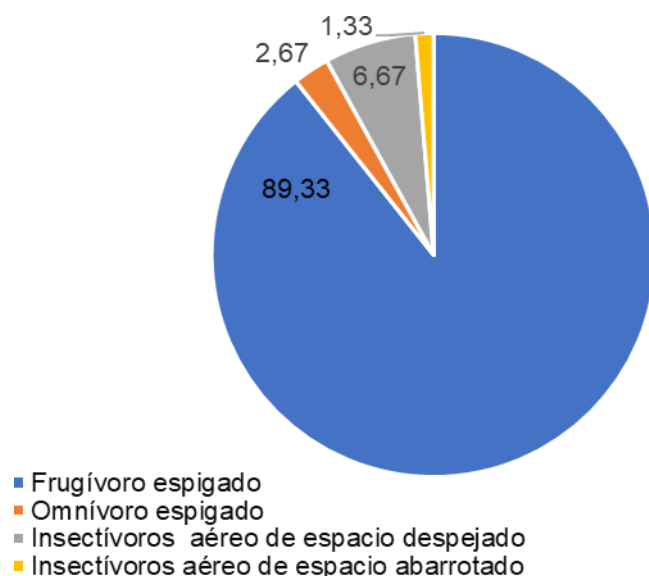
Los murciélagos son un orden con un alto número de especies (Burgin et al., 2018) y a nivel local, a menudo son los mamíferos más ricos y abundantes en especies en sitios tropicales o subtropicales (García-Herrera et al., 2019). Se constituyen en elementos primordiales para los bosques debido a que ejercen importantes servicios ecosistémicos; como polinizadores, dispersores de semillas y controladores de poblaciones de vertebrados e insectos (Ramírez-Fráncel et al., 2020). Por lo tanto, se constituyen en una fauna de alto interés de conservación por la necesidad de asegurar su estabilidad en ambientes fragmentados.

Dentro del ensamblaje caracterizado en la microcuenca de la quebrada La Aurora, se reportó que los frugívoros espigadores agrupan el (89.33%) de los registros, seguido de los insectívoros aéreo de espacio despejado (6.67%), mientras que los insectívoros aéreos de espacio abarrotado registraron el porcentaje más bajo (1.33%) (Figura 80).

El gremio de frugívoros tiene la capacidad de alimentarse en lugares muy abarrotados o espacios abiertos principalmente de especies de *Ficus* (Moraceae), *Cecropia* (Cecropiaceae), *Solanum* (Solanácea) y *Piper* (Piperaceae) (Andrade et al., 2013). Por lo tanto, la distribución de estas especies de murciélagos está fuertemente asociada con

la presencia y abundancia de los frutos de consumo. En donde, los cambios en los conjuntos de plantas pueden provocar cambios en la composición y estructura de los mamíferos voladores.

Figura 80. Gremios tróficos de los mamíferos voladores registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



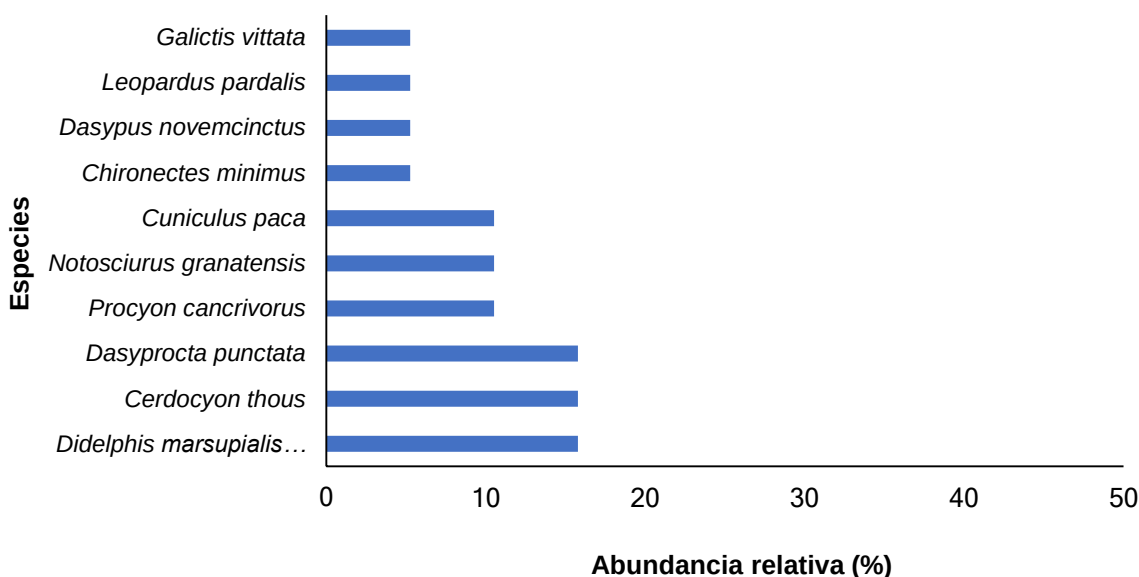
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Mamíferos medianos. Con un total de 11400 fotos y el 1.27% de fotos efectivas se registraron seis especies de mamíferos medianos en la microcuenca de la quebrada La Aurora, lo que equivale al 26.09% de los registros de este monitoreo. Con esta técnica, junto con técnicas de rastreo de huellas y observación directa, se registraron cuatro especies adicionales para un total de 10 especies de mamíferos terrestres.

Las abundancias relativas obtenidas mostraron valores más altos para mamíferos medianos como *Didelphis marsupialis*, *Cercopithecus thous* y *Dasyprocta punctata* con el (15.79%) de los registros, seguidos por las especies *Procyon cancrivorus*, *Notosciurus granatensis* y *Cuniculus paca* (10.53%) respectivamente (Figura 81).

La localidad E2-parte media, reportó la mayor riqueza y abundancia relativa (6 spp., 42.11%), seguido de E4-desembocadura (5 spp., 26.32%), mientras que la estación E1-cabecera y E3-Viñas de Calambeo, presentaron los menores registros (4 spp, 21.05% y 2 spp., 10.53%) respectivamente.

Figura 81. Abundancia relativa de especies de mamíferos medianos registrados en las localidades de muestreo ubicadas sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Los mamíferos medianos y grandes pueden considerarse especies clave los bosques tropicales, ya que juegan un papel importante como depredadores y dispersores de semillas (Jansen et al., 2012). Por ejemplo, las especies frugívoras como *Dasyprocta punctata*, *Notosciurus granatensis* y *Cuniculus paca*, como parte de las redes tróficas en niveles intermedios, pueden afectar las poblaciones de plantas y controlar las densidades de las especies (Kelly y Holub 2008; Lizcano y Cavelier, 2004).

El hallazgo del ocelote (*Leopardus pardalis*, Figura 82) es de gran interés, debido que, aunque es un felino común en el Neotrópico, en ausencia de grandes carnívoros, puede desempeñarse como depredador tope (Cruz-Rodríguez et al., 2015). Al observar la distribución del Ocelote en el departamento de Tolima, se puede establecer que se encuentra sobre alturas superiores de 2,000 m; por lo tanto, el registro a 1250 m.s.n.m., la estación E4-desembocadura indica que esta especie emplea los remantes de bosque como conector de las áreas con mayor cobertura ubicadas en la parte alta de los cerros periurbanos de la ciudad de Ibagué.

Aunque el ocelote no se encuentra en alguna categoría de amenaza establecida por la IUCN o por la reglamentación ambiental de Colombia (Resolución 1912 de 2017), esta especie carnívora de acuerdo con García et al., (2018) se ve afectado por las transformaciones del paisaje y esto debe ser un factor a considerar en el diseño del corredor periurbano y urbano de la ciudad de Ibagué.

Figura 82. Registro de *Leopardus pardalis* en la estación E4-Desembocadura (Jardín Botánico

San Jorge) sobre la microcuenca de la quebrada La Aurora.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Se resalta la presencia de *Galictis vittata*, especie que está incluida en el Apéndice III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Sin embargo, no se incluye en la lista de especies amenazadas de Colombia (Resolución 1912 de 2017). Los registros en Colombia de *Galictis vittata* son escasos y existe poca información sobre la biología, ecología y distribución (Calderón-Capote et al., 2015). Se conoce que habita en bosques primarios y secundarios, más frecuentemente cerca de ríos, senderos y humedales (Yansen y Tarifa, 2003), entre los 0 hasta los 1220 m.s.n.m. y se presume que requiere de fragmentos amplios donde pueda obtener vertebrados pequeños esenciales en su dieta.

Una vez analizada la información secundaria y la revisión de los especímenes asociados a estas investigaciones, se resalta la presencia de especies difíciles de detectar y endémicas de Colombia como la musaraña *Cryptotis medellinius* (Thomas, 1921) y los roedores *Akodon affinis* (Allen, 1912) y *Nephelomys childi* (Thomas, 1895). Registros que fueron realizados en la Reserva Forestal Protectora Bellavista a 2,432 m.s.n.m., evidenciado la necesidad de preservar y conservar los relictos de bosques que conectan estas áreas para la supervivencia de especies de alto interés como estas.

CONCLUSIONES

Lepidópteros diurnos:

Para la microcuenca La Aurora se registraron 126 especies representadas en 426 individuos, dentro de las que se destacan especies endémicas como *Heliconius cydno hermogenes*, *Parides eurimedes* y *Crocozona pheretima*, resaltando esta área como un centro de riqueza y diversidad de mariposas diurnas desde una escala regional, pues alberga especies endémicas y raras que pueden considerarse vulnerables frente a los cambios que ocasionen las presiones antropogénicas. Estos resultados, además, son el reflejo de la falta de muestreos pues los estimadores demuestran que aún se deben realizar trabajos que permitan explorar la representatividad real de la comunidad de mariposas diurnas en la zona.

Los mayores valores de diversidad se evidenciaron en E2-parte media de la cuenca ubicada en la Universidad Antonio Nariño, siendo una cobertura de mosaico, cultivos, pastos, espacios naturales, herbazales densos y tejido urbano, lo que se relaciona con la capacidad de las especies para competir y tolerar la perturbación, noción que va de la mano con la hipótesis de dominio intermedio donde se propone que valores elevados de diversidad pueden ser mantenidos por niveles intermedios de perturbación. Lo anterior evidencia que ecosistemas como el de la microcuenca La Aurora funcionan como conectores de la biodiversidad ya que generan diversas interacciones entre los relictos de vegetación natural y el ambiente urbano, manteniendo las poblaciones de mariposas en la región, siendo esta biota importante en la dinámica de los bosques.

El porcentaje de similitud entre las estaciones muestreadas refleja la cercanía entre estas, pues los mayores porcentajes fueron presentados por E2 parte media (Universidad Antonio Nariño), E3-Viña de Calambeo (Barrio Viña de Calambeo) y E4-desembocadura (cercanías del Jardín Botánico San Jorge), mientras que E1-Cabecera (Acuapaz) presenta la similitud más baja, esto puede estar relacionado por la variación de estratificación altitudinal, vegetación de la cual se alimentan, luz, viento, humedad o temperatura, siendo las mariposas un grupo con alta sensibilidad frente a los cambios en su entorno. Por lo tanto tomar acciones encaminadas que propicien la formación de un corredor biológico son necesarias y urgentes para mantener a lo largo de esta área una conectividad, por medio de ambientes heterogéneos, que proporcionen una mayor variedad de microhábitats y una gama más amplia de microclimas que puedan ser aprovechados por diferentes especies de mariposas.

Macroinvertebrados acuáticos:

La estación E1-cabecera de la quebrada la Aurora en el acueducto Acuapaz, ubicada en la parte alta de la microcuenca, es un área que presenta un estado de conservación mayor a los otros puntos, allí se encontraron 11 familias y 16 géneros; en este lugar la quebrada presenta abundante vegetación ribereña, con baja presión antrópica, lo cual, permite el establecimiento de un importante número de especies, situación contaría a lo que ocurre en las otras estaciones.

La riqueza de organismos fue disminuyendo a lo largo de la quebrada, pues en la estación 4-Desembocadura, el número fue de 8 familias y 9 géneros, lo que nos deja ver el efecto que causa las diferentes presiones antrópicas al que este cuerpo de agua está sometido (vertimientos de aguas negras, basura en la cuenca). Todo esto permite determinar que se requiere de acciones que permitan la regulación del recurso hídrico de la quebrada La Aurora como mantener la ronda hídrica de protección de 30 metros, según lo establecido en la normatividad ambiental vigente, con el fin de preservar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las demás funciones ecosistémicas que se dan en la microcuenca La Aurora.

En términos generales con respecto a la calidad de agua que se infirió a partir de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas en cada estación de muestreo, sólo la estación E1- Cabecera en el acueducto Acuapaz obtuvo un puntaje de 68 puntos en una escala de 1 a 100, indicando una calidad de agua aceptable, mientras que las otras estaciones presentan una calidad de agua dudosa, indicando que la cantidad de vertimientos que está recibiendo y en general la degradación de la cuenca, no la hacen apta para consumo humano, además de afectar negativamente la fauna circundante y que pueda hacer uso de este recurso hídrico.

Ictiofauna:

De manera general, fueron colectados 41 individuos, pertenecientes a tres órdenes, cuatro familias y cuatro especies. Las especies más abundantes fueron *Poecilia reticulata*, *Trichomycterus banneai* y *Astroblepus grixalvii*.

Las estaciones con mayor abundancia de organismos fueron la E4 - desembocadura y E3 - Viñas de Calambeo, en donde se colectó cerca del 63% del total. Por el contrario, las estaciones E1 - cabecera y E2 - parte media (Universidad Antonio Nariño), fueron las estaciones en donde se colectó la menor cantidad de individuos, representando aproximadamente el 35% del total. Asimismo, en E4 - desembocadura y E3 - viñas de Calambeo, se registró el mayor número de especies ícticas (3 spp. cada una).

De manera general, ninguna de las especies ícticas registradas se encuentra dentro de alguna categoría de amenaza, no son especies migratorias, ni de consumo; sin embargo, *Creagrutus dulima*, *Trichomycterus banneau* y *Astroblepus grixalvii*, son especies endémicas para la región del Alto Magdalena. La presencia de *Creagrutus dulima*, indicaría que a pesar de la evidente contaminación que presenta la quebrada, aún alberga especies endémicas y de gran importancia ecológica para los cuerpos de agua. Es de resaltar que, *C. dulima* tiene localidad tipo en la quebrada Chumba, de la cuenca del río Alvarado (municipio de Ibagué).

Poecilia reticulata es una especie introducida, es necesario establecer acciones encaminadas a contrarrestar el efecto que pudieran tener las especies invasoras sobre la ecología y biología de las especies endémicas registradas en la quebrada La Aurora.

Herpetofauna:

Se registro 88 individuos (78 anfibios y 10 reptiles), agrupados en 13 familias y 14 especies. Las familias mejor representadas fueron las generalistas como Craugastoridae, Hyidae y Bufonidae, debido a la tolerancia que presentan para habitar en ambientes perturbados.

Las estaciones E2-Parte Media (Universidad Antonio Nariño) y E3-B. Viña de Calambeo mostro las mayores abundancias de especies resistentes a las perturbaciones ambientales como Craugastoridos, evidenciado que estas áreas presenta pequeños relictos boscosos con un fuerte impacto antrópico, esto dado a la cercanía de viviendas, basuras, entre otras perturbaciones que se observan claramente en las estaciones mencionada. Demarcándose la necesidad de un mejoramiento ambiental, buscando potenciar el establecimiento de un mayor número de especies, así como el crecimiento poblacional para las mismas, ya que la limitación del espacio podría estar afectando la diversidad y el tamaño poblacional de la herpetofauna.

Los anfibios y reptiles en zonas de montaña, muestran una relación más estrecha de adaptabilidad al cambio, observable en comunidades como Bufonidos e Hylidos, que no estuvieron presentes en otras localidades, salvo aquella con el mayor grado de conservación, como el caso de la estación E1-cabecera. Evidenciando la necesidad de recuperación de los ambientes lóticos presentes en el área, buscando así minimizar la pérdida de diversidad.

Avifauna:

Se registraron en total 15 ordenes, 30 familias y 78 especies de aves en la quebrada La Aurora, donde 30 de las especies ocurren en áreas con bosque secundario o en transición a secundario (categorías II) (E2, parte media (Universidad Antonio Nariño; E1, Cabecera (Agua paz); E4 desembocadura. Esto demuestra que las estaciones de muestreo aun poseen áreas de bosque secundario y primario los cuales son primordiales para la conservación de la fauna y flora de las áreas urbanas de una ciudad. Adicionalmente se pudo observar en la estación E1 (Cabecera (Agua paz) se encontraron especies que son estrictamente de interior de bosque primario como *Dysithamnus mentalis*, indicando que esta estación presenta relictos de importancia que manteniendo las condiciones necesarias para el establecimiento de este tipo de especies.

En la Estación 4 (Desembocadura) fue la más diversa y con mayor riqueza de avifauna del estudio, posiblemente debido por la presencia de fragmentos de bosque secundario, sin embargo, los cultivos y otras intervenciones antrópicas no permitieron observar avifauna de interior de bosques. En general la dominancia de avifauna en las diferentes estaciones es baja lo que puede estar reflejando por la intervención antrópica del área.

A pesar de la intervención antrópica existente en quebrada La Aurora, se observaron especies como *Momotus aequatorialis*, la cual estuvo presente en la mayoría de estaciones de muestreo, lo que puede estar indicando que entre las diferentes estaciones existe una conectividad, sin embargo esta conectividad es baja debido a que estaciones como la E2 y E3 (Universidad Antonio Nariño, Barrio Viña de Calambeo) presentan asentamientos urbanos los cuales pueden estar influyendo en la composición florística de la zona.

Mastofauna:

En el área de influencia de la quebrada La Aurora se registró 23 especies agrupados en 12 familias, 18 géneros y cinco órdenes. Lo que permite indicar que a pesar de la fuerte intervención registrada a lo largo de las estaciones de muestreo persisten condiciones que permiten el establecimiento de una diversidad importante de mamíferos.

El orden y la familia mejor representada fue Chiroptera (Phyllostomidae); organismos generalistas que aprovechan la heterogeneidad del paisaje para establecer sus poblaciones. Sin embargo, se registra la presencia de *Eptesicus fuscus*, *Myotis keaysi* y *M. riparius*; especies que por sus condiciones ecológicas requieren de condiciones específicas de hábitat, como la presencia de conectividad entre los fragmentos de bosque, indicando que a pesar de la intervención antrópica presente en la estación E2-Universidad Antonio Nariño, los relictos de bosques persistentes presentan cierta conexión permitiendo la movilidad de estas especies.

Se registro un individuo de *Leopardus pardalis* depredador tope, que, aunque no se encuentra en alguna categoría de amenaza establecida por la IUCN o por la reglamentación ambiental de Colombia, se ve afectado por las transformaciones del paisaje; factor clave para la conservación del Ocelote, ya que en la actualidad esta área presenta una transformación importante originada por la urbanización y la agricultura, y se requieren de acciones como la reforestación asistida para aumentar la escasa conexión existente entre fragmentos con el fin de permitir el desplazamiento de este tipo de fauna desde la parte alta hasta el área periurbana de la ciudad de Ibagué.

RECOMENDACIONES

De manera general, para el estudio de la fauna acuática, se recomienda hacer monitoreos en diferentes épocas climáticas para poder tener una información más robusta, por otra parte, para la determinación e identificación de la calidad de los sistemas hídricos es importante tener en cuenta no solamente indicadores biológicos como los macroinvertebrados, si no también, características fisicoquímicas del cuerpo de agua, las cuales permiten establecer relaciones con las comunidades biológicas y conocer los estados de contaminación trófica, permitiendo evaluar la calidad del agua y la salud de la quebrada.

También es importante implementar el desarrollo de políticas de Ordenamiento Territorial y Planes de Desarrollo con base hidrológica, es decir, respetar el retiro hídrico, controlar los vertimientos y mejorar sistemas de tratamiento; además, restaurar la vegetación ribereña, ya que esta es fundamental para el establecimiento y diversificación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y peces.

Se recomienda, contribuir al desarrollo de conectividad y mejoramiento de los fragmentos de bosque, permitiendo la ampliación de áreas y el restablecimiento de las poblaciones de anfibios y reptiles, dando prioridad a aquellos hábitats donde predominan las especies, como acuíferos, quebradas, humedales. Adicionalmente, es importante, llevar a cabo campañas de limpieza, educación y restauración ecológica, retiro de basuras y manejo de vertimiento de aguas residuales, las cuales afectan las propiedades de los cuerpos de agua, impidiendo el establecimiento de macroinvertebrados acuáticos, peces, anfibios y reptiles más susceptibles.

Se sugiere el monitoreo periódico (mínimo una vez al año), de la fauna presente en el área, con el fin de observar la tasa de recambio de especies y la estabilidad poblacional de las mismas, aunado a un monitoreo constante de las condiciones climáticas y microambientales para evaluar el impacto que pueda tener el cambio climático sobre dichos organismos, asimismo, se debe ejercer un control sobre la afección causada por especies invasoras como el Caracol africano que puede alterar las comunidades biológicas.

La estructuración de recorridos ecológicos o alternativas que permitan la vinculación de las comunidades subyacentes, generaría un sentido de apropiación del corredor biológico, con la finalidad de salvaguardar la riqueza natural existente en su territorio. Adicionalmente, la realización de talleres de concientización y aprendizaje acerca de la importancia que tiene el afluente de agua y la flora que lo rodea, es fundamental para la conservación de la fauna y flora de la microcuenca.

Respecto a los lepidópteros diurnos, iniciar y mantener acciones de conservación eficaces de poblaciones y comunidades, con el fin de conservar los procesos ecológicos, ya que, son organismos que presentan una alta sensibilidad a los cambios de

temperatura, humedad y radiación solar, por lo tanto, cualquier presión en su medio puede alterar sus poblaciones, por lo tanto, se deben diseñar estrategias que favorezcan el mantenimiento, desplazamiento y aumento de la diversidad de lepidópteros diurnos, donde podrían estar incluidas la utilización de plantas nutricias propias de la zona y la conservación además de restauración de bosques de galería como el de la microcuenca de la quebrada La Aurora.

Por otro lado, para evaluar el corredor biológico a futuro, se deben tener presentes los requerimientos de especies generalistas y especialistas, pensando en recursos alimenticios (flores, frutos, excrementos), plantas hospederas, sitios de descanso o percha.

Finalmente, en cuanto a los mamíferos, grupo particularmente vulnerable por pérdida y fragmentación del hábitat debido a características biológicas intrínsecas propias como grandes tamaños corporales, necesidades de área, bajas densidades y tasas de crecimiento demográfico lentas, como también, las amenazas antropogénicas externas (ocupación urbana), incluyendo la caza ilegal y otras formas de persecución directa; se requieren, acciones encaminadas a conservar sus áreas de desarrollo. Por lo anterior, con el fin de conservar sus poblaciones a largo plazo en las áreas circundantes a la periferia de Ibagué se recomienda establecer conectividad entre los fragmentos de bosque de la microcuenca de la quebrada la Aurora y los bosques en la zona alta, lo que permitirá expandir su área de acción y en consecuencia satisfacer sus requerimientos de hábitat.

Se recomienda el establecimiento de una especie bandera para diseñar el corredor ecológico que se requiere en las áreas periféricas de la ciudad de Ibagué, por lo tanto, se propone a *Leopardus pardalis*, debido a que requiere grandes áreas de acción, aumentando así el valor del corredor en términos de calidad y estructura.

En los predios desprovistos de vegetación o con requerimientos forestales aledaños a la microcuenca de la quebrada La Aurora se recomienda el establecimiento de refugios artificiales para murciélagos frugívoros con el fin de incentivar la restauración ecológica mediante especies nativas dispersada por esta fauna.

Se recomienda implementar acciones de educación ambiental a la comunidad local, que le permita entender la importancia de la protección y conservación de las coberturas naturales en la zona y sus procesos de restauración, como también, el papel de la mastofauna en los relictos de bosques, con el fin de prevenir conflictos humano-fauna silvestre y mejorar la percepción general sobre las áreas de conservación.

Es imperioso realizar acciones de educación y control con el fin de minimizar o eliminar la cacería que se presenta en la parte alta de la cuenca, debido a que, durante el muestreo se observó frecuencia de cazadores. En las zonas aledañas a los bosques se recomienda la implementación de prácticas productivas que garanticen la presencia de

coberturas vegetales, como sistemas agroforestales, silvopastoriles o turismo ecológico regulado, de manera que la comunidad local pueda hacer uso responsable de sus territorios y a su vez se garantice la preservación de los bosques y su fauna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, G. M. A. y González, M. J. T. (2019). Red de interacciones entre plantas y aves del género *Tangara* (Passeriformes: Thraupidae) presentes en el parque natural Los Tunos, San Antonio del Tequendama, Cundinamarca-Colombia (*Tesis pregrado*), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Recuperado de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14985/AcevedoGuerreroGonz%C3%A1lezMoreno2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Albornoz-Garzón, J. G., y Villa-Navarro, F. A. (2017). Range extension of the invasive fish *Xiphophorus maculatus* (Günther, 1866) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in the upper Magdalena river basin, Colombia. *Check list* 13 (3): 2149
- Albornoz-Garzón, J. G., Conde-Saldaña, C. C., García-Melo, J. E., Taphorn, D. C. y Villa-Navarro, F. A. (2018). A new species of *Creagrutus* (Characidae: Stevardiinae) from the upper Río Magdalena, Colombia. *Zootaxa* 4482 (2): 341-354.
- Albornoz-Garzón, J. G., Conde-Saldaña, C. C., López-Delgado, E. O., García-Melo, J. E., y Villa-Navarro, F. A. (2020). Fishes from the Río Alvarado drainage, Upper Río Magdalena Basin, Colombia. *Check list* 16 (5): 1181-1198.
- Álvarez J. A. (1993). *Inventario de las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera), con anotaciones ecológicas, para dos zonas en departamento de Risaralda* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UN.
- Andrade, G., Campos, L.R., González, L.A. y Pulido, H.W. (2007). *Santa María mariposas alas y color*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Andrade, T. Y., Thies, W., Rogeri, P. K., Kalko, E. K. V., Mello, M. A. (2013) Hierarchical fruit selection by Neotropical leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *J Mammal* 94: 1094-1101.
- Andrade, M. G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137), 491-508.
- Andrade, G. (1990). Clave para familias y subfamilias de Lepidoptera: Rhopalocera de Colombia. *Caldasia*, 16(77), 197-200.
- Andrade, G. (1998). Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y biodiversidad en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 22(84), 407-421.
- Andrade, G. (2002). Biodiversidad de las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) de Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 2, 153-172.

Andrade, G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus Amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia- política. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137), 491-507.

Andrade, G., Henao, E. y Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de las mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperoidea-Papilionoidea). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 311-325.

Andrade, G., Ospina, L. y Páez, K. (2018). Mariposas Hesperoidea y Papilionoidea del Mariposario del Tolima. En: M. V. Vila (ed.). *Mariposario del Tolima Laboratorio de Biodiversidad Urbana* (pp. 61-84). Universidad de Ibagué.

Angarita-Sierra, T., Anganoy-Criollo, M., Ospina-Sarria, J. J., Pedroza-Banda, R., Lynch, J. D., y ONG, Y. (2013). Guía de campo de los anfibios y reptiles del departamento de Casanare-Colombia. Instituto de Estudios Orinocenses.

Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez- Mahecha y E. La Marca. (2006). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional-Colombia, Series Manuales de Campo No. 2, Panamericana Formas e Impresos S. A., Bogotá D.C. 298 pp.

Aparecida de Andrade, D. y do Valle, I. R. (2017). Diversidade de Lepidoptera em um fragmento florestal em Muzambinho, Minas Gerais. *Ciência Florestal*, 27(4), 1229-1241.

Aranda, J. (2000). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Arte Editorial, México.

Arequipa, V. W. F. y Ortega, S. (2018). Evaluación de la diversidad de avifauna en las quebradas Artesón, Sagala Huaycu y su propuesta de conservación, Cantón Antonio ante, provincia de Imbabura (tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.

Arroyo, M. (2018). *Diversidad de Lepidópteros diurnos (Rhopalocera) en dos parques urbanos de la ciudad de Puebla, México* [Tesis de pregrado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio BUAP.

Avendaño, J. E., Bohórquez, I. C., Rosselli, L., Arzuza-Buelvas, D., Estela, F. A., Cuervo, A. M., y Renjifo, M. L. (2017). Lista de chequeo de las aves de Colombia: Una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty y Brown (1986). *Ornitología Colombiana*, 16.

Axelrod, H.R., Burgess, W. E., Pronek, N., y Walls, J. G. (1986). Dr. Axelrod's atlas of freshwater aquarium fishes. Neptune City, NJ: TFH Publications. 782 pp.

Ayerbe-Quiñones, F. (2018). Guía ilustrada de la avifauna colombiana. Wildlife Conservation Society: Bogotá, Colombia.

Baptiste, M. A., Castaño, N., Cárdenas, D., de Paula, F., Gil, D., y Lasso, C. (2010). Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 200 p.

Barden, A. A. (1941). Distributional of the families of birds. *The Auk* 58: 543-557.

Bautista, L. (2013). Manual de plantas útiles para las aves en la ciudad de Querétaro. Recuperado de <http://fcn.uaq.mx/pdfs/plantasgro.pdf>.

Beccaloni, G. W. y Gaston, K.J. (1995). Predicting the species richness of neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. *Biological Conservation*, 71(1), 77-86.

Bernal, M. H. (2002). Ranas y sapos del municipio de Ibagué. *Universidad del Tolima-Cortolima*.

Bernal, M. H., y Lynch, J. D. (2008). Review and analysis of altitudinal distribution of the Andean anurans in Colombia. *Zootaxa*, 1826(1), 1-25.

Bernal, M. H., Páez, C. A., y Vejarano, M. A. (2005). Composición y distribución de los anfibios de la cuenca del río Coello (Tolima), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 27(82), 87-92.

Birdlife international. (2014). Conservación internacional. Recuperado de <http://www.birdlife.org/worldwide/news/birdlifeinternational-announces-new-chief-executive>

Bock, B. C. (2013). *Iguana iguana*. Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia. Asociación Colombiana de Herpetología – ACH. Volumen 1 (1): 10-14

Bouchard, R. W. (2009). Guide to Aquatic Invertebrate Families of Mongolia Identification Manual for Students, Citizen Monitors, and Aquatic Resource Professionals. *Paul, Mn*, 55108, 6-41.

Bolaño, J. D., Cordero, G., y Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30 (4), 15-27.

Borges, J. L. C. (2017). Hydropsychidae (Trichoptera) como engenheiros de ecossistemas em riachos do bioma mata atlântica (Doctoral dissertation, Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Briñez-Vásquez, G., Villa-Navarro, F., García-Melo, J., Ortega-Lara, A., Reinoso-Flórez, G. (2005). "Distribución altitudinal y diversidad de la familia Astroblepidae (Pisces: Siluriformes) en la cuenca del río Coello, Tolima". En: Colombia Dahlia ISSN: 0122-9982 ed: Unibiblos Universidad Nacional De Colombia v. fasc.8 p.39 – 46.

Brower, J; Zar, J; Von, E. (1997). Field and laboratory methods for general ecology. WCB/McGraw-Hill.Boston, E.E.U.U. 273 p.

Burgin, C. J., Colella, J. P., Kahn, P. L., y Upham, N. S. (2018). How many species of mammals are there?. *Journal of Mammalogy*, 99(1), 1-14.

Cadavid, J., Valencia, C. R., y Gómez, A. (2005). Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes Centrales de Colombia. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie*, 7(2), 103-118.

Calderón-Capote, M. C., A. V. Rojas-Rojas., C. Cárdenas-González, and A. Pardo-Ramírez. (2015). Familia Mustelidae. Pp. 110-133, in los carnívoros terrestres y semiacuáticos continentales de Colombia: Guía de Campo (Suárez-Castro, A. F., and H. E. Ramírez-Chaves, eds.). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Camero, E. y Calderón, A. (2007). Comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en un gradiente altitudinal del cañón del Río Combeima -Tolima, Colombia. *Acta Biológica Colombia*, 12(2), 95-110.

Cantillo Rodríguez, A. F. (2019). Diversidad del ensamblaje de renacuajos de un bosque de galería y su relación con las variables ambientales y estructurales en la Reserva El Caduceo, San Martín, Meta.

Caicedo-Portilla, R., y Dulcey-Cala, C. J. (2011). Distribución del gecko introducido *Hemidactylus frenatus* (Dumeril y Bribon 1836) (Squamata: Gekkonidae) en Colombia. *Biota colombiana*, 12(2).

Campbell, J. A., Lamar, W. W., Y Brodie, E. D. (2004). *The venomous reptiles of the western hemisphere* (Vol. 1, No. 2). Ithaca [NY]: Comstock Pub. Associates.

Castro, F., Herrera, M., y Acosta, A. (2004). *Bolitoglossa ramosi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>

Castro, M., Capurro, L., Chalar, G., y Arocena, R. (2020). Macroinvertebrados bentónicos indican empeoramiento de la calidad de agua en una zona de influencia urbana en el Río Negro. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay*, 29 (2), 116-125.

Carvajal-Cogollo, J. E., Y Urbina-Cardona, J. N. (2008). Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science*, 1 (4), 397-416.

Carrero, D. A., Sánchez Montaña, L. R. y Tobar, D. E. (2013). Diversidad y distribución de mariposas diurnas en un gradiente altitudinal en la región nororiental andina de Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 17(1), 168-188.

Cely-Gómez, M. A., Castillo-Figueroa D. (2019). Diet of dominant frugivorous bat species in an oil palm landscape from Colombian Llanos: Implications for forest conservation and recovery. *Therya* 10 (2): 149-153.

Chaparro-Herrera, S., Echeverry-Galvis, M. A., Córdoba-Córdoba, S. y Sua-Becerra, A. (2013). Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana*, 14(2), 113-150.

Casas, L. C., Mahecha, O., Dumar, J. C. y Ríos, I. C. (2017). Diversidad de mariposas en un paisaje de bosque seco tropical, en la Mesa de los Santos, Santander, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 45(177), 83-108.

Claro, R. (2005). *Manual cría de mariposas: una actividad rentable*. Editorial San Pablo.

Clavijo, A., Areiza, L., Álvarez, C. F., Parrales, D. A., Borja, K. G., Uribe, S. I. y Medina Uribe, C. A. (2020). Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) en la Reserva Forestal El Romeral, Cordillera Central, Antioquia, Colombia. *Biota colombiana*, 21(2), 142-155.

Clavijo-Garzón, S., Romero-García, J. A., Enciso-Calle, M. P., Viuche-Lozano, A., Herrán-Medina, J., Vejarano-Delgado, M. A., y Bernal, M. H. (2018). Lista actualizada de los anfibios del departamento del Tolima, Colombia. *Biota colombiana*, 19(2), 64-72.

Collins, S., Glenn, S. y Gibson, D. J. (1995). Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: decoupling cause and effect. *Ecology*, 76(2), 486-492.

Colwell, R. K. (2013). EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, user's guide and application. Version 9. Obtenido de <http://purl.oclc.org/estimates>.

Connell, J. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199(4335), 1302-1310.

Contreras, A. y Contreras, J. (2010). Aportes sobre *Dircenna dero celtina* BURMEISTER, 1878 (Lepidoptera: Nymphalidae) en el Ñeembucú, sudoeste del Paraguay Oriental. *Azariana*, 1(22), 244-254.

Coral, N. (2014). *Diversidad del ensamblaje de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) en un cafetal con sombrío y un fragmento de bosque seco tropical (bs-t) en la región del Chicamocha (Santander, Colombia)* [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Javeriana]. Repositorio Universidad Pontificia Javeriana.

Coral, N. y Pérez, J. (2017). Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a un agroecosistema cafetero de sombra (Curití, Santander). *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1), 91-99.

CORCUENCAS. Corporación de cuencas del Tolima. (2014). *Formulación POMCA Río Luisa y otros directos al Magdalena*. Plan de ordenación y manejo de cuenca hidrográfica. Fase de diagnóstico. 3.13 (02)

Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). (2004). *Biodiversidad faunística de la cuenca del río Coello, Biodiversidad regional fase I*. Colombia: CORTOLIMA. Recuperado de <https://www.cortolima.gov.co/>

Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). (2007). *Biodiversidad faunística de la cuenca del río Totare, Biodiversidad regional fase III*. Colombia: CORTOLIMA. Recuperado de [https:// www.cortolima.gov.co/](https://www.cortolima.gov.co/)

Corporación Autónoma regional del Tolima, CORTOLIMA. (2009). Plan de ordenación y manejo de la Cuenca hidrográfica mayor del río Totare, convenio CORTOLIMA, CORPOICA, SENA y UNIVERSIDAD DEL TOLIMA. Obtenido <http://www.cortolima.gov.co/contenido/fase-ii-diagnostico-totare>.

CORTOLIMA. Corporación autónoma del Tolima. (2010). *Agenda Ambiental del Municipio de Ibagué*. SIGAM, Alcaldía de Ibagué. URL. <https://www.cortolima.gov.co/>

CORTOLIMA. Corporación autónoma del Tolima. (2018, julio). *Informe de Gestión Vigencia Primer semestre 2018*. CORTOLIMA VISIBLE. URL <https://www.cortolima.gov.co/>

CORTOLIMA. Corporación autónoma del Tolima. (2018). *Plan de manejo del distrito de conservación de suelos de los cerros del norte de Ibagué, en el departamento del Tolima*. Unión Temporal Desafío Ambiental. URL. <https://www.cortolima.gov.co/>

Crawford, A. J., y Smith, E. N. (2005). Cenozoic biogeography and evolution in direct-developing frogs of Central America (Leptodactylidae: Eleutherodactylus) as inferred from a phylogenetic analysis of nuclear and mitochondrial genes. *Molecular phylogenetics and evolution*, 35(3), 536-555.

Cruz, E. X., Galindo, C. A., y Bernal, M. H. (2016). Dependencia térmica de la salamandra endémica de Colombia *Bolitoglossa ramosi* (Caudata, Plethodontidae). *Iheringia. Série Zoologia*, 106.

Cruz-Rodríguez, C., González-Maya, J. F., Rodríguez-Bolaños, A., Cepeda-Mercado, A. A., Zárrate-Charry, D., y Belant, J. L. (2015). Ocelot *Leopardus pardalis* (Carnivora: Felidae) spatial ecology in a fragmented landscape of Colombia. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 5 (1), 17-24.

D'Abrera, B. (1982). *Butterflies of the neotropical region. Part I. Papilionidae and Pieridae*. Hill House Publishers.

D'Abrera, B. (1984). *Butterflies of the neotropical region. Part II. Danaidae, Ithomiidae, Heliconidae & Morphidae*. Hill House Publishers.

D'Abrera, B. (1987a). *Butterflies of the neotropical region. Part III. Brassolidae, Acraeidae, Nymphalidae (partim)*. Hill House Publishers.

D'Abrera, B. (1987b). *Butterflies of the neotropical region. Part IV. Nymphalidae (partim)*. Hill House Publishers.

D'Abrera, B. (1989). *Butterflies of the neotropical region. Part V. Nymphalidae (Conc.) and Satyridae*. Hill House Publishers.

D'Abrera, B. (1994). *Butterflies of the neotropical region. Part VI. Riodinidae*. Hill House Publishers.

D'Abrera, B. (1995). *Butterflies of the neotropical region. Part VII. Lycaenidae*. Hill House Publishers.

Daily, G. C., Ceballos, G., Pacheco, J., Suzán, G., y Sánchez-Azofeifa, A. R. T. U. R. O. (2003). Countryside biogeography of neotropical mammals: conservation opportunities in agricultural landscapes of Costa Rica. *Conservation biology*, 17(6), 1814-1826.

Daniels, C. (2016). *Gulf fritillary butterfly*. University of Florida. Consultado el 22 de julio del 2021. <https://n9.cl/ivnzj>.

Darveau, M., Labbé, P., Beauchesne, P., Bélanger, L., y Huot, J. (2001). The use of riparian forest strips by small mammals in a boreal balsam fir forest. *Forest Ecology and Management*, 143(1-3), 95-104.

de Castro, E. B. V., y Fernandez, F. A. (2004). Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. *Biological Conservation*, 119(1), 73-80.

De Vries, P. J. (1987). *Butterflies of Costa Rica and their Natural History: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae*. Princeton University Press.

Dennis, R. L., Dapporto, L., Dover, J. W. y Shreeve, T. G. (2013). Corridors and barriers in biodiversity conservation: a novel resource-based habitat perspective for butterflies. *Biodiversity and Conservation*, 22(12), 2709-2734.

Di Bitetti, M.S., Y. E. Di Blanco, J. A. Pereira, A. Paviolo y Pérez, I. J. (2009). Time partitioning favors the coexistence of sympatric crab-eating foxes (*Cerdocyon thous*) and pampas foxes (*Lycalopex gymnocercus*). *J. Mammal.* 90: 479-490

Díaz, M. M., Solari, S., Aguirre, L. F., Aguiar, L., y Barquez, R. M. (2016). Clave de identificación de los murciélagos de Sudamérica/Chave de identificação dos morcegos da América do Sul. *Publicación Especial No, 2*, 160.

Dietz, C., von Helversen, O., Nill, D., Lina, P. H., y Hutson, A. M. (2009). *Bats of Britain, Europe and Northwest Africa* (p. 400). London: A & C Black.

Doan, T. M. y Avila, T. (2010). *Cercosaura argulus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>

Docile, T. N, Figueiró, R, Gil, L. H, y Nessimian, Jorge L. (2015). Water pollution and distribution of the black fly (Diptera: Simuliidae) in the Atlantic Forest, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 63(3), 683-693. Retrieved July 18, 2021, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442015000300683&lng=en&tlng=.

Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. (1a ed.) Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo. ISBN 978-950-668-015-2.

DoNascimento, C., Herrera Collazos E. E. y Maldonado-Ocampo, J. A. (2018): Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia. v2.10. Asociación Colombiana de Ictiólogos. Dataset/Checklist. <http://doi.org/10.15472/numrso>

Ehrlich, P. R. y Ehrlich, A. H. (1961). *How to Know the Butterflies*. Brown Company Publishers.

Estrada Villegas, S., Meyer, C.F.J. y Kalko, E.K.V. (2010) Effects of forest fragmentation on aerial insectivorous bats in a land-bridge island system. *Biological Conservation*, 143, 597-608.

Erazo-Londoño, J. P., Ruano-Meneses, L. A., y López-Peña, A. (2016). Comparación entre dieta y composición de alcaloides de *Dendrobates truncatus* (Dendrobatidae) entre dos zonas con diferentes grados de perturbación en un bosque seco. *Revista de Ciencias*, 20(2), 95-107.

Fernández, I. C., y Simonetti, J. A. (2013). Small mammal assemblages in fragmented shrublands of urban areas of Central Chile. *Urban Ecosystems*, 16, 377-387.

Figueroa, D. C., y Torres, J. P. (2018). Respuestas funcionales de murciélagos asociados a fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba (Colombia): implicaciones del tipo de manejo en sistemas de ganadería extensiva. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 8(3), 197-211.

Fox, M. y Real, H. G. (1971). *A Monograph of the Ithomiidae (Lepidoptera). Part IV. The tribe Napeogenini Fox*. Memoirs of the American Entomological Institute.

Freeman, P. W. (2000). Macroeolution in microchiroptera: recoupling morphology and ecology with phylogeny. *Evolutionary Ecology Research*, 2:317-335.

Freitas, A. V. y Brown, K. S. (2004). Phylogeny of the Nymphalidae (Lepidoptera). *Systematic biology*, 53(3), 363-383.

Frost, D. R. (2021). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1 (Date of access). Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001

Galindo-Urbe, D., y Hoyos-Hoyos, J. M. (2007). Relaciones planta-herpetofauna: nuevas perspectivas para la investigación en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 12(I), 9-34.

Galvis-Rizo, C., Carvajal-Cogollo, J. E., Arredondo, J. C., Passos, P., López-Victoria, M., Velasco, J. A., ... Y Forero-Medina, G. A. (2016). Libro Rojo de Reptiles de Colombia (2015).

Gamboa, D. A. M., y Montenegro, O. L. (2007). Diagnóstico del tráfico ilegal y del manejo post decomiso de fauna silvestre en nueve Corporaciones Autónomas Regionales de Colombia. *Acta biológica colombiana*, 12, 125-127.

García-González, A., Padrón, L. Y. G., Fernández, F. D., y Riverón-Giró, F. B. (2014). Anfíbios y reptiles asociados a tres especies de bromelias de tanque en el Parque Nacional Guanahacabibes, Cuba. *UNED Research Journal*, 6(1), 87-97.

García-Herrera, L. V., Ramírez-Fráncel, L. A., y Reinoso-Flórez, G. (2019). Mamíferos del departamento del Tolima: distribución y estado de conservación. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), 2: e1100.

- García-Melo, L. (2005). Distribución, Diversidad y Ecología Básica de la familia Trichomycteridae (Ostariophysi: Siluriformes) en la cuenca del río Coello departamento del Tolima. *Tesis de Pregrado*. Programa de Biología., Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Tolima. Ibagué.
- García-R, S., Botero-Cañola, S., Sánchez-Giraldo, C., y Solari, S. (2019). Habitat use and activity patterns of *Leopardus pardalis* (Felidae) in the Northern Andes, Antioquia, Colombia. *Biodiversity*, 20(1), 5-19.
- García, C., Constantino, L. M., Dolores, M. y Kattan, G. (2002). *Mariposas comunes de la cordillera Central de Colombia*. Wildlife Conservation Society.
- García, J., Ospina, L., Villa, F. y Reinoso, G. (2007). Diversidad y distribución de mariposas Satyrinae (Lepidoptera: Nymphalidae) en la cuenca del río Coello, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 55(2), 645-653.
- Garwood, K., Huertas, B., Ríos, I.C., y Jaramillo, J.G. (2021). *Mariposas de Colombia lista de chequeo*. BioButterfly Database.
- Gerhardt, H. C. (1994). The evolution of vocalization in frogs and toads. *Annual review of ecology and systematics*, 25(1), 293-324.
- Growns, I. O., Pollard, D. A. y Harris, J. H. (1996). A comparison of electric fishing and gillnetting to examine fish communities. *Fisheries Management and Ecology*, 3: 13-34.
- González, N. A., Pozo, C., Ochoa, S., Ferguson, B. G., Cambranis, E., Lara, O., Pérez, I., Ponce, A. y Kampichler, C. (2016). Nymphalidae frugívoras (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a un ecosistema agropecuario y de bosque tropical lluvioso en un paisaje del sureste de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(2), 451-464.
- Guayara-Barragán, M. G., Y Bernal, M. H. (2012). Fecundity and fertility of eleven species of Colombian anurans with different reproductive modes. *Caldasia*, 483-496.
- Gutiérrez, F. D. P., Lasso, C. A., Baptiste, M. P., Duarte-Sánchez, P., y Díaz, A. M. (2012). *Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Gutiérrez, Y., y Dias, L. G. (2015). Ephemeroptera (Insecta) de Caldas-Colombia, claves taxonómicas para los géneros y notas sobre su distribución. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 55(2), 13-46.
- Gutiérrez, F. de P. (2006). Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de impactos. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 156 pp.
- Hanson, Paul, Springer, Monika, y Ramirez, Alonso. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(Supl. 4), 3-37. Retrieved July 18, 2021, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001&lng=en&lng=es

Hamada, N., Thorp, J., y Rogers, D. (Eds.). (2018). Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Volume 3: Keys to Neotropical Hexapoda. Academic Press.

Hammer, O. y Harper, D. A. T. (2001). *PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis*. (Version 2.08).

Hayden, J. E. (2017). *Prepona laertes* (Lepidoptera: Nymphalidae), an exotic butterfly. *Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry*, 434, 1-5.

Henle, K., Davies, K. F., Kleyer, M., Margules, C., y Settele, J. (2004). Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodiversity & Conservation*, 13(1), 207-251.

Heppner, J.B. (2008). *Butterflies and Moths: Lepidoptera*. En: J. L. Capinera (ed.). *Encyclopedia of Entomology* (pp. 623-626). Springer.

Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. A. C., y Foster, M. S. (1994). Essentials of standardization and quantification. *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*.

Hilty, S. L. y Brown, W. L. (2001). Guía de las aves de Colombia, Edición en español. Cali, Colombia: American Bird Conservation (ABC).

Holdridge, L. R. (1967). *Life zone ecology*, (rev. ed.).

Hoskins, A (2018). *Learn About Butterflies: the complete guide to the world of butterflies and moths*. New Holland Publishers. Consultado el 21 de julio del 2021. <https://n9.cl/7g8u6>.

Ibáñez, R., Jaramillo, C., Arredondo, J. C. y Cisneros-Heredia, D. F. (2017). *Basiliscus galeritus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>

Isler, M. L. y Isler P. R. (1987). *The Tanagers: natural history, distribution and identification*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

IUCN (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. Obtenido <http://www.iucnredlist.org>.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2017). *Hyloxalus vergeli*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>

Jansen, P. A., Hirsch, B. T., Emsens, W. J., Zamora-Gutierrez, V., Wikelski, M., y Kays, R. (2012). Thieving rodents as substitute dispersers of megafaunal seeds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12610-12615.

Jiménez, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151-161.

Kelly, M. J., y Holub, E. L. (2008). Camera trapping of carnivores: trap success among camera types and across species, and habitat selection. *Northeastern Naturalist*, 15(2), 249-262.

Kremen, C., Colwell, R.K., Erwin, T.L., Murphy, D.D., Noss, R.F. y Sanjayan, M. A. (1993). Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Corsevation Planning. *Conservation Biology*, 7(4), 796-808.

Lajmanovich, R. C., Peltzer, P. M., Attademo, A. M., Cabagna-Zenklusen, M. C., y Junges, C. M. (2012). Los agroquímicos y su impacto en los anfibios: un dilema de difícil solución. *Química Viva*, 11(3), 184-198.

Lamas, G. (2000). Estado actual del conocimiento de la sistemática de los lepidópteros, con especial referencia en la región Neotropical. En: F. Piera, J. Morrone y A. Melic. (eds.), *Proyecto Iberoamericano de Biogeografía y Entomología sistemática: PRIBES 2000* (pp.253-260). Sociedad Entomológica Aragonesa, SEA.

Lasso, E., y Barrientos, L. S. (2015). Epizoochory in dry forest Green iguana: an overlooked seed dispersal mechanism?. *Colombia forestal*, 18(1), 151-159.

Lasso, C. A., Agudelo-Córdoba, E., Jiménez-Segura, L. F., Ramírez-Gil, H., Morales-Betancourt, M., Ajiaco-Martínez, R. E., de Paula Gutiérrez, F., Usma-Oviedo, J. S., Muñoz-Torres, S. E. y Sanabria-Ochoa, A. I. (2011). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)*. Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp.

Le Crom, J. F., Constantino, L. M., Salazar, J. A. y Llorente, J. (2004). *Mariposas de Colombia, Tomo 2. Pieridae*. Carlec Ltda

Le Crom, J. F., Constantino, L. M. y Salazar, J. A. (2002). *Mariposas de Colombia. Tomo 1. Papilionidae*. Carlec Ltda.

Lizcano, D. J., y J. Cavelier. (2004). Características químicas de salados y hábitos alimenticios de la danta de montaña (*Tapirus pinchaque* Roulin, 1829) en los Andes Centrales de Colombia. *Mastozoología Neotropical* 11:193-201.

Lobón-Cerviá, J. (1991). Dinámica de poblaciones de peces en ríos, pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estima de abundancias. *Madrid, España: Centro de Investigaciones de agua (C.S.I.C)*.

Lomolino, M. V. (2001). Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology & Biogeography* 10, 3-13. doi: 10.1046/j.1466-822x.2001.00229.x

López-Delgado, E. O. (2013). Composición y estructura de la comunidad de peces y sus relaciones con la calidad de la vegetación riparia y algunas variables ambientales en dos ríos de bosque seco tropical (bs-t), Tolima (Colombia) (Tesis de maestría). Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Lotts, K. y Naberhaus, T. (2021). *Butterflies and Moths of North America (BAMONA)*. Metalmark Web and Data. Consultado el 21 de julio del 2021. <https://n9.cl/aebp>.

Louca, S., Lampo, M., y Doebeli, M. (2014). Assessing host extinction risk following exposure to *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1785), 20132783.

Lynch, J. D. (1999). Una aproximación a las culebras ciegas de Colombia (Amphibia: Gymnophiona). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, 317-337.

Llano-Mejía, J., Cortés-Gómez, Á. M., y Castro-Herrera, F. (2010). Lista de anfibios y reptiles del departamento del Tolima, Colombia. *Biota colombiana*, 11(1 y 2).

Luna-Mora, V. F. (2011). Anfibios. Norte del departamento del Tolima, Colombia.

Magurran, A.E. (2004). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, P. 179.

Maddern, M.G., Gill, H. S., y Morgan, D. L. (2011). Biology and invasive potential of the introduced swordtail *Xiphophorus hellerii* Heckel (Poeciliidae) in Western Australia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 21: 282-291. <https://doi.org/10.1002/aqc.1186>

Mahecha, O., Dumar, J. y Pyrcz, T. (2011). Efecto de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades de Lepidóptera de la tribu Pronophilini a lo largo de un gradiente altitudinal en un bosque andino en Bogotá (Colombia) (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *SHILAP Revista de Lepidopterología*, 39(153), 117-126.

Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Galvis, G., Villa-Navarro, F., Vásquez, L., Prada-Pederos, S., Ardilla, R. (2005). Peces de los Andes de Colombia. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Humboldt*. Bogotá, D. C. Colombia. 346 p.

McDiarmid, R. (1994). *Preparing amphibians as scientific specimens*. En R., Heyer, M., Donnelly, R. W., McDiarmid, L., Hayek y M. S., Foster (Eds), *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. Washington D.C., U.S.A.: Smithsonian Institution Press-Editorial Universitaria de la Patagonia.

McNeely J. A., Money, H. A., Neville, L. E., Scchei P. y Waage J. K. (Eds). (2001). A Global strategy on invasive alien species. UICN Gland, Switzerland, and Cambridge, UK., in collaboration with the Global Invasive Species Programme.

Méndez-Narváez, J. (2014). Diversidad de anfibios y reptiles en hábitats altoandinos y paramunos de la cuenca del río Fúquene, Cundinamarca, Colombia. *Biota Colombiana*, 15(1).

Mercado, Y., Mercado, J. y Giraldo, C. E. (2018). Mariposas en un fragmento de bosque seco tropical en Montes de María (Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 9(2), 35-45.

Merritt, R., Cummins, K., y Berg, M. (2008). *An introduction to the Aquatic Insects of North América*. Kendall: Kendall/Hunt Publishing Company.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MADS. (2009) Plan Nacional de las especies migratorias. Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Primera Edición, Bogotá D. C.

- Melo, F. P., Rodríguez-Herrera, B., Chazdon, R. L., Medellín, R. A., y Ceballos, G. G. (2009). Small tent-roosting bats promote dispersal of large-seeded plants in a Neotropical forest. *Biotropica*, 41(6), 737-743.
- Michalski, F. and C. Peres. (2005). Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in a fragmented forest landscape of southern Amazonia. *Biol. Conserv.* 124: 383-396.
- Mills, M. D., Rader, R. B., y Belk, M. C. (2004). Complex interactions between native and invasive fish: the simultaneous effects of multiple negative interactions. *Oecologia* 141: 713-721. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1695-z>
- Mojica, J. I., Usma, J. S., Álvarez-León, R., y Lasso, C. A. (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos IAvH, ICN de la Universidad Nacional de Colombia, WWF y Universidad de Manizales*. Bogotá, D. C., Colombia, 319p.
- Molina-Martínez, Y. G. y Rodríguez, Q. Aves. 564-884. En: REINOSO-FLOREZ, G., VILLANAVARRO, F. A., ESQUIVEL, H. E., GARCIA-MELO, J. E. Y VEJARANO-DELGADO, M. A. (2002). Biodiversidad Faunística y Florística de la Cuenca del Río Totare Biodiversidad Regional Fase III. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
- Monteiro, L. R., and M. R. Nogueira. (2009). Adaptive radiations, ecological specialization, and the evolutionary integration of complex morphological structures. *Evolution* 64:724-744.
- Montero, F., Moreno, M. y Gutiérrez, L. C. (2009). Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) asociadas a fragmentos de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 13(2), 157-173.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA.
- Mueller, R. J., y Pyron, M. (2010). Fish assemblages and substrates in the middle Wabash River, USA. *Copeia*, 2010(1), 47-53.
- Muñoz, A. y Amarillo, Á. (2010). Variación altitudinal en diversidad de Arctiidae y Saturniidae (Lepidoptera) en un bosque de niebla colombiano. *Revista Colombiana de Entomología*, 36(2), 292-299.
- Murillo, S., Fadul, C. y Valdeleón, J. (2018). Inventario de mariposas diurnas en la cuenca de la quebrada Santo Tomás, Pensilvania-Colombia. *Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 57-76.
- Murillo, Z. M., y Sánchez Vázquez, S. P. (2019). Dípteros acuáticos del departamento del Chocó, Colombia. *Biota Colombiana*, 20 (2), 46-58. <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a04>
- Murray, D. L. (2001). *Systematics of Neotropical Satyrine Butterflies (Nymphalidae: Satyrinae: Euptychiina) Based on Larval Morphology and DNA Sequence Data and the Evolution of Life History Traits* [Tesis doctoral, University of North Carolina at Chapel Hill]. Repositorio University of North Carolina at Chapel Hill.

Muscarella, R. and Fleming T.H. (2007). The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82: 573-590.

Naranjo, L. G., y Espinel, J. D. A. (Eds.) (2009). Plan nacional de las especies migratorias: diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Planes-para-la-conservacion-y-uso-de-la-biodiversidad/211010_plan_especies_migratorias.pdf.

Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.) (2012). Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/ WWF Colombia: Bogotá, D.C., Colombia.

Nakahara, S., Willmott, K. R., Mielke, O. H., Schwartz, J., Zacca, T., Espeland, M. y Lamas, G. (2018). Seven new taxa from the butterfly subtribe Euptychiina (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae) with revisional notes on Harjesia Forster, 1964 and Pseudeuptychia Forster, 1964. *Insecta Mundi*, 0639, 1-38.

Navarro, A., Rebón, M., Gordillo, A., Peterson, A., Berlanga, H., y Sánchez, L. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista mexicana de biodiversidad*. DOI: 10.7550/rmb.41882.

Neild, F. E. (1996). *The butterflies of Venezuela, Part 1: Nymphalidae I (Limenitidinae, Apaturinae, Charaxinae)*. Meridian Publications.

Nogueira, M. R., L. R. Monteiro, A. L. Peracchi, and A. F. de Araújo. (2005). Ecomorphological analysis of the masticatory apparatus in the seed-eating bats, genus *Chiroderma* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Zoology* 266:355-364.

North American Banding Council (NABC) (2003). Manual para anillar Passeriformes y cuasi-Passeriformes del anillador de Norteamérica (excluyendo colibríes y búhos). The North American Banding Council, point Reyes station: California, USA.

Olarte, C. A., Acevedo, A. A., Ríos, I. C. y Carrero, D. A. (2016). Diversidad de mariposas (Lepidoptera, Papilionoidea) y su relación con el paisaje de alta montaña en los Andes nororientales de Colombia. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 14, 233-255.

Orozco, S., Muriel, S. B. y Palacio, J. (2009). Diversidad de lepidópteros diurnos en un área de bosque seco tropical del occidente antioqueño. *Actualidades Biológicas*, 31(90), 31-41.

Ortega, J.C.G. (2015). First record of Peacock Bass *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 in the Brazilian Pantanal. *BioInvasions Records* 4: 133-138. <https://doi.org/10.3391/bir.2015.4.2.10>

Ortiz, E. (2007). *Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) en dos bosques riparios del municipio de Guayabetal-Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Uniandes.

Ospina, L. (2014). *Estructura de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) en distintos tipos de hábitats en la cuenca del Río Lagunillas (Tolima - Colombia)*

[Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia.

Ospina, L. y Reinoso, G. (2009). Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del jardín botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad del Tolima (Ibagué-Colombia). *Revista Tumbaga*, 4, 135-158.

Packard, G. C., Tracy, C. R., Y Roth, J. J. (1977). The physiological ecology of reptilian eggs and embryos. And the evolution of viviparity within the Class Reptilia. *Biological Reviews*, 52(1), 71-105.

Padilla-Gil, D. N., y García-López, J. P. (2016). Morphometric variation in the mesothoracic leg of *Rhagovelia gastrotricha* (Hemiptera: Veliidae) in the Colombian Andes. *Hidrobiológica*, 26 (3), 395-401.

Páez, V., Bock, B., Estrada, J., Ortega, A., Daza, J., y Gutiérrez, P. (2002). Guía de campo de algunas especies de anfibios y reptiles de Antioquia. Medellín, Antioquia: Multimpresos LTDA.

Páez, K. A. (2018). *Mariposas de Ibagué: una perspectiva desde la ecología urbana* [Tesis de pregrado, Universidad del Tolima]. Repositorio Universidad del Tolima.

Palacios, M. y Constantino, L. M. (2006). Diversidad de lepidópteros Rhopalocera en un gradiente altitudinal en la Reserva Natural El Pangan, Nariño, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 10, 258-278.

Pardini R (2004) Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodiversity and Conservation* 13: 2567-2586

Parra-Hernández, R. M, Carantón-Ayala, D. A, Sanabria-Mejía, J. S, Barrera-Rodríguez, L. F, Sierra-Sierra, A. M, Moreno-Palacios, M. C, Yate-Molina, W. S., Figueroa-Martínez, w. e., Díaz-Jaramillo, c., Florez-Delgado, v. t., Certuche-Cubillos, J. K., Loaiza-Hernández, H. N. y Florido-Cuellar, B. A. (2007). Aves del municipio de Ibagué - Tolima, Colombia. *Biota Colombiana*, 8 (2): 199 – 220.

Passamani, M., y Ribeiro, D. (2009). Small mammals in a fragment and adjacent matrix in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69, 305-309.

Passamani, M., y Fernandez, F. A. (2011). Movements of small mammals among Atlantic forest fragments in Espírito Santo, southeastern Brazil. Umetsu F, Pardini R (2007) Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats - evaluating matrix quality in an Atlantic Forest landscape. *Landscape Ecology* 22: 517-530.

Peña, C. y Wahlberg, N. (2008). Prehistorical climate change increased diversification of a group of butterflies. *Biology Letters*, 4(3), 274-278.

Peña, J. (2007). Lepidópteros diurnos. En: G. Reinoso, F.A. Villa, H.E. Esquivel, J.E. García y M.A. Vejarano (eds.), *Biodiversidad faunística y florísticas de la Cuenca del río Totare Biodiversidad Regional Fase III* (pp. 210-401). Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima.

Peña, J. M. (2008a). Lepidópteros diurnos. En: G. Reinoso, F. A. Villa, H. E. Esquivel, J. E. García Melo y M.A. Vejarano (eds.), *Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del río Saldaña (subcuenca Anamichú) - Biodiversidad Regional Fase IV* (pp. 185-268). Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima.

Peña, J. M. (2008b). Lepidópteros diurnos. En: G. Reinoso, F. A. Villa, H. E. Esquivel, J. E. García Melo y M.A. Vejarano (eds.), *Biodiversidad Faunística y Florística de la Cuenca del río Lagunillas - Biodiversidad Regional Fase IV*. (pp. 235-356). Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima.

Peña, J. y Reinoso, G. (2016). Mariposas diurnas de tres fragmentos de bosque seco tropical del Alto Valle del Magdalena, Tolima – Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 28, 57-66.

Pirnat, J., y Hladnik, D. (2016). Connectivity as a tool in the prioritization and protection of sub-urban forest patches in landscape conservation planning. *Landscape and Urban Planning*, 153, 129-139. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05>.

Posada-García, J. A., y Roldán-Pérez, G. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el nor-occidente de Colombia/Illustrated key for the larvae of Trichoptera in the northwest of Colombia. *Caldasia*, 169-192.

Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitsky, A. H., y Kentwood, D. W. (2004). Herpetology as a field of study. *Herpetology*, 3rd edn. Prentice Hall, 3-20.

Powell, J. A. (2009). Lepidoptera (Moths, Butterflies). En: V. Resh y R. Cardé (eds.). *Encyclopedia of Insects (2° Edition)* (pp. 559-586). Academic Press is an imprint of Elsevier.

Quintero et al., (2011). Elementos de recuperación de ríos urbanos. Caso de estudio: Río Torca (tramo 1). Bogotá D.C. - Bogotá: Universidad Antonio Nariño, Fondo Editorial: Secretaría Distrital de Medio Ambiente.

Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E. y De Sante, D. F. (1993). Handbook of field methods for monitoring landbirds. General technical report. Forest Service, United States Department of agriculture: Albany, California.

Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., Desante, D. F. y Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest service, United States Department of agriculture.

Ralph, C. J., Widdowson, M., Widdowson, B., O'donnell, B. y Frey, R. I. (2008). Tortuguero bird monitoring station protocol for the Tortuguero integrated bird monitoring program. U.S. Forest Service, Redwood Sciences Laboratory: Arcata, California.

Ramírez, A. (1999). Ecología Aplicada Diseño y Análisis Estadístico. Bogotá: Centro Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Ramírez-Chaves, H. E., Suárez-Castro, A. F., y González-Maya, J. F. (2016). Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Mammalogy notes*, 3(1-2), 1-9.

Ramírez-Chaves H E, Suárez Castro A F, Morales-Martínez D M, Rodríguez-Posada M E, Zurc D, Concha Osbahr D C, Trujillo A, Noguera Urbano E A, Pantoja Peña G E, González Maya J F, Pérez Torres J, Mantilla Meluk H, López Castañeda C, Velásquez Valencia A, Zárrate Charry D (2021): Mamíferos de Colombia. v1.12. Sociedad Colombiana de Mastozoología. Dataset/Checklist. <https://doi.org/10.15472/kl1whs>

Ramírez-Fráncel, L. A., García-Herrera, L. V., Losada-Prado, S., Reinoso-Flórez, G., Sánchez-Hernández, A., Estrada-Villegas, S., Lim, B. y Guevara, G. (2021). Bats and their vital ecosystem services: A global review. *Integrative Zoology*, 1-22.

Ramírez, L., Chacón, P. y Constantino, L. (2007). Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 54-63.

Reinoso, G.; García, J.; Vejarano, M; Villa, F; Guevara, G.; Molina, Y.; Yara, D.; Yara, C.; Vásquez, J.; Peña, J.; Parra, T.; Delgado, E.; Gutierrez, K.; Galindo, E. y Carranza, X. (2009). *El Tolima, Diversidad en el corazón de los andes colombianos*. León Editores.

Reinoso, G., Losada, S., Villa, F. A. y Guevara, G. (2017). *Caracterización de la Palma de Cera (Ceroxylon quindiuense), y su flora y fauna asociada en tres áreas definidas de la cuenca del río Toche en los municipios de Ibagué y Cajamarca, Tolima*. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima.

Reinoso, G., Losada, S., Villa, F. A. y Guevara, G. (2019). *Caracterización de la Palma de Cera (Ceroxylon quindiuense), y su flora y fauna asociada en tres áreas (Roncesvalles, Cajamarca, Ibagué) del departamento del Tolima*. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima.

Reis, R. E. (2013). Conserving the freshwater fishes of South America. *International Zoo Yearbook*, 10:1111.

Remsen, J. V., Areta, J. I., Cadena, C. D., Jaramillo, A., Nores, M., Pacheco, J. F., Pérez-Emán, J., Robbins, M. B., Stiles, F. G., Stotz, D. F. y Zimmer, K. J. (2021). A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>

Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. H. y López-Lanús, B. (Eds.) (2002). Libro rojo de aves de Colombia. Bogotá, Colombia: Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.

Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D. y Burbano-Girón, J. (2014). Libro rojo de las aves de Colombia Volumen 1: *bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica*. Pontificia Universidad Javeriana e Instituto von Humboldt (Eds.): Bogotá D.C., Colombia.

Ricklefs, R. E. (2012). Naturalists, Natural History, and the Nature of Biological Diversity. *The American Naturalist*, 179(4), 423-435. Recuperado de http://izt.ciens.ucv.ve/ecologia/Archivos/ECO_POB%202012/ECOPO2_2012/Ricklefs%202012.pdf.

Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., y Hirota, M. M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation*, 142(6), 1141-1153.

Ríos, C. (2007). Riqueza de especies de mariposas (Hesperioidea & Papilionoidea) de la quebrada el águila cordillera central (Manizales, Colombia). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 11(1), 272-291.

Robbins, R. y Opler, P. (1997). Butterfly diversity and a preliminary comparison with bird and mammal diversity. En: M. Reaka-Kudla, D. Wilson y E. Wilson (eds.). *Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources* (pp. 69-82). Joseph Henry Press.

Ročková, H., y Roček, Z. (2005). Development of the pelvis and posterior part of the vertebral column in the Anura. *Journal of Anatomy*, 206(1), 17-35.

Rocha, M. F., Passamani, M., y Louzada, J. (2011). A small mammal community in a forest fragment, vegetation corridor and coffee matrix system in the Brazilian Atlantic Forest. *PloS one*, 6(8), e23312.

Roda, J., Franco, A. M., Baptiste, M. P., Mónera, C. y Gómez, D. M. (2003). Manual de identificación CITES de aves de Colombia. Serie Manuales de Identificación CITES de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Bogotá D.C., Colombia.

Rodríguez, N. J. M., Y García, O. R. (2008). Comercio de fauna silvestre en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(2), 4618-4645.

Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M. y Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes Colombianos (2° Edición)*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Rodríguez, G., Silva, R., Cáceres, R., Barrios, R., Diaz, A. y Fariñas, J. (2012). Aspectos bioecológicos del defoliador de la palma aceitera, *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Nymphalidae). *Revista científica UDO agrícola*, 12(3), 617-626.

Roldán G. y Ramírez J. (2008). *Fundamentos de Limnología neotropical*. (2.a ed.) Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. ISBN: 978-958-714-144-3.

Rueda-Almonacid, J. V., Lynch, J. D. y Amézquita, A. (2004). *Libro rojo de los Anfibios de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Bogotá, Colombia: Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente.

Rydell, J., Arita, H.T., Santos, M. y Granados, J. (2002) Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. *Journal of Zoology*, 257, 27-36.

Sahlean, T. C., Papeş, M., Strugariu, A., y Gherghel, I. (2020). Ecological corridors for the amphibians and reptiles in the Natura 2000 sites of Romania. *Scientific reports*, 10(1), 1-11.

Salazar, J. A. y Henao, E. R. (2003). Mariposas colombianas V. Nota sobre las asociaciones miméticas de la mariposa Consul panariste Hew. (Lep. Charaxidae) en el centro de Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 7, 77-80.

Sánchez, N. V., Vargas, L. E., Sánchez, A. y Amador, M. (2014). Riqueza y abundancia de mariposas diurnas, escarabajos coprófagos y plantas en cultivos orgánicos y convencionales de tres regiones de Costa Rica. *UNED Research Journal/Cuadernos de Investigación UNED*, 5(2), 249-259.

Sanchez, D. A. (2013). Larval morphology of dart-poison frogs (Anura: Dendrobatoidea: Aromobatidae and Dendrobatidae). *Zootaxa*, 3637(5), 569-591.

Sánchez, H., Castaño, O. Y Cárdenas, G. (1995). Diversidad de los Reptiles en Colombia. *Colombia Diversidad Biótica I. Santa Fe de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, INDERENA, Fundación FES, Ed. Guadalupe LTDA*, 277-325.

Sánchez-Lalinde, C. and J. Pérez. (2008). Uso de hábitat de carnívoros simpátricos en una zona de bosque seco tropical de Colombia. *Mastozool. Neotrop.* 15: 67-74.

Sánchez, J. M., Estrada, J. C., Medina, J. P., y Estrada, B. Y. (2019). Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en el paisaje urbano del municipio de Metepec, Estado de México, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90(3), 1-12.

Sanseverino, A. M., y Nessimian, J. L. (2001). Hábitats de larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) em riachos de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 13(1), 29-38.

Santos, J., Iserhard, C., Teixeira, M. y Romanowski, H. (2011). Fruit-feeding butterflies guide of subtropical Atlantic Forest and Araucaria Moist Forest in State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Biota Neotropica*, 11(3), 253-274.

Señaris, J., Aristeguieta, M., Rojas, H., y Rojas, F. (2018). Guía ilustrada de los anfibios y reptiles del valle de Caracas, Venezuela. Caracas, Venezuela: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Shields, O. (1989). World numbers of butterflies. *Journal of the Lepidopterists Society*, 43(3), 178-183.

SIB (Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia). (2021). *Biodiversidad en Colombia SIB Colombia*. Consultado el 14 de julio del 2021. <https://cifras.biodiversidad.co/>.

SIB (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia). (2015). *Basiliscus galeritus* (Duméril, 1851). Colombia: Catálogo de la diversidad. Recuperado de: <http://catalogo.biodiversidad.co/file/56d107dd3c16479905cba840/summary>

Sierra-Rueda, A. S. y Montoya-Cruz, A. (2020). *Polychrus marmoratus*. Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia. Asociación Colombiana de Herpetología - ACH. Volumen 6 (1): 36-42

Sikes, Robert y Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists (2016). Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *Journal of Mammalogy*, 97(3):663-688.

Simmons, N. B., y Voss, R. S. (1998). The mammals of Paracou, French Guiana, a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1, Bats. *Bulletin of the AMNH*; no. 237.

Solís, F., Ibáñez, R., Jaramillo, C., Fuenmayor, Q., y Lynch, J. (2004). *Pristimantis taeniatus*. The IUCN Red List of Threatened Species. (2004). Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>

Solís, F., Ibáñez, R., Chaves, G., Savage, J., Bolaños, F., Jaramillo, C., Fuenmayor, Q. y Lynch, J. (2008). *Pristimantis gaigei*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>

Solís, F., Ibáñez, R., Jaramillo, C., Fuenmayor, Q., Silvano, D., Coloma, L., La Marca, E., Ron, S., Hoogmoed, M. (2010). *Rhinella margaritifera*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>

Stiles, F. G. y Bohórquez C. I. (2000). Evaluando el estado de la biodiversidad: el caso de la avifauna de la Serranía de las Quinchas, Boyacá, Colombia. *Caldasia*, 22(1), 61-92.

Starnfeld Llamazares, P. (2016). *Campaña de Mercadeo Social para la preservación de la Fauna Silvestre* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2016).

Tafur, A. (2020). *Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) del departamento del Tolima presentes en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT)* [Tesis de pregrado, Universidad del Tolima]. Repositorio de la Universidad del Tolima.

Tee, S. L., Samantha, L. D., Kamarudin, N., Akbar, Z., Lechner, A. M., Ashton-Butt, A., y Azhar, B. (2018). Urban forest fragmentation impoverishes native mammalian biodiversity in the tropics. *Ecology and evolution*, 8(24), 12506-12521.

Tejedo, M., Reques, R., y Marco, A. (2003). Evaluación de los efectos del vertido tóxico en las minas de Aznalcóllar sobre la comunidad de anfibios del río Guadiamar. *PICOVER. Ciencia y Restauración del Río Guadiamar. Junta de Andalucía.(ed.), Consejería de Medio Ambiente*, 156-169.

Traylor, M. A. (1977). A classification of the *Tyrant Flycatchers* (Tyrannidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 148: 129-184.

Uetz, P., Freed, P., Y Hošek, J. (2019). The Reptile Database.

Urbina-Cardona, J. N. (2011). Gradientes andinos en la diversidad y patrones de endemismo en anfibios y reptiles de Colombia: Posibles respuestas al cambio climático. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(1), 74-91.

Umetsu, F., y Pardini, R. (2007). Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats—evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. *Landscape Ecology*, 22(4), 517-530.

Use of Fishes in Reserch (UFR). (2013). Guidelines for the use of fishes in research. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 73.

Valencia, C. A., Gil, Z. N. y Constantino, L. M. (2005). *Mariposas diurnas de la zona central cafeteria colombiana*. Cenicafé.

van Nieukerken, E.J., Kaila, L., Kitching, I.J., Kristensen, N.P., Lees, D.C., Minet, J., Mitter, C., Mutanen, M., Regier, G.C., Simonsen, T.J., Wahlberg, N., Yen, S.H., Zahiri, R., Adamski, D., Baixeras, J., Bartsch, D., Bengtsson, B.A., Brown, J.W., Bucheli, S.R., Davis, D.R., De Prins, J., de Prins, W., Epstein, M.E., Gentili-Poole, P., Gielis, C.G., Hätterschwiler, P., Hausman, A., Holloway, J.D., Kallies, A., Karsholt, O., Kawahara, A.Y., Koster, S.J.C., Kozlov, M.V., Lafontaine, D.J., Lamas, G., Landry, J.F., Lee, S., Nuss, M., Park, K.T., Penz C, Rota J, Schintlmesiter A, Schmidt B.C, Sohn J.C, Solis M.A, Tarmann, G.M., Warren, A.D, Weller S., Yakovlev, R.V., Zolotuhin, V. y Swick, A. (2011). Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. En: Z. Zhang (ed.). *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148, 212-221.

Vandermeer, J., Carvajal, R. (2001). Metapopulation dynamics and the quality of the matrix. *American Naturalist* 158, 211-220.

Valencia-Aguilar, A., Cortés-Gómez, A. M., y Ruiz-Agudelo, C. A. (2012). Servicios ecosistémicos brindados por los anfibios y reptiles del Neotrópico: una visión general. *Capital Natural Colombia. Reflexiones sobre el capital natural de Colombia*, (2).

Vargas-Salinas, F., Muñoz-Avila, J. A., y Morales-Puentes, M. E. (2019). Biología de los Anfibios y Reptiles en el bosque seco tropical del norte de Colombia.

Vargas-Salinas, F., y Aponte-Gutiérrez, A. (2016). Diversidad y recambio de especies de anfibios y reptiles entre coberturas vegetales en una localidad del valle del Magdalena medio, departamento de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, 17(2), 117-137.

Vásquez, J., y Reinoso, G. (2012). Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*, 351-358.

Velazco, P. M. and Gardner, A.L. (2009). A new species of *Platyrrhinus* (Chiroptera: Phyllostomidae) from western Colombia and Ecuador, with emended diagnoses of *P. aquilus*, *P. dorsalis*, and *P. umbratus*. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 122, 249-281.

Velazco, P. M. (2005). Morphological phylogeny of the bat genus *Platyrrhinus* Saussure, 1860 (Chiroptera: Phyllostomidae) with the description of four new species. *Fieldiana Zool.* 105, 1-53.

Velazco, P. M., Gardner, A.L. y Patterson, B.D. (2010). Systematics of the *Platyrrhinus helleri* species complex (Chiroptera: Phyllostomidae), with descriptions of two new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 159:785-812.

Vélez, D. M., Gallego, M. C. y Riascos, Y. (2015). Diversidad de mariposas diurnas (insecta: Lepidóptera) de un bosque subandino, Cajibío, Cauca. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 19(1), 263-285.

Vidal, M. A., y Labra, A. (2008). Herpetología de Chile. *Santiago: GraficAndes*.

- Vila Mejía, M. V., Pinilla Moscoso, C. I., Pacheco Montes, M., Cogollo Pacheco, Á., Romero Barrera, J. A., Valencia Escalante, M. F., ... Y James, H. (2018). BioBlitz Colombia, Naturaleza Comunidad Ciudad, Mariposario del Tolima. Mariposario del Tolima, laboratorio de Biodiversidad Urbana. Universidad de Ibagué
- Villa, F., García, J. F., García, J. E. y Ospina López, L. A. (2004). Lepidópteros diurnos. En: G. Reinoso, G. Guevara, A. M. Torres, D. M. Arias, M. A. Barrios, L. Castellanos y L. V. Sanchez (eds.), *Biodiversidad Faunística de la Cuenca del Río Coello. Biodiversidad Regional Fase I* (pp. 34-156). Universidad del Tolima.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.
- Warren, A. D., Davis, K. J., Stangeland, E. M., Pelham, J. P. y Grishin, N. V. (2016). *Illustrated Lists of American Butterflies*. Butterflies of America Foundation. Consultado el 14 de julio del 2021. <http://www.butterfliesofamerica.com/>.
- Wantzen, R. y Rueda-Delgado, G. (2009). Técnica de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En: Domínguez, E. y H. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericano: sistemática y biología*. Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo.
- Willmott, K. R. y Freitas, A. V. (2006). Higher-level phylogeny of the Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): classification, patterns of larval hostplant colonization and diversification. *Cladistics*, 22(4), 297-368.
- Wells, K. D. (1977). The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour*, 25, 666-693.
- Wunderle, J. M. Jr. (1994). Census methods for Caribbean land birds. Southern forest experiment Station, Forest service, United States Department of agriculture: New Orleans, Louisiana.
- Yensen, E. y Tarifa, T. 2003. *Galictis vittata*. Mammalian Species 727:1-8.
- Zambrano, G. y Ortiz, G. F. (2009). Diversidad de lepidópteros diurnos en tres localidades del corredor biológico y multicultural Munchique-Pinche, Cauca, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13(1), 214-224.
- Zamora, R. y Peña, P. (2018). Evidencia preliminar del efecto borde en anfibios de la Reserva Nacional Pucacuro, al norte de la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 27(1), 55-67.
- Zapata, L. A. y Usma, J S (Eds.). (2013). Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. Vol. 2. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. 486 p.

DISEÑO DE ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN QUE FACILITEN LA CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DE LAS ÁREAS URBANAS Y PERIURBANAS DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ

ACTIVIDAD 3. ESTIMAR ÍNDICES DE CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL CORREDOR URBANO EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA AURORA EN EL MUNICIPIO DE IBAGUÉ Y DEFINIR LOS PRINCIPIOS Y CRITERIOS FRENTE A LOS CUALES SE REALIZARÁ LA DELIMITACIÓN DEL CORREDOR URBANO.

3. DISEÑO DE CORREDOR DE CONSERVACIÓN PARA EL MUNICIPIO DE IBAGUÉ

INTRODUCCIÓN

La expansión urbana es, en parte la causa de la deforestación de zonas verdes que contribuyen significativamente a la mitigación del cambio climático. Organizaciones mundiales como la FAO en el 2014, han realizado estudios en los que determinaron que se ha ocupado artificialmente el 0.6% del planeta. En el año 2000, se comprobó que esta ocupación en un 0.2% era debido a construcciones o infraestructuras humanas, estas cifras demuestran que en este periodo se ha triplicado la ocupación antrópica. Las obstrucciones realizadas por la población han favorecido la fragmentación del paisaje (Tillmann, 2005), debido a los cambios de uso del suelo que afectan en gran medida a la capacidad de dispersión de las especies, dando lugar a la falta de conectividad ecológica que desfavorece a las poblaciones y a los consiguientes problemas para su conservación, en todo el mundo. Debido a esta problemática, los esfuerzos deben encaminarse a facilitar la conectividad funcional o estructural de diferentes hábitats o usos del suelo, favoreciendo o mejorando la dispersión de especies, así como para la protección de los propios hábitats (Fahrig, 2003). Los conjuntos de espacios naturales protegidos tienden en la actualidad a constituirse legalmente como redes de conservación, la preservación de la conectividad y la integridad ecológica de la red de espacios naturales.

Además de lo anterior, la pérdida de hábitat y fragmentación del paisaje, se consideran las principales amenazas que afectan a la diversidad biológica, causa principal de extinción de especies. Igualmente, la pérdida de hábitat es difícilmente solucionable, ya que en muchos casos es consecuencia de demandas territoriales para el crecimiento urbano, en nuestra región la expansión agrícola, o el cambio de uso para determinadas actividades productivas como la ganadería, y los cultivos como el café, plátano y frutales (aguacate), afectan de manera importante la conectividad de dichos hábitats.

La fragmentación del paisaje o la pérdida de conectividad puede mitigarse, ya que en ocasiones una solución eficaz, sin que esto implique la adquisición de grandes extensiones de tierra para la conservación; es el desarrollo de la conectividad a través de corredores ecológicos, lo cual resulta fundamental para la preservación y conservación de la biodiversidad y asegurar el intercambio genético y sus servicios ecosistémicos a través de una mayor extensión geográfica (Roy et al., 2010).

Dichos mosaicos heterogéneos (mosaico de pastos, cultivos y áreas naturales) formados por coberturas del suelo con grados intermedios de intervención o incluso espacios con hábitats bien conservados (bosques secundarios), que pueden tener especial importancia en la conectividad a nivel general, facilitan el flujo de especies y la energía.

Zonificar y especializar dichas conexiones y caracterizar las áreas núcleos y los posibles escenarios de conservación, puede hacer parte del análisis y planificación territorial por parte de las entidades competentes, para asegurar el paso seguro de la fauna silvestre, así como la incorporación de las evaluaciones de conectividad en la planificación local y regional (Patrick et al., 2012).

Algunos ejemplos en la aplicación de estos procesos y metodologías se han realizado en Bogotá y Medellín, si bien, claros ejemplos enfocados para minimizar el fraccionamiento, especialmente de ecosistemas como los humedales de la sabana de Bogotá, por ejemplo, también lo han hecho para conectar bosques riparios, los constituyen como pasos de fauna realizados en algunas de las múltiples nuevas infraestructuras del transporte terrestre que han proliferado.

De esta manera las áreas de conectividad o corredores ecológicos urbanos y periurbanos podrían ser definidos como franjas más o menos anchas de territorio que permiten el mantenimiento de biotopos naturales de manera longitudinal y que conectan espacios de interés o relevancia ambiental, conformando espacios integrados en red dignos de ser preservados con la adecuada regulación que permitiese un uso sostenible de los mismos, si bien prevaleciendo su funcionalidad ecológica como elemento de conectividad de hábitats y ecosistemas para favorecer la dispersión de los seres vivos y, por ende, como instrumento para fomentar la biodiversidad, especialmente en transiciones de áreas urbanas y rurales de nuestro territorio.

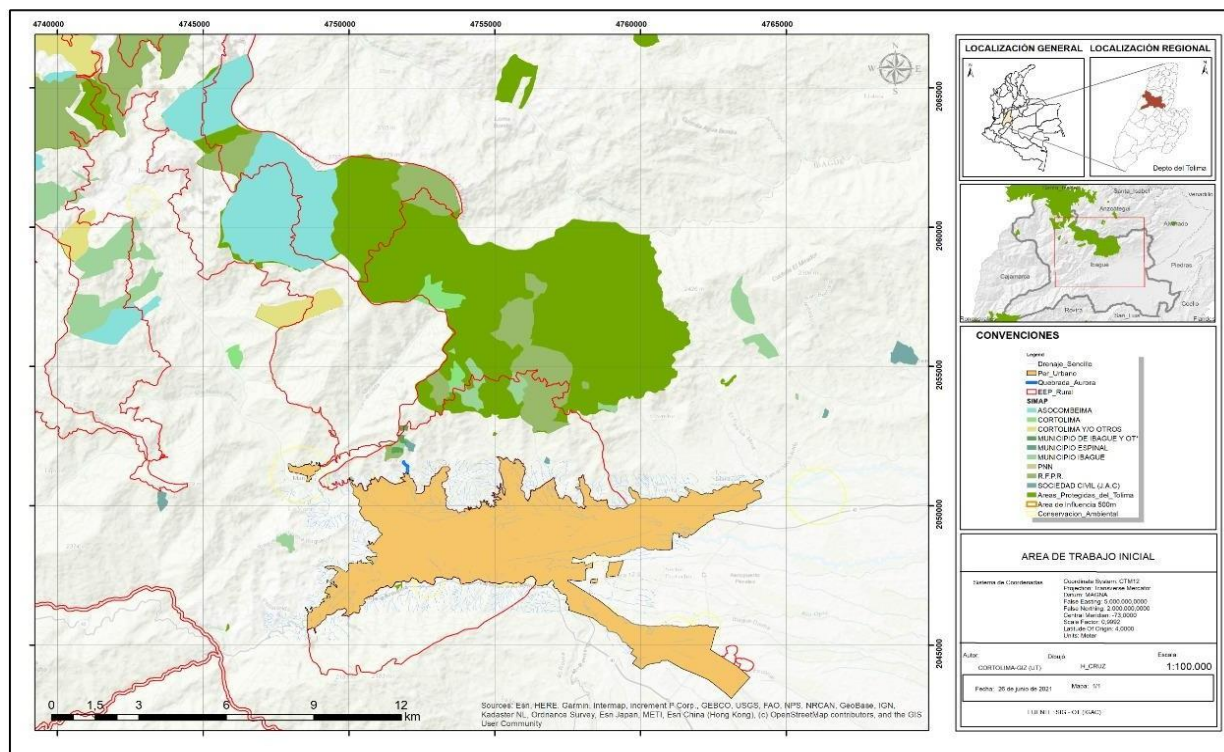
METODOLOGÍA

Para el acompañamiento del premuestreo se llevó a cabo una inspección general en el área de estudio, para la corroboración de coordenadas y verificación de usos de suelo. La captura de coordenadas se realizó mediante el uso de un navegador GPS (o Sistema de Posicionamiento Global) Trimble Juno 3D. El error de exactitud position dilution of

prec y horizontal dilution of prec estuvo entre 2.5 y 2.7 respectivamente. Para homogenizar la información, se configuro el GPS en el Datum WGS 84. Finalmente, las coordenadas fueron transformados a la referencia espacial Datum *Magna-Sirgas* y agregados al proyecto de digitalización y generación de cartografía.

Para la Cartografía, se consumió el servicio de mapas a través de una inspección general de las fotografías e imágenes satelitales con el fin de tener una visión de conjunto más amplia del área de estudio (Figura 83). La inspección en campo se realizó con los coordinadores del proyecto para evaluar sitios de muestreo; la información tomada en campo se sobrepuso con imágenes satelitales con una base de mapa de *ArcGIS online* y Complementos tipo open layers plugin como *Google satellite* y *bing aerial*, consumidos a través de *Quantum GIS 1.8.0 Lisboa*.

Figura 83. Mapa del área de estudio.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Se procedió a realizar la cartografía utilizando información base del área de estudio (límites municipales y departamentales, vías, hidrografía y curvas de nivel) con el cual se realizaron los mapas temáticos de los sitios de muestreo a través del software *ArcGIS 10.5*. Los mapas se exportaron en formato .jpg y .pdf, plasmando las coordenadas para cada grupo taxonómico interpretándose como hábitats cada una de las estaciones. Una vez generadas las estaciones en formato *.shp, se procedió a introducir sus atributos,

como nombre, abundancia, familia, orden, familia (si aplica) o de manera similar con los datos fisicoquímicos y bacteriológicos, calculados para cada estación.

Las coordenadas obtenidas poseen límites definidos y contienen un conjunto de atributos característicos que permiten diferenciarlas de unidades vecinas o de monitoreos temporales realizados en el área de estudio.

El área de estudio se ubica en el municipio de Ibagué departamento del Tolima, sobre la región biogeográfica del Valle Magdalena, Subregión Alto Magdalena (Pizano y García 2014). Además de lo anterior el Municipio se encuentra ubicado, en la parte central de la región andina de Colombia, en la vertiente oriental de la Cordillera Central en su confluencia con el valle del Río Magdalena, dentro de las coordenadas geográficas: Latitud: 4º 15' y 4º 40' N Longitud: 74º 00' y 75º30' W.

La temperatura promedio anual se encuentra entre 17 °C y 29 °C. En el amplio rango de áreas que presentan estas condiciones climáticas hay una gran variedad de ecosistemas incluyendo sabanas, y bosques semihúmedos y húmedos (Murphy y Lugo 1986), con sus respectivas transiciones.

Su economía se basa en la agricultura, ganadería, comercio, industria y explotación de algunos minerales. Sus principales productos agrícolas son las hortalizas, arracacha, soya, caña, arroz, sorgo, arroz, frijol, plátano, café y frutales.

En el área urbana de Ibagué se encuentran drenajes de gran interés y que desembocan en ríos principales; tal es el caso de la quebrada La Aurora el cual abastece al río Chipalo, la cual es objeto de estudio en este proyecto.

Quebrada la Aurora

La quebrada La Aurora y su área de influencia corresponden al área de estudio específica, para el diseño del corredor urbano y periurbano. Dicha quebrada nace en el área rural en la vereda Alaska del municipio de Ibagué, presenta una longitud de 2645.3 metros aproximadamente, y recorre los barrios, Clarita Botero, La Aurora, Ancón, La Trinidad, Viña de Calambeo y Calambeo; en este último barrio se une con la quebrada Los cristales y otros tributarios para formar el río Chipalo (Figura 84).

Clasificación de Coberturas de la tierra

En el área de estudio, zona de influencia de la quebrada La Aurora, los tipos de vegetación más predominante son el matorral (herbazal denso), bosque de crecimiento secundario, bosque fragmentado, cultivos como el café y plátano, y pastizales arbolados; sin embargo, se encuentran otras categorías de coberturas de la tierra. Para tal caso posterior a la restitución cartográfica a partir de la imagen aérea, se recategorizaron los polígonos de acuerdo con la metodología Corine Land Cover homologada para Colombia, por lo cual se consideró la adquisición y preparación de la información, el análisis y la interpretación de las coberturas en el área de estudio (clases temáticas) y la generación de la capa temática a escala 1:2.000.

En esta fase la digitalización de las coberturas se realizó en un Sistema de Información Geográfica a partir de sensores remotos mencionados anteriormente y su interpretación para posterior adaptación a la metodología. Finalmente, se diseñó una base de datos geográfica y se puso en funcionamiento el esquema de organización de la información temática generada en una base de datos geográfica (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA, 2007).

Descripción de coberturas

- **Lagos lagunas y ciénagas:** Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos.

En las planicies aluviales se forman cuerpos de agua denominados ciénagas, que están asociadas con las áreas de desborde de los grandes ríos.

Las ciénagas pueden contener pequeños islotes arenosos y lodosos, de formas irregulares alargadas y fragmentadas, de pequeña área, los cuales quedan incluidos en el cuerpo de agua siempre que no representen más de 30% del área del cuerpo de agua.

- **Pastos arbolados:** Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos.
- **Pastos limpios (Pastizal):** Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclavamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.
- **Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales:** Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad.

Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición,

pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

- **Bosque fragmentado:** Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros.

Nota: Por ser producto de la intervención humana, los parches de pastos, cultivos y minería tienen generalmente formas geométricas. Los bosques fragmentados tienden a presentarse en zonas de colonización, cerca de las áreas donde aún se conserva la matriz de bosque natural.

En el bosque fragmentado se diferenciaron dos tipos de cobertura de bosque dependiendo del tipo de fragmentos: fragmentos de pastos y cultivos y fragmentos de vegetación secundaria. La unidad con fragmentos de vegetación secundaria se asume como un caso especial donde los potreros o cultivos fueron abandonados y la vegetación natural se encuentra en recuperación, por esta razón los fragmentos pueden presentar hasta un 50% del área total de la unidad.

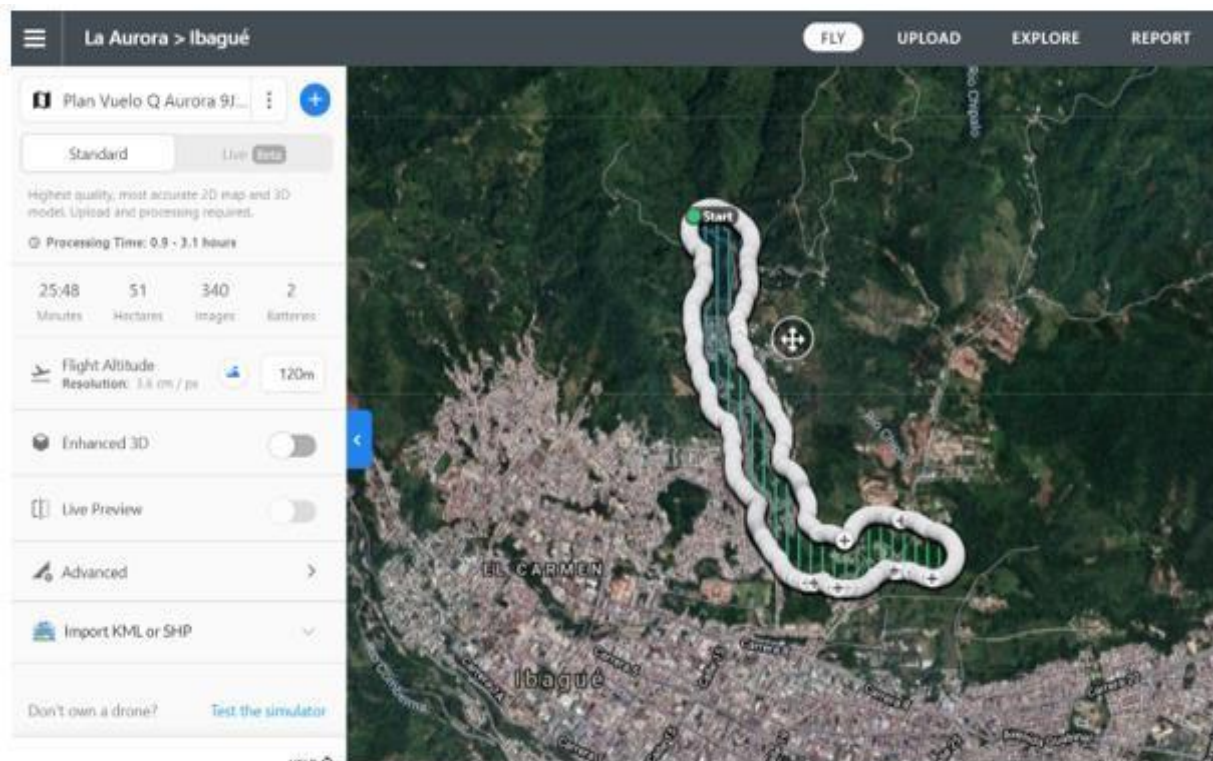
- **Bosque secundario (Bosque denso):** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros.
- **Tejido urbano continuo:** Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. La superficie de la unidad debe ser superior a cinco hectáreas.
- **Tejido urbano discontinuo:** Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas

Fotogrametría digital

Para el diseño de vuelo fotogramétrico en el área de estudio, se realizó un buffer de influencia de 100 m a partir del vector o polilínea de la quebrada la aurora en un Sistema de Información Geográfica (Figura 85). Dicho polígono resultante se anexo en formato kml a la plataforma DroneDeploy para el respectivo plan de vuelo. Los parámetros para tener en cuenta fueron:

- *Altura de vuelo:* 120
- *Tiempo:* 25:48 minutos
- *Área:* 51 ha
- *Imágenes capturadas:* 340
- *Baterías ocupadas:* 2
- *Resolución:* 3.6 cm/px
- *Front overlap:* 75%
- *Side overlap:* 70%
- *Flight direction:* 90°
- *Mapping flight speed:* 10 m/s

Figura 85. Polígono resultante.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Corredores ecológicos

En términos generales, los corredores ecológicos urbanos y periurbanos pueden entenderse como una frontera ecológica entre el espacio urbano y rural que conecta dos ecosistemas. Ese es el caso dicha frontera comprendería un corredor ecológico inmerso en diferentes coberturas actuales desde el cual se apunta a la creación de un bosque urbano o periurbano con miras a garantizar la conectividad estructural y ambiental entre algunas áreas naturales en las que particularmente nace y desemboca la quebrada La Aurora del municipio de Ibagué (Tol); además su figura de conservación beneficiaria acuíferos subterráneos de agua, mejoraría la calidad del aire y protegería la diversidad y actividad de especies que la habitan (Van der Hammen, 1998). Dicho de otra manera, se trata de una propuesta de corredor ecológico de conservación de la biodiversidad.

Análisis del paisaje

Se realizó a través del análisis de métricas de conectividad permiten analizar a nivel estructural el paisaje y es considerada como un atributo que puede ser usado para describir patrones de coberturas de la tierra en un paisaje determinado (O'Neill et al., 1988; Fortín et al., 2002; Lindenmayer y Fischer, 2006). Estas medidas de conectividad del paisaje se cuantifican con un Sistema de Información Geográfica (SIG) (Taylor et al., 2006). Según Botequilha et al., (2006) la estructura del paisaje puede ser analizada en 4 niveles (píxel, parche, clase, paisaje) dependiendo del énfasis y la escala de trabajo; en este caso la conectividad será estudiada en el nivel de clase o tipo de cobertura, así: Nivel de Clase: Una clase es un grupo de parches de un mismo tipo (Ej: Tipo de Cobertura Bosque, Matorral, etc.).

Las métricas a nivel de clase cuantifican las características de un tipo de cobertura como área (land cover); el cual se relaciona con el tamaño de los parches, la densidad al número y distribución de estos en el paisaje y el borde a la cantidad de perímetro generado por los parches. También se analizó densidad de borde, longitud de borde, número de parches y densidad de parches.

Para determinar las características de los fragmentos utilizados por los organismos se realizó la extracción de los bosques densos o secundarios de la capa resultado de la clasificación supervisada. A partir de las localizaciones tomadas en campo se ubicaron de acuerdo a su localización, generando una nueva capa; el resultado fue convertido a una capa tipo raster (*.tiff). En esta etapa se utilizó FRAGSTATS v3.3 (McGarigal et al., 2002) para calcular las siguientes métricas de fragmentación en toda el área de estudio:

- Área (AREA):

AREA equivale al área (m^2) del parche, dividida por 10000 (para convertir a hectáreas).

Unidades: Hectáreas

Rango: $AREA > 0$, sin límite.

Descripción: El rango en AREA está limitado por el grano y la extensión de la imagen; en una aplicación particular AREA también puede estar limitado por la especificación de un tamaño mínimo de parche que sea más grande que el grano.

El área de cada parche es tal vez la información única más importante y útil contenida en el paisaje. Esta información no solo es la base para muchas de las métricas a nivel de parche, clase y paisaje, sino que el área del parche también tiene una utilidad ecológica en sí mismo.

- Perímetro

p_{ij} = perímetro (m) del parche ij .

Unidades: metros

PERIM equivale al perímetro (m) del parche, incluyendo cualquier hendidura interna en el parche, sin tener en cuenta si el perímetro representa borde “real” o no.

Rango: $PERIM > 0$, sin límite

Descripción: Específicamente, el perímetro de un parche se trata como borde, y la intensidad y distribución de los bordes se constituyen como un aspecto principal del patrón del paisaje. Además, la relación entre el perímetro y el área del parche es la base para muchos índices de forma.

- SHAPE

p_{ij} = perímetro del parche ij en términos de cantidad de superficies de celdas. $\min p_{ij}$ = perímetro mínimo del parche ij en términos de superficies de celdas (ver abajo)

Unidades: Ninguna

Rango: $SHAPE \geq 1$, sin límite

Descripción: $SHAPE = 1$ cuando el parche está compactado al máximo (es decir, cuadrado o casi cuadrado), y aumenta sin límite en la medida en la que el parche se hace más irregular.

SHAPE equivale al perímetro del parche (dado en cantidad de superficies de celdas) dividido por el perímetro mínimo (dado en cantidad de superficies de celdas) posible para un parche (en formato raster), compacto al extremo, de área correspondiente. Si a_{ij} es el área del parche ij (en términos de número de celdas) y n es el lado del cuadrado entero,

tan pequeño como para que a_{ij} , y $m = a_{ij} - n^2$, entonces el perímetro mínimo del parche ij , $\min-p_{ij}$, tomará una de estas tres formas (Milne 1991, Bogaert et al. 2000):

- Perimeter-Area Ratio

p_{ij} = perímetro (m) del parche ij . a_{ij} = área (m²) del parche ij .

Unidades: Ninguna

Rango: > 0 , sin límite

Descripción: igual al radio del perímetro del parche (m) dividido por el área (m²).

La relación perímetro-área es una medida simple de la complejidad de la forma, pero sin estandarización a una forma euclidiana simple (por ejemplo, cuadrado). Un problema con esta métrica como índice de forma es que varía con el tamaño del parche. Por ejemplo, al mantener la forma constante, un aumento en el tamaño del parche causará una disminución en la proporción del área del perímetro.

Conectividad estructural

Dentro de la planificación urbana y el desarrollo de la ciudad de Ibagué, se puede identificar la deficiencia en la calidad de la conectividad estructural del paisaje urbano, el cual influye en las funciones ecológicas de la vegetación en términos ecológicos y ambientales. Lo anterior se traduce en fragmentación del paisaje urbano y la disminución de la disponibilidad de hábitat y los requerimientos de las especies podrían encontrar en dicha zona.

La fragmentación además genera alteración de las funciones ecológicas de los organismos, el cual están relacionadas fundamentalmente con la modificación del ciclo hidrológico; cambios en el balance energético del ecosistema en general; cambio climático, artificialización del paisaje, disminución de las poblaciones de especies de flora y fauna nativa y migratorias y por ende disminución de la biodiversidad endémica del lugar, pérdida de bienes y servicios ambientales que estas zonas urbanas de la ciudad.

La conectividad estructural o espacial se refiere a las relaciones de continuidad y adyacencia entre los fragmentos de un tipo de cobertura (Taylor et al., 2006). Aumenta cuando los fragmentos de un tipo de cobertura están más cercanos entre sí. El componente estructural de la conectividad lo determina la distribución espacial de tipos diferentes de hábitats en el paisaje. Influyen en él factores como la continuidad de hábitats adecuados, la dimensión de las brechas, la distancia que se debe atravesar, y la presencia de senderos alternativos o característicos de redes.

Se refiere también a la distribución espacial, el cual puede ser representada a través de mapas de hábitats y para los que se han propuesto una serie de índices cuantitativos (p. ej. medidas de los sistemas de circuitos, tamaño de los enlaces y dimensión de las superficies subdivididas) (Cruz, 2010, Murrieta, 2006).

Según Gurrutxaga (2004) la conectividad presenta importantes implicaciones en la ordenación del territorio y la planificación del paisaje, siendo un objeto prioritario de diagnóstico desde la ecología del paisaje que estudia los patrones presentes en él y su relación con los procesos ecológicos. En este contexto la conectividad depende de las características del mosaico territorial (conectividad espacial o estructural) (Taylor et al., 2006) como de los aspectos ecológicos y de movilidad de las especies (conectividad funcional) (Naveh et al., 2001; Taylor et al., 2006).

Debido a lo anterior es importante resaltar que el paisaje urbano también está sujeto a análisis estructurales tomando como base las coberturas de la tierra presentes. Esto permitirá tomar medidas de conservación determinando todos los escenarios de conservación que se puedan zonificar.

Así mismo se puede proponer redes ecológicas en la estructura urbana para aumentar la conectividad estructural a través de análisis espaciales multicriterio, teniendo en cuenta las diferentes variables espaciales que puedan estar cerca al área de influencia de la quebrada La Aurora.

Análisis espacial multicriterio

Los Análisis Espacial Multicriterio (AMC), como herramienta para tomar decisiones, se integran con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y un sistema modelo de dirección de las capacidades, lineamientos y criterios para tomar decisiones. También puede ser definido como un proceso que integra y transforma datos geográficos (mapa de criterio) y juicios de valor (las preferencias del tomador de decisiones e incertidumbres) para obtener la evaluación total de las alternativas de decisión (Borouhaki y Malczewski, 2008).

Es así como la base de datos geográfica y el sistema modelo de decisión multicriterio han sido considerados como los elementos principales de sistemas de apoyo de decisión espacial multicriterio (Malczewski y Kackson, 2000).

El creciente interés en la combinación de la capacidad de los SIG con procesos AMC es debido a la posibilidad de manejar SIG (manejo, procesamiento, actualización y almacenamiento) con grandes cantidades de datos complejos georeferenciados de

diferentes fuentes en múltiples escalas espaciales, temporales y multitemporales, obteniendo un análisis eficiente en el tiempo (Romano et al., 2015).

El objetivo principal de usar el AMC, radica fundamentalmente en utilizar ponderación de variables para predecir las áreas más óptimas para establecer o proponer escenarios de conectividad estructural y escenarios de conservación.

Variables espaciales

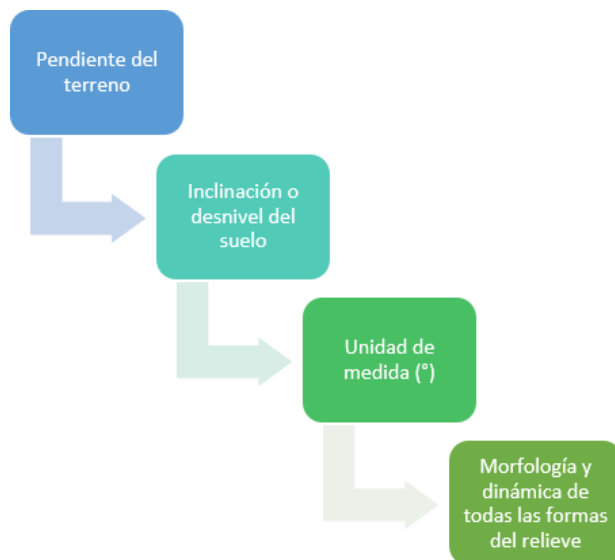
Pendiente del terreno: Para eliminar la dificultad que produce la topografía para diseñar corredores, se procedió a calcular la pendiente del terreno a partir del DEM que cubre el área de estudio en un SIG y seleccionar los sitios con pendientes menores.

Analizar la topografía del terreno a través de modelos de elevación del terreno (DEM) permite crear otra variable espacial para observar la posible dificultad que puede generar altas pendientes o la facilidad del movimiento de las pendientes con bajo porcentaje o grado.

Por último, se revisó y se ajustó el DEM para calcular la pendiente del terreno por medio del software ArcGIS 10.5, siendo este dato una variable espacial para el análisis multicriterio. La pendiente es una variable fundamental para los DEM y hace parte de la gran mayoría de modelos de procesos superficiales terrestres como por ejemplo el deslizamiento de tierra.

Según Guth (2006), Jarvis (2004) y Farr (2007), han señalado constancia de que la pendiente se subestiman en áreas de topografía pronunciada y se sobreestimada en áreas de poco relieve. A continuación, se presenta un modelo conceptual de la definición de la pendiente del terreno (Figura 86).

Figura 86. Mapa conceptual definición de pendiente terreno.



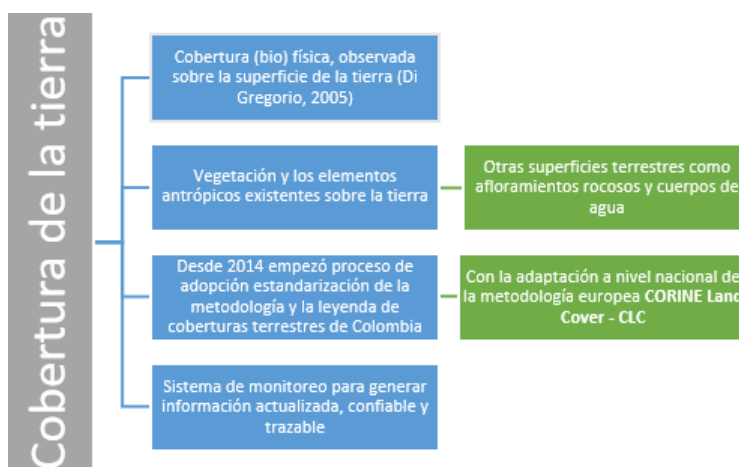
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Coberturas de la tierra: Las coberturas de la tierra se identificaron como otra variable espacial del presente estudio, gracias a contener usos del suelo como los bosques densos, bosques fragmentados, áreas abiertas sin y con poca vegetación, cultivos, mosaico de pastos, cultivos y áreas naturales, pastizales, pastizales arbolados, lagos, lagunas y ciénagas, tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo, vías y herbazales densos, todas estos usos, hacen parte de los requerimientos ecológicos de las especies de interés y que además conforman la matriz circundante a los bosques secos, otras coberturas de la tierra (IDEAM, IGAC y CORMAGADALENA, 2007).

Se puede argumentar que la vegetación afecta a la distribución de especies cercanas, ya que proporciona refugio, alimento y sitios potenciales para organismos, mientras que la topografía y el clima afecta de forma indirecta, mediante la modificación de las relaciones de especies con la vegetación (Seoane et al., 2003).

A continuación, en la figura 87, se presenta el diseño del modelo conceptual de cobertura de la tierra.

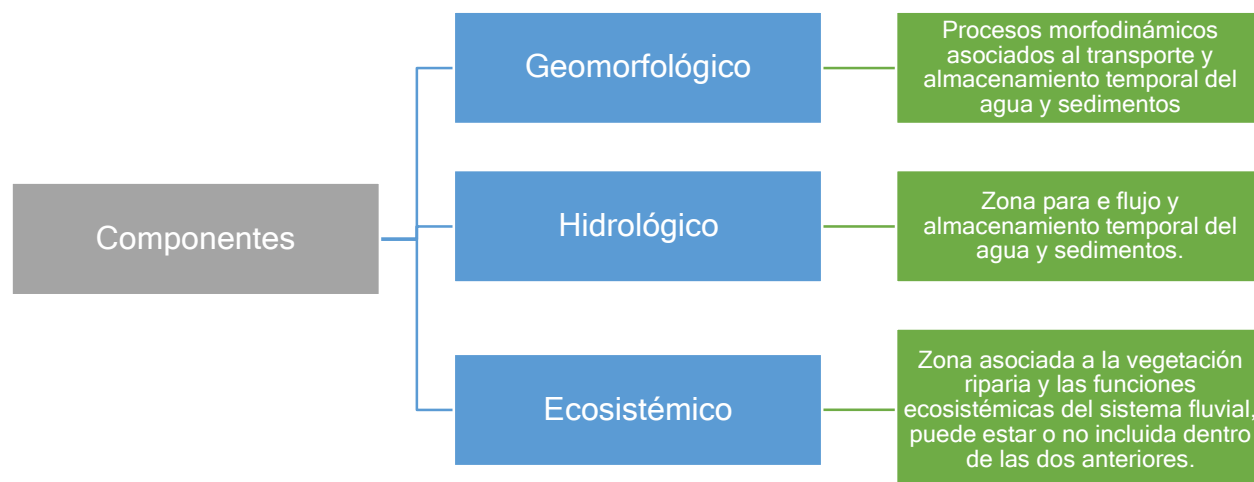
Figura 87. Modelo conceptual de Cobertura de la tierra.



Fuente: (IDEAM, 2012)

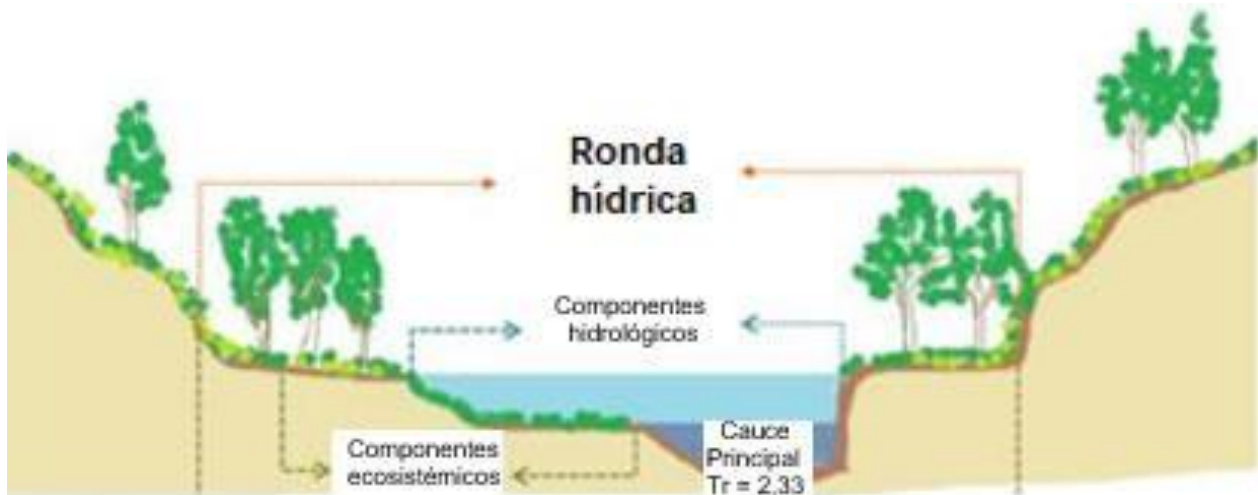
Rondas de protección de afluentes: Se tomo como variable adicional por los expertos para el diseño del corredor, ya que es ronda hídrica se constituye como una norma de superior jerarquía y determinación ambiental y comprende la faja paralela al cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Los componentes de las rondas hídricas se dividen en tres categorías, Geomorfológico, Hidrológico y Ecosistémico (Figuras 88 y 89).

Figura 88. Componentes de las rondas hídricas.



Fuente: (Cortolima, 2017)

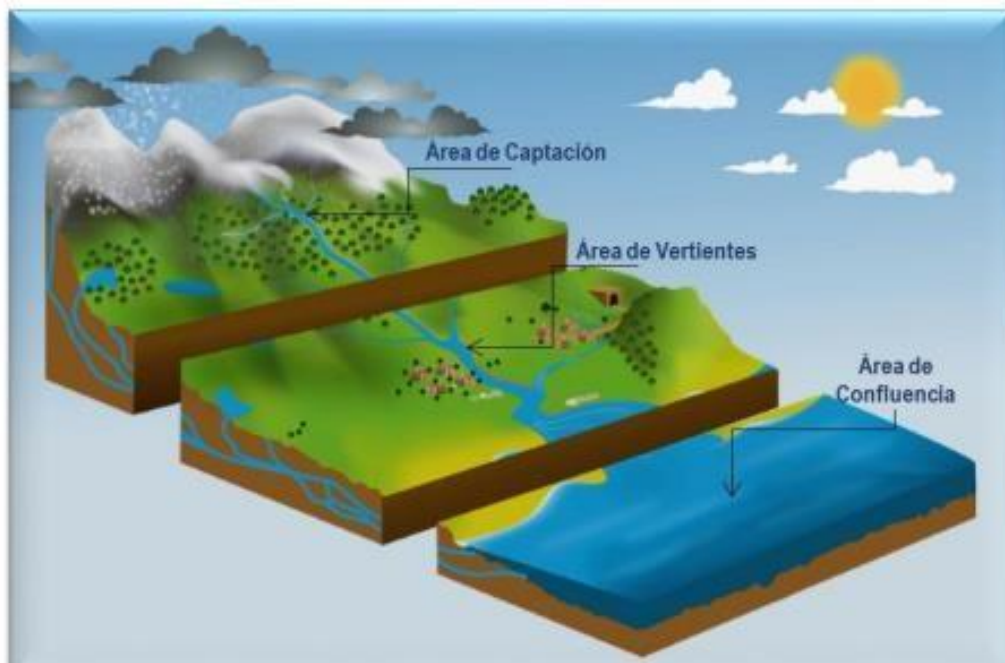
Figura 89. Delimitación de las rondas hídricas.



Fuente: (Cortolima, 2017)

Microcuenca hidrográfica: Otra variable adicional, que se determinó como datos relevantes por los expertos para el diseño del corredor, fue microcuenca hidrográfica, ya que es la norma de superior jerarquía sobre cualquier otro ordenamiento administrativo y determinante de los Planes de Ordenamiento Territorial POT (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017) (Figuras 90 y 91).

Figura 90. Partes de una microcuenca.



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

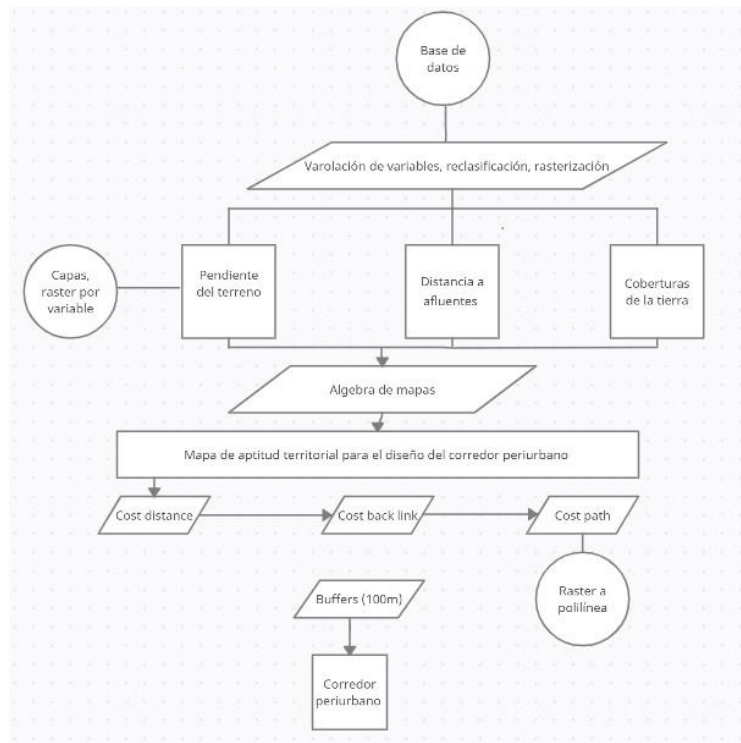
Análisis multicriterio

Este procedimiento se desarrolló por medio de un conjunto de ortofotomapas a escala 1:2000 generados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Los ortofotomapas corresponden a un sistema de coordenadas PCS_MAG_TOL_IBAGUE, DATUM D DAT MAG TOL IBAGUE.

195

Aurora. En la figura 92, se propone el corredor urbano y periurbano que facilite la conectividad ecológica en el municipio de Ibagué.

Figura 92. Esquema metodológico para el diseño del corredor periurbano, quebrada La Aurora, Ibagué



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Se valoraron cada una de las variables según la importancia de cada una de ella en la zona de estudio. En donde se contó con la participación de un grupo de biólogos e ingenieros ambientales, con el fin de que logran interpretar, analizar y consolidar las bases de datos geográficas para cada grupo taxonómico.

En la etapa final del algebra de mapas, se agregó un peso ponderado a cada variable: Pendiente del terreno 10%; Distancia de afluentes 30%; y, Coberturas de la tierra 60%, para dar prioridad en la selección de los píxeles en el diseño del corredor. Toda la valoración y representación cartográfica del presente estudio, se utilizó el software *ArcGIS 10.5*, para diseñar mapas por cada variable identificada, para un total tres (3) capas en formato raster.

Elaboración del mapa de aptitud territorial: Al obtener las capas de cada variable, se utilizó, el análisis de ponderación para realizar el cruce de las variables espaciales anteriormente mencionadas. Como resultado se generó una capa con 5 categorías, posteriormente, se efectuó la calibración del modelo, usando la siguiente reclasificación de categorías:

1. Inaceptable
2. Aceptables
3. Adecuadas
4. Muy adecuadas
5. Óptimas

En donde la categoría 5, son los escenarios idóneos para conectar entre parches y que corresponden a zonas mas conservadas dentro del área de estudio, y el peor escenario es la categoria 1, que son áreas que generan fragmentación del paisaje, por lo tanto, se consideran inaceptables.

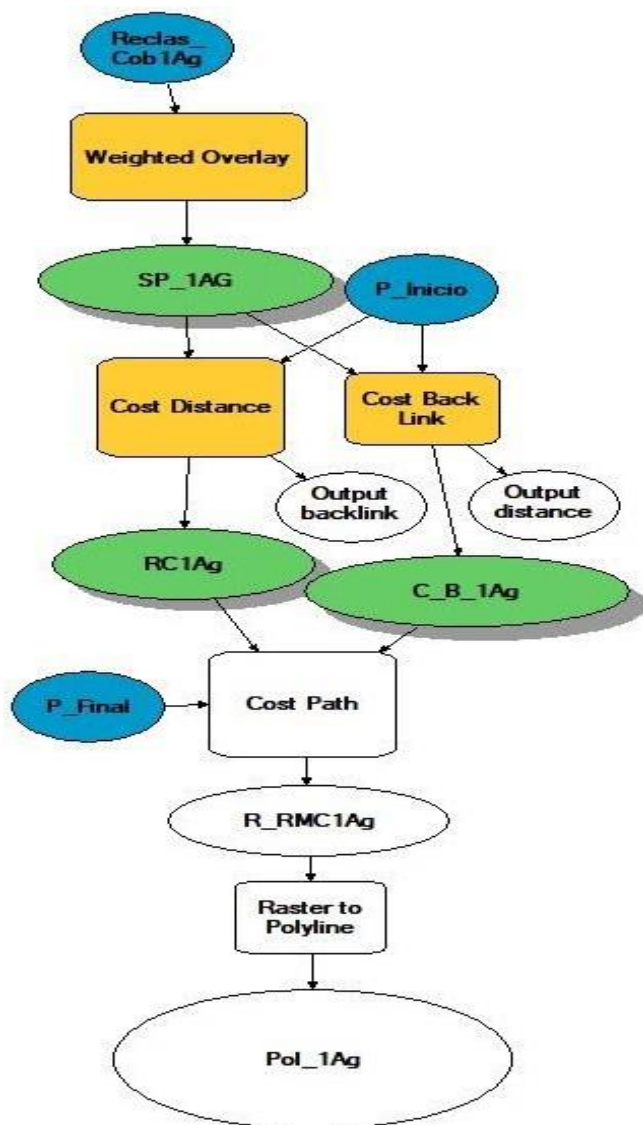
Propuesta de enlaces lineales: Según los lineamientos dados por Bentrup (2008), se desarrolló una propuesta que identifique los elementos fundamentales del paisaje que corresponde a las categorías 5 y 4, optimas y muy adecuadas, para el diseño del corredor periurbano.

Se tomó como punto de partida y de llegada, las áreas de conservación de la parte alta y de la parte baja, en las que están incluidos vectores que corresponden a las áreas de la Estructura Ecológica Principal (EEP) de Ibagué y las áreas del Sistema de Áreas Protegidas (SIMAP), que permitieron conectar los escenarios mas óptimos y muy adecuados del área de estudio.

Las áreas de conservación de la parte alta y baja, son unidades biológicas importantes, para la conservación de la biodiversidad, en las que se encuentran coberturas como bosques densos, bosques fragmentados y áreas naturales. Por su parte, la matriz corresponde a las zonas que han sido ocupadas por actividades agroforestales, pastoriles y tejido urbano continuo y discontinuo.

Por otra parte, para crear estos corredores lineales se utilizó la herramienta Cost Distance, que sirve para encontrar la ruta de menor costo a partir de la capa de aptitud anteriormente mencionada (Figura 93).

Figura 93. Modelo de suma ponderada y ruta de menor costo.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Adicionalmente, se utilizó la herramienta Cost Back Link para el remanente de inicio de trazado de los corredores. En donde para el presente estudio se identificaron celdas óptimas para organizar una ruta que se dirija que cruce por las áreas mas optimas o muy adecuadas.

A continuación, se realizó el proceso denominado Cost Path, con el fin de obtener el trazado de la ruta desde el nodo de origen hasta el nodo de destino. A estas rutas se les generó un buffer de 100 m por cada lado que correspondieron a las áreas de los corredores que debían ser restauradas. Por otra parte, los remanentes de bosque cercanos que tenían más de una hectárea y que compartían similitudes en el aspecto de la vegetación, se agrupados con un buffer de 100 m, que les permitiera quedar conectados. Como resultado final, se obtuvo una representación gráfica del corredor periurbano que presenta las mejores características territoriales, de acuerdo a la metodología de (Cartaya, Zurita, & Mantuano-Eduarte, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de coberturas

La creación de un corredor biológico sobre la cuenca de la quebrada La Aurora se considera de gran importancia dado que durante el análisis de coberturas dentro de las 497.6 ha que componen el área de estudio, se encontró que el 42.11% del terreno se encuentra cubierto por bosque denso, dividido en 2 sectores amplios ubicados de la siguiente manera, el más amplio se encuentra al este del área de estudio y se evidencia una posible fragmentación progresiva del bosque espeso por causa de áreas cubiertas por pastos, mosaicos de cultivos y pastos.

La otra sección considerable de bosques densos se haya al Oeste, en donde se encuentran pequeños parches de bosque denso y otros de bosque fragmentado, que limitan con pastizales y áreas de tejido urbano continuo el área ocupada en vías ocupa un 2.51% las cuales se encuentran principalmente rodeadas por tejido urbano continuo el cual representa el 9.49% del área que equivale a 47.22 ha y se encuentra en mayor área hacia la parte entre el sur oeste hacia el noroeste, generando una interrupción del área de bosque denso y dando cabida a diversos parches de pastos, cultivos y áreas naturales que suman un total del 14.68% (Figuras 94 a la 101).

Dentro de estas áreas, se encuentran inmersos la mayoría de tejido urbano discontinuo, que por hallarse a distancias considerables de la zona urbana requieren de vías que generan fraccionamiento de las coberturas comprendidas por bosque denso y mosaicos de pastos, cultivos y áreas naturales.

Finalmente, el diseño del corredor periurbano dio un área de 450.5 ha con un perímetro de 13.79 km (Figura 102, Tabla 29).

Pendiente del terreno

La inclinación del terreno en el área de estudio, constituye un factor importante y esencial que controla o interviene en la sensibilidad ambiental especialmente del terreno a los efectos producidos por los deslizamientos. La pendiente se relaciona con la morfología y dinámica de todas las formas del relieve, las cuales pueden afectar el movimiento de los organismos en el paisaje o si el aspecto del terreno incide en dichas preferencias de hábitat. Por otro lado, dicha variable constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno.

En el área de estudio se determinó una mayor dominancia de la categoría *ligeramente escarpada* con 133.8 ha y un 29.7% de representatividad, seguida de fuertemente inclinado con 123.8 ha y una representatividad equivalente a 27.5% (Figuras 94 y 95); estas dos categorías ocupan más del 57% del área total. Las zonas con pendientes fuertemente escarpadas tienen una extensión total de 9.6 ha y una representatividad del 2.1% (Tabla 29) el cual ocupan el último lugar, siendo las menos frecuentes en el área de estudio, las cuales se presentan en laderas superiores de colinas de la parte alta, que coincide con el lugar de nacimiento de la quebrada La Aurora, así como en escarpes del sector noroccidental donde el terreno es más abrupto; en este último caso el escurrimiento superficial es más rápido (Figuras 95 y 96).

Tabla 29. Representatividad de la pendiente del terreno

Categoría pendiente (°)	Área (m²)	Área ha	Representatividad (%)
Plano	135698.3	13.6	3.0
Lig inclinado	363947.7	36.4	8.1
Mod inclinado	925217.3	92.5	20.5
Fuert inclinado	1238154.1	123.8	27.5
Lig escarpado	1337535.2	133.8	29.7
Mod escarpado	408295.1	40.8	9.1
Fuert escarpado	96127.8	9.6	2.1
Total general	4504975.4	450.5	

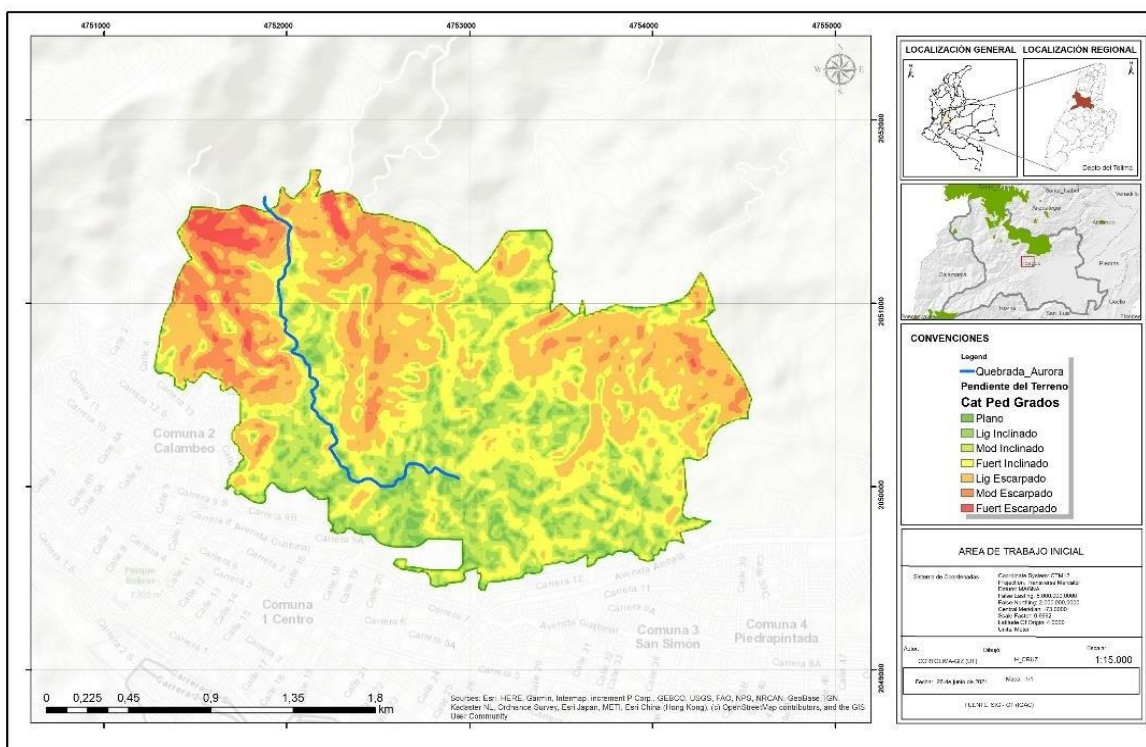
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Teniendo en cuenta el efecto de la pendiente en el área de estudio y la evaluación de la sensibilidad ambiental a los efectos del movimiento de los organismos en el paisaje, se consideraron tuvieron en cuenta criterios como, a mayor pendiente del terreno se espera menor dispersión de la fauna terrestre (especialmente mamíferos) debido a la dificultad para desplazarse latitudinalmente; asimismo, en terrenos más accidentados se espera mayor dificultad de acceso y por tanto mayor dificultad para el monitoreo de la fauna y flora.

Sin embargo, al aplicar los criterios anteriores y ponderación, la pendiente podría no resultar una variable significativa y directa para el área de estudio debido a que la

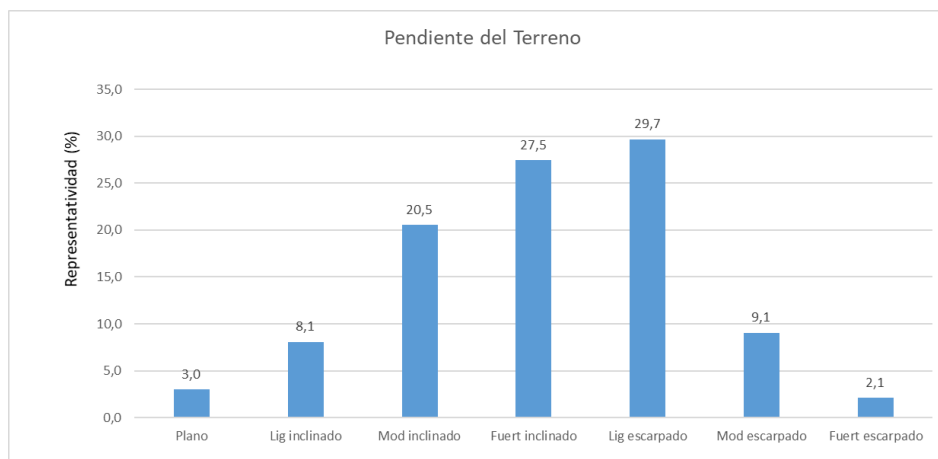
mayoría de registros se han dado en zonas planas, aunque es evidente que predominan las pendientes escarpadas e inclinadas. A pesar de ello, se puede señalar que la pendiente podría influir indirectamente sobre la vulnerabilidad de la diversidad cuando se generan remociones en masa o deslizamiento, lo cual genera pérdidas en la biodiversidad. En las zonas donde la pendiente es moderada la dispersión de los organismos puede ser mayor (Figuras 95 y 96).

Figura 95. Pendiente del corredor de estudio.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Figura 96. Representatividad de la pendiente del terreno.



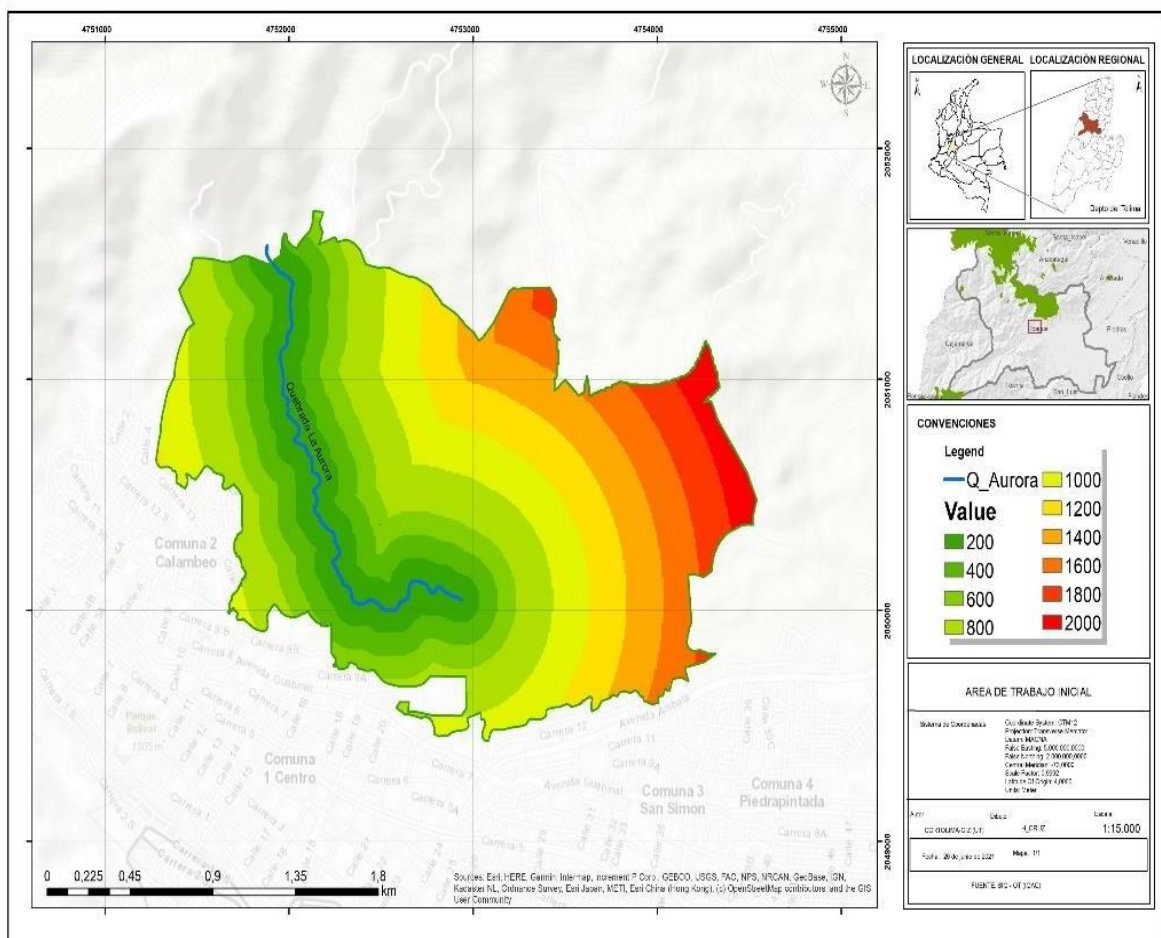
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Distancia a afluente quebrada La Aurora.

Se consideró esta área de 200 m de gran importancia ecológica por ser el objeto de estudio y el afluente principal del área de trabajo, además por ser de dominio público inalienable, imprescriptible e inembargable como área de gran importancia ambiental en el que se encuentra inmersa la ronda de protección oficial (30 m) de acuerdo a la ley 99 de 1993 y el artículo 83 del decreto ley 2811 de 1974, para lo cual se asignó un peso importante de prioridad en la ponderación de variables. La zona o franja de terreno aledaña a la quebrada La Aurora permite el normal funcionamiento de las dinámicas hidrológicas y ecosistémicas propias de estos escenarios.

El área total de esta ronda a la distancia de 200 m, fue de 52.1 ha, siendo el área más importante de esta variable espacial, donde además es una importante determinante ambiental debido a los registros de expertos en fauna terrestre a través de redes de niebla, observaciones indirectas y cámaras trampa -entre otras metodologías- (Figura 97).

Figura 97. Distancia a afluentes del corredor de estudio.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Rondas de protección hídrica (30m)

Se consideraron todos los afluentes del área de influencia de la quebrada La Aurora, los cuales se convierten en tributarios del río Chipalo. El área total determinada como ronda de protección dentro del área de estudio fue de 79.4 ha, y corresponden a 13 rondas de pequeños afluentes y quebradas, siendo dicha extensión un 17.6 % del área total analizada. Es importante mencionar que estos espacios son necesarios para el desarrollo de la dinámica natural del sistema fluvial del área de estudio, donde se pueden realizar sin restricciones sus funciones hidrológicas y geomorfológicas, pero además son áreas en su mayoría más conservadas y en donde se pueden observar especies menos conspicuas y así como sus ecosistémicas, constituyen la ronda hídrica, que no es estática en el tiempo ni en el espacio, puesto que varía según el comportamiento de los factores que los definen y determinan (Figura 98).

De acuerdo a la cartografía se observa que estas rondas de protección pueden verse afectadas por impactos de la expansión urbana. Cuando se lleva a cabo la urbanización de zonas limítrofes entre el área rural y urbana, las inundaciones aumentan en frecuencia, especialmente en épocas de lluvias debido al cambio de condiciones naturales de drenaje de la microcuenca, especialmente en de la quebrada La Aurora, es decir, se alteran las características del balance hídrico dentro de la microcuenca urbanizada, incrementando la impermeabilización del suelo y la escorrentía del mismo, por lo cual en la nueva condición se conducen todas las aguas a través de sistemas que pueden llegar a ser progresivamente insuficientes (Castañeda y Ocampo, 2019).

El presente criterio da peso como variable importante para definir el corredor ecológico debido a la importancia de la extensión del área de protección y a la influencia de estos espacios lineales sobre los afluentes, en donde las especies utilizan el recurso hídrico, lo cual aumenta la probabilidad de detección por los expertos (Figura 98).



Estos elementos del EEP y SIMAP fueron sobrepuestos con un SIG para formar el área de conservación de la parte alta anteriormente mencionada, el cual tiene una extensión de 111.78 ha (Figura 99). Para el área de conservación de la parte baja, se utilizó esencialmente el área de preservación y rehabilitación llamado San Jorge y diferentes áreas de uso sostenible aledañas las cuales comprenden una extensión total de 172.15 ha (Figura 99).

[illegible]

206

Enlaces lineales y áreas de conservación

A continuación, se resalta la importancia de los enlaces lineales, los cuales suman una longitud de 6.2 km, a los cuales se les realizaron un buffer de influencia de 100 m por cada lado, que entre otras cosas corresponden a las áreas en los mejores escenarios de conservación, y que deben ser restaurados. El mapa de aptitud territorial generado a través del análisis AMC, genero criterios importantes que llevaron a determinar qué zonas podían ser conectadas y en un futuro reforestadas por medio del método de amortiguamiento y/o mediante el diseño de corredores ecológicos más rigurosos (Figuras 100, 101 y 102). Asimismo, se generaron los Cost Back link descritos en la metodología (polilíneas) en siete elementos principales o bloques que conectan de manera euclidiana las áreas más óptimas o conservadas (Figuras 100, 101 y 102). La ubicación en el área de estudio de los enlaces y la cercanía entre los parches de bosque secundario y bosque fragmentado principalmente, son los elementos más importantes a conectar.

El escenario de los enlaces lineales corresponde con la unión espacial y estructural de las áreas de conservación de la parte alta y baja en el contexto general del área de estudio. La extensión total con mayor prioridad corresponde a 112.2 ha, en la que se encuentran además áreas para reforestar, dado que estos enlaces con su buffer son áreas con influencia fuerte de la matriz agrícola y urbana circundantes más homogéneas.

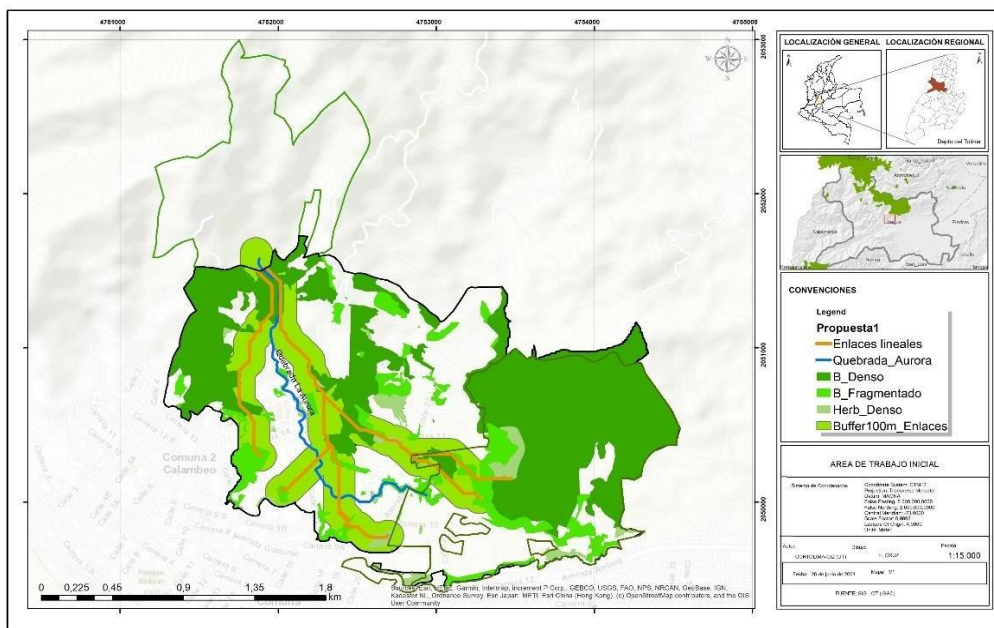
De acuerdo a lo anterior, se recomienda un corredor que requiere la reforestación en escenarios donde predomine áreas abiertas sin o con poca vegetación principalmente. Asimismo, en sectores de la parte alta, donde nace la quebrada La Aurora, la intervención antrópica está caracterizada por usos agrícolas (cultivos) es baja. Sin embargo, existen grandes remanentes de bosque denso que corresponden al área rural (Figuras 100, 101 y 102).

En consecuencia, se sugiere la creación de una zona de amortiguamiento en la matriz circundante de estos escenarios de conservación que permita a futuro obtener corredores sólidos, lo que permitiría conectar escenarios de sucesiones vegetales, rondas de protección con áreas de menor pendiente principalmente y pequeños fragmentos mayores a 1 ha de bosque secundario y bosques fragmentados. Por tal motivo, es importante tenerlos en cuenta esta información espacial dentro de la planificación y ordenación del territorio, a través de herramientas políticas y de conservación.

Como resultado final, se obtuvo una representación gráfica de los corredores ecológicos de las zonas que presentaban las mejores características territoriales para la mayoría de la fauna y flora presente y que entre otras cosas son otra variable para generar el polígono final. Esta información genera criterios para la restauración de un paisaje en el

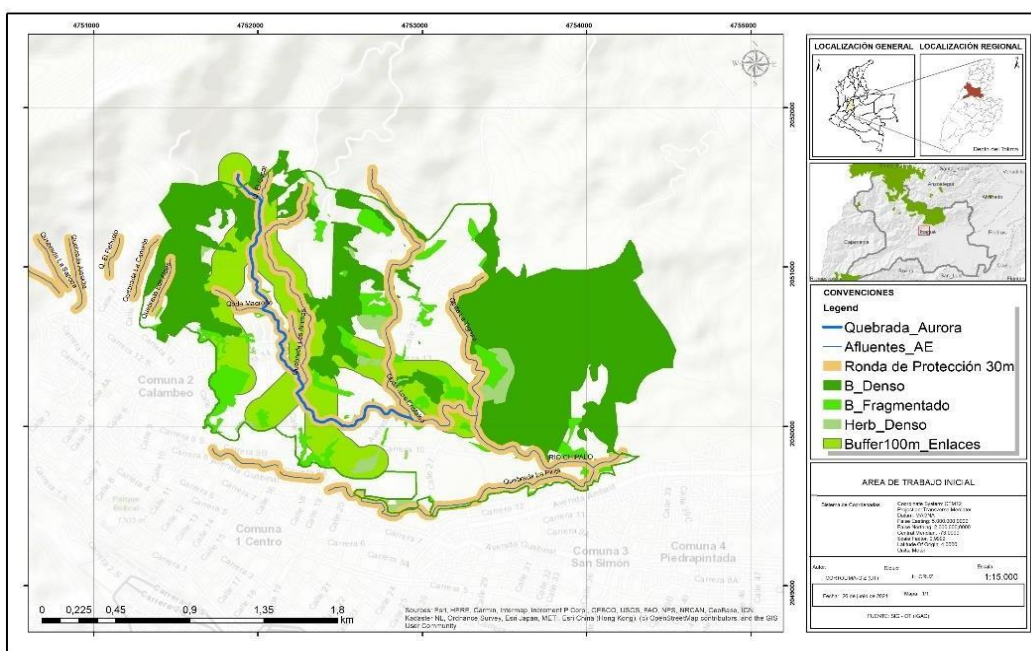
que de acuerdo al mapa de coberturas predominan mosaicos de pastos, cultivos y áreas naturales, en el que además existen factores biológicos y ecológicos importantes para la conservación de la biodiversidad que se describen a continuación.

Figura 100. Áreas de conservación (EEP y SIMAP) y enlaces lineales (100 m) del corredor de estudio.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Figura 101. Enlaces lineales (100 m) y rondas de protección del corredor de estudio.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Producto final

El producto final del análisis espacial en el cual se utilizaron coberturas vegetales, pendiente del terreno y distancia a afluentes, permitió generar un polígono con diferentes

escenarios de conservación para diferentes especies. El diseño del corredor periurbano dio un área de 450.5 ha con un perímetro de 13.79 km (Figura 103, Tabla 30).

Análisis del Paisaje

Para analizar el grado de conectividad se incluye el tipo de cobertura, su cantidad y organización de los parches, los cuales influyen en la dinámica y estructura de las comunidades, por lo tanto se analiza el contexto del paisaje desde su cuantificación y porcentaje equitativo a la representatividad de cada cobertura. Debido a lo anterior, en el área de estudio se encuentran 12 tipos de coberturas (Tabla 30), representadas en 644 parches, con un área total de 450.12 hectáreas aproximadamente.

En ese sentido, se determinó que el área de estudio está representada en su mayoría por fragmentos de Bosque denso con aproximadamente 179,2 hectáreas los cuales corresponden a un 39,7 % del paisaje (Tabla 30). Estas coberturas en su mayoría fueron determinadas en la parte alta y baja del área de estudio. Con un bajo número de parches en relación con otras coberturas, es importante resaltar que este índice demuestra el bajo grado de fragmentación en el paisaje (Tabla 30).

En segundo lugar en términos de área (CA) y porcentaje de paisaje (PLAND), se encuentra el Mosaico de Pastos, Cultivos y Áreas Naturales con 69,7 hectáreas y un 15,4% respectivamente. Si bien el número de parches fue mayor con respecto al Bosque Denso, se evidenció que el área de estudio se caracterizó por presentar fragmentos de áreas naturales de menor extensión, así como transiciones de cultivos y pastizales, que generan la matriz circundante más importante (Tabla 30).

En cuanto a la métrica NP, que corresponde al número de parches, el mayor número está representado por el Tejido Urbano Discontinuo (207), del cual hace parte las áreas de infraestructura de las zonas rurales, especialmente a casa de las fincas del área de estudio. En segundo lugar se encuentran el Tejido Urbano Continuo (137); aunque el tejido urbano discontinuo tiene baja representatividad en el área de estudio (1.8%) constituye una cobertura con un área (Tabla 30) o extensión pequeña (8.2 ha).

Tabla 30. Métricas del paisaje del área de estudio.

TYPE	CA (ha)	PLAND (%)	NP	PD	SHAPE_MN	FRAC_MN
Bosque Denso	179.2	39.7	37	8.2	1.53	1.18
Cultivos	12.9	2.8	17	3.7	1.60	1.11
Pastizal Arbolado	50.4	11.1	32	7.1	1.75	1.13
Bosque Fragmentado	42.6	9.4	48	10.6	1.88	1.16
Tejido Urb Discontinuo	8.2	1.8	207	45.9	1.41	1.13
Vías	12.1	2.6	21	4.6	4.13	1.35
Mos_P_Cul_A_Nat	69.7	15.4	52	11.5	2.20	1.27

A_Ab S o con poca Veg	8.3	1.8	48	10.6	1.78	1.19
Pastizal	8.9	1.9	21	4.6	1.70	1.13
Tejido Urb Continuo	44.6	9.9	137	30.3	1.66	1.12
Herbazal Den y Abierto	13.2	2.9	23	5.1	1.93	1.17
Lagos Lag y Cienagas	0.02	0.0052	1	0.2	2.22	1.29

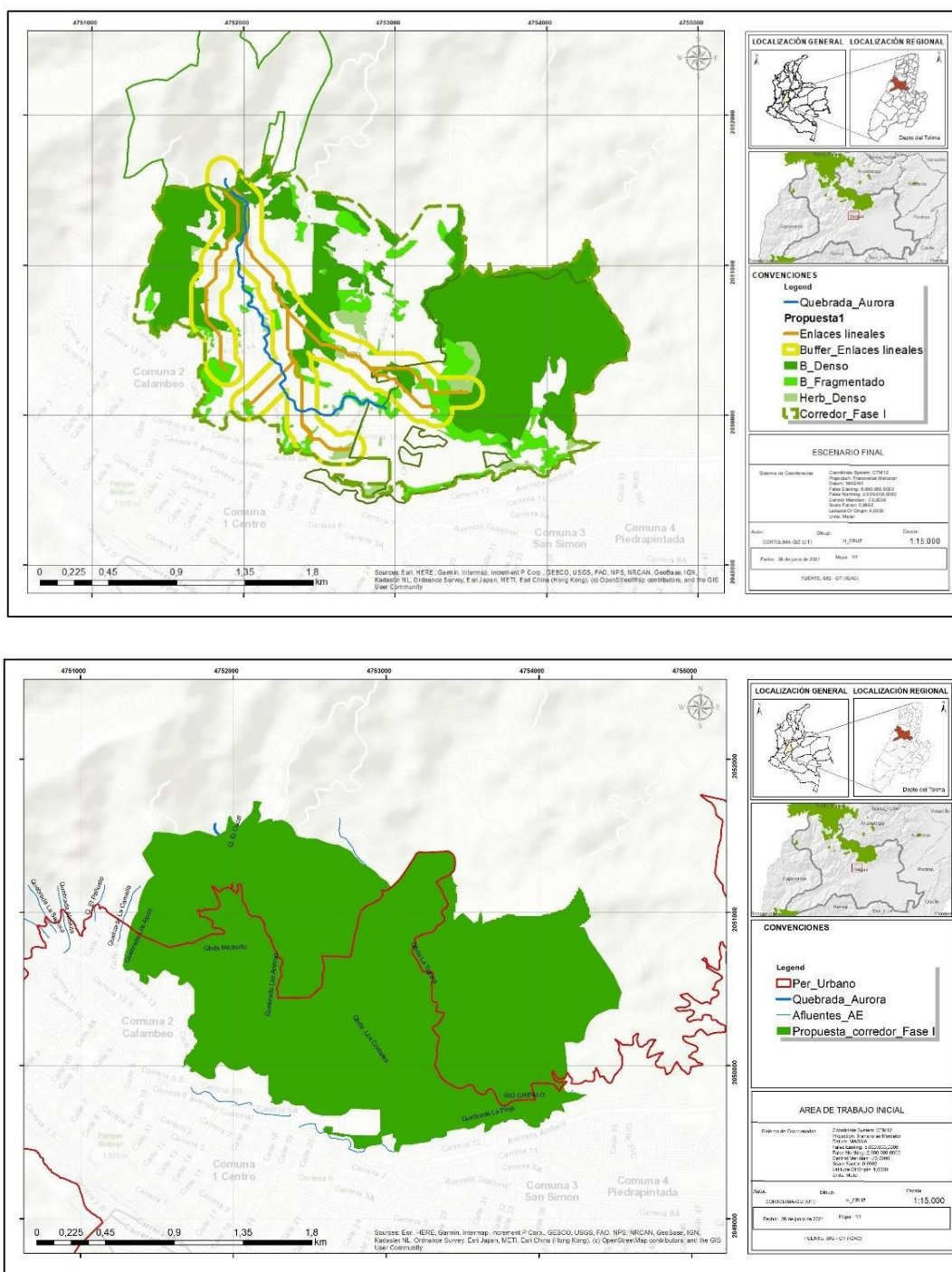
Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GlZ, 2021).

Las coberturas de menor extensión corresponden a Lagos, Lagunas y Cienagas que para el área de estudio representan solo 0.0052 % unos pequeños lagos para acuicultura a pequeña escala (0.02 ha) en en que se encontro solo un fragmento (ver Tabla). También en menor representatividad se determinó las áreas abiertas sin o con poca vegetación (8.3 ha) con un valor de 1.8 % y los pastizales (8.9 ha) con 1.9% de representatividad. Estos valores de número de parches y porcentaje de paisaje evidencian baja fragmentación del área de estudio, por tener pocas teselas para estas coberturas; siendo además importante que se presenten un número de parches mayor para coberturas de mayor extensión en el paisaje como son los Bosques Densos, sin embargo, estas últimas coberturas son las de mayor importancia para la conservación de la biodiversidad.

Así las cosas, las coberturas que facilitan el flujo de energía y tenidas en cuenta para determinar el contexto paisajístico son Bosque Denso, Bosque Fragmentado y Mosaico de Pastos, Cultivos y Áreas Naturales, por ser las áreas o Nodos para conectar y conservar el área de nacimiento de la Quebrada La Aurora y su desembocadura.

Finalmente, los valores de PD (Ver Tabla 30) corresponden a la densidad de parches del área de estudio. La densidad de parches es un aspecto limitado, pero fundamental, para analizar el patrón del paisaje del área de estudio. Aunque se relaciona con el número de parches, se refiere particularmente al número de parches por unidad de área, lo que facilita las comparaciones entre paisajes de tamaño variable. En el presente estudio la mayor densidad de parches corresponde a Tejido Urbano Discontinuo (45.9), especialmente ubicados en el área periurbana del municipio, inmersa en la matriz de Mosaico de Pastos, Cultivos y Áreas Naturales; así mismo la expansión urbana en la parte alta del área de estudio corresponde a Tejido urbano Continuo (30.3). es importante tener presente la densidad y número de parches en el área de estudio debido a que representan de manera subjetiva a la de estas coberturas hacia el área Rural (Ver Tabla 30).

Figura 103. Resultado Final del corredor.



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Importancia del corredor ecológico para la biodiversidad

A continuación, se enuncian especies más importantes de diferentes grupos taxonómicos y sus requerimientos de hábitat asociados al área de estudio, los cuales fueron elaborados por los expertos de cada grupo del proyecto. Esta información justifica los objetivos principales del presente proyecto y evidencian además la biodiversidad presente en el área de estudio.

- **Lepidópteros diurnos**

Los corredores biológicos son elementos lineales o más o menos homogéneos, que difieren por ambos lados de la matriz circundante que conecta dos o más fragmentos de hábitat, manteniendo la viabilidad de las poblaciones de fauna silvestre entre los relictos de bosque (Sorto, 2013). En cuanto a los lepidópteros diurnos estos corredores son de gran importancia dado a que mantienen las poblaciones de mariposas en la región, promoviendo el aumento de la riqueza y diversidad de especies, manteniendo un remanente de la biota natural a través de un paisaje heterogéneo con varios parches de hábitats primarios, que favorecen la presencia tanto de especies Euritopas (generalistas) como de especies estenotopas (especialistas) (Carrero et al., 2013; Urbano et al., 2014; Sorto, 2013).

Sin embargo, generalistas y especialistas requieren soluciones muy diferentes para la conectividad, por ejemplo, generalistas como *Pareuptychia ocirrhoe* y *Hermeuptychia hermes* encontradas abundantes en este estudio, presente en todas las estaciones, abarcando coberturas que van desde bosques secundarios, mosaico de cultivos, pastos y hábitats naturales y herbazales densos, pueden usar corredores estrechos y trampolines ecológicos, debido a que son especies que aprovechan las diferentes ofertas de la vegetación (flores o frutos) (Carrero et al., 2013; Flores y Ceccon, 2014; González et al., 2016; Orozco et al., 2009).

Por otro lado, las especies especialistas tienden a ser muy sedentarias, limitadas por recursos muy específicos y sus movimientos dentro de los parches suelen ser extremadamente limitados, por lo tanto, se pueden adaptar muy bien a corredores semiabiertos grandes y anchos (Dennis et al., 2013; Flores y Ceccon, 2014), tal es el caso de la subespecie endémica para la región *Heliconius cydno hermogenes*, encontrada en coberturas de bosque secundario, pues como lo menciona Gilbert y Smiley (1978) *Heliconius cydno* está restringida a bosques conservados.

En este estudio también encontramos mariposas emblemáticas como la *Morpho helenor* que al igual que *Heliconius erato* son característica de áreas poco intervenidas y típica de bosques secundario, estas especies se pueden ver beneficiadas por las diferencias

de cobertura arbórea, lo les permite el movimiento, pues al ser nectarívoras, se ven favorecida por las plantas con flores presentes en los remanentes (Carrero et al., 2013; Vélez et al., 2015). Finalmente es de resaltar, el reporte de especies endémicas como *Parides eurimedes* y *Crocozona pheretima* encontradas en coberturas de bosque secundario, mosaico de cultivos, pastos y habitats naturales y herbazales, destacando lo importante de conservar relictos de bosque que contengan una abundancia y disponibilidad de recursos a lo largo de diferentes micro-habitats, pues las mariposas tropicales son especies dadas a convivir con las poblaciones humanas, si se dan las condiciones adecuadas (Orozco et al., 2009; Urbano et al., 2014).

- **Macroinvertebrados acuáticos**

En las cuatro estaciones muestreadas a lo largo de la microcuenca de la quebrada la Aurora, se encontró el género *Anchytarsus* en la primera estación, perteneciente a la familia *Ptilodactylidae* que es altamente sensible a la contaminación en los cuerpos de agua, estos organismos se han categorizado como trituradores de materia orgánica, posiblemente alimentándose de los microorganismos que crecen adheridos a esta, además, es común que se encuentren hacia las orillas, entre las raíces de la vegetación ribereña.

Progomphus encontrado en la segunda estación, el cuál según la literatura se encuentra asociado a fondos de ríos o quebradas con sustratos arenosos y hojarasca, estos organismos se han encontrado en habitats ricos en oxígeno y generalmente la mayoría de especies de este género no toleran contaminantes, este género se registró en la segunda estación. La familia *Gomphidae* y *Ptilodactylidae* según el índice BMWP/col se le asignan 10 puntos, el mayor puntaje dentro de este índice.

Simulium se encontró en las estaciones E1, E2 y E4 de la quebrada La Aurora, los organismos están asociados a sustratos rocosos y con hojarasca, tienen potencial bioindicador, pues están presentes en arroyos con impactos intermedios de contaminación urbana, pero ausentes en los sitios fuertemente afectados. según el índice BMWP/col se le asignan 8 puntos a la familia *Simuliidae*.

Los *Rhagovelia*, pertenecientes a la familia *Veliidae* según este índice también tienen 8 puntos. Son considerados como indicadores biológicos de una buena calidad del agua en lo que respecta a la película superficial, ya que son patinadores y cualquier agente externo que afecte la tensión superficial del agua, afecta de manera directa su dispersión. Dentro de los ambientes lóticos, se encuentran asociados con diversidad de sustratos naturales sumergidos, altos niveles de oxígeno y velocidad moderada de la corriente, este género se encontró solo en la primera estación.

La presencia de estos géneros en la quebrada la Aurora, nos indica que es de suma importancia conservar toda la microcuenca, ya que hay organismos sensibles a la contaminación en mayor o menor grado en todas las estaciones y al estar hablando de un flujo de agua continuo es necesario que a lo largo de todo el recorrido de la quebrada se haga una recuperación de la vegetación ribereña, que es fundamental para la diversidad de organismos, se controle el ingreso de las descargas industriales o domesticas directas provenientes de la zona urbana.

- **Herpetofauna**

Los anfibios y reptiles no son grupos que expresen dispersiones activas muy amplias, debido a que sus particularidades ecológicas y de nicho, tienden a ser restringidas a ambientes muy específicos (Bergós, 2014). La herpetofauna contribuye a nivel ecológico como reguladores de plagas, al ser depredadores de una amplia gama de invertebrados y pequeños vertebrados como roedores; asimismo, cumplen un papel importante en la cadena trófica al ser suministro de alimento para otros vertebrados (Valencia-Aguilar, Cortés-Gómez y Ruiz-Agudelo, 2012). También se ha venido observando su papel en la dispersión de semillas y polinización de plantas, principalmente por lagartos, como Iguana iguana, cuyo hábito alimenticio principal es el de herbivoría (Lasso y Barrientos, 2015; Galindo-Urbe y Hoyos-Hoyos, 2007), especie que muestra una actividad de distribución amplia, llegando a reportarse migraciones de hembras de hasta 3 km para anidar en playas de arena (Morales-Mávil et al., 2007), al ser animales de gran tamaño y de reproducciones explosivas buscan mantener separaciones coloniales de entre 1000 m² aproximadamente, viéndose afectado cuando el ambiente ha sido reducido (Sanchez y Grings, 2018).

Organismos como Basiliscus, Polychrus y Anolis tienden a no ser muy gregarios y mantener delimitadas sus áreas de territorialidad llegando a detectar una estrecha relación con los cuerpos de agua, principalmente para las especies del genero Basiliscus con home range de hasta 150 m² (Vaughan et al., 2007), siendo las hembras las que poseen mayores rangos de dispersión, área necesaria para que se desarrollen eficazmente sus conductas reproductivas y de alimentación (Hsieh y Lauder, 2004).

Si bien, hay especies que soportan impactos ambientales, como la contaminación del agua, deforestación, entre otros. También hay aquellas, cuya susceptibilidad al ambiente está bien marcada, minimizando la posibilidad de sobrevivir a variaciones ambientales abruptas. Dentro de estas especies encontramos organismos como los pertenecientes a la familia Plethodontidae, habiéndose registrado a *Bolitoglossa ramosi* en la localidad, la cual es una especie de anfibio de gran interés investigativo, carentes de pulmones pues su respiración se ve restringida a la cutánea, por lo cual depende enteramente de la presencia de humedad en el ambiente (Bernardo y Spotila, 2006).

Grupos de anfibios como los anuros, pueden mostrar distribuciones un poco mas amplias, pero la tendencia es a no alejarse del ambiente que les provee las condiciones de humedad y temperatura necesarios para sus procesos biológicos (Walther et al., 2002). Si bien se ha creído erróneamente que los organismos de zonas tropicales están mejor adaptados al cambio climático, las extinciones poblacionales han venido contradiciendo tales afirmaciones (Chen et al., 2009), y es entendible puesto que las especies de zonas tropicales se encuentran mas limitadas por las barreras climáticas presentes en el ambiente, teniendo en cuenta que los pasos de montaña y la migración es más compleja (Feeley y Silman, 2010), ya que están enteramente adaptadas a rangos de temperatura y humedad más estables, propias de determinados tipos de coberturas, de ahí que las coberturas con mayor residencia de especies en el estudio realizado, fueran: Bosque secundario y áreas de Mosaico, ya que otros tipos de ambientes con mayor acción antropogénica dan como resultado la desaparición de poblaciones silvestres (Vuille et al., 2008).

Por estos motivos se hace necesario la ampliación y conectividad de los fragmentos de bosque asociados a la quebrada la Aurora, enmarcándose en la protección de humedales y cuerpos de agua, ya que brindan albergue a especies de anfibios y reptiles de interés investigativo y ecosistémico. Desarrollos que se han llevado a cabo en otros países al adecuar cuerpos de agua con la finalidad de evitar la pérdida de especies de anfibios y reptiles considerados en amenaza (Alarcos et al., 2003; Perrow y Davy, 2002), desarrollar estos programas en vinculación con la comunidad, generando alternativas arquitectónicas que permitan una dinámica sana entre las comunidades adyacentes y la fauna silvestre presente en los fragmentos de bosque, como senderos ecológicos, puntos de observación, entre otras, pueden ser herramientas que contribuyan a salvaguardar la biodiversidad regional.

- **Aves**

Arremon aurantirrostris: habita en zonas enmalezadas de bosques lluviosos densos y bordes de bosque primario o secundario en sucesión a primario. También en cultivos abandonados en regeneración natural con pastos altos, matorrales espinosos y árboles pequeños., ave de corta movilidad. Según las coberturas bosque secundario 50%, bosque fragmentado 20%, herbazales densos 30%.

Cyanoloxia cyanoides: habita en bosques húmedos y muy húmedos en donde particularmente utiliza el sotobosque y los bordes de bosque primario, también habita en matorrales cerca de Zonas húmedas, es un ave de vuelos largos, pero con distribución en zonas arboles densas, frugívoro. Según las coberturas vegetales Bosque secundario 50%, Bosque fragmentado 30%, herbazales densos 20%.

Dysithamnus mentalis: habita en el sotobosque de bosques húmedos, bosques en crecimiento secundario y piedemontes, es un ave insectívora asociada mayormente a zonas de borde de bosque primario con una capacidad de distribución corta. Según las coberturas vegetales Bosque secundario 70%, bosque secundario fragmentado 30%.

Leptopogon amaurocephalus: habita al interior de bosques húmedos o borde de bosque primario o secundario, su distribución es corta y es un ave insectívora por lo cual es común encontrar entre las malezas altas. Según las coberturas vegetales Bosque secundario 60%, Bosque secundario fragmentado 20%, herbazales densos 20%, Pastizales arbolados 10%.

Lophotriccus pileatus: relativamente común en bosque secundario, bordes de bosque primario, piedemontes y guaduales, es un ave insectívora esquivo y de un vuelo corto. Según coberturas Bosque secundario 60%, bosque secundario fragmentado 40%

Phaethornis guy: vive en el bosque húmedo de montaña y las plantaciones de cacao. Suele permanecer en el dosel del bosque entre árboles como *Elaeagia* (Rubiaceae) o palmas con abundante maleza y epífitas y hemiepífitas (por ejemplo, Clusiaceae). Según coberturas Bosque secundario 70%, bosque secundario fragmentado 30%, Herbazales densos 10%.

Xiphorhynchus susurrans: habita en bosques húmedos de tierras bajas y piedemontes. Utiliza bosques de crecimiento secundario avanzado, bordes de bosque, en ocasiones interiores de bosques maduros. Es un ave insectívora que usa arboles de porte alto para encontrar su alimentación entre epífitas y hojas. Según cobertura Bosque secundario 70%, Bosque secundario fragmentado 20% Pastizales arbolados 10%.

- **Mamíferos**

Leopardus pardalis: felino neotropical de tamaño mediano con una amplia distribución desde el sur de Texas en los EE.UU. hasta el norte de Argentina; considerado un habitante relativamente común de los bosques neotropicales (Di Bitetti et al. 2008). Se han estipulado que la amplia distribución del ocelote presenta condiciones disimiles entre paisajes y regiones; por lo tanto, la estructura espacial y la disponibilidad de recursos son las condiciones que determinan el rango de hogar de la especie, en donde los machos presentan un rango de hogar de $45,17 \text{ km}^2 \pm 2,44$, mientras que las hembras de $17,30 \text{ km}^2 \pm 9,11$ (Azevedo et al. 2019).

El ocelote se distribuye en Colombia desde lo 0 hasta los 2.400 m (Solari et al. 2013), realizando sus movimientos a través de fragmentos de bosque secundario y áreas de pastizales arbolados; se han sugerido que, aunque la especie es capaz de tolerar cierto

grado de alteración del hábitat, su transformación total pone en riesgo sus poblaciones (Moreno et al. 2006). Aunque el ocelote no se encuentra en alguna categoría de amenaza de la IUCN o por la reglamentación ambiental de Colombia (Resol.1912 de 2017), esta especie Carnívora de acuerdo con García-R et al. 2018 se ve afectado por las transformaciones del paisaje y esto debe ser un factor a considerar en el diseño de planes de manejo y conservación.

Galictis vittata: el Huron está incluida en el Apéndice III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Sin embargo, no se incluye en la lista de especies amenazadas de Colombia (Resol.1912 de 2017). Los registros en Colombia de *Galictis vittata* son escasos y existe escasa información sobre la biología, ecología y distribución (Calderon-Capote et al. 2015). Se conoce que habita bosques primarios y secundarios, más frecuentemente cerca de ríos, senderos y humedales (Yansen y Tarifa, 2003), entre los 0 hasta los 1.220 m y se presume que requiere de fragmentos amplios donde pueda obtener vertebrados pequeños esenciales en su dieta Carnívora.

Phyllostomus hastatus: en Colombia se distribuye por todo el territorio entre los 0 a los 2000 m (Solari et al. 2013). Es el segundo murciélago más grande de América y se refugia en árboles grandes como *Anacardium excelsum* y *Bursera* sp. (Cortés-Delgado & Jiménez-Ferbans, 2014). Se ha encontrado que estos requerimientos de percha son fundamentales para la presencia y establecimiento de la especie en bosques fragmentados (García-Herrera et al., 2020). Es una especie animalívora capaz de alimentarse de insectos, frutos, polen, néctar y pequeños vertebrados, asociados a bosques secundarios y bordes de bosques en donde se presenta mayor abundancia o capturabilidad de presas (Klingbeil y Willig, 2009).

Eptesicus brasiliensis: especie de amplia distribución, habitando bosques riparios y secundarios. La actividad de forrajeo y el hábito de hogar se encuentra condicionados a la presencia de afluentes necesarios para cazar insectos y realizar los desplazamientos (Esbérard, 2012).

CONCLUSIONES

- El diseño del corredor periurbano arrojó un área de 450,5 ha con un perímetro de 13,79 km, siendo un área que permitirá disminuir los efectos negativos de la fragmentación del paisaje en la frontera urbano y rural de la ciudad de Ibagué. Por lo tanto, las coberturas que facilitan el flujo de energía son Bosque Denso, Bosque Fragmentado y Mosaico de Pastos, Cultivos y Areas Naturales, por ser las áreas o Nodos para conectar y conservar el área de nacimiento de la quebrada La Aurora y su desembocadura.
- La metodología empleada puede ser adaptada a otros escenarios periurbanos de la ciudad, así, para especies o grupos taxonómicos asociados a ecosistemas presentes en el área de estudio, se requiere por lo tanto ajustar el ancho del corredor periurbano al área que requiera todos los grupos taxonómicos para desarrollar sus hábitats.
- La microcuenca de la quebrada La Aurora se encuentra entre zonas de conservación del Municipio y zonas de la estructura ecológica principal del Municipio de Ibagué. En el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad, debe garantizarse que el presente corredor goce de buena salud ecosistémica, lo que permitirá garantizar la oferta de bienes y servicios.
- Los resultados obtenidos evidencian una expansión de la infraestructura desde el área urbana al área rural y baja conectividad ecosistémica en la parte de la desembocadura de la quebrada La Aurora. Aunque los bosques fragmentados ocupan 39% del paisaje, estas coberturas son usualmente fragmentadas por actividades antropicas, lo cual afecta la conservación de la biodiversidad.
- Los análisis que se plantean contienen las coberturas de la tierra que podrían facilitar el flujo de energía y por ende el movimiento de organismos desde la parte alta hasta desembocadura de la Microcuenca quebrada La Aurora. La representatividad de los bosques naturales densos es fundamental para determinar que se requieren esfuerzos por parte de los diferentes entes territoriales para que prioricen acciones de restauración en el área Urbana y Periurbana del municipio de Ibagué.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Municipal de Ibagué. (2013). Primera fase - Definición del modelo conceptual . Obtenido de https://cimpp.ibague.gov.co/wp-content/uploads/2019/11/DOCUMENTO-ESTRUCTURA-ECOLOGICA-PRINCIPAL-IBAGUE_reduce.pdf

Alcaldía Municipal de Ibagué. (2020). Plan de Desarrollo Municipal 2020 - 2023. Obtenido de Subprograma 1: Sistema Municipal de Áreas Protegidas “SIMAP”: http://ie.u.unal.edu.co/images/Planes_de_Desarrollo_2020/Ibagu%C3%A9_Plan_de_Desarrollo_2020_2023.pdf

Cartaya, S., Zurita, S. y Mantuano-Eduarte, R. (2016). Propuesta de corredores ecológicos y zonas de amortiguamiento como medidas para restaurar la conectividad del hábitat de la especie *Cuniculus paca* en Ecuador. Obtenido de <file:///C:/Users/Liliana%20Avila/Downloads/Prop%20de%20corredores%20eco%20y%20z%20d%20ea%20amort%20OJO.pdf>

Cortolima. (2017). ¿Qué es una ronda hídrica? Obtenido de <https://www.cortolima.gov.co/boletines-prensa/qu-ronda-h-drica>

IDEAM. (2012). *COBERTURAS DE LA TIERRA*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Decreto 2245* . Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/Decreto_2245_29-12-2017-Ronda_Hidrica-a1.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Guía Metodológica para la formulación de los Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas – *PMAM*. Obtenido de Partes y componentes de una microcuenca: [http://www.andi.com.co/Uploads/GU%C3%8DA%20PMA%20de%20Microcuenca%20\(00000002\).pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/GU%C3%8DA%20PMA%20de%20Microcuenca%20(00000002).pdf)

McGarigal, K., Cushman, S. A. y Neel, M. C (2002). FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html

Pizano, C., y Garcia, H. (2014). El Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D., Colombia. 241p.

Saura, S. y Torné, J. (2009). Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling & Software* 24 (2009) 135-139. DOI:10.1016/j.envsoft.2008.05.005.

Seoane J., Bustamante J. y Díaz, R. (2003). Competing roles for landscape, vegetation, topography and climate in predictive models of bird distribution. Department of Applied Biology, Estación Biológica de Doñana, CSIC, Avda. Maria Luisa s/n, 41013 Seville, Spain. 2 p.

Turner, M.G. (1990). Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecolgy*. 4(1): 21-30.

ACTIVIDAD 4. REALIZAR CHARLAS DE CONCIENTIZACIÓN CON ACTORES ESTRATÉGICOS SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD Y SU CONOCIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS Y SUS SERVICIOS ASOCIADOS

4. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS

METODOLOGÍA

El estudio del componente social busca involucrar a las comunidades aledañas a la microcuenca de la quebrada La Aurora. Representantes clave para la protección de estas áreas, la fauna y flora que alberga. En el presente informe se presentan los resultados de las charlas de concientización con actores estratégicos sobre la importancia de la biodiversidad y su conocimiento para el mantenimiento de los ecosistemas y sus servicios asociados.

La propuesta social se construyó partiendo de la idea que la población a intervenir son adultos, posiblemente con un nivel bajo de estudio y dificultades de lectoescritura, lo que implica pensar en un modelo andragógico, el cual es definido por Knowles (2001) “como el conjunto de principios fundamentales necesarios para la enseñanza y relacionamiento con la comunidad adulta, la cual establece estrategias de comunicación verbal”; este modelo involucra técnicas creadas para la formación a distancia de adultos, pero por sus características responde a las necesidades de emplear un método de investigación acción participativa. Por lo tanto, las charlas estuvieron dirigidas en un lenguaje sencillo e inclusivo, con el empleo de ilustraciones e imágenes que facilite la comprensión.

RESULTADOS

Para este periodo, se llevaron a cabo dos charlas orientadas por la coordinación del proyecto, los biólogos a cargo de los diferentes grupos faunísticos y el área de Sistemas de Información Geográfica, en el cual se realizó la socialización de los resultados obtenidos en el marco de la caracterización de la flora de los relictos boscosos del área urbana y periurbana, así como la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, lepidópteros diurnos, ictiofauna, herpetofauna, avifauna y mastofauna de la microcuenca de la quebrada la aurora y el diseño de los principios y criterios frente a los cuales se realizó la delimitación del corredor urbano.

El día 30 de julio de 2021 a las 10:00 am, se realizó una charla de concientización sobre la importancia de la biodiversidad y su conocimiento para el mantenimiento de los ecosistemas y sus servicios asociados, y socialización de resultados del convenio 496-2020 denominado: “Caracterización de la biodiversidad de la microcuenca de la quebrada La Aurora para el diseño de un corredor urbano y periurbano que facilite la

conectividad ecológica en el municipio de Ibagué”; la cual se llevo a cabo en la oficina del acueducto AcuaPaz, ubicada en la calle 17 N° 18-35 barrio La Paz.

Fueron enviadas invitaciones a diferentes entidades, entre las que se destacan, representante legal del acueducto AcuaPAz, la junta de acción comunal del barrio Viñas de Calambeo, director de la Universidad Antonio Nariño, director del jardín botánico San Jorge, secretaría de ambiente municipal de Ibagué, personería municipal de Ibagué y policía nacional (Anexo 7).

Durante la socialización, se explicó el convenio y sus objetivos, se expusieron los resultados preliminares, haciendo énfasis en las especies de flora y fauna registradas en la microcuenca de la quebrada La Aurora, y en las especies con categoría ecológica importante. Finalmente, se dedico una parte de la charla para enviar un mensaje de conservación y protección hacia la microcuenca de la quebrada La Aurora (Figura 103, Anexo 8).

Figura 104. Charla de concientización sobre la importancia de la biodiversidad y su conocimiento para el mantenimiento de los ecosistemas y sus servicios asociados, y socialización de resultados del convenio 496-2020 (30 de julio 2021).



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

Se realizó una segunda charla de concientización, convocando a los diferentes actores de la junta de acción comunal de los barrios La Paz y Viñas de Calambeo, así como la población de estos barrios. Contamos con la presencia de funcionarios de Cortolima y el Secretario de Ambiente y gestión del riesgo del municipio de Ibagué y con la presencia de 17 asistentes (Figura 104, Anexo 8), a quienes se les mostro los resultados de la caracterización florística y faunística encontrada en la microcuenca de la quebrada La Aurora y el diseño preliminar del corredor ecológico.

Figura 105. Charla de concientización sobre la importancia de la biodiversidad y su conocimiento para el mantenimiento de los ecosistemas y sus servicios asociados, y socialización de resultados del convenio 496-2020 (17 de agosto 2021).



Fuente: Grupo de Investigación en Zoología (GIZ, 2021).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Knowles, M. S., Holton, E. F. y Swanson, R. A. (2001). Andragogía: el aprendizaje de los adultos. Oxford University Press.

ANEXOS