



“DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES MINERAS:  
“BENEFICIO, FUNDICIÓN Y REFINACIÓN DE MINERALES  
METÁLICOS EN PLANTA DE BENEFICIO CAYO GOLD (CÓDIGO  
30000443), UBICADA EN EL SECTOR EL PACHE, CANTÓN  
PORTOVELO, PROVINCIA DE EL ORO”  
MARZO 2026 | 3-i

# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES MINERAS: “BENEFICIO, FUNDICIÓN Y REFINACIÓN DE MINERALES METÁLICOS EN PLANTA DE BENEFICIO CAYO GOLD (CÓDIGO 30000443), UBICADA EN EL SECTOR EL PACHE, CANTÓN PORTOVELO, PROVINCIA DE EL ORO”

## CAPÍTULO 3. DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LÍNEA BASE

PROMOTOR:



ELABORADO POR:

ENERMILL CIA LTDA/TAIAO  
MAATE-SUIA-0167-CC



PORTOVELO

MARZO 2026



## ÍNDICE

|            |   |          |
|------------|---|----------|
| <b>3</b>   | <b>DESCRIPCIÓN DE LÍNEA BASE AMBIENTAL.....</b>       | <b>5</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Medio biótico .....</b>                            | <b>5</b> |
| 3.2.1      | Introducción .....                                    | 5        |
| 3.2.2      | Descripción General Del Área De Estudio .....         | 6        |
| 3.2.3      | Pisos Zoogeográficos .....                            | 8        |
| 3.2.4      | Criterios De Ubicación De Puntos De Muestreo.....     | 8        |
| 3.2.5      | Permiso De Investigación Científica.....              | 9        |
| 3.2.6      | Flora.....  | 9        |
| 3.2.7      | Ornitofauna.....                                      | 33       |
| 3.2.8      | Mastofauna.....                                       | 78       |
| 3.2.9      | Herpetofauna .....                                    | 125      |
| 3.2.10     | Entomofauna.....                                      | 153      |
| 3.2.11     | Componente acuático (Peces y macroinvertebrados)..... | 197      |

## ÍNDICE DE TABLAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tabla 3-1   | Porcentaje de cobertura vegetal y otras características del área de influencia de la planta de beneficio ..... | 7  |
| Tabla 3-2.  | Cobertura vegetal en el área de la planta de beneficio .....   | 8  |
| Tabla 3-3.  | Pisos zoogeográficos del proyecto .....  | 8  |
| Tabla 3-4.  | Sitios de muestreo Flora. ....   | 10 |
| Tabla 3-5.  | Esfuerzo de muestreo del componente flora.....   | 12 |
| Tabla 3-6.  | Categoría de conservación y amenaza según la UICN .....  | 17 |
| Tabla 3-7.  | Descripción de los usos de las plantas útiles.....   | 17 |
| Tabla 3-8.  | Especies registradas en los puntos cuantitativos. ....   | 19 |
| Tabla 3-9.  | Índices de diversidad del punto cuantitativo .....   | 21 |
| Tabla 3-10. | Índice de Chao 1 .....   | 22 |
| Tabla 3-11. | Biomasa aérea .....  | 24 |
| Tabla 3-12. | Especies registradas en el sitio de observación POF-01-CG.....   | 25 |
| Tabla 3-13. | Especies registradas en el sitio de observación POF-02-CG.....   | 26 |
| Tabla 3-14. | Especies registradas en el sitio de observación POF-03-CG.....   | 26 |
| Tabla 3-15. | Cálculo de índice de similitud de Jaccard.....   | 27 |
| Tabla 3-16. | Especies con categoría de conservación y/o amenaza .....   | 28 |
| Tabla 3-17. | Uso de las especies registradas .....  | 32 |
| Tabla 3-18. | Sectores de muestreo cuantitativos y cualitativos de ornitofauna .....   | 59 |
| Tabla 3-19. | Tabla de esfuerzo de muestreo Ornitofauna .....  | 60 |
| Tabla 3-20. | Abundancia Absoluta y Relativa .....   | 65 |
| Tabla 3-21. | Índices de Diversidad .....  | 67 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabla 3-22. Similitud de Jaccard en porcentajes .....                                      | 68  |
| Tabla 3-23. Abundancia Absoluta y Relativa .....   | 70  |
| Tabla 3-24. Índices de Diversidad .....  | 72  |
| Tabla 3-25. Avifauna registrada en el POA-01-CG .....                                      | 72  |
| Tabla 3-26. Gremio trófico de las especies registradas .....                               | 72  |
| Tabla 3-27. Estado de conservación .....   | 73  |
| Tabla 3-28. Patrón de Actividad .....  | 74  |
| Tabla 3-29. Sensibilidad de la avifauna .....  | 74  |
| Tabla 3-30. Distribución vertical de la avifauna .....                                     | 75  |
| Tabla 3-31. Migración de la avifauna .....   | 76  |
| Tabla 3-32. Sectores de muestreo cuantitativos y cualitativos Mastofauna .....             | 104 |
| Tabla 3-33. Esfuerzo de muestreos cualitativos y cuantitativos de la mastofauna .....      | 124 |
| Tabla 3-34. Sectores de muestreo cuantitativos y cualitativos Herpetofauna .....           | 127 |
| Tabla 3-35. Esfuerzo de muestreos cualitativos de la herpetofauna .....                    | 129 |
| Tabla 3-36. Criterios para Determinar Sensibilidad .....                                   | 134 |
| Tabla 3-37. Calificación para Determinar Sensibilidad .....                                | 135 |
| Tabla 3-38. Abundancia Absoluta y Relativa .....   | 137 |
| Tabla 3-39. Índices de Diversidad .....  | 138 |
| Tabla 3-40. Similitud de Jaccard en porcentajes .....                                      | 139 |
| Tabla 3-41. Abundancia Absoluta y Relativa .....   | 141 |
| Tabla 3-42. Índices de Diversidad .....  | 142 |
| Tabla 3-43. Abundancia Absoluta y Relativa .....   | 143 |
| Tabla 3-44. Índices de Diversidad .....  | 144 |
| Tabla 3-45. Riqueza de especies .....  | 144 |
| Tabla 3-46. Anfibios y reptiles registrados de acuerdo con el nicho trófico .....          | 145 |
| Tabla 3-47. Estado de conservación .....   | 146 |
| Tabla 3-48. Modos reproductivos .....  | 147 |
| Tabla 3-49. Distribución vertical .....  | 148 |
| Tabla 3-50. Patrón de actividad de la herpetofauna .....                                   | 149 |
| Tabla 3-51. Sensibilidad de la herpetofauna .....  | 150 |
| Tabla 3-52. Especies Indicadoras de la herpetofauna .....                                  | 150 |
| Tabla 3-53. Endemismo de la herpetofauna .....   | 151 |
| Tabla 3-54. Sectores de muestreo cuantitativos y cualitativos de Entomofauna .....         | 171 |
| Tabla 3-55. Tabla de esfuerzo de muestreo Entomofauna .....                                | 175 |
| Tabla 3-56. Abundancia absoluta y Relativa .....   | 179 |
| Tabla 3-57. Índices de Diversidad .....  | 181 |
| Tabla 3-58. Similitud de Jaccard en porcentajes .....                                      | 182 |
| Tabla 3-59. Abundancia absoluta y Relativa .....   | 183 |
| Tabla 3-60. Índices de Diversidad .....  | 184 |
| Tabla 3-61. Abundancia absoluta y Relativa .....   | 185 |
| Tabla 3-62. Índices de Diversidad .....  | 186 |
| Tabla 3-63. Insectos terrestres registrados en los sectores de muestreo cualitativos ..... | 187 |
| Tabla 3-64. Nichos tróficos .....  | 188 |



|   |     |
|---|-----|
| Tabla 3-65. Patrón de actividad .....   | 190 |
| Tabla 3-66. Distribución vertical .....   | 191 |
| Tabla 3-67. Sensibilidad de la entomofauna .....  | 193 |
| Tabla 3-68. Sectores de muestreo Ictiofauna .....   | 198 |
| Tabla 3-69. Tabla de esfuerzo de muestreo Peces .....   | 200 |
| Tabla 3-70. Sectores de muestreo Macroinvertebrados Acuáticos .....   | 203 |
| Tabla 3-71. Tabla de esfuerzo de muestreo Macroinvertebrados Acuáticos .....  | 205 |
| Tabla 3-72. Puntuación de las familias para el índice BMWP/COL .....  | 207 |
| Tabla 3-73. Calidad de agua, valores del índice BMWP/COL .....  | 207 |
| Tabla 3-74. Calidad de agua, valores del índice BMWP/COL .....  | 208 |
| Tabla 3-75. Calidad de agua del Índice EPT .....  | 208 |
| Tabla 3-76. Sensibilidad de Macroinvertebrados Acuáticos de acuerdo al valor BMWP/COL .....                         | 209 |
| Tabla 3-77. Abundancia Absoluta y Relativa. ....  | 210 |
| Tabla 3-78. Índices de diversidad. ....   | 212 |
| Tabla 3-79. Estado de salud ecológica del sector de muestreo. ....  | 213 |
| Tabla 3-80. Estado de salud ecológica del sector de captación por valores de bioindicación del Índice BMWP/Col..... | 213 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 3-1 Análisis General del Área de Estudio .....                                    | 18  |
| Figura 3-2. Curva de acumulación de especies.....  | 18  |
| Figura 3-3. Riqueza florística del sitio cuantitativo .....                              | 19  |
| Figura 3-4. Géneros dominantes del sitio cuantitativo .....                              | 20  |
| Figura 3-5. Abundancia registrada del sitio cuantitativo .....                           | 20  |
| . Figura 3-6. Curva de Abundancia-Dominancia .....                                       | 21  |
| Figura 3-7 Curva de acumulación de especies.....   | 23  |
| Figura 3-8. Estructura vertical del sitio cuantitativo .....                             | 24  |
| Figura 3-9. Riqueza general de los puntos cualitativos.....                              | 27  |
| Figura 3-10.Índice de Jaccard de los puntos de muestreo cualitativos .....               | 28  |
| Figura 3-11. Análisis de la riqueza de órdenes, familias y especies de la avifauna ..... | 65  |
| Figura 3-12. Curva de Dominancia – Abundancia (Pi/Especies) .....                        | 67  |
| Figura 3-13 . Curva de acumulación de especies y Chao 1.....                             | 67  |
| Figura 3-14. Coeficiente de Similitud de Jaccard .....                                   | 69  |
| Figura 3-15. Análisis de la riqueza de órdenes, familias y especies de la avifauna ..... | 70  |
| Figura 3-16. Curva de Dominancia – Abundancia (Pi/Especies) .....                        | 71  |
| Figura 3-17. Análisis de la riqueza de órdenes, familias y especies.....                 | 137 |
| Figura 3-18. Curva de abundancia relativa y especies dominantes.....                     | 138 |
| Figura 3-19. Curva de acumulación de especies y Chao 1.....                              | 139 |
| Figura 3-20. Coeficiente de Similitud de Jaccard .....                                   | 140 |
| Figura 3-21. Composición y estructura .....  | 141 |
| Figura 3-22. Curva de rango abundancia relativa y especies dominantes.....               | 142 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 3-23. Composición y estructura .....                                 | 143 |
| Figura 3-24. Curva de rango abundancia relativa y especies dominantes ..... | 144 |
| Figura 3-25. Preferencias alimenticias de la herpetofauna.....              | 145 |
| Figura 3-26. Distribución vertical.....                                     | 148 |
| Figura 3-27. Patrones de actividad .....                                    | 149 |
| Figura 3-28. Análisis de la riqueza de Entomofauna.....                     | 178 |
| Figura 3-29. Curva de Dominancia-Abundancia (Pi/Morfoespecies).....         | 180 |
| Figura 3-30. Curva de acumulación de morfoespecies .....                    | 181 |
| Figura 3-31. Coeficiente de Similitud de Jaccard .....                      | 182 |
| Figura 3-32. Análisis de la riqueza .....                                   | 183 |
| Figura 3-33. Curva de Dominancia-Abundancia (Pi/Morfoespecies).....         | 184 |
| Figura 3-34. Análisis de la riqueza .....                                   | 185 |
| Figura 3-35. Curva de Dominancia-Abundancia (Pi/Morfoespecies).....         | 186 |
| Figura 3-36. Riqueza taxonómica de macroinvertebrados. ....                 | 209 |
| Figura 3-37. Rareza de macroinvertebrados. ....                             | 211 |
| Figura 3-38. Curva de Dominancia – Abundancia (PI/Morfoespecies). ....      | 211 |
| Figura 3-39. Curva de acumulación de morfoespecies. ....                    | 212 |
| Figura 3-40. Nichos tróficos.....   | 214 |
| Figura 3-41. Sensibilidad. ....   | 215 |
| Figura 3-42. Distribución en la columna de agua. ....                       | 216 |

## 3 DESCRIPCIÓN DE LÍNEA BASE AMBIENTAL

Planta de beneficio Cayo Gold código 30000443 se encuentra situada en el Distrito Minero Zaruma - Portovelo, sector El Pache, cantón Portovelo, provincia de El Oro. La caracterización ambiental, basada en el documento: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019 - 2023, presenta la descripción de la situación actual del área de influencia en dónde está emplazada la actividad minera.

### 3.2 MEDIO BIÓTICO

#### 3.2.1 Introducción

Los mayores impactos en la biodiversidad se han producido a nivel de la diversidad de hábitats de bosques nativos, como son la reducción y pérdida de hábitat (Hooftman y Bullock, 2012; Liu et al., 2014; Ren et al., 2016). Estos impactos se han generado por el aumento de la población humana, que ha transformado paisajes boscosos en paisajes antrópicos en las últimas décadas (Bai et al., 2011; Pan et al., 2013). Varios autores han evidenciado la necesidad de conservar la diversidad de hábitats de bosques nativos dentro de paisajes boscosos y antrópicos (Iverson et al., 2014), ya que esto ayudaría a mantener la diversidad de flora y fauna, y procesos y servicios ecosistémicos clave, que proveen múltiples beneficios para las poblaciones humanas que habitan estos tipos de paisajes (Delgado et al., 2013; Rodríguez-Echeverry et al., 2017).

Algunos estudios han registrado que la deforestación modifica el tamaño de los parches de bosque, y esto a su vez altera la estructura del bosque y la composición de especies (Altamirano et al., 2007; Echeverría et al., 2007; Fontúrbel y Jiménez, 2014; Rodríguez-Echeverry et al., 2015). En consecuencia, la probabilidad de disponibilidad de hábitat para mamíferos y aves en riesgo de extinción es menor a medida que la diversidad estructural del parche disminuye (Fontúrbel y Jiménez, 2014; Moreira-Arce et al., 2016; Moreno-García et al., 2014)

Las tierras bajas de la cordillera occidental de los Andes ecuatorianos son consideradas una de las regiones más diversas en fauna y flora y, destacadas por su alto grado de endemismo (Gentry 1986; Valencia et al. 2000; MECN et al 2013). En esta zona converge dos regiones biogeográficas más importantes de Sudamérica: Chocó y Tumbes, conocida como la ecorregión terrestre Tumbes-Chocó-Magdalena (Critical Ecosystem Partnership Fund 2005). Esta ecorregión se extiende desde el sureste de Panamá hasta noroeste de Perú, caracterizado por una alta biodiversidad y considerado un “hotspot” a nivel global (Myers et al. 2000).

En esta zona se encuentra la provincia de El Oro recibe la influencia de los siguientes factores: (1) el sector costero, principalmente por la desembocadura del río Santa Rosa que forma un paisaje de esteros y manglares en un conjunto de canales que los separan del archipiélago de Jambelí, (2) el sistema montañoso de los Andes y sus estribaciones occidentales, y (3) el clima variable y contrastante entre el sector seco costero y húmedo lluvioso en las montañas andinas. (MECN-INB. 2015).

De acuerdo a lo indicado anteriormente, la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443), se ubica en la ecorregión terrestre Tumbes-Chocó-Magdalena. Sin embargo los hábitats locales, actualmente se encuentran altamente fragmentados, donde la cobertura vegetal nativa se ha reducido por impactos previos relacionados a actividades antrópicas vinculadas principalmente con la expansión de las fronteras agrícolas y deforestación. De esta manera el presente informe genera información de los componentes bióticos en las áreas de influencia indirecta de la la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443), tomando en consideración que en las áreas de influencia directa no existe cobertura vegetal.

De esta manera para la caracterización del componente biótico, se utilizaron muestreos denominados cuantitativos y cualitativos, para los grupos taxonómicos: flora, mastofauna, ornitofauna, herpetofauna, entomofauna, ictiofauna y macroinvertebrados acuáticos. Para lo cual se utilizaron técnicas

metodológicas integrales y rápidas basadas en evaluaciones ecológicas rápidas (Sayre, 2002), que permitieron reconocer las condiciones biológicas actuales y el nivel de presión antrópica que están sometidos los hábitats locales.

### 6.1.1 OBJETIVOS

Tras los antecedentes mencionados el presente proyecto plantea los siguientes objetivos:

#### Objetivo general

- Diagnosticar el estado de conservación del componente biótico (flora, fauna terrestre y fauna acuática) en el área del proyecto Diagnóstico Ambiental de las Actividades Mineras: Fundición y Refinación de Minerales Metálicos en la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443), Ubicada en el Sector el Pache, Cantón Portovelo, Provincia de El Oro.

#### Objetivos específicos

- Estimar la riqueza y composición del componente biótico (flora, ornitofauna, mastofauna, herpetofauna, entomofauna, peces y macroinvertebrados acuáticos), en las áreas de influencia del proyecto Diagnóstico Ambiental de las Actividades Mineras: Fundición y Refinación de Minerales Metálicos en la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).
- Evaluar la diversidad del componente biótico (flora, ornitofauna, mastofauna, herpetofauna, entomofauna, peces y macroinvertebrados acuáticos), en las áreas de influencia del proyecto Diagnóstico Ambiental de las Actividades Mineras: Fundición y Refinación de Minerales Metálicos en la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).
- Determinar la sensibilidad biótica a través de los estados de conservación y aspectos ecológicos de cada componente biótico.

### 3.2.2 Descripción General Del Área De Estudio

Biogeográficamente las áreas donde se encuentra ubicada la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443), corresponde al Piso zoogeográfico Subtropical occidental. Este piso zoogeográfico se ubica en las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes. Corresponde a una franja territorial ubicada en los declives externos de la cordillera occidental de los Andes. Con alturas que van desde los 400 - 1600 msnm (Albuja et al., 2012).

De acuerdo con el Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental, Publicado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012), la Planta de Beneficio Cayo Gold se encuentra en el ecosistema denominado:

#### **Ecosistema de Intervención (Inter 1)**

El área denominada Inter 1 se define ecológicamente como un ecosistema de intervención antrópica, caracterizado por procesos de fragmentación y modificación del paisaje original. De acuerdo con Viteri (2017), estos espacios son el resultado de actividades humanas directas que han alterado la cobertura vegetal primaria, dando paso a una sucesión secundaria donde la regeneración natural está mediada por la resiliencia del banco de semillas y la presencia de especies pioneras que establecen variaciones estructurales en el dosel según el gradiente de perturbación.

#### Caracterización Biofísica y Estructural

La zona de estudio en la Planta de Beneficio Cayo Gold se sitúa dentro de un piso bioclimático piemontano,



abarcando un rango altitudinal que oscila entre los 400 y 1,600 m s. n. m. (Quizhpe, 2016). Esta ubicación geográfica favorece una alta complejidad biótica debido a la convergencia de condiciones ambientales.

Desde el punto de vista fisonómico, el bosque presenta una organización multi-estratificada. Según Maita (2015), la estructura vertical se describe de la siguiente manera:

- Dosel dominante: Se sitúa entre los 20 y 25 metros de altura.
- Estrato emergente: Árboles que han alcanzado su clímax de madurez, logrando alturas de hasta 35 metros.
- Composición Florística: El ecosistema actúa como una zona de ecotono o transición, albergando elementos botánicos propios de formaciones siempreverdes, deciduas y semideciduas.

#### Composición y Especies Diagnósticas

La comunidad vegetal está representada por especies que indican diferentes estados de madurez forestal y adaptaciones edafoclimáticas. Entre las especies diagnósticas que configuran este ecosistema de intervención se encuentran: *Alchornea glandulosa*, *Cecropia litoralis*, *Ipomoea carnea*, *Crotón wagneri*, *Tectona grandis* L.f, *Cordia alliodora* entre otras.

#### Tipos de Cobertura Vegetal

Aunque la mayor parte del área donde se encuentra el proyecto es construcción sin vegetación, indirectamente está compuesta por tierras agropecuarias, lo que ha ocasionado una reducción gradual de la cobertura vegetal en la zona, aún se puede identificar la presencia de los siguientes tipos de vegetación:

#### Bosque secundario

Los bosques secundarios, surgen debido a la intervención humana o a fenómenos naturales que destruyeron la vegetación original (primaria), en el área de estudio son el resultado de alteraciones causadas por agentes antrópicos. Esta vegetación está compuesta por especies pioneras en diversos niveles de regeneración natural, las especies más comunes son: *Enterolobium cyclocarpum*, *Tectona grandis*, *Cochlospermum vitifolium* y *Muntingia calabura* L.

Según el mapa de cobertura vegetal del MAATE, 2022, la cobertura vegetal del área de influencia de la planta de beneficio presenta la siguiente cobertura.

**Tabla 3-1 Porcentaje de cobertura vegetal y otras características del área de influencia de la planta de beneficio**

| No    | Cobertura Nivel I               | Cobertura Nivel II              | Superficie (Ha)  | % En El Área Del Proyecto |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------|
| 1     | Vegetación Arbustiva y Herbácea | Vegetación Arbustiva y Herbácea | Indeterminada dado que es el área de influencia indirecta. | 100%                      |
| Total |                                 |                                 | -  | 100                       |

Fuente: MAATE, 2022

De acuerdo al shape de uso y cobertura de suelo del MAATE (2022) se define que un 100% del área corresponde a Vegetación Arbustiva y Herbácea. En el área de estudio se encontró pequeños parches que se encuentran en regeneración natural con especies pioneras tanto herbáceas, arbustivas y arbóreas desglosando así los criterios establecidos en la tabla siguiente:

**Tabla 3-2. Cobertura vegetal en el área de la planta de beneficio**

| No. | CRITERIO   | Característica                 | SUPERFICIE | PORCENTAJE |
|-----|--|--------------------------------|------------|------------|
| 1   | Área de influencia directa   | Construcción                   | 1 ha       | 100%       |
| 2   | Área de influencia indirecta: parches de bosque con menor diversidad y dominancia de dos especies arbóreas                   | Bosque con especies pioneras   | -          | -          |
| 3   | Área de influencia indirecta: Zonas de suelos desnudos con vegetación herbácea y arbustiva esporádica, cultivos y pastizales | Vegetación herbácea y Cultivos | -          | -          |
| 4   | Área de influencia indirecta: Vegetación de riveras de río.  | Vegetación herbácea            | -          | -          |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### Vegetación riparia:

La vegetación de ribera de río que crece o se establece a lo largo del curso fluvial del Río Caleras, posee escasas especies de flora de características neófitas, formando un corredor a lo largo del río, las especies representativas son: *Gynerium sagittatum*, *Arundo donax* L y *Typha sp.*, esta última perteneciente a humedales.

### 3.2.3 Pisos Zoogeográficos

En la siguiente tabla se indican el piso zoogeográfico donde se ubica el proyecto propuesto

**Tabla 3-3. Pisos zoogeográficos del proyecto**

| Piso zoogeográfico     | Simbología | Corresponde al proyecto | Altitud           |
|------------------------|------------|-------------------------|-------------------|
| Subtropical occidental | STSO       | X                       | 400 - 1600 m msnm |

Fuente: Albuja et al, 2012.

### 3.2.4 Criterios De Ubicación De Puntos De Muestreo

Para determinar la ubicación de los puntos de muestreos cuantitativos y cualitativos en las áreas de influencia influencia indirecta (All) se utilizó los siguientes criterios:

- Porcentaje de cobertura y uso de la vegetación en las áreas de influencia del proyecto propuesto = zona antrópica, bosque, vegetación arbustiva y herbácea y área sin cobertura vegetal.
- Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental (Capa de Ecosistemas), elaborado por el Ministerio del Ambiente a escala 1:100.000; y publicado en el año 2013 = Ecosistema de Intervención (Inter 1).
- Pisos Zoogeográfico del Ecuador, Albuja, 2012 = Subtropical occidental.

Estos 3 criterios permitieron ubicar de una forma representativa los sitios de muestreo, aumentando la

posibilidad de registrar las poblaciones de flora y fauna dentro de las áreas de influencia indirecta de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443). De esta manera las técnicas abarcan el ecosistema presente, la cobertura vegetal (la vegetación presente en las áreas influencia indirecta) y el piso zoogeográfico Subtropical occidental.

### 3.2.5 Permiso De Investigación Científica

Con la finalidad de cumplir con los protocolos establecidos por Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador (MAATE) que indica lo siguiente: "Toda investigación científica relativa a la flora y fauna silvestre a realizarse en el Patrimonio Nacional de Áreas Naturales por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, requiere de la autorización emitida por el Distrito Regional correspondiente. Fuera del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales, no se requiere autorización de investigación, salvo que el proyecto respectivo implique la recolección de especímenes o muestras". Tomando en consideración los últimos párrafos que indica que no se requiere autorización de investigación fuera del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales como es el caso Diagnóstico Ambiental de las Actividades Mineras: Fundición y Refinación de Minerales Metálicos en la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443., sin embargo, como respaldo del compromiso ambiental que se tiene se procedió a gestionar el permiso de investigación para el componente macroinvertebrados acuáticos.

De acuerdo con este contexto para el presente estudio, únicamente el componente biótico macroinvertebrados acuáticos por su dificultad en la identificación en campo y la necesidad de utilizar instrumentos de laboratorio, fueron colectados. De esta manera se obtuvo el respectivo permiso de investigación avalado y gestionado en la Regional El Oro correspondiente a la zonal 7. El permiso de investigación científica con que cuenta la recolección del componente macroinvertebrados acuáticos es NO. 010-2023-ARVS-FAU-FLO-OTIB-DZ1I-MAATE (Anexos/ 2. Documentos Legales). Es importante indicar que los especímenes del presente estudio serán etiquetadas y depositadas en el Museo de Historia Natural de la Universidad Técnica del Norte, con patente MAATE-DZ1-OTIB-2024-004 para la obtención del respectivo certificado de depósito de muestras.

### 3.2.6 Flora

#### 3.2.6.1 Introducción

El Bosque Siempreverde Estacional Piemontano del Catamayo-Alamor es un ecosistema que se encuentra en las provincias de Loja y El Oro, en el sur de Ecuador. Se desarrolla en un rango altitudinal entre los 400 y 1,600 metros sobre el nivel del mar, formando parte del mosaico de ecosistemas presentes en la región andina y costera del país. Su nombre se debe a la presencia de vegetación siempreverde, que conserva su follaje durante todo el año, aunque su dinámica ecológica está influenciada por la estacionalidad climática (Poma, Guaman, Chuncho, Juella, & Benavidez, 2024).

Este tipo de bosque es clave para la biodiversidad, ya que alberga una gran variedad de especies de flora y fauna, muchas de ellas endémicas y adaptadas a las condiciones específicas de la zona (Jaramillo, Aguirre, Yaguana, & Puglla, 2018). Su estructura se compone de árboles de mediana altura con un dosel denso, lo que genera un microclima que favorece la presencia de especies pioneras y en diferentes etapas de sucesión ecológica.

A pesar de su relevancia ecológica, enfrenta una serie de amenazas derivadas de la intervención humana. La expansión de la frontera agrícola, la deforestación, la ganadería y la extracción de madera y minerales han reducido significativamente la extensión de este ecosistema, provocando su fragmentación y la consecuente pérdida de hábitats. Asimismo, el impacto del cambio climático y la contaminación de fuentes hídricas representan riesgos adicionales para la conservación de este bosque (Maita, 2015).

De acuerdo a este contexto, en las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto, el proceso de

fragmentación y disminución de la cobertura vegetal ha determinado que los bosques nativos pierdan su continuidad y se transformen en remanentes de vegetación, separados por áreas abiertas, cultivos, sistemas viales, entre las principales. En estos nuevos ambientes la flora se ha visto afectada y directamente los otros componentes bióticos.

### 3.2.6.2 Objetivos

- Establecer la composición y la estructura florística en sitios de muestreo cuantitativos y cualitativos de flora en las áreas de influencia en la Planta de Beneficio.
- Determinar la presencia de áreas ecológicamente sensibles desde el punto de vista del componente flora.

### 3.2.6.3 Descripción de los puntos de muestreo

#### Puntos de muestreo cuantitativos

##### Punto PMF-01 –CG

Este Punto de muestreo se ubica en la parte posterior de la Planta de Beneficio, cruzando el Río Calera. Corresponde a un remanente de vegetación arbustiva-herbácea con especies arbóreas dispersas en regeneración, donde domina la especie arbórea *Cochlospermum vitifolium*. Cuya altura no pasa de los 10m. El relieve es irregular con pendientes pronunciadas.

#### Puntos de muestreo cualitativos

##### Punto POF-01 –CG.

Se localiza en la parte posterior de la Planta de Beneficio, cruzando el Río Calera al lado derecho del Punto PMF-01-CG. Se ubica en un remanente de vegetación con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas incluyendo especies de rívera de río.

##### Punto POF-02 –CG.

Se localiza en la parte posterior de la Planta de Beneficio, cruzando el Río Calera al lado izquierdo del Punto PMF-01-CG. Se ubica en un remanente de vegetación en regeneración natural donde se observa especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.

##### Punto POF-03 –CG.

Se localiza en la parte frontal de la Planta de Beneficio. Se establece al filo de la carretera asfaltada Piñas-Portovelo, se observa especies de cultivo como coco, papaya y especies herbáceas.

**Tabla 3-4. Sitios de muestreo Flora.**

| Código    | Fecha      | Vértice | Coordenadas |         | Altitud (msnm) | Tipo de vegetación             | Método               | Extensión unidad muestral | Tipo de muestreo |
|-----------|------------|---------|-------------|---------|----------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------|
|           |            |         | X           | Y       |                |                                |                      |                           |                  |
| PMF-01-CG | 15-03-2025 | V1      | 651761      | 9589060 | 600-650        | Vegetación arbustiva y arbórea | Parcela 50x50m       | 2500 m                    | Cuantitativo     |
|           |            | V2      | 651725      | 9589072 |                |                                |                      |                           |                  |
|           |            | V3      | 651737      | 9589093 |                |                                |                      |                           |                  |
|           |            | V4      | 651750      | 9589104 |                |                                |                      |                           |                  |
| POF-01-CG | 16-03-2025 | INICIO  | 651776      | 9589122 | 600-650        | Vegetación arbórea,            | Punto de observación | 100 m lineales            | Cualitativo      |



|           |            |        |        |         |         |  |                      |                |             |
|-----------|------------|--------|--------|---------|---------|--|----------------------|----------------|-------------|
|           |            | FINAL  | 651730 | 9589154 |         | arbustiva y herbácea                     |                      |                |             |
| POF-02-CG | 16-03-2025 | INICIO | 651684 | 9588957 | 600-650 | Vegetación arbórea, arbustiva y herbácea | Punto de observación | 100 m lineales | Cualitativo |
|           |            | FINAL  | 651738 | 9589048 |         |  |                      |                |             |
| POF-03-CG | 16-03-2025 | INICIO | 651862 | 9589126 | 600-650 | Vegetación arbórea, arbustiva y herbácea | Punto de observación | 100 m lineales | Cualitativo |
|           |            | FINAL  | 651883 | 9588954 |         |  |                      |                |             |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.6.4 Metodología

Dentro del subcomponente flora se evaluó la vegetación presente mediante métodos cuantitativos lo que permitió verificar el estado actual y efectuar el análisis de la estructura y composición florística a través de la identificación de ecosistemas o formaciones vegetales y el tipo de cobertura vegetal presente en cada punto de muestreo. También se incluyeron metodologías cualitativas o de observación como metodologías complementarias, las cuales fueron aplicadas en áreas fragmentadas, donde hay la presencia de especies en su mayoría herbácea.

#### 3.2.6.4.1 Muestreos Cuantitativos

Para los muestreos cuantitativos en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio, se caracterizaron los estratos arbustivo y arbóreo, donde se ubicó una parcela temporal de 50 x 50m. La metodología utilizada fue adaptada, basada en los trabajos desarrollados por (Aguirre & Geada, 2017); los cuales consisten en medir a todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP medido a 1,30 m desde la superficie del suelo) mayor o igual a 10 cm de DAP. Dentro de la parcela se identificó, tabuló, midió y documentó, todos los individuos.

El resultado obtenido en la parcela aportó con datos relacionados con: área basal, densidad relativa, dominancia relativa, frecuencia y valor de importancia. Con un tiempo de duración detallado a continuación.

- **Código PMF-01-CG:** Fecha 15-03-2025, trabajo desde las 08:00 am hasta las 16:00 pm es decir 8 horas de trabajo continuo.

#### 3.2.6.4.2 Muestreos Cualitativos

Esta metodología está basada en las Evaluaciones Ecológicas Rápidas (EER), se utiliza para caracterizar vegetaciones comunes y conocidas mediante la técnica de observación directa (Guevara J. , 2009). Para el presente estudio se utilizó la técnica: Transectos de observación de flora con un recorrido de 100 metros de distancia, donde se tomó en cuenta áreas del proyecto donde existen representatividad, en el transecto se debe identificar toda la vegetación existente es decir árboles, arbustos y hierbas.

En la caracterización de las áreas en las que se llevó a cabo el levantamiento de información, se emplearon imágenes satelitales, observaciones de la topografía e identificación de especies vegetales propias de cada hábitat. Con un tiempo de duración detallado a continuación:

- **Código POF-01-CG:** Fecha 16-03-2025, trabajo continuo desde las 08:00 am hasta las 10:00 am es decir 2 horas.
- **Código POF-02-CG:** Fecha 16-03-2025, trabajo continuo desde las 10:00 am hasta las 12:00 pm es decir 2 horas.



- **Código POF-03-CG:** Fecha 16-03-2025, trabajo continuo desde las 14:00 pm hasta las 16:00 pm es decir 2 horas.

#### 3.2.6.4.3 Grado de intervención

En las áreas de influencia directa de la planta de beneficio ya no existe vegetación, tomando en consideración que la planta fue construida años atrás. En las áreas de influencia indirecta los hábitats se encuentran altamente fragmentadas, donde únicamente se observan pequeños remanentes de vegetación arbustiva-herbácea con especies arbóreas dispersas.

#### 3.2.6.4.4 Esfuerzo de muestreo

A continuación, se describe el esfuerzo de muestreo realizado para los sitios de muestreo cuantitativo y cualitativo del componente flora.

**Tabla 3-5. Esfuerzo de muestreo del componente flora**

| Código de Muestreo | Método                     | Metodología  | Número de Parcelas o transectos de observación | Horas por Día | Número de Días | Horas/Total |
|--------------------|----------------------------|--------------|--|---------------|----------------|-------------|
| PMF-01- CG         | Parcela 50x50              | Cuantitativo | 1  | 8             | 1              | 8           |
| POF-01-CG          | Punto de observación 100 m | Cualitativo  | 1  | 2             | 1              | 2           |
| POF-02-CG          | observación 100 m          | Cualitativo  | 1  | 2             | 1              | 2           |
| POF-03-CG          | observación 100 m          | Cualitativo  | 1  | 2             | 1              | 2           |
| <b>TOTAL</b>       |                            |              |  |               |                | <b>14</b>   |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

#### 3.2.6.4.5 Fase de gabinete

Las especies fotografiadas en campo fueron comparadas con guías y láminas en The Field Museum of Chicago, para la correcta escritura de los nombres científicos se verificó con el catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (Jorgensen & León-Yáñez, 1999) y la base de datos de Trópicos del Missouri Botanical Garden (The Missouri Botanical Garden., 2021), para verificar el uso de las especies se utilizó la enciclopedia de plantas útiles del Ecuador y para determinar especies endémicas se utilizó la segunda edición del libro rojo de las Plantas endémicas del Ecuador.

#### 3.2.6.4.6 Limitantes metodológicas

De acuerdo al análisis de las Áreas de Influencia de la Planta de Beneficio se estableció como limitante el alto grado de intervención donde la cobertura vegetal es escasa.

##### 3.2.6.4.6.1 Análisis de datos

La sistematización y tabulación de datos obtenidos en el campo, ayudaron a establecer los resultados concernientes a frecuencia de especies, índice de valor de importancia e índice de diversidad, para los cuales se utilizó las fórmulas propuestas por (Zhengfeng, Shuqing, Xuelej, Campell, & Macho, 1998), descritas a continuación: Riqueza, Abundancia, Volumen comercial y total, Índice de Valor de Importancia (IVI), Índices de diversidad e índice de Similitud, son herramientas ampliamente usadas y reconocidas en el análisis estadísticos para valorar la composición florística de un área y por ende son los usados en el presente estudio.



### **Estructura vertical**

La estructura vertical del bosque corresponde a las alturas de los árboles que lo componen, los cuales, a raíz de sus diferentes demandas lumínicas, se ordenan en diferentes posiciones a lo largo del perfil vertical del bosque, ya que la intensidad lumínica va disminuyendo a medida que penetra hacia los niveles inferiores del dosel, pues la luz es absorbida por la vegetación presente. De esta manera, especies con mayor demanda lumínica se posicionan en la parte superior del dosel, mientras que las especies más tolerantes a la sombra tienden a posicionarse a alturas más bajas dentro del bosque.

Los datos tomados en campo fueron estratificados según la distribución propuesta por (Ramos, 2017), quienes propusieron un arreglo para estudiar la distribución vertical de la vegetación de la siguiente manera: rasante < 0.3 m. de altura, herbáceo 0.3 - 1.5 m, arbustivo 1.5 - 5 m, subarbóreo o de arbolitos 5 - 12 m, arbóreo inferior 12 - 25 m y arbóreo superior > 25 m

### **Riqueza y Abundancia**

El término riqueza se refiere al número neto de especies presentes dentro de una comunidad; es decir, se estima utilizando el número de especies dividido para el número de registros encontrados. Este dato permite realizar una comparación directa entre las parcelas de vegetación en cuanto a la diversidad (riqueza) de especies de árboles, aun cuando el número de árboles o individuos sea variable entre los muestreos. El dato siempre toma un valor entre 0 y 1: si todos los árboles de los muestreos fueran de especies diferentes, tendrían un valor de 1; un valor de 0,5 o superior significa una alta riqueza de especies (Pitman, Moskovits, Alverson, & Borman, 2001, Magurran, 2004).

La abundancia se define como el número de individuos hallado para cada especie registrada dentro de una unidad de muestreo. Ambos parámetros (riqueza y abundancia) determinan dos ejes de la diversidad de especies, relacionada a su equitatividad dentro de la muestra analizada.

### **Área Basal (AB) en m<sup>2</sup>**

Se define como el área del DAP en corte transversal del tallo o tronco del individuo; este parámetro, para una especie determinada en la parcela, es la suma de las áreas basales de todos los individuos con DAP  $\geq$  10 cm (Cerón, 2003).

$$AB = (\pi * DAP^2) / 4$$

Donde:

AB = Área basal

$\pi = 3,1416$

DAP = Diámetro altura del pecho (cm)

### **Biomasa**

Determina el volumen de madera total y el comercial de cada especie (MAE 2015). Si el fuste tuviera la forma de un cilindro su volumen comercial corresponde simplemente al producto del área basal y la altura total o comercial. Como normalmente los fustes tienen cierta conicidad, difiriendo más o menos de la forma del cilindro, es necesario considerar la forma como un tercer parámetro de estimación (factor de forma). En este estudio el factor de forma utilizado es de 0,7 con las fórmulas descritas a continuación:

$$Vt = AB * Ht * ff$$



Donde,

AB = Área Basal

Ht = altura total

ff = factor de forma

### **Frecuencia (FR)**

Este parámetro corresponde al número de unidades en el muestreo de la especie, la suma de las frecuencias genera la frecuencia de todas las especies (Pitman, Cerón, Reyes, Thurber, & Arellano, 2005)

### **Densidad Relativa (DnR)**

La Densidad Relativa de una especie determinada es proporcional al número de individuos de esa especie, con respecto al número total de individuos en la parcela. La sumatoria de la Densidad Relativa de todas las especies en el transecto, es siempre igual a 100 (Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974))

$DnR = (\text{No de individuos de una especie}) / (\text{No total de individuos}) \times 100$

### **Dominancia Relativa (DmR)**

La Dominancia Relativa de una especie determinada es la proporción del AB de esa especie, con respecto al área basal de todos los individuos de la parcela. La sumatoria de la Dominancia Relativa de todas las especies en el transecto, es siempre igual a 100 (Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000))

$DmR = (\text{Área basal de la especie}) / (\text{Área basal de todas las especies}) \times 100$

### **Índice de Valor de Importancia (IVI)**

Para este parámetro se suman los valores de la densidad y dominancia relativa. La sumatoria del IVI las especies en el transecto, es siempre igual a 200 (Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000))

$IVI = DnR + DmR$

Donde:

IVI: Índice de Valor de Importancia

DR = Densidad relativa

DMR= Dominancia relativa (Área basal)

### **Índice de Diversidad de Shannon**

Para el análisis de este parámetro se utiliza el Software Past Versión 4.17 (2019), como una ayuda rápida y precisa del índice. Shannon es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad Alpha de especies de plantas de un determinado hábitat. Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá a un individuo escogido al azar de una colección (Somarriba, 1999). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln p_i$$

Dónde:

S: Número de especies (riqueza de especies)

Pi: proporción total de la muestra que corresponde a la especie i

Ln: logaritmo natural

Acorde a lo sugerido por (Somarriba, 1999) los datos obtenidos para medir la diversidad de una comunidad biológica se basan en el siguiente criterio:

Diversidad alta (Valores calculados sobre 3)

Diversidad baja (Valores más cercanos a 0,5)

### Índice de Diversidad de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Bouza & Covarrubias, 2005). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$ . Como el índice de Simpson ( $\lambda$ ) refleja el grado de dominancia en una comunidad, la diversidad de la misma puede calcularse como  $D = 1 - \lambda$ .

$$\lambda = \sum (P_i)^2$$

Donde:

$\Sigma$  = Sumatoria

Pi= Abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para el análisis de este parámetro se utiliza el Software Past Versión 4.17 (2019), como una ayuda rápida y precisa del índice.

Los datos obtenidos para medir diversidad en una comunidad biológica se basan en los criterios:

Diversidad Alta (Valores calculados cercanos a 1)

Diversidad Baja (Valores calculados cercanos a 0)

### Curvas de Abundancia de Especies

La abundancia hace referencia al número de individuos por especie. Son gráficos representativos de la abundancia de las especies dentro de la parcela, permiten identificar rápidamente las especies dominantes y las raras, en función del número neto de individuos por especie (Villareal et al., 2004).

### Aspectos Ecológicos

Los estudios de vegetación son importantes desde la perspectiva de la dinámica del bosque, ya que la

cantidad de especies que pueden coexistir en equilibrio en un ambiente dado refleja la cantidad de formas en que las plantas y animales pueden sobrevivir en ese ambiente; es decir, si la cantidad de nichos ecológicos que ese hábitat puede ofrecer es alta en los trópicos, la posibilidad de ofrecer mayores expectativas de vida es también alta.

Los principales aspectos ecológicos evaluados en el presente estudio fueron: el tipo de cobertura vegetal, tipos de bosque y las especies indicadoras de intervención. Para evaluar la cobertura vegetal y la presión sobre este debido a cultivos, plantaciones, espacios urbanos y actividad humana se utilizaron datos levantados en el monitoreo in situ. Se determinaron especies relevantes y sugirieron como objeto de estudio para futuros monitoreos, tomando en cuenta aquellas especies nativas aptas para revegetación; dentro de este contexto, se prefirió especies endémicas, indicadoras, bajo alguna categoría UICN, de crecimiento rápido, así como las especies pioneras nativas, las cuales con el tiempo van asegurando la fijación de nutrientes necesarios para el suelo.

### **Fenología de las Especies**

La fenología es el estudio de las fases o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal a lo largo del año en función a factores meteorológicos (Vílchez, Chazdon, & Brenes, 2004). Entre los parámetros meteorológicos que influyen en las fases son las horas de brillo solar, la humedad relativa, la temperatura y la precipitación; siendo éstas dos últimas las principales variables estudiadas en la fenología trópica.

### **Especies Dominantes**

Las especies dominantes corresponden a aquellas plantas cuyas características morfológicas marcan fisionómicamente la vegetación, determinando en base a los tipos biológicos de mayor representatividad en cada formación vegetal (Martínez, 1998).

### **Especies Indicadoras**

Una especie indicadora es aquella que, gracias a sus características de distribución, abundancia o dinámica poblacional, al ser evaluada puede representar el estado de ciertos parámetros ambientales, es decir que define la característica del ecosistema (Fleishman, Thomson, Mac Nally, Murphy, & Fay, 2005). Existen cuatro tipos de especies indicadoras dependiendo de la finalidad para la cual sean empleadas clasificándolas en: indicadoras de cambios ambientales, indicadoras de salud ecológica, indicadoras de cambios poblacionales e indicadoras de biodiversidad.

### **Especies Sensibles**

La sensibilidad en especies es considerada como un atributo para especies indicadoras, las mismas que tienen que cumplir con varias funciones como señalar cambios ambientales o poblacionales (Guitérrez & Trejo, 2014). Tomando en cuenta esta definición, aunado al hecho de que el hábitat se ve directamente afectado por la pérdida de la cobertura vegetal, se generan criterios en función de la rareza de las especies (López & Valentine, 2003) consolidado con las especies en categorías de la UICN y libro Rojo del Ecuador.

### **Especies endémicas**

También llamadas especies microareales, son aquellas especies o taxones que están restringidos a una ubicación geográfica muy concreta y fuera de esta ubicación no se encuentra en otra parte. Se examinó con el Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2da edición, la base de datos (Tropicos.org, 2019) y en Adiciones a la Flora del Ecuador segundo suplemento.

### Estado de Conservación

El estado de conservación fue revisado de acuerdo con la categorización de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Para la verificación de cada una de las especies se utilizó como referencia el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador y CITES (2024).

**Tabla 3-6. Categoría de conservación y amenaza según la UICN**

| Categoría UICN     | Abreviación | Significado   |
|--------------------|-------------|---|
| En Peligro Crítico | CR          | Corren un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre     |
| En Peligro         | EN          | Corren un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre     |
| Vulnerable         | VU          | Corren un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.    |
| Casi amenazada     | NT          | Está cerca de clasificar para una categoría de amenaza en un futuro cerca |
| Preocupación menor | LC          | Ampliamente distribuidos.   |
| No evaluada        | NE          | No ha sido evaluada   |
| No identificada    | DD          | No identificada   |

*Fuente: UICN, 2024*

### Uso del Recurso Florístico

La información recopilada se verificó con la Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador (De la Torre, Navarrete, Muriel, Macía, & Balslev, 2008).

**Tabla 3-7. Descripción de los usos de las plantas útiles**

| Usos                    | Descripción   |
|-------------------------|---|
| Alimenticio             | Frutos comestibles  |
| Alimento de vertebrados | Frutos, hojas, semillas son consumidas por aves y mamíferos   |
| Apícola                 | Producción de néctar y polen en mayor cantidad que otras especies                                       |
| Combustible             | Leña, carbón, resinas, pulpa de frutas, látex, entre otros.   |
| Materiales              | Madera para construcción, elaboración de herramientas y utensilios, fibras, tintes, gomas, entre otras. |
| Social                  | Uso en rituales, como estimulante, anticonceptivos entre otros.   |
| Medicinal               | Especies usadas para tratar infecciones, heridas, contravenenos, inflamaciones, anestésicos.            |
| Medioambiental          | Cercas vivas, controladoras de erosión, refugio y sombra  |

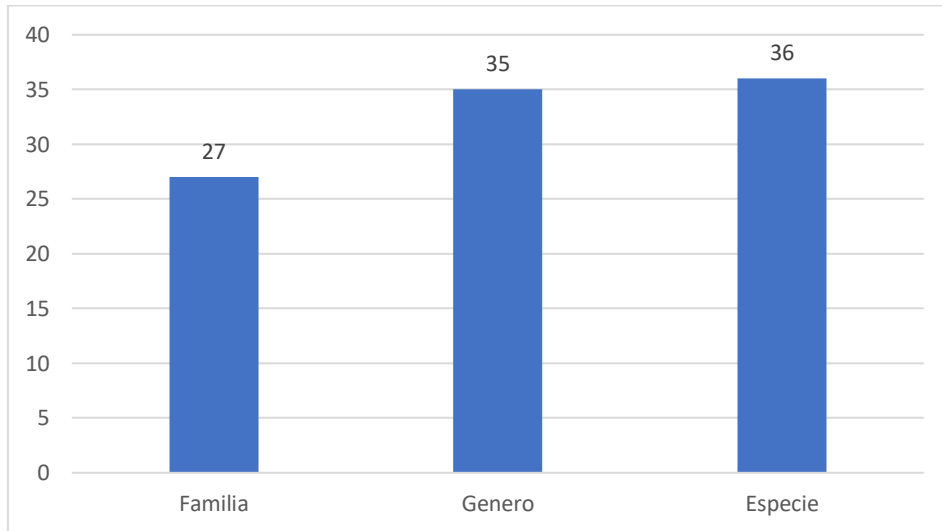
*Fuente: (De la Torre, et al., 2008).*

#### 3.2.6.4.7 Análisis general del área de estudio

En el área de estudio se registró un total de 36 especies, 35 géneros y 27 familias botánicas (véase en la Figura 1), donde las especies más abundantes son *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng, y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. A continuación, se desglosa las familias, géneros y especies por cada sitio de muestreo cuantitativo y cualitativo

- PMF-01-CG: 5 familias, 6 géneros y 6 especies
- POF-01-CG: 15 familias, 17 géneros y 17 especies

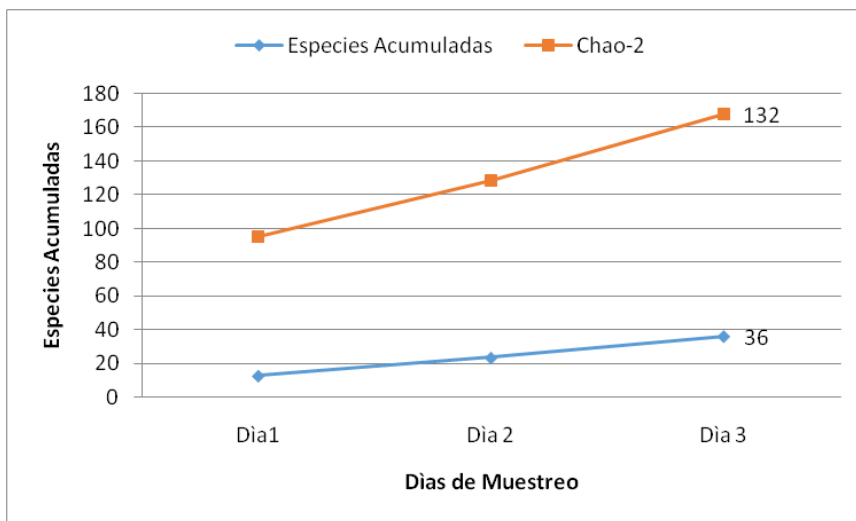
- POF-02-CG: 10 familias, 12 géneros y 12 especies
- POF-03-CG: 9 familias, 10 géneros y 10 especies



**Figura 3-1 Análisis General del Área de Estudio**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

**Curva de Acumulación de Especies:**

Para el presente estudio, la estimación de la riqueza de especies se efectúa con base a datos de presencia/ausencia para lo cual se empleó el estimador Chao 2. De acuerdo con las especies registradas en los muestreos y el estimador, se han registrado una mayor acumulación en número de muestreo 2 (POF-02-CG), seguido de 3 (POF-03-CG), y 4 (POF-04-CG), por último 1 (PMF-01-CG) éste último se debe a que se realizó solo muestreo cuantitativo diferente a los puntos de observación que es cualitativo.



**Figura 3-2. Curva de acumulación de especies**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### Análisis de los Sitios Cuantitativos

A continuación, se presenta un análisis general de los resultados obtenidos en la parcela de muestreo cuantitativo, donde se analizó: riqueza general, diversidad, curva de acumulación de especies, Chao 1 y similitud de Jaccard.

#### 3.2.6.4.8 Análisis general del punto cuantitativo

En la siguiente tabla se detallan las especies clasificadas de manera descendente con base en el valor estimado del Índice de Valor de Importancia (IVI).

**Tabla 3-8. Especies registradas en los puntos cuantitativos.**

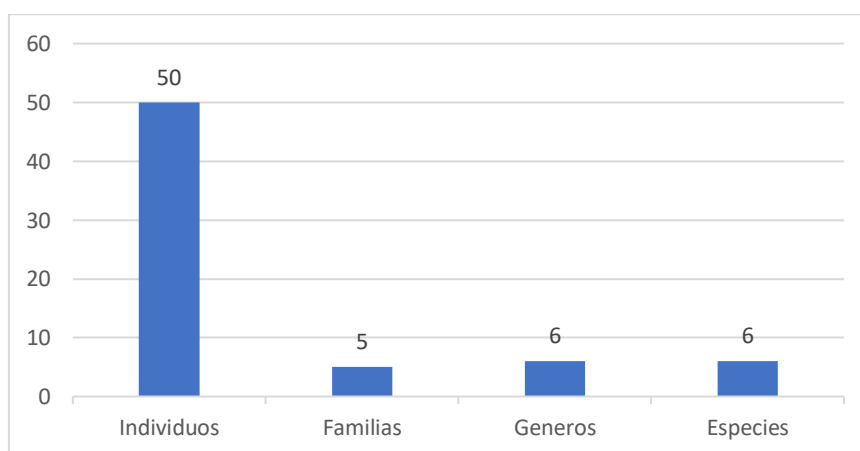
| N°           | Familia      | Especie   | N/E | AB (m <sup>2</sup> ) | DnR % | DmR % | IVI % |
|--------------|--------------|---|-----|----------------------|-------|-------|-------|
| 1            | Bixaceae     | <i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng | 42  | 0.543                | 84    | 81.82 | 60.83 |
| 2            | Fabaceae     | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb  | 3   | 0.067                | 6     | 10.09 | 10.92 |
| 3            | Fabaceae     | <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr               | 2   | 0.024                | 4     | 3.62  | 8.09  |
| 4            | Polygonaceae | <i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey   | 1   | 0.004                | 2     | 0.53  | 6.40  |
| 5            | Lamiaceae    | <i>Tectona grandis</i> L.f                      | 1   | 0.011                | 2     | 1.73  | 6.80  |
| 6            | Malvaceae    | <i>Ochroma pyramidale</i>                       | 1   | 0.015                | 2     | 2.22  | 6.96  |
| <b>Total</b> |              |   | 50  | 0.664                | 100   | 100   | 100   |

N/E= número de individuos por especie. AB= área basal. DnR= densidad relativa. DmR= dominancia relativa. IVI= índice de valor de importancia

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.6.4.8.1 Riqueza

En el presente estudio, en el punto de muestreo PMF-01-CG se registró un total de 50 individuos, correspondientes a seis especies, seis géneros y cinco familias botánicas, como se indica a continuación en la siguiente figura:

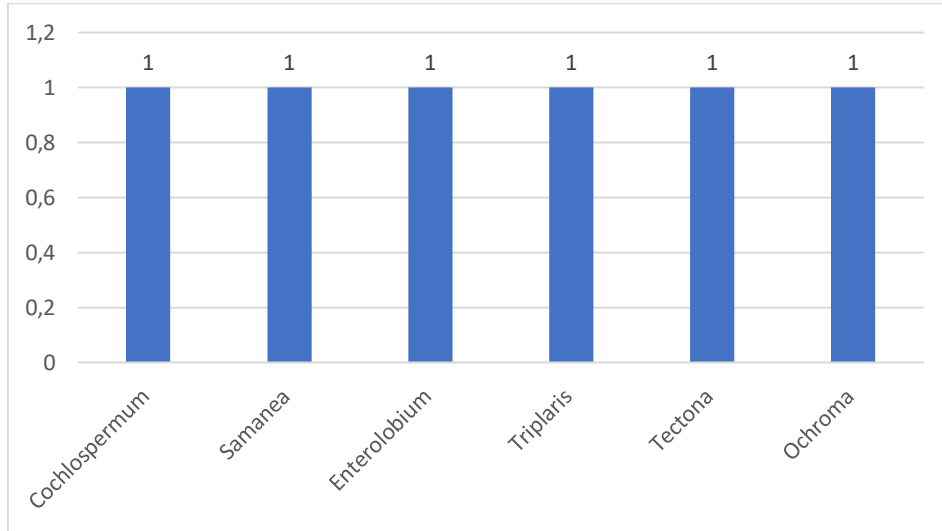


**Figura 3-3. Riqueza florística del sitio cuantitativo**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.6.4.8.2 Géneros dominantes

Como se puede observar de los nueve géneros registrados, ninguno de ellos presenta una tendencia dominante, cada género representa una especie respectivamente, como se muestra en la siguiente figura.

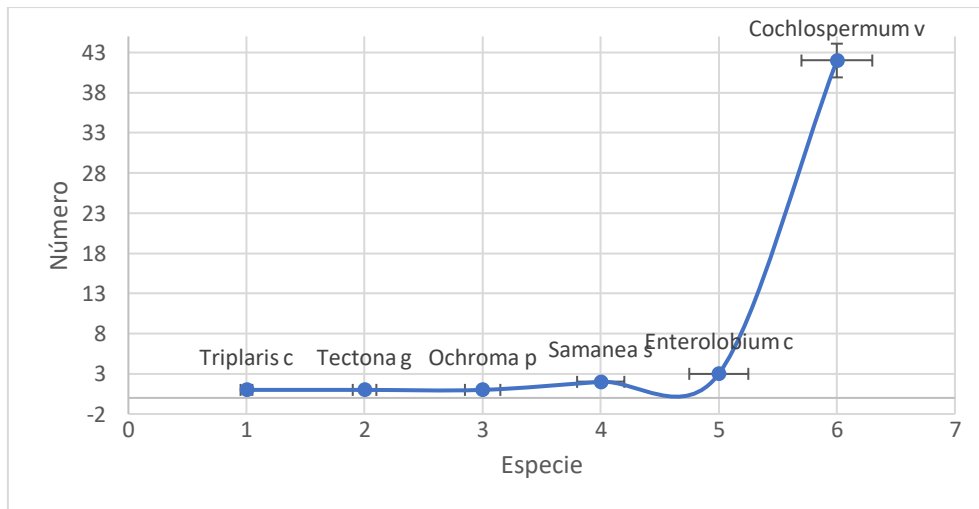


**Figura 3-4. Géneros dominantes del sitio cuantitativo**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.6.4.8.3 Abundancia

En el área de estudio se registró un total de 50 individuos, las especies que presentan mayor abundancia son: *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng con 42 individuos, seguido de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb y *Samanea saman* (Jacq.) Merr con 3 y 2 individuos respectivamente; las especies *Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey, *Tectona grandis* L.f y *Ochroma pyramidale* registran un solo individuo, como se muestra en la siguiente figura.

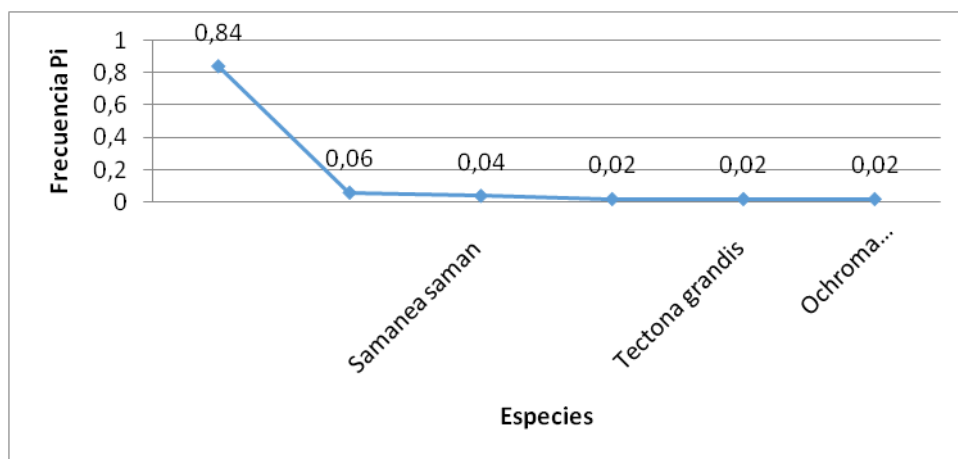


**Figura 3-5. Abundancia registrada del sitio cuantitativo**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### Curva de Dominancia – Abundancia de Especies

La estructura de la comunidad vegetal muestra una marcada dominancia de *Cochlospermum vitifolium*, especie que registró la mayor abundancia con 42 individuos ( $\pi=0,84$ ). En contraste, *Enterolobium cyclocarpum* y *Samanea saman* presentaron una representatividad considerablemente menor, con 3 individuos ( $\pi=0,06$ ) y 2 individuos ( $\pi=0,04$ ) respectivamente. Finalmente, las especies *Triplaris cumingiana*, *Tectona grandis* y *Ochroma pyramidale* mostraron la menor frecuencia en el área, con un solo individuo registrado para cada una ( $\pi=0,02$ )



**. Figura 36. Curva de Abundancia-Dominancia**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.6.4.8.4 Índice de Diversidad

Al analizar los datos con el programa Past Versión 4.17 (2019), se presentaron los siguientes resultados.

**Tabla 3-9. Índices de diversidad del punto cuantitativo**

| Punto de muestreo | Número de especies | Número de individuos | Índice de Shannon | Índice de Simpson |
|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| PMF-01-CG         | 6                  | 50                   | 0.72              | 0.29              |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Diversidad Alfa: Índice de Shannon-Wiener ('H)

El valor obtenido para el Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) es inferior a 1.5, lo cual es un indicador ecológico de una diversidad de especies pobre. En términos de teoría de la información, este valor refleja una baja incertidumbre al predecir la identidad taxonómica de un individuo seleccionado al azar dentro del muestreo.

Desde una perspectiva ecológica, el valor  $H' < 1.5$  sugiere que el sistema carece de la complejidad necesaria para sostener una red de interacciones bióticas estable. Esta baja diversidad es característica de ecosistemas degradados o en etapas iniciales de sucesión secundaria, donde las condiciones limitantes permiten únicamente el establecimiento de un grupo reducido de especies generalistas o pioneras.

#### Dominancia y Uniformidad: Índice de Simpson (-D)

El Índice de Simpson arrojó un valor de 0.29, lo que representa una dominancia moderada-baja. Este resultado indica que, si bien no existe una sola especie que ejerza un control absoluto sobre el espacio o los recursos (monodominancia), el ecosistema tampoco presenta una distribución equitativa de la abundancia.

Al correlacionar este dato con el bajo valor de Shannon, se concluye que la comunidad está compuesta por un ensamblaje de especies con abundancias relativamente similares entre sí, pero con una riqueza taxonómica sumamente limitada. No hay "especies dueñas del lugar", pero la oferta biológica es insuficiente para garantizar la resiliencia del ecosistema ante perturbaciones externas.

#### Riqueza y Estabilidad del Ecosistema

Con una riqueza biológica de solo 6 especies para una muestra de 50 individuos, la relación especie-área sugiere una saturación temprana de la curva de acumulación. La estructura de la comunidad es simplificada y frágil; la falta de variedad funcional y taxonómica implica que el ecosistema no posee la estabilidad necesaria para cumplir con los estándares de conservación biológica de un bosque nativos.

#### 3.2.6.4.8.5 Índice de Chao 1

Para determinar la representatividad del inventario biológico en el área de estudio, se aplicó el estimador no paramétrico **Chao 1**, el cual utiliza la frecuencia de especies raras (*singletons* y *doubletons*) para proyectar la riqueza total teórica del ecosistema.

**Tabla 3-10. Índice de Chao 1**

| Samples | S (est) | Chao 1 mean |
|---------|---------|-------------|
| 1       | 6       | 7.47        |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

#### Análisis de Riqueza Teórica (Chao 1)

El modelo de **Chao 1** arrojó un valor de **7.47**, lo que sugiere una riqueza teórica de aproximadamente **7 especies** para este punto de muestreo. Al contrastar este dato con la **riqueza observada** de **6 especies**, se evidencia una discrepancia mínima pero biológicamente significativa entre la diversidad registrada en campo y la diversidad potencial del sitio.

#### Representatividad y Completitud del Muestreo

La eficacia del levantamiento de información se evaluó mediante el cálculo del **esfuerzo de muestreo** (completitud), obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{Completitud} = (\text{Sobs}/\text{Chao1}) \times 100 = 80,3\%$$

Este valor de **80.3%** indica que la intensidad del muestreo es **técnicamente aceptable**, logrando capturar la mayor parte de la estructura de la comunidad. Sin embargo, el inventario se considera **incompleto** desde una perspectiva estadística de saturación.

#### Interpretación Ecológica

La diferencia entre la riqueza observada y la estimada sugiere la presencia de al menos **una especie adicional** no detectada durante el período de evaluación. En ecología de comunidades, esto responde generalmente a la existencia de **especies raras** o de baja detectabilidad, las cuales requieren un mayor

esfuerzo de muestreo o condiciones ambientales específicas para ser registradas.

Para que una curva de acumulación de especies se considere estable o haya alcanzado la **asíntota**, los estándares internacionales de conservación y monitoreo exigen una completitud superior al **90-95%**. Por lo tanto, aunque los datos actuales permiten caracterizar el ecosistema de intervención, se recomienda incrementar el esfuerzo de muestreo o diversificar las técnicas de captura si el objetivo es alcanzar un inventario biológico exhaustivo del sitio

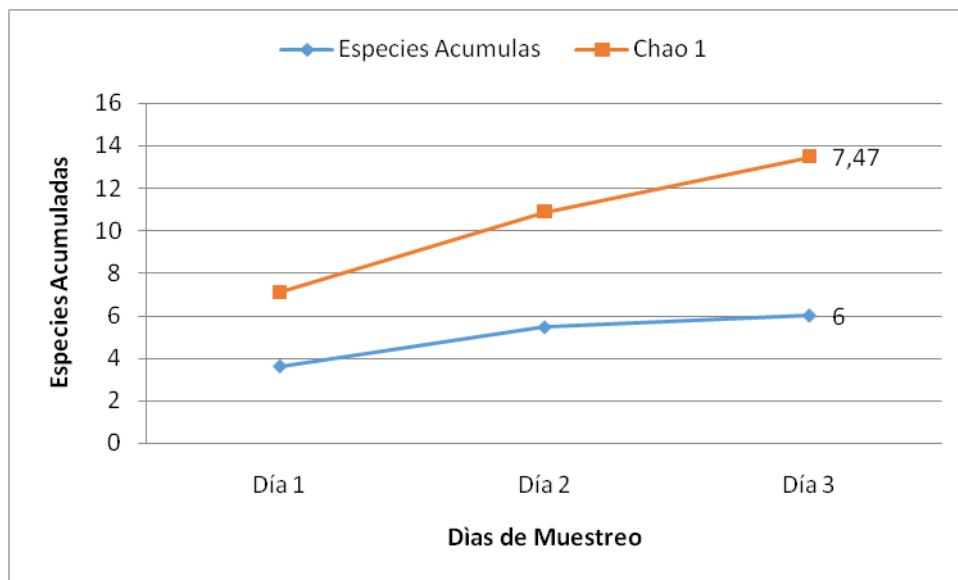
### 3.2.6.4.8.6 Curva de Acumulación de Especies

El análisis de la representatividad taxonómica se fundamentó en la relación entre el esfuerzo de muestreo y la tasa de descubrimiento de nuevos taxones. Esta relación, que establece una proporcionalidad directa entre la intensidad del esfuerzo y el incremento en el número de especies registradas, permite evaluar la eficiencia del inventario biológico.

#### Estabilización de la Curva y Asíntota

Los resultados del análisis demuestran que la curva de acumulación de especies no ha alcanzado su fase de equilibrio estacionario o asíntota. Este fenómeno se confirma mediante la convergencia absoluta entre la riqueza observada en el muestreo cuantitativo y la riqueza teórica proyectada por el estimador no paramétrico Chao 1.

En este caso el registro de campo indica el registro de 6 especies, en relación a las 7,47 especies del estimador Chao-1, lo que representa una completitud del 80,97% del inventario para el sector evaluado.

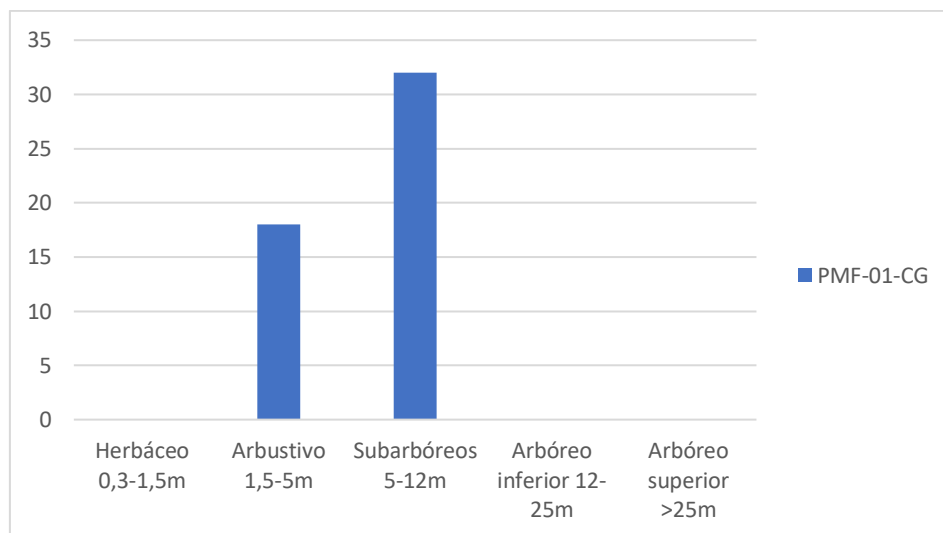


**Figura 3-7 Curva de acumulación de especies**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.6.4.8.7 Estructura vertical

Al analizar la estructura vertical de la parcela, se observa que el 62,5% (32) de los individuos se encuentran en el estrato Subarbóreo; Por otra parte, el 37,5% (18) en el estrato arbustivo, denotando así que es un bosque joven que se encuentra en proceso de crecimiento y regeneración natural.



**Figura 3-8. Estructura vertical del sitio cuantitativo**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.6.4.8.8 Biomasa aérea

En la siguiente tabla se presenta la biomasa aérea registrada en el punto de muestreo PMF-01-CG, expresado en volumen total y volumen comercial.

**Tabla 3-11. Biomasa aérea**

| N°           | Familia      | Especie   | N/E | AB (m <sup>2</sup> ) | VT (m <sup>3</sup> ) | VT (m <sup>3</sup> ) |
|--------------|--------------|---|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1            | Bixaceae     | <i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng | 42  | 0.543                | 2.27                 | 1.89                 |
| 2            | Fabaceae     | <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr               | 2   | 0.024                | 0.09                 | 0.07                 |
| 3            | Fabaceae     | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb  | 3   | 0.067                | 0.30                 | 0.25                 |
| 4            | Polygonaceae | <i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey   | 1   | 0.004                | 0.01                 | 0.01                 |
| 5            | Lamiaceae    | <i>Tectona grandis</i> L.f                      | 1   | 0.011                | 0.06                 | 0.05                 |
| 6            | Malvaceae    | <i>Ochroma pyramidale</i>                       | 1   | 0.015                | 0.06                 | 0.05                 |
| <b>Total</b> |              |   | 50  | 0.664                | 2.78                 | 2.32                 |

N/E= número de individuos por especie. AB= área basal. VT (m<sup>2</sup>) = Volumen Total en metros cúbicos.  
VC (m<sup>2</sup>) = Volumen Comercial en metros cúbicos

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

## Área basal

El área basal total del punto de muestreo *PMF-01-CG* es de 0.664 m<sup>2</sup>; la especie, más representativa para el área basal es *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng.

El volumen de madera total es de 2.78 m<sup>3</sup>, donde 50 individuos con DAP mayor o igual a 10 cm, registran el 100% de la biomasa aérea total, principalmente representado por *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng. El volumen comercial representa el 2,32 m<sup>3</sup>.

### 3.2.6.4.9 Análisis puntos cualitativos

Los análisis cualitativos o de observación, indican el registró de 36 especies, 35 géneros y 27 familias botánicas.

A continuación, se presenta, las especies de flora registradas en los diferentes sitios de muestreo cualitativo:

#### POF-01-CG

Este punto de observación se encuentra en una zona de bosque secundario que se encuentra en un proceso de regeneración natural.

**Tabla 3-12. Especies registradas en el sitio de observación POF-01-CG**

| N° | Código    | Nombre común   | Familia        | Nombre Científico                               |
|----|-----------|----------------|----------------|---|
| 1  | POF-01-CG | Cabuya         | Asparagaceae   | <i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw                |
| 2  | POF-01-CG | Balsa          | Malvaceae      | <i>Ochroma pyramidale</i>                       |
| 3  | POF-01-CG | Niguito        | Muntingiaceae  | <i>Muntingia calabura</i> L                     |
| 4  | POF-01-CG | Pomarrosa      | Myrtaceae      | <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston              |
| 5  | POF-01-CG | sn             | Passifloraceae | <i>Passiflora</i> sp                            |
| 6  | POF-01-CG | Flor de pasión | Passifloraceae | <i>Passiflora foetida</i> L                     |
| 7  | POF-01-CG | Caña brava     | Poaceae        | <i>Gynerium sagittatum</i>                      |
| 8  | POF-01-CG | caña           | Poaceae        | <i>Arundo donax</i> L                           |
| 9  | POF-01-CG | Naranjilla     | Solanaceae     | <i>Solanum candidum</i> Lindl                   |
| 10 | POF-01-CG | contifurilla   | Verbenaceae    | <i>Lantana velutina</i>                         |
| 11 | POF-01-CG | sn             | Vitaceae       | <i>Cissus</i> sp                                |
| 12 | POF-01-CG | Totora         | Typhaceae      | <i>Typha</i> sp.                                |
| 13 | POF-01-CG | Mango          | Anacardiaceae  | <i>Mangifera indica</i>                         |
| 14 | POF-01-CG | Bototillo      | Bixaceae       | <i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng |
| 15 | POF-01-CG | Saman          | Fabaceae       | <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr               |
| 16 | POF-01-CG | Fernán Sánchez | Polygonaceae   | <i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey   |
| 17 | POF-01-CG | Teca           | Lamiaceae      | <i>Tectona grandis</i> L.f                      |
| 18 | POF-01-CG | Guaba          | Fabaceae       | <i>Inga</i> spp.                                |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### POF-02-CG

Este sitio de observación se encuentra en una zona de bosque secundario que se encuentra en un proceso de regeneración natural.

**Tabla 3-13. Especies registradas en el sitio de observación POF-02-CG**

| N° | Código    | Nombre común  | Familia       | Nombre Científico                              |
|----|-----------|---------------|---------------|--|
| 1  | POF-02-CG | sn            | Asteraceae    | <i>Baccharis</i> sp                            |
| 2  | POF-02-CG | Bromelia      | Bromeliaceae  | <i>Bromelia</i> sp                             |
| 3  | POF-02-CG | sn            | Cannabaceae   | <i>Trema</i> sp                                |
| 4  | POF-02-CG | Papaya        | Caricaceae    | <i>Carica papaya</i> L                         |
| 5  | POF-02-CG | Algarrobbillo | Fabaceae      | <i>Senna spectabilis</i>                       |
| 6  | POF-02-CG | Mimosa        | Fabaceae      | <i>Mimosa pigra</i> L                          |
| 7  | POF-02-CG | Balsa         | Malvaceae     | <i>Ochroma pyramidale</i>                      |
| 8  | POF-02-CG | Guayaba       | Myrtaceae     | <i>Psidium guajava</i>                         |
| 9  | POF-02-CG | Piper         | Piperaceae    | <i>Piper marginatum</i> Jacq                   |
| 10 | POF-02-CG | Guarumo       | Urticaceae    | <i>Cecropia peltata</i> L                      |
| 11 | POF-02-CG | Mango         | Anacardiaceae | <i>Mangifera indica</i>                        |
| 12 | POF-02-CG | Caraca        | Fabaceae      | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### POF-03-CG

Este sitio de observación se encuentra en una zona de individuos plantados y especies pioneras oportunistas, el cual se lo realizó en la parte frontal de la Planta de Beneficio al filo de la carretera asfaltada Piñas-Portovelo. Esto debido a que la zona es privada de ingreso restringido.

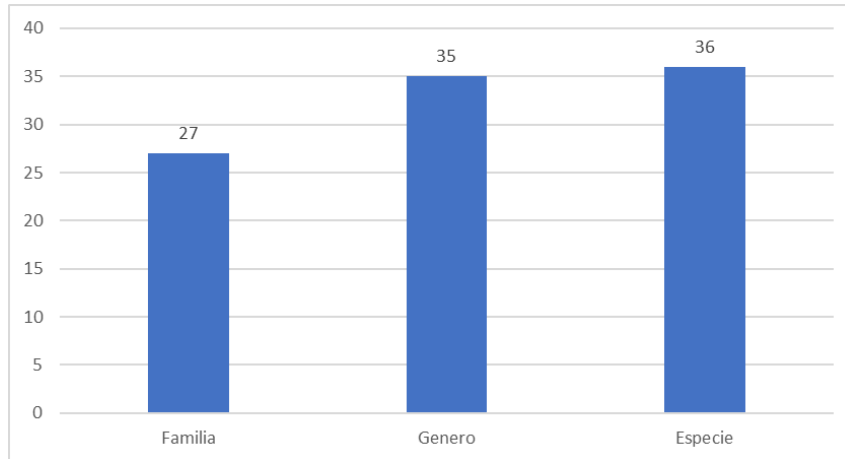
**Tabla 3-14. Especies registradas en el sitio de observación POF-03-CG**

| N° | Código    | Nombre común | Familia       | Nombre Científico                |
|----|-----------|--------------|---------------|----------------------------------|
| 1  | POF-03-CG | Algodoncillo | Apocynaceae   | <i>Asclepias curassavica</i> L   |
| 2  | POF-03-CG | Coco         | Arecaceae     | <i>Cocos nucifera</i>            |
| 3  | POF-03-CG | Cadillo      | Asteraceae    | <i>Tridax procumbens</i>         |
| 4  | POF-03-CG | Clavelillo   | Asteraceae    | <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson |
| 5  | POF-03-CG | Papaya       | Caricaceae    | <i>Carica papaya</i> L           |
| 6  | POF-03-CG | Almendo      | Combretaceae  | <i>Terminalia catappa</i> L      |
| 7  | POF-03-CG | Higuerilla   | Euphorbiaceae | <i>Ricinus communis</i>          |
| 8  | POF-03-CG | Mimosa       | Fabaceae      | <i>Mimosa pigra</i> L            |
| 9  | POF-03-CG | Helecho      | Pteridaceae   | <i>Pityrogramma calomelanos</i>  |
| 10 | POF-03-CG | Mango        | Anacardiaceae | <i>Mangifera indica</i>          |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### Riqueza general de los sitios cualitativos

Los puntos cualitativos registraron una riqueza de 36 especies, repartidos en 35 géneros y 27 familias botánicas, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 3-9. Riqueza general de los puntos cualitativos**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

**Índice de similitud de Jaccard**

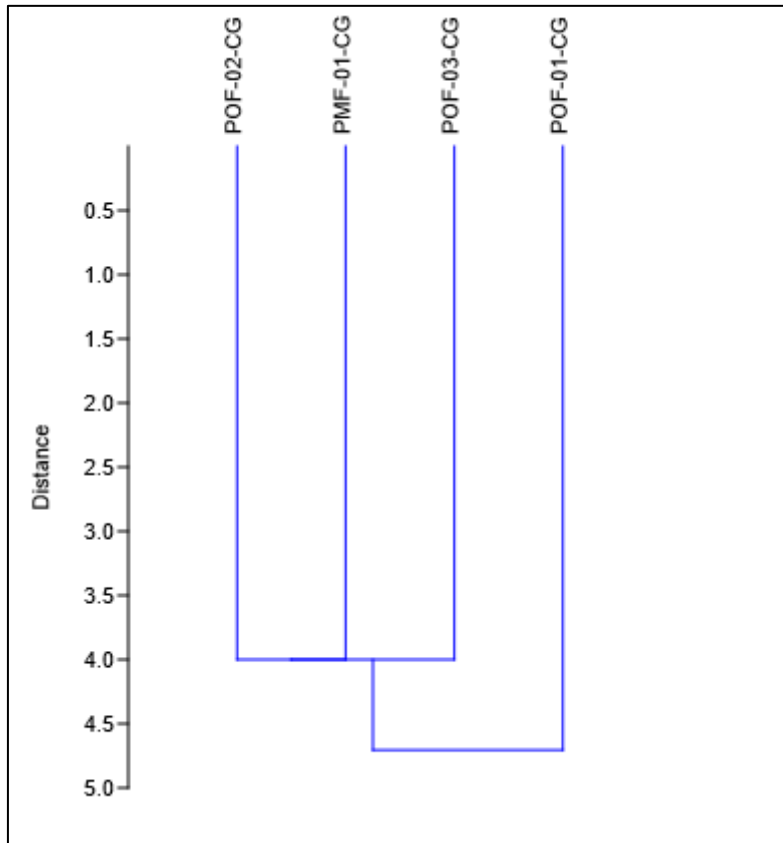
Los sitios de muestreo cualitativos presentan una similitud de: 0.05% entre el punto PMF-01-CG y POF-03-CG donde comparten a *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Para los sitios POF-02-CG y POF-03-CG la similitud es 15% cuyas especies representativas son *Mangifera indica*, *Carica papaya* L y *Mimosa pigra* L.

**Tabla 3-15. Cálculo de índice de similitud de Jaccard**

| Código    | PMF-01-CG | POF-01-CG | POF-02-CG  | POF-03-CG  |
|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| PMF-01-CG | 1         | 0         | 0.05882353 | 0          |
| POF-01-CG |           | 1         | 0          | 0          |
| POF-02-CG |           |           | 1          | 0.15789474 |
| POF-03-CG |           |           | 0          | 1          |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La diferencia es significativa de cada sitio observación, debido al grado de intervención del área. Otro punto es que se trató de abarcar gran parte del área y muestrear la mayor cantidad de especies existentes.



**Figura 3-10. Índice de Jaccard de los puntos de muestreo cualitativos**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.6.4.10 Aspectos Ecológicos

#### Estado de Conservación de Especies

La Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN), es la entidad que cataloga, monitorea y evalúa el estado de conservación de las especies botánicas raras o en peligro, a nivel mundial.

En las siguientes tablas se detallan las especies registradas y su estado de conservación. La información detallada se obtuvo del Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador, de la lista de especies amenazadas de la UICN (2024) y CITES (2024).

**Tabla 3-16. Especies con categoría de conservación y/o amenaza**

| N° | Familia      | Nombre Científico                | Endémica    | IUCN | CITES |
|----|--------------|----------------------------------|-------------|------|-------|
| 1  | Apocynaceae  | <i>Asclepias curassavica</i> L   | Introducida | -    | -     |
| 2  | Arecaceae    | <i>Cocos nucifera</i>            | Introducida | -    | -     |
| 3  | Asparagaceae | <i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw | Introducida | -    | -     |
| 4  | Asteraceae   | <i>Tridax procumbens</i>         | Introducida | -    | -     |
| 5  | Asteraceae   | <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson | Introducida | -    | -     |
| 6  | Asteraceae   | <i>Baccharis</i> sp              | -           | LC   | -     |
| 7  | Bromeliaceae | <i>Bromelia</i> sp               | -           | -    | -     |
| 8  | Cannabaceae  | <i>Trema</i> sp                  | -           | -    | -     |

| N° | Familia        | Nombre Científico                               | Endémica    | IUCN | CITES       |
|----|----------------|---|-------------|------|-------------|
| 9  | Caricaceae     | <i>Carica papaya</i> L                          | Introducida | -    | -           |
| 10 | Combretaceae   | <i>Terminalia catappa</i> L                     | Introducida | LC   | -           |
| 11 | Euphorbiaceae  | <i>Ricinus communis</i>                         | Introducida | LC   | -           |
| 12 | Fabaceae       | <i>Senna spectabilis</i>                        | -           | LC   | -           |
| 13 | Fabaceae       | <i>Mimosa pigra</i> L                           | -           | LC   | -           |
| 14 | Malvaceae      | <i>Ochroma pyramidale</i>                       | -           | LC   | -           |
| 15 | Muntingiaceae  | <i>Muntingia calabura</i> L                     | -           | NE   | -           |
| 16 | Myrtaceae      | <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston              | Introducida | -    | -           |
| 17 | Myrtaceae      | <i>Psidium guajava</i>                          | Introducida | LC   | -           |
| 18 | Passifloraceae | <i>Passiflora</i> sp                            | -           | -    | -           |
| 19 | Passifloraceae | <i>Passiflora foetida</i> L                     | -           | -    | -           |
| 20 | Piperaceae     | <i>Piper marginatum</i> Jacq                    | -           | -    | -           |
| 21 | Poaceae        | <i>Gynerium sagittatum</i>                      | -           | -    | -           |
| 22 | Poaceae        | <i>Arundo donax</i> L                           | -           | -    | -           |
| 23 | Pteridaceae    | <i>Pityrogramma calomelanos</i>                 | -           | -    | -           |
| 24 | Sapindaceae    | <i>Cardiospermum</i> sp                         | -           | -    | -           |
| 25 | Solanaceae     | <i>Solanum candidum</i> Lindl                   | Introducida | -    | -           |
| 26 | Urticaceae     | <i>Cecropia peltata</i> L                       | -           | NE   | -           |
| 27 | Verbenaceae    | <i>Lantana velutina</i>                         | -           | -    | -           |
| 28 | Vitaceae       | <i>Cissus</i> sp                                | -           | -    | -           |
| 29 | Typhaceae      | <i>Typha</i> sp.                                | Introducida | -    | -           |
| 30 | Anacardiaceae  | <i>Mangifera indica</i>                         | Introducida | -    | -           |
| 31 | Bixaceae       | <i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng | -           | LC   | -           |
| 32 | Fabaceae       | <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr               | Introducida | LC   | -           |
| 33 | Polygonaceae   | <i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey   | Introducida | LC   | -           |
| 34 | Lamiaceae      | <i>Tectona grandis</i> L.f                      | Introducida | LC   | Apéndice II |
| 35 | Fabaceae       | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb  | -           | LC   | -           |
| 36 | Fabaceae       | <i>Inga</i> sp.                                 | -           | LC   | -           |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

De acuerdo con los criterios de la UICN se catalogaron a las especies: *Baccharis* sp, *Terminalia catappa* L, *Ricinus communis*, *Senna spectabilis*, *Mimosa pigra* L, *Ochroma pyramidale*, *Psidium guajava*, *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Sprengm, *Samanea saman* (Jacq.) Merr, *Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey, *Tectona grandis* L.f, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb, *Inga* sp., en categoría LC (Preocupación menor).

Por otro lado, *Muntingia calabura* L y *Cecropia peltata* L, como NE (No evaluadas). Las demás especies no

han sido tomadas en cuenta aún por la IUCN por lo que no tienen ninguna clasificación. Para la lista CITES *Tectona grandis* L.f se la ubica en Apéndice II.

### **Especies endémicas**

De acuerdo a la revisión del Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador (León-Yáñez et al., 2019) en los muestreos cuantitativos no se registraron especies endémicas en el área de estudio. Si embargo de acuerdo con la revisión de *The IUCN Red List of Threatened Species* in 2024, las siguientes especies son Nativas para el Ecuador: *Baccharis sp*, *Bromelia sp*, y *Gynerium sagittatum*.

### **Fenología**

Para poder establecer la fenología de una o varias especies florísticas, se requiere de un tiempo mínimo de un año en la ejecución de la investigación, para definir las especies a estudiarse, el área específica de seguimiento de las mismas, además que se debe considerar más de un individuo por especie para su seguimiento, adicional contar con variables dependientes e independientes como temperatura y precipitación entre otras que definan la investigación (Aguirre & Delgado, 2005).

Las especies *Passiflora foetida* L, *Mimosa pigra* L, *Tectona grandis* L.f y *Muntingia calabura* L., presentaron flores y frutos; las especies *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb y *Terminalia catappa* L., registró frutos, mientras que las especies *Emilia fosbergii* Nicolson y *Piper marginatum* Jacq registraron inflorescencia.

### **Especies Indicadoras**

Las especies indicadoras son aquellas que reflejan condiciones específicas de su ecosistema, como la calidad ambiental, el estado de conservación o la presencia de impactos ambientales. Algunas especies pueden considerarse indicadoras en diferentes contextos ecológicos:

*Asclepias curassavica* L.: Indicadora de ecosistemas perturbados y suelos alterados. Atrae mariposas monarca y polinizadores.

*Baccharis sp.*: Indicadora de recuperación en áreas degradadas. Se encuentra en suelos con regeneración natural.

*Cecropia peltata* L.: Indicadora de sucesión ecológica en bosques secundarios. Se establece en áreas deforestadas o perturbadas.

*Ochroma pyramidale*: Indicadora de bosques secundarios en regeneración. Crece en zonas degradadas y coloniza áreas deforestadas.

*Gynerium sagittatum*: Indicadora de suelos húmedos y ribereños. Se encuentra en ecosistemas de humedales y orillas de ríos.

*Pityrogramma calomelanos*: Indicadora de suelos alterados o contaminados. Crece en terrenos degradados y zonas erosionadas.

*Typha sp*: Indicadora de ecosistemas de humedales. Se usa para evaluar la calidad del agua en cuerpos hídricos.

*Passiflora foetida* L: Indicadora de regeneración natural en bosques secundarios. Común en áreas alteradas por actividad humana.

*Lantana velutina*: Indicadora de perturbación y degradación del suelo. Se encuentra en zonas con alta



intervención humana.

*Senna spectabilis*: Indicadora de suelos alterados y áreas con degradación ambiental. Se propaga rápidamente en áreas intervenidas.

### **Especies importantes**

Todas las especies son importantes y cumplen su rol en el entorno natural ya sea como alimento, refugio, reproducción o son bio-indicadoras del estado del bosque y del agua es decir son importantes ecológicamente. También se les atribuye una importancia cultural ya que algunas especies son utilizadas como medicina ancestral.

**Indicadoras de ecosistemas:** Algunas especies, como *Typha sp.* (Totora) y *Pityrogramma calomelanos* (helecho), son indicadoras de la calidad ambiental en humedales y suelos degradados, respectivamente.

**Especies pioneras y regeneradoras:** *Cecropia peltata* (guarumo), *Ochroma pyramidale* (balsa) y *Triplaris cumingiana* son claves en la sucesión ecológica, ayudando a restaurar suelos erosionados.

**Conservación de biodiversidad:** Géneros como *Passiflora sp.*, y *Bromelia sp.*, proveen alimento y refugio para polinizadores y fauna silvestre.

Regulación climática y protección del suelo: Árboles como *Samanea saman* y *Enterolobium cyclocarpum* brindan sombra, protegen contra la erosión y ayudan a la captura de carbono.

Conservación del agua: Plantas como *Gynerium sagittatum* y *Typha sp.*, contribuyen a la purificación del agua y estabilización de riberas.

**Usos forestales y agrícolas:** *Tectona grandis* (teca) y *Ochroma pyramidale* son especies de alto valor en la industria maderera.

**Usos medicinales y alimenticios:** *Psidium guajava* (guayaba) y *Carica papaya* son frutas ampliamente consumidas. *Ricinus communis* (higuerilla) se usa para extraer aceite con aplicaciones industriales y medicinales. *Asclepias curassavica* tiene propiedades medicinales, pero también es tóxica en dosis altas.

### **Especies introducidas**

Como especies introducidas se registraron *Asclepias curassavica* L, *Cocos nucifera*, *Furcraea foetida* (L.) Haw, *Tridax procumbens*, *Emilia fosbergii* Nicolson, *Carica papaya* L, *Terminalia catappa* L, *Ricinus communis*, *Syzygium jambos* (L.) Alston, *Psidium guajava*, *Solanum candidum* Lindl, *Typha sp*, *Mangifera indica*, *Samanea saman* (Jacq.) Merr, *Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey y *Tectona grandis* L.f, las cuales no han generado ningún impacto negativo en el área de muestreo, tampoco se consideran como plagas que puedan afectar o alterar el ecosistema de la zona.

### **Especies Sensibles**

No se registraron especies sensibles en el lugar, aunque en un futuro muchas de las especies muestreadas pueden pasar a estar en riesgo debido a la presión sobre los hábitats naturales, la expansión agrícola y cambio de uso de suelo en la región. También las alteraciones en los patrones climáticos afectan la biodiversidad del ecosistema, especialmente la disponibilidad de agua.

### **Uso del recurso**

Para determinar el uso de las especies registradas en el área de estudio, se utilizó la Enciclopedia de Plantas Útiles del Ecuador.

**Tabla 3-17. Uso de las especies registradas**

| N° | Familia        | Nombre Científico                                  | Hábitos   | Usos   |
|----|----------------|--|-----------|--|
| 1  | Apocynaceae    | <i>Asclepias curassavica</i> L                     | Herbáceo  | Medicinal, Apícola                                   |
| 2  | Arecaceae      | <i>Cocos nucifera</i>                              | Arbóreo   | Alimenticio, medicinal y medioambiental.             |
| 3  | Asparagaceae   | <i>Furcraea foetida</i> (L.)<br>Haw                | Suculenta | Medioambiental                                       |
| 4  | Asteraceae     | <i>Tridax procumbens</i>                           | Herbáceo  | Medicinal  |
| 5  | Asteraceae     | <i>Emilia fosbergii</i><br><i>Nicolson</i>         | Herbáceo  | NR   |
| 6  | Asteraceae     | <i>Baccharis</i> sp                                | Arbustivo | Medicinal.   |
| 7  | Bromeliaceae   | <i>Bromelia</i> sp                                 | Herbáceo  | Alimenticio y medioambiental.                        |
| 8  | Cannabaceae    | <i>Trema</i> sp                                    | Arbustivo | Medicinal, medioambiental y alimento de vertebrados. |
| 9  | Caricaceae     | <i>Carica papaya</i> L                             | Arbóreo   | Alimenticio y medicinal                              |
| 10 | Combretaceae   | <i>Terminalia catappa</i> L                        | Arbóreo   | Alimenticio y medioambiental.                        |
| 11 | Euphorbiaceae  | <i>Ricinus communis</i>                            | Arbustivo | Medicinal y materiales                               |
| 12 | Fabaceae       | <i>Senna spectabilis</i>                           | Arbóreo   | Medicinal, social y medioambiental                   |
| 13 | Fabaceae       | <i>Mimosa pigra</i> L                              | Arbustivo | Medicinal y medioambiental.                          |
| 14 | Malvaceae      | <i>Ochroma pyramidale</i>                          | Arbóreo   | Materiales y medioambiental                          |
| 15 | Muntingiaceae  | <i>Muntingia calabura</i> L                        | Arbóreo   | Alimenticio, medicinal y materiales                  |
| 16 | Myrtaceae      | <i>Syzygium jambos</i> (L.)<br>Alston              | Arbóreo   | Medicinal y medioambiental.                          |
| 17 | Myrtaceae      | <i>Psidium guajava</i>                             | Arbóreo   | Medicinal y alimenticio                              |
| 18 | Passifloraceae | <i>Passiflora</i> sp                               | Trepadora | NR   |
| 19 | Passifloraceae | <i>Passiflora foetida</i> L                        | Trepadora | Medicinal  |
| 20 | Piperaceae     | <i>Piper marginatum</i> Jacq                       | Arbustivo | Medicinal  |
| 21 | Poaceae        | <i>Gynerium sagittatum</i>                         | Herbáceo  | Medicinal y materiales                               |
| 22 | Poaceae        | <i>Arundo donax</i> L                              | Herbáceo  | Medicinal y materiales                               |
| 23 | Pteridaceae    | <i>Pityrogramma calomelanos</i>                    |           | NR   |
| 24 | Sapindaceae    | <i>Cardiospermum</i> sp                            | Herbáceo  | Medicinal  |
| 25 | Solanaceae     | <i>Solanum candidum</i><br>Lindl                   | Arbustivo | Alimenticio, medicinal                               |
| 26 | Urticaceae     | <i>Cecropia peltata</i> L                          | Arbóreo   | Medicinal y materiales                               |
| 27 | Verbenaceae    | <i>Lantana velutina</i>                            | Herbáceo  | Medicinal  |
| 28 | Vitaceae       | <i>Cissus</i> sp                                   | Trepadora | Medicinal  |
| 29 | Typhaceae      | <i>Typha</i> sp.                                   | Herbáceo  | Medicinal, alimenticio y combustibles                |
| 30 | Anacardiaceae  | <i>Mangifera indica</i>                            | Arbóreo   | Alimenticio, medicinal y materiales.                 |
| 31 | Bixaceae       | <i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.)<br>Spreng | Arbóreo   | Medicinal y materiales                               |
| 32 | Fabaceae       | <i>Samanea saman</i> (Jacq.)<br>Merr               | Arbóreo   | Alimento de vertebrados, combustible y materiales    |
| 33 | Polygonaceae   | <i>Triplaris cumingiana</i><br>Fisch. & C.A. Mey   | Arbóreo   | Materiales y medioambiental                          |
| 34 | Lamiaceae      | <i>Tectona grandis</i> L.f                         | Arbóreo   | Materiales y medioambiental                          |
| 35 | Fabaceae       | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.)<br>Griseb  | Arbóreo   | Alimento de vertebrados, combustible y materiales    |
| 36 | Fabaceae       | <i>Inga</i> sp.                                    | Arbóreo   | Alimento de vertebrados, combustible y materiales    |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.6.4.11 Discusión

Los resultados del presente estudio indica la presencia de 36 especies, este resultado indica una mayor riqueza de especies en relación a la investigación realizada por Chapa (2025), quien reportan la presencia de 5 especies botánicas en un área de Bosque Siempreverde Estacional Piemontano de Catamayo-Alamor. Este resultado puede diferir debido a que en el presente estudio utilizó metodologías cuantitativas (parcela de 50x50m) y cualitativas con transectos de observación de 100 m. En tanto Chapa utilizó únicamente metodologías cualitativas o de observación.

#### 3.2.6.5 Conclusiones

- El área de estudio presenta un ecosistema altamente fragmentado denominado Bosque Siempreverde Estacional Piemontano de Catamayo-Alamor, donde predomina el cambio de uso de suelo a actividades ganaderas, agrícolas y mineras en las que las especies forestales, se ven presentes en pequeños remanentes o parches de vegetación arbustiva, arbórea y herbácea.
- El sitio de muestreo cuantitativo de flora donde se usó una parcela temporal de 50x50 m puede considerarse como sensible debido a que se ubica en unos de los pocos remanentes boscosos en estado de sucesión. Donde se observa la presencia de especies pioneras propias de la zona como *Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.
- En el área de influencia de la Planta de Beneficio se encuentran únicamente remanentes de bosque secundario los cuales no son parte áreas protegidas del MAATE, razón por la cual están desprotegidas de cualquier intervención antrópica. Siendo de suma importancia que sean conservados, ya que el presente estudio indica la presencia de especies vegetales del Bosque Siempreverde Estacional Piemontano de Catamayo-Alamor que es un ecosistema en riesgo de desaparecer.
- Los escasos remanentes de vegetación local son fundamentales para la biodiversidad, regulación del clima, protección del suelo, protección de los recursos hídricos, captura de carbono, entre los principales.

#### 3.2.6.6 Recomendaciones

Se recomienda realizar proyectos de reforestación en la zona de influencia debido a que existen pocos parches de vegetación y muchas de las áreas se encuentran en un estado de degradación.

Se recomienda realizar capacitaciones en temas de manejo y producción de plantas en viveros a las poblaciones de las áreas de influencia indirecta del proyecto, con la finalidad de proponer la implementación de un vivero comunitario el cual produzca especies propias de la zona, para generar programas de reforestación en las áreas que se vean afectadas por el cambio de uso de suelo.

### 3.2.7 Ornitofauna

#### 3.2.7.1 Introducción

La avifauna constituye uno de los principales grupos para la conservación, por razones ecológicas, económicas, culturales y estéticas (Navarro, Rebón, Gordillo, Peterson, Berlanga, y Sánchez, 2014). Este grupo cumple un rol importante en el control de plagas de insectos, polinización de las plantas, dispersión de las semillas, constituyéndose como parte integral de la dinámica de los ecosistemas (Asociación Ornitológica del Plata, 2013).



En el mundo han sido registradas alrededor de 10.404 especies de aves (Berlanga, Gómez, Vargas, Rodríguez, Sánchez, Ortega y Calderón, 2015). Siendo Colombia el país que ocupa el primer lugar con la mayor cantidad de especies de aves, seguido de Perú, Brasil y Ecuador (Herzog, Martínez, Jorgensen y Tiessen, 2012). Dentro de estos países, Ecuador se ubica en el cuarto lugar, ya que alberga a 1.679 especies de aves, lo que supone el 17% de todas las existentes en el mundo (Freile, Brinkhuizen, Greenfield, Lysinger, Navarrete, Nilsson, Ridgely, Solano, Ahlman y Boyla, 2015).

El mayor problema que tiene la conservación de la diversidad ornitológica, a escala global, nacional y regional, es el efecto de aislamiento producido por procesos de fragmentación de ecosistemas y pérdida de hábitats importantes, debido a las actividades antrópicas (BirdLife International, 2008). La disminución de poblaciones de aves se ha incrementado por diferentes factores antrópicos dentro de las que se encuentran: la expansión de la frontera agrícola, deforestación, extensión de territorios para alimento de ganado y el crecimiento urbano; de esta manera el paisaje evidencia una importante transformación dejando zonas degradadas y medianamente intervenidas (Espinosa, De la Cruz, Luzuriaga, Escudero, 2012).

De acuerdo a lo indicado en los párrafos anteriores en el presente estudio se evalúa las poblaciones de aves que se encuentran en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).

### 3.2.7.2 *Objetivos*

- Caracterizar la riqueza, abundancia y diversidad del componente aves en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).
- Determinar áreas ecológicamente sensibles desde el punto de vista de la avifauna en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).

### Limitantes

De acuerdo con el análisis de las Áreas de Influencia, las áreas donde opera la Planta de Beneficio carece de cobertura vegetal. En tanto en las áreas de influencia indirecta se observan hábitats fragmentados con escasa vegetación, misma que se encuentra en regeneración. Lo cual constituyó una gran limitante para el registro de especies del componente aves.

### 3.2.7.3 *Descripción de los Sitios de muestreo*

**Sector de muestreo PMAR-01-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en un remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es irregular con pendientes moderadas. En los alrededores se observan sitios abiertos y el Río Calera.

**Sector de muestreo PMAAt-02-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en un remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es irregular con pendientes moderadas. En los alrededores se observan sitios abiertos, una relavera abandonada y la toma de agua.

**Sector de muestreo POA-01-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en una franja de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es plano. En los alrededores se observan la vía asfaltada a Piñas-Portovelo y terrenos de otras Plantas de Beneficio.

**Tabla 3-18. Sectores de muestreo cuantitativos y cualitativos de ornitofauna**

| Código      | Fecha            | Coordenadas WGS-84 Zona 17S |         |         |         | Altitud (msnm) | Método                        | Hábitat   | Extensión unidad muestral (m) | Tipo de muestreo |
|-------------|------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|----------------|-------------------------------|---|-------------------------------|------------------|
|             |                  | INICIO                      |         | FIN     |         |                |                               |   |                               |                  |
|             |                  | X                           | Y       | X       | Y       |                |                               |   |                               |                  |
| PMA R-01-CG | 15-16-17/03/2025 | 0651729                     | 9589153 | 0651766 | 9589064 | 612-618        | Transecto de redes de neblina | Remanente vegetación arbustiva-herbácea especies de árboles dispersos     | 100                           | Cuantitativo     |
| PMA T-02-CG | 15-16-17/03/2025 | 0651728                     | 9589159 | 0651692 | 9588952 | 623-640        | Transecto de observación      | Remanente vegetación arbustiva-herbácea especies de árboles dispersos     | 200                           | Cuantitativo     |
| POA-01-CG   | 15-16-17/03/2025 | 0651870                     | 9589112 | 0651876 | 9588949 | 627-630        | Transecto de observación      | Franja de vegetación arbustiva-herbácea con especies de árboles dispersos | 100                           | Cualitativo      |

Simbología: PMAR= Punto de muestreo de aves con redes Cayo Gold, PMAT= Punto de muestreo de aves con transecto de observación Cayo Gold, POA= Punto de observación de aves Cayo Gold

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.7.4 Metodología

Para el registro del componente aves se utilizaron metodologías cuantitativas y cualitativas sugeridas en el Manual de Métodos para Inventarios de Vertebrados Terrestre (Suárez y Mena, 1994), el cual indica el uso de redes de neblina, observaciones directas e identificaciones de especies por cantos. Estas técnicas indicadas por Suárez se adaptan a diferentes tipos de hábitat. Por lo cual para las áreas de muestreo las técnicas de Suárez se adaptaron, tomando en consideración la alta fragmentación de los hábitats locales.

#### 3.2.7.4.1 Muestreos cuantitativos

Para el desarrollo de los muestreos cuantitativos se utilizaron redes de neblina y recorridos de observación en transecto, denominado sitios de muestreo cuantitativos.

##### 6.1.1.1.1 Redes de neblina

Para el muestreo cuantitativo con la técnica de redes de neblina se estableció una estación de muestreo, las que estuvieron formadas por 7 redes de 12m X 2,5 m; ubicadas de formando lineal en un transecto de 100 m. Los horarios de muestreo fueron aproximadamente de 06h00 am hasta las 17h00 pm durante 3 días consecutivos. Esta metodología de muestreo está sustentada en los estudios realizados por Ecociencia, en el Manual de Métodos para Inventarios de Vertebrados Terrestre (Suárez, L & P., Mena, 1994). Especialmente del estudio de Benítez et al., (2005)

Las redes de neblina durante los días de muestreo fueron revisadas cada 15 minutos, tomando en consideración el riesgo que esta tiene si los períodos de revisión son más amplios, especialmente para aves pequeñas de las familias Trochilidae, Tyrannidae, Emberizidae, entre las principales. El muestreo se llevó a cabo en una franja horaria de 06h00 a 17h00. Este diseño cronológico se estableció con el objetivo de maximizar el registro de especies arbustivas, ajustándose simultáneamente a una planificación de campo de tres días de duración.

##### Recorridos en transectos lineales

Los muestreos se realizaron mediante el método de transecto lineal de banda fija. El método consistió en el recorrido de una distancia fija donde se registraron a todas las especies de aves escuchadas (registros auditivos) u observadas a los lados del transecto. Este método fue adecuado para determinar la riqueza de aves en grandes áreas y fue eficiente para especies conspicuas y móviles (Bibby et al., 1998). Los recorridos en los transectos fueron de ida y de vuelta. Para esta metodología se utilizaron binoculares de 12x50 m y un GPS para la respectiva ubicación del transecto de 200 m (punto inicial y punto final). Es importante indicar que metodología está sustentada en los estudios realizados por Ecociencia, en el Manual de Métodos para Inventarios de Vertebrados Terrestre (Suárez, L & P., Mena, 1994). El muestreo se llevó a cabo en un horario de 08:00 a 14:00 durante los tres días de la fase de campo. Esta planificación permitió optimizar el esfuerzo de muestreo y estandarizar la recolección de datos durante el periodo establecido.

#### 3.2.7.4.2 Muestreos cualitativos

Los muestreos cualitativos fueron realizados en las áreas fuera de la planta de beneficio, en este caso cercana a la vía asfalta entre Piñas y Portovelo, para lo cual se utilizó la siguiente metodología:

##### 3.2.7.4.2.1 Recorridos de observación directa

Esta metodología consistió en realizar caminatas por un área determinada o transecto, identificando las especies que van apareciendo (Suarez y Mena, 1994), para lo cual se utilizó una cámara de largo alcance marca Panasonic Lumix de 24x. El muestreo cualitativo se realizó en un intervalo de 15:00 a 16:00 durante

los tres días de la fase de campo. "Si bien los protocolos estándar sugieren periodos de muestreo fragmentados (05:00-10:00 y 15:00-18:00), para el presente estudio se optó por una jornada continua de 06:00 a 17:00 bajo una justificación técnica dual. Primero, como medida de bioseguridad y ética animal, se retrasó la apertura a las 06:00 para mitigar el riesgo de captura incidental de quirópteros que aún presentan actividad en el crepúsculo matutino. Segundo, dada la restricción temporal de tres días de campo, la eliminación del vacío de muestreo al mediodía permitió maximizar el esfuerzo acumulado. Esta modificación es biológicamente pertinente para acelerar el cumplimiento de los objetivos de representatividad taxonómica y alcanzar la asíntota en la curva de acumulación de especies en un periodo de tiempo reducido."

### 3.2.7.4.2.2 Esfuerzo de muestreo

Cada uno de los puntos en los muestreos cuantitativos fueron ejecutados en tres días efectivos de muestreo, las redes de neblina trabajaron durante 11 horas por día y los transectos lineales se recorrieron durante seis horas por día. Los muestreos cualitativos fueron ejecutados durante dos horas por un día de muestreo.

**Tabla 3-19. Tabla de esfuerzo de muestreo Ornitofauna**

| Código de muestreo | Método   | Metodología  | Número de redes o transectos | Horas por día | Número de días | Horas/total |
|--------------------|--|--------------|------------------------------|---------------|----------------|-------------|
| PMAR-01-CG         | Transecto-Redes de neblina                     | Cuantitativo | 7                            | 11            | 3              | 231         |
| PMAAt-02-CG        | Transecto de recorridos de encuentros visuales | Cuantitativo | 1                            | 6             | 3              | 18          |
| POA-01-Cg          | Observación directa                            | Cualitativo  | 1                            | 2             | 1              | 2           |
| <b>Total</b>       |  |              |                              |               |                | <b>251</b>  |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

### 3.2.7.5 Análisis de la información

#### 3.2.7.5.1 Riqueza

El término riqueza se refiere al número neto de especies presentes dentro de una comunidad; es decir se estima utilizando el número de especies dividido para el número de registros encontrados (Villareal, 2004). La abundancia se define como el número de individuos encontrados para cada especie registrada dentro de una unidad de muestreo (Villareal et al., 2004).

Ambos parámetros (riqueza y abundancia) determinan dos ejes de la diversidad de especies relacionada a su equitatividad dentro de la muestra analizada.

#### 3.2.7.5.2 Abundancia Absoluta

La abundancia de las especies correspondió al número de individuos registrados en los sitios de muestreo. La abundancia de las especies fue obtenida de la suma de individuos registrados en los transectos o en las redes de neblina (Bibby et al. 1998).

### 3.2.7.5.3 Abundancia relativa

El valor asignado para la abundancia relativa (rareza) o número de individuos, se categorizaron en cuatro grupos, de acuerdo a la frecuencia de registro y el número de individuos, así: Abundante, más de 10 individuos; Común, 5–9 individuos; Poco común, 2-4 individuos; Raro, 1 individuo (Martella, 2012).

### 3.2.7.5.4 Curva de dominancia de especies

Las curvas de dominancia/abundancia son un modelo de distribución mediante el cual se puede desarrollar una interpretación ecológica del estado de los ecosistemas que se encuentran evaluados. En las abscisas (eje x) se representan las especies, ordenadas desde la más abundante hasta la menos abundante, mientras que en el eje de las ordenadas (eje y) se presenta el número total de individuos por especie (Villareal et al., 2004).

### 3.2.7.5.5 Curva de acumulación de especies e índice de Chao 1

Las curvas de acumulación de especies están diseñadas para determinar si las muestras tomadas en los puntos de estudio son representativas. Indican la tasa a la cual se registran las especies en una comunidad a través de la relación de las especies capturadas (eje de las abscisas x) y su abundancia de captura (eje de las coordenadas y). A medida que el número de especies crece, la probabilidad de añadir una nueva disminuye de manera proporcional, hasta llegar a 0. Cuando la curva de acumulación es asintótica, revela que el número de especies no se incrementará a pesar de que se aumenten las unidades de muestreo (Magurran A., 2004).

El índice Chao 1 estima el número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras presentes en la muestra, razón por la cual, su valor es muy sensible a la cantidad de especies raras registradas. A continuación, se incluye la respectiva fórmula:

$$\text{Chao 1} = S + a^2 / 2b$$

Dónde:

Sobs = representa el total de especies registradas,

F1 = es el número de especies registradas por un solo individuo (singletons) y

F2 = es la cantidad de especies representadas en la muestra por dos individuos (doubletons).

La representatividad del muestreo fue evaluada en base al índice de Chao 1 y a los valores de número de especies registrado en el muestreo.

### 3.2.7.5.6 Índice de Shannon

Para evaluar la diversidad en los puntos de muestreos, se utilizó el Índice de Shannon-Wiener; este índice fue desarrollado para medir la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Asume que todas las especies están representadas en las muestras; indica que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreada (Villarreal et al., 2004). El cómputo de este índice fue realizado en el programa PAST.

Este índice expresa el grado promedio de incertidumbre en predecir a cuál especie pertenecería un individuo escogido al azar en la muestra, mientras más cerca esté a cero, menor incertidumbre y consecuentemente menor diversidad.

$$H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_2 P_i)$$

Dónde:

- H = contenido de información de la muestra (bits/individuo)
- = índice de diversidad de la especie
- S = número de especies

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

### 3.2.7.5.7 Índice de diversidad de gini Simpson

Este índice está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 2004). Debido a que este valor es inverso a la equidad, la diversidad alfa se puede calcular como  $1 - D$  (Moreno C. E., 2001). Por lo tanto, mientras más se acerca el valor a 1, mayor será la diversidad (Magurran A., 2004). Por lo cual la fórmula quedaría:

$$1 - D = 1 - \sum P_i^2$$

#### 6.1.1.1.2 Coefficiente de Similitud de Jaccard (Clúster)

Según Real & Vargas (1996) este coeficiente en ecología se usa para medir la similitud, disimilitud o distancias (estas dos últimas si se le resta el índice a 1) que existen entre dos estaciones de muestreo, con una formulación equivalente:

$$I_j: c / (a+b-c)$$

Donde:

**a:** es el número de especies presentes en la estación A.

**b:** es el número de especies presentes en la estación B.

**c:** es el número de especies presentes en ambas estaciones, A y B.

El intervalo de valores para el índice de Jaccard va de 0, cuando no hay especies compartidas entre ambas estaciones, hasta 1, cuando dos estaciones tienen la misma composición de especies (Real & Vargas, 1996).

### 3.2.7.5.8 Aspectos ecológicos

#### 3.2.7.5.8.1 Gremio trófico

Para la determinación del nicho trófico se utilizó los criterios de Karr et al. (1990) y se los determino de acuerdo a la dieta de las especies.

- Carnívoros. Dieta de carne o de animales vertebrados.

- Frugívoros. Dieta de frutas y/o semillas.
- Herbívoros. Dieta de plantas, hojas, ramas y brotes vegetales.
- Insectívoros. Dieta de insectos o de invertebrados artrópodos
- Nectarívoros. Dieta de néctar y polen.
- Piscívoros. Dieta de peces.
- Omnívoros. Para aquellas especies que ingieren varios tipos de alimentos, sin que ninguno de ellos prevalezca sobre otro.

#### 3.2.7.5.8.2 Distribución vertical

Para la distribución vertical de la avifauna registrada, se tomó en cuenta los siguientes niveles: terrestre, sotobosque, medio, dosel y aéreo, datos tomados desde The Birds of Ecuador (Ridgely y Greenfield, 2006).

#### 3.2.7.5.9 Especies bioindicadores

Especies bioindicadoras son aquellas usadas como monitor o indicador de las condiciones ambientales de un sitio o que describe la formación típica a la que representa. Para conocer la perturbación que han tenido las áreas donde se encuentran los sectores de muestreo.

Las especies indicadoras de buena calidad de hábitat son aquellas que cumplen con cuatro características (Stotz et al., 1996):

Típicamente ocupan uno o muy pocos hábitats.

Dentro de ese hábitat son relativamente comunes.

Se pueden registrar con cierta facilidad.

Muestran una alta sensibilidad a la alteración del hábitat.

#### 3.2.7.5.10 Especies sensibles

Para determinar el nivel de sensibilidad de cada especie, así como conocer las especies indicadoras de hábitats disturbados se utilizaron los criterios de la publicación Neotropical Birds: Ecology and Conservation (Stotz et al., 1996), quien da una clasificación que se basa en variables cualitativas fundamentadas en observaciones y en notas de campo no publicadas, acerca de la capacidad que tienen las aves para soportar cambios en su entorno; propone que algunas especies de aves son considerablemente más vulnerables a perturbaciones humanas que otras y las categoriza en tres niveles: Alta Media y Baja.

**Especies de sensibilidad alta (A).** - Son aquellas especies que se encuentran en bosques en buen estado de conservación, que no pueden soportar alteraciones en su ambiente a causa de actividades antropogénicas, la mayoría de estas especies no pueden vivir en hábitats alterados, tienden a desaparecer de sus hábitats migrando a sitios más estables. Sin embargo, por las actuales presiones de destrucción de hábitats, algunas de estas especies se pueden encontrar en áreas de bosques secundarios no tan modificados y con remanentes de bosque natural. Estas especies se constituyen en buenas indicadoras de la salud del medio ambiente.

**Especies de sensibilidad media (M).** - Son aquellas que a pesar de que pueden encontrarse en áreas de

bosque bien conservados, también son registradas en áreas poco alteradas, bordes de bosque y que, siendo sensibles a las actividades o cambios en su ecosistema, pueden soportar un cierto grado de afectación dentro de su hábitat, como por ejemplo una tala selectiva del bosque, se mantienen en el hábitat con un cierto límite de tolerancia.

**Especies de sensibilidad baja (B).** - Son aquellas especies colonizadoras que sí pueden soportar cambios y alteraciones en su ambiente y que se han adaptado a las actividades antropogénicas.

#### 3.2.7.5.11 Especies migratorias

Las especies migratorias fueron definidas como aquellas que se trasladan regularmente de una región a otra con los cambios de estación. En el Ecuador, estas especies de acuerdo a Ridgely y Greenfield (2001) comprenden tres grupos: migratorias boreales, australes e intertropicales. Las especies migratorias boreales son aquellas que crían en el hemisferio norte y migran hacia el sur durante el invierno boreal (diciembre-marzo), utilizando el Ecuador como un sitio de invernada o de tránsito hacia otros países. En cambio, las especies migratorias australes crían en la región austral de Sudamérica y migran hacia el norte durante el invierno austral (junio-septiembre). En último lugar, las especies migratorias intertropicales crían en una región tropical y se mueven hacia otra durante un determinado período del año. Se reseña las especies incluidas en los apéndices de la Comisión Internacional de Especies Migratorias de animales silvestres (Cancino, 2023).

#### 3.2.7.5.12 Especies Endémicas

Los datos de endemismo a nivel nacional fueron tomados del libro de Aves del Ecuador (Ridgely y Greenfield, 2006) y según Freile y Restall (2018). Los datos sobre endemismo compartido con otros países fueron tomados de Aves del Ecuador (Ridgely y Greenfield, 2006) y de las Áreas de Endemismo de Aves (EBAs) (Stattersfield et al., 1998).

#### 3.2.7.5.13 Estado de conservación

La ubicación de especies en peligro de extinción a nivel nacional se elaboró tomando en cuenta la Lista Roja de las Aves del Ecuador Continental (Freile J. F., 2019) y, a nivel internacional, las categorías actualizadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2024). También fueron incluidas las especies que constan en los apéndices de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre) (CITES, 2024)

**Categorías y criterios de la lista roja uicn.-** Las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN es un sistema comprensible que clasifica a las especies con alto riesgo de extinción global. Divide a las especies en nueve categorías: Datos insuficientes (DD), Preocupación menor (LC), Casi amenazado (NT), Vulnerable (VU), En peligro (EN), En peligro crítico (CR), Extinto en estado silvestre (EW) y Extinto (EX), (IUCN, 2022)

**Tráfico de Especies cites 2022:** Relacionado al comercio de especímenes, en los temas de importación exportación, bajo supervisión y licenciamiento de las autoridades, encargadas, consta de tres apéndices:

- El apéndice I incluye especies en peligro de extinción. El comercio de especímenes de estas especies solo está permitido en circunstancias excepcionales.
- El Apéndice II incluye especies no necesariamente amenazadas de extinción, pero en las cuales el comercio debe ser controlado para evitar una utilización incompatible con su supervivencia
- El Apéndice III contiene especies que están protegidas en al menos un país, que ha solicitado asistencia a otras Partes de CITES para controlar el comercio.

### 3.2.7.5.14 Uso del recurso

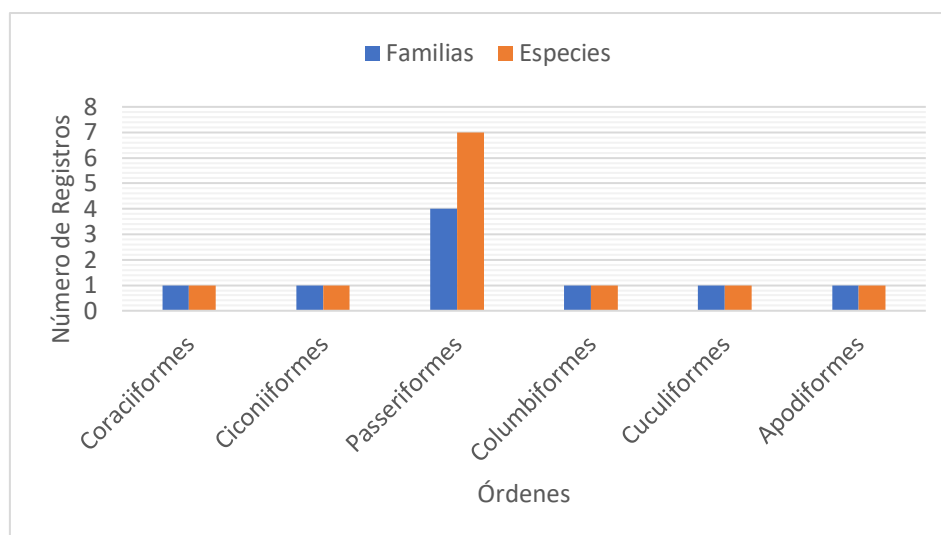
Se refiere al tipo de uso que está sometida las especies de avifauna sean de uso comercial, artesanal cultural, ritual que afecten a la disminución de las poblaciones de la avifauna.

### 3.2.7.5.15 Análisis General

El análisis de los resultados del muestreo se divide de la siguiente manera: 1) análisis general de la avifauna y 2) análisis particular de cada sector de muestreo.

### 3.2.7.5.16 Riqueza

El estudio general de la avifauna determinó el registró de 12 especies, 10 familias y 6 órdenes, que representa el 0,69% en relación de las 1736 aves catalogadas en el Ecuador (Freile J. F., 2024). En relación a las 546 especies reportadas para el Piso Subtropical Suroccidental (Albuja, et al., 2012) las 12 especies representan el 2,19%.



**Figura 3-11. Análisis de la riqueza de órdenes, familias y especies de la avifauna**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica el registro de 6 órdenes de aves: Coraciiformes con 1 familia, 1 especie, Ciconiiformes con 1 familia, 1 especie, Passeriformes con 4 familias, 7 especies, Columbiformes con 1 familia, 1 especie, Cuculiformes con 1 familia, 1 especie, y Apodiformes con 1 familia, 1 especie.

### **Abundancia (Absoluta/ Relativa)**

En la tabla siguiente se indica la abundancia:

**Tabla 3-20. Abundancia Absoluta y Relativa**

| Especie                        | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta | Rareza     |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------|------------|
| <i>Crotophaga sulcirostris</i> | 17,39                 | 4                   | Poco Común |
| <i>Streptoprocne zonalis</i>   | 17,39                 | 4                   | Poco Común |
| <i>Tyrannus melancholicus</i>  | 13,04                 | 3                   | Poco Común |
| <i>Coragyps atratus</i>        | 8,69                  | 2                   | Poco Común |



|                                  |      |   |            |
|----------------------------------|------|---|------------|
| <i>Furnarius leucopus</i>        | 8,69 | 2 | Poco Común |
| <i>Zenaida auriculata</i>        | 8,69 | 2 | Poco Común |
| <i>Momotus subrufescens</i>      | 4,34 | 1 | Raro       |
| <i>Polioptila plumbea</i>        | 4,34 | 1 | Raro       |
| <i>Thraupis episcopus</i>        | 4,34 | 1 | Raro       |
| <i>Sporophila corvina</i>        | 4,34 | 1 | Raro       |
| <i>Camptostoma<br/>obsoletum</i> | 4,34 | 1 | Raro       |
| <i>Pheucticus chrysogaster</i>   | 4,34 | 1 | Raro       |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

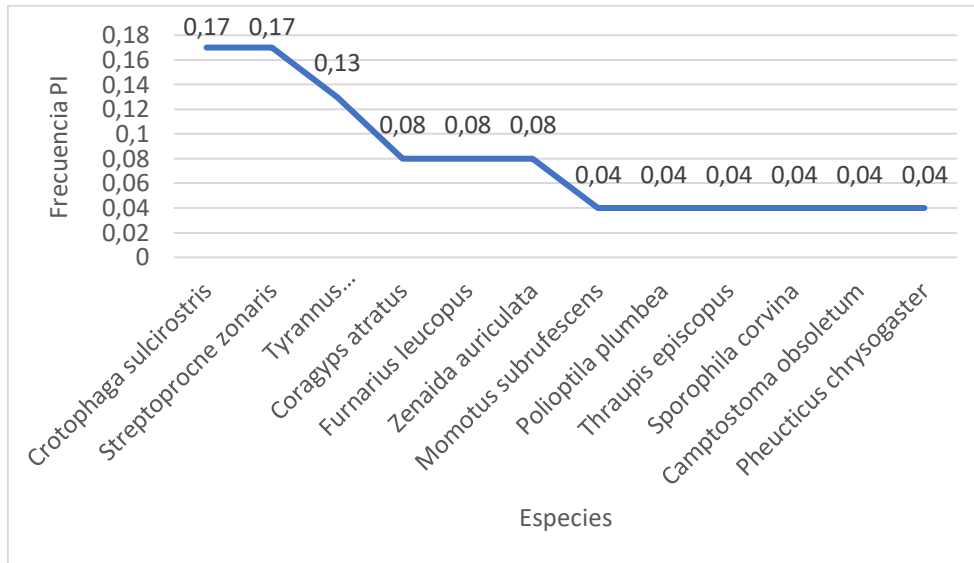
En referencia a la abundancia absoluta por órdenes, los Passeriformes fueron más abundantes 10 individuos, alcanzando el 43,47% de la abundancia total (23 individuos). Mientras tanto los Cuculiformes y Apodiformes registraron 4 individuos, alcanzando el 17,39% de la abundancia total. Los órdenes menos representativos fueron Columbiformes, Ciconiiformes con 2 individuos respectivamente, alcanzando el 8,69% y el orden Coraciiformes con 1 individuo representando el 4,34%.

A nivel de familias, Tyrannidae, Cuculidae y Apodidae con 4 individuos respectivamente, concentran el 17,39% de la abundancia total, seguida por las familias Cathartidae, Furnariidae, Thraupidae y Columbidae con 2 individuos respectivamente que incluyen el 8,69% de la abundancia total. Las familias menos representativas fueron Momotidae, Polioptilidae y Cardinalidae con 1 individuo respectivamente que congrega el 4,34% de la abundancia total.

La rareza indica que las especies Poco Comunes representan el 50% de los registros y las especies raras representan el otro 50%.

#### **Curva de Dominancia – Abundancia de Especies**

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de las especies: *Crotophaga sulcirostris* representando un  $\pi_i=0,17$ , *Streptoprocne zonaris* con un  $\pi_i=0,17$  *Tyrannus melancholicus* con  $\pi_i=0,13$ , *Coragyps atratus*, *Furnarius leucopus* y *Zenaida auriculata* con un  $\pi_i=0,08$  respectivamente. El resto de especies registradas no poseen una abundancia alta en comparación a las especies indicadas anteriormente, de esta manera convierte a las otras especies en poco representativas.



**Figura 3-12. Curva de Dominancia – Abundancia (Pi/Especies)**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.7.5.17 Diversidad Shannon – Wiener/Simpson

El análisis de la tabla siguiente indica que el índice de Shannon presenta un valor de 2,32. Una Equitatividad (J) de 0,93, indicando especies que comparten abundancias similares.

Simpson (1-D) determina 0,88, es decir la población de aves presenta una diversidad con tendencia a ser baja. En términos de Dominancia se registra 0,11, es decir se registran un bajo número de especies dominantes

**Tabla 3-21. Índices de Diversidad**

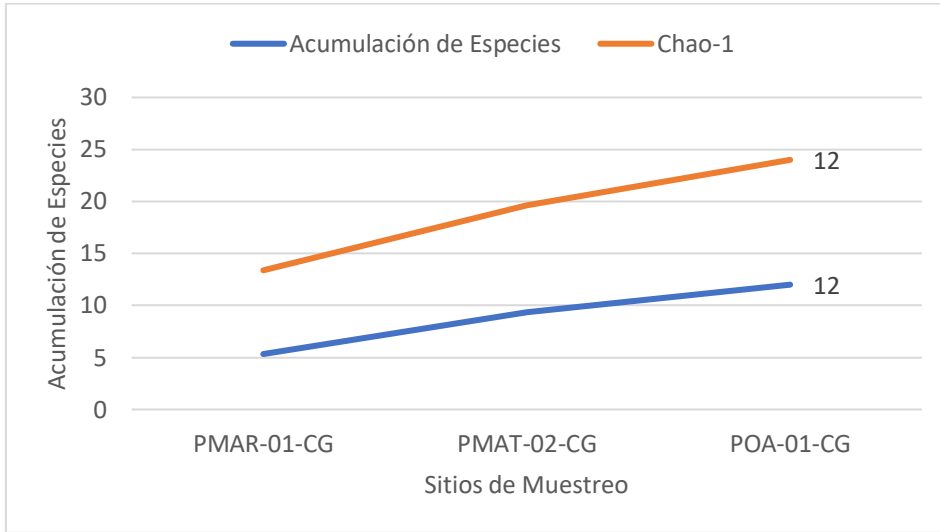
| ÍNDICES                   | Valores |
|---------------------------|---------|
| Riqueza/Especies          | 12      |
| Abundancia/Individuos     | 23      |
| Dominance_D               | 0.1115  |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.8885  |
| Shannon_H/ Log Nat        | 2.329   |
| Equitability_J            | 0.9373  |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.7.5.18 Curva de acumulación de especies- Índice de Chao 1

La curva fue construida a partir de 3 sitios de muestreo. De esta manera el análisis de la figura siguiente indica la acumulación de 12 especies. Este número de especies es igual al calculado por el índice de Chao 1 que estima 12 especies probables. Es así que las curvas se han estabilizado, es decir ha llegado a la asíntota con un número de especies de 12. El esfuerzo aplicado al muestreo indica que se consiguió llegar a la riqueza total de especies (100%), esto refleja un buen esfuerzo de muestreo.

**Figura 3-13 . Curva de acumulación de especies y Chao 1**



Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.7.5.19 Índice de Similitud de Jaccard

Los sitios de muestreo generaron 3 agrupaciones de las cuales únicamente los sitios de muestreo PMAT-02-CG - POA-01-CG generaron un 33% de similitud (baja similitud), indicando que máximo 4 especies son comunes entre los dos sitios. Las restantes combinaciones no presentan especies compartidas

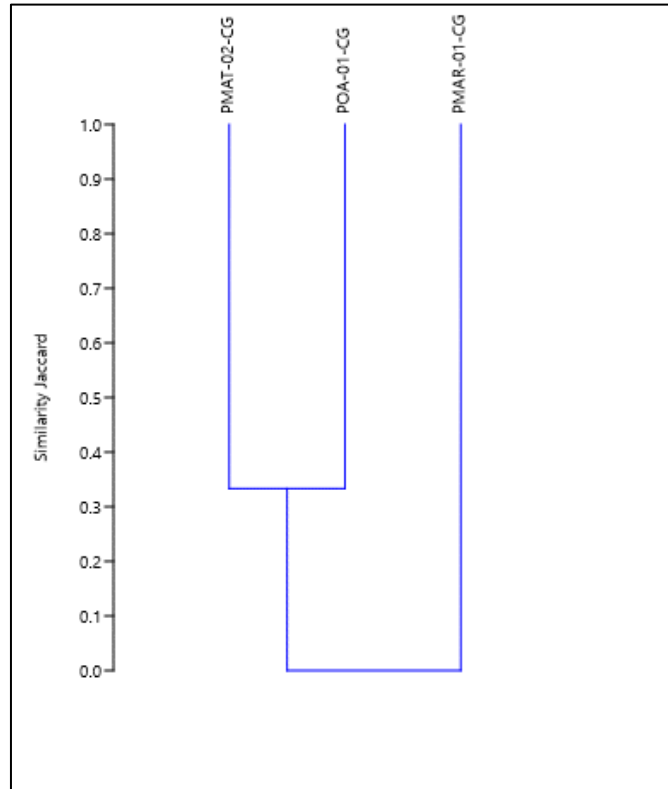
**Tabla 3-22. Similitud de Jaccard en porcentajes**

|            | PMAR-01-CG | PMAT-02-CG | POA-01-CG |
|------------|------------|------------|-----------|
| PMAR-01-CG | 100        | 0          | 0         |
| PMAT-02-CG |            | 1          | 33        |
| POA-01-CG  |            |            | 1         |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.7.6 Coeficiente de Similitud de Jaccard

El coeficiente de Similitud de Jaccard grafica a los 3 sitios de muestreo, indicando que ninguna combinación alcanza el 50% de similitud, interpretándose como sitios de baja similitud.



**Figura 3-14. Coeficiente de Similitud de Jaccard**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.7.7 Análisis por sector de muestreo

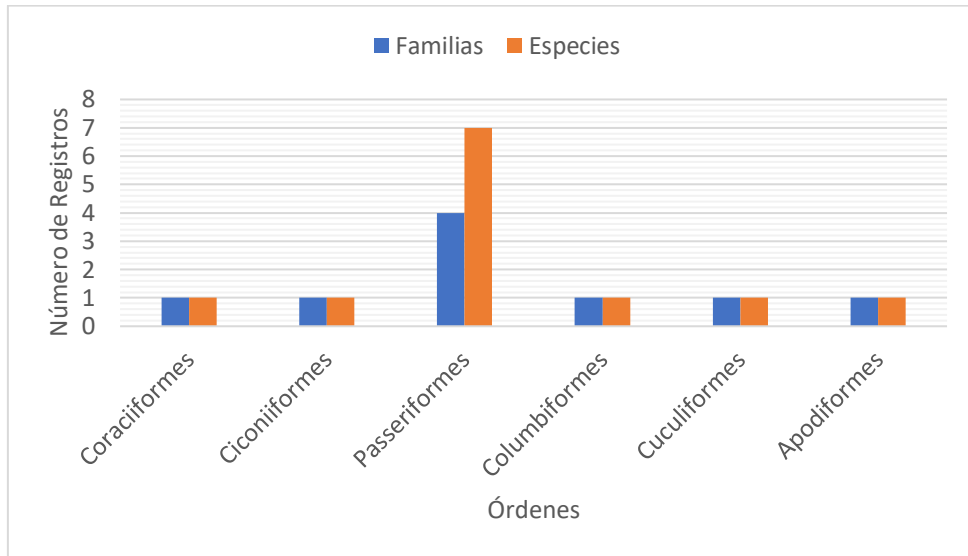
#### 3.2.7.7.1 Sitio de muestreo PMAR-01-cg

En este sitio de muestreo se utilizó la metodología de redes de neblina, no se registró ninguna especie

#### 3.2.7.7.2 Sector de muestreo PMAT-02-CG

#### **Riqueza**

El estudio de la avifauna del sitio PMAT-02-CG determinó el registró de 12 especies, 10 familias y 6 órdenes, que representa el 0,69% en relación de las 1736 aves catalogadas en el Ecuador (Freile J. F., 2024). En relación a las 546 especies reportadas para el Piso Subtropical Suroccidental (Albuja, et al., 2012) las 12 especies representan el 2,19%.



**Figura 3-15. Análisis de la riqueza de órdenes, familias y especies de la avifauna**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica el registro de 6 órdenes de aves: Coraciiformes con 1 familia, 1 especie, Ciconiiformes con 1 familia, 1 especie, Passeriformes con 4 familias, 7 especies, Columbiformes con 1 familia, 1 especie, Cuculiformes con 1 familia, 1 especie, y Apodiformes con 1 familia, 1 especie.

**Abundancia (Absoluta/ Relativa)**

En la tabla siguiente se indica la abundancia:

**Tabla 3-23. Abundancia Absoluta y Relativa**

| Especie                        | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta | Rareza     |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------|------------|
| <i>Crotophaga sulcirostris</i> | 17,39                 | 4                   | Poco Común |
| <i>Streptoprocne zonaris</i>   | 17,39                 | 4                   | Poco Común |
| <i>Tyrannus melancholicus</i>  | 13,04                 | 3                   | Poco Común |
| <i>Coragyps atratus</i>        | 8,69                  | 2                   | Poco Común |
| <i>Furnarius leucopus</i>      | 8,69                  | 2                   | Poco Común |
| <i>Zenaida auriculata</i>      | 8,69                  | 2                   | Poco Común |
| <i>Momotus subrufescens</i>    | 4,34                  | 1                   | Raro       |
| <i>Polioptila plumbea</i>      | 4,34                  | 1                   | Raro       |
| <i>Thraupis episcopus</i>      | 4,34                  | 1                   | Raro       |
| <i>Sporophila corvina</i>      | 4,34                  | 1                   | Raro       |
| <i>Camptostoma obsoletum</i>   | 4,34                  | 1                   | Raro       |
| <i>Pheucticus chrysogaster</i> | 4,34                  | 1                   | Raro       |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

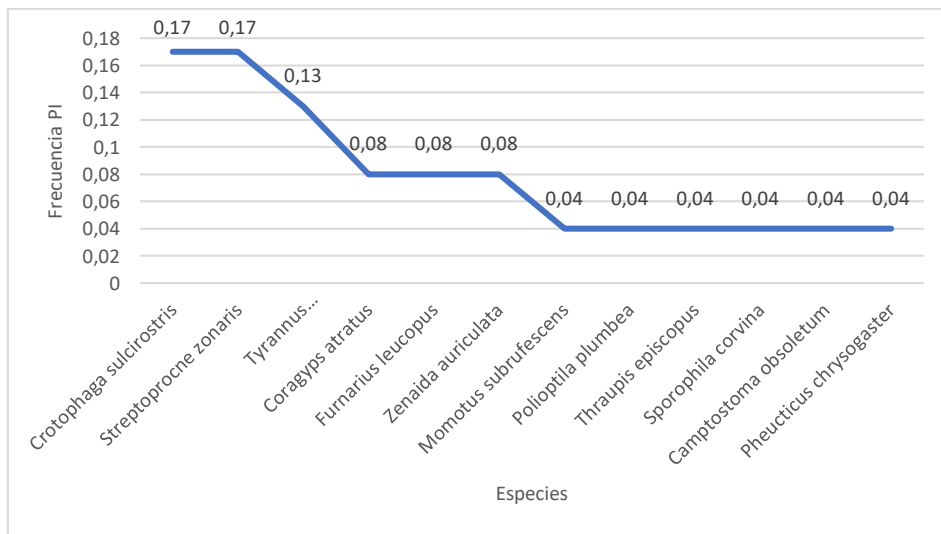
En referencia a la abundancia absoluta por órdenes, los Passeriformes fueron más abundantes 10 individuos, alcanzando el 43,47% de la abundancia total (23 individuos). Mientras tanto los Cuculiformes y Apodiformes registraron 4 individuos, alcanzando el 17,39% de la abundancia total. Los órdenes menos representativos fueron Columbiformes, Ciconiiformes con 2 individuos respectivamente, alcanzando el 8,69% y el orden Coraciiformes con 1 individuo representando el 4,34%.

A nivel de familias, Tyrannidae, Cuculidae y Apodidae con 4 individuos respectivamente, concentran el 17,39% de la abundancia total, seguida por las familias Cathartidae, Furnariidae, Thraupidae y Columbidae con 2 individuos respectivamente que incluyen el 8,69% de la abundancia total. Las familias menos representativas fueron Momotidae, Polioptilidae y Cardinalidae con 1 individuo respectivamente que congrega el 4,34% de la abundancia total.

La rareza indica que las especies Poco Comunes representan el 50% de los registros y las especies raras representan el otro 50%.

### Curva de Dominancia – Abundancia de Especies

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de las especies: *Crotophaga sulcirostris* representando un  $\pi_i=0,17$ , *Streptoprocne zonaris* con un  $\pi_i=0,17$ , *Tyrannus melancholicus* con  $\pi_i=0,13$ , *Coragyps atratus*, *Furnarius leucopus* y *Zenaida auriculata* con un  $\pi_i=0,08$  respectivamente. El resto de especies registradas no poseen una abundancia alta en comparación a las especies indicadas anteriormente, de esta manera convierte a las otras especies en poco representativas.



**Figura 3-16. Curva de Dominancia – Abundancia (Pi/Especies)**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.7.7.3 Diversidad Shannon – Wiener/Simpson

El análisis de la tabla siguiente indica que el índice de Shannon presenta un valor de 2,32. Una Equitatividad (J) de 0,93, indicando especies que comparten abundancias similares.

Simpson (1-D) determina 0,88, es decir la población de aves presenta una diversidad con tendencia a ser baja. En términos de Dominancia se registra 0,11; es decir se registran un bajo número de especies dominantes.

**Tabla 3-24. Índices de Diversidad**

| ÍNDICES                   | Valores |
|---------------------------|---------|
| Riqueza/Especies          | 12      |
| Abundancia/Individuos     | 23      |
| Dominance_D               | 0.1115  |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.8885  |
| Shannon_H/ Log Nat        | 2.329   |
| Equitability_J            | 0.9373  |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.7.7.4 Sector de muestreo cualitativo POH-01-CG

#### **Riqueza**

Es importante indicar que el sector de muestreo cualitativo fue ubicado en las áreas de influencia indirecta de la Planta de Beneficio. Los hábitats muestreados actualmente se encuentran altamente fragmentados con presiones antrópicas.

En el sectores de muestreo cualitativos POA-01-CG se registró 4 especies, 4 familias y 2 órdenes, que representa el 0,23% en relación de las 1736 aves catalogadas en el Ecuador (Freile J. F., 2024). En relación a las 546 especies reportadas para el Piso Subtropical Suroccidental (Albuja, et al., 2012) las 4 especies representan el 0,73%

**Tabla 3-25. Avifauna registrada en el POA-01-CG**

| Orden         | Familia     | Especie                       | Nombre Común       |
|---------------|-------------|-------------------------------|--------------------|
| Passeriformes | Furnariidae | <i>Furnarius leucopus</i>     | Hornero Patipálido |
| Passeriformes | Thraupidae  | <i>Thraupis episcopus</i>     | Tangara Azuleja    |
| Passeriformes | Tyrannidae  | <i>Tyrannus melancholicus</i> | Tirano Tropical    |
| Columbiformes | Columbidae  | <i>Zenaida auriculata</i>     | Tórtola orejuda    |

Elaborado por: Equipo Consultor, 2025. Nicho Trófico

El análisis del nicho trófico de las especies de aves, indica el registro de 6 gremios alimenticios. Los grupos alimenticios más representativos fueron: insectívoros con 6 especies representando el 50%, luego se ubican los frugívoros con 2 especies representando el 16,66%. Los grupos tróficos menos representativos fueron: Omnívoros, semilleros, carroñero y granívoros con una especie respectivamente, representando el 8,33%. En la tabla siguiente se enlista las especies de acuerdo con el gremio trófico:

**Tabla 3-26. Gremio trófico de las especies registradas**

| Familia        | Nombre científico              | Nombre Común        | Gremio Alimenticio |
|----------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|
| Momotidae      | <i>Momotus subrufescens</i>    | Momoto Gritón       | Om                 |
| Cathartidae    | <i>Coragyps atratus</i>        | Gallinazo negro     | Carñ               |
| Furnariidae    | <i>Furnarius leucopus</i>      | Hornero Patipálido  | In                 |
| Poliophtilidae | <i>Poliophtila plumbea</i>     | Perlita Tropical    | In                 |
| Thraupidae     | <i>Thraupis episcopus</i>      | Tangara Azuleja     | Se                 |
| Thraupidae     | <i>Sporophila corvina</i>      | Espiguero variable  | Fr                 |
| Tyrannidae     | <i>Tyrannus melancholicus</i>  | Tirano Tropical     | Ins                |
| Tyrannidae     | <i>Camptostoma obsoletum</i>   | Tiranolete Silbador | Ins                |
| Cardinalidae   | <i>Pheucticus chrysogaster</i> | Picogruas Ventrero  | Fr                 |

| Familia    | Nombre científico              | Nombre Común              | Gremio Alimenticio |
|------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Columbidae | <i>Zenaida auriculata</i>      | Tórtola orejuda           | Gr                 |
| Cuculidae  | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero Piquiestriado | Ins                |
| Apodidae   | <i>Streptoprocne zonalis</i>   | Vencejo Cuelliblanco      | Ins                |

**Nota:** Gremios ecológicos identificados: Insectívoros (In); frugívoros (Fr); semillero (Se); omnívoros (Om); granívoros (Gr); y carroñeros (Carr).

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.7.7.4.1 Estado de conservación

De acuerdo con las categorías de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2024) las 12 especies registradas se ubican en la categoría de Preocupación Menor (LC).

De acuerdo a la Lista Nacional de Aves del Ecuador (Freile et al. 2019) las 12 especies registradas se ubican en la categoría de Preocupación Menor (LC).

De acuerdo a la Lista Roja de las Aves del Ecuador (Freile et al. 2019) las 12 especies registradas no constan en ninguna categoría de conservación.

Mientras que de acuerdo con la Convención Internacional para el Tráfico de Especies de Flora y Fauna (CITES, 2024) las 12 especies registradas no se ubican en ningún Apéndice. En la tabla siguiente se enlistan las especies de aves registradas de acuerdo con el estatus de conservación:

**Tabla 3-27. Estado de conservación**

| Familia      | Especies                       | Nombre común              | CITES | UICN | Lista Nacional de Aves del Ecuador | Lista Roja de Aves del Ecuador |
|--------------|--------------------------------|---------------------------|-------|------|------------------------------------|--------------------------------|
| Momotidae    | <i>Momotus subrufescens</i>    | Momoto Gritón             |       | LC   | LC                                 |                                |
| Cathartidae  | <i>Coragyps atratus</i>        | Gallinazo negro           | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Furnariidae  | <i>Furnarius leucopus</i>      | Hornero Patipálido        | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Poliopitidae | <i>Poliopitila plumbea</i>     | Perlita Tropical          | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Thraupidae   | <i>Thraupis episcopus</i>      | Tangara Azuleja           | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Thraupidae   | <i>Sporophila corvina</i>      | Espiguero variable        | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Tyrannidae   | <i>Tyrannus melancholicus</i>  | Tirano Tropical           | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Tyrannidae   | <i>Camptostoma obsoletum</i>   | Tiranolete Silbador       | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Cardinalidae | <i>Pheucticus chrysogaster</i> | Picogrues Ventriero       | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Columbidae   | <i>Zenaida auriculata</i>      | Tórtola orejuda           | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Cuculidae    | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero Piquiestriado | -     | LC   | LC                                 | -                              |
| Apodidae     | <i>Streptoprocne zonalis</i>   | Vencejo Cuelliblanco      | -     | LC   | LC                                 | -                              |



|           |                             |               |   |    |    |   |
|-----------|-----------------------------|---------------|---|----|----|---|
| Momotidae | <i>Momotus subrufescens</i> | Momoto Gritón | - | LC | LC | - |
|-----------|-----------------------------|---------------|---|----|----|---|

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.7.7.4.2 Patrón de actividad

Los patrones de actividad se refieren a los períodos del día en los que la especie es activa y puede ser avistada, esta puede ser diurna (desde el momento de los primeros rayos solares, hasta el momento en que se oculta el sol). De acuerdo con este contexto las 12 especies registradas son diurnas.

En la tabla siguiente se enlistan las especies de acuerdo con el patrón de actividad:

**Tabla 3-28. Patrón de Actividad**

| Familia      | Especies                       | Nombre común              | Especies diurnas | Especies nocturnas |
|--------------|--------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|
| Momotidae    | <i>Momotus subrufescens</i>    | Momoto Gritón             | X                |                    |
| Cathartidae  | <i>Coragyps atratus</i>        | Gallinazo negro           | X                |                    |
| Furnariidae  | <i>Furnarius leucopus</i>      | Hornero Patipálido        | X                |                    |
| Poliptilidae | <i>Poliptila plumbea</i>       | Perlita Tropical          | X                |                    |
| Thraupidae   | <i>Thraupis episcopus</i>      | Tangara Azuleja           | X                |                    |
| Thraupidae   | <i>Sporophila corvina</i>      | Espiguero variable        | X                |                    |
| Tyrannidae   | <i>Tyrannus melancholicus</i>  | Tirano Tropical           | X                |                    |
| Tyrannidae   | <i>Camptostoma obsoletum</i>   | Tiranolete Silbador       | X                |                    |
| Cardinalidae | <i>Pheucticus chrysogaster</i> | Picogrues Ventriero       | X                |                    |
| Columbidae   | <i>Zenaida auriculata</i>      | Tórtola orejuda           | X                |                    |
| Cuculidae    | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero Piquiestriado | X                |                    |
| Apodidae     | <i>Streptoprocne zonaris</i>   | Vencejo Cuelliblanco      | X                |                    |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.7.7.4.3 Endemismo

En el presente estudio no se registró ninguna especie catalogada como endémica, las 12 especies son catalogadas como nativas, es decir son especies que a más de encontrarse en el Ecuador se encuentran en los países vecinos.

#### 3.2.7.7.4.4 Sensibilidad

En la tabla siguiente se enlistan las especies de acuerdo con las categorías de sensibilidad, misma que indica que las 12 aves registradas se ubican en la categoría de sensibilidad baja.

**Tabla 3-29. Sensibilidad de la avifauna**

| Familia     | Especies                    | Nombre Común       | Sensibilidad |
|-------------|-----------------------------|--------------------|--------------|
| Momotidae   | <i>Momotus subrufescens</i> | Momoto Gritón      | Baja         |
| Cathartidae | <i>Coragyps atratus</i>     | Gallinazo negro    | Baja         |
| Furnariidae | <i>Furnarius leucopus</i>   | Hornero Patipálido | Baja         |

| Familia      | Especies                       | Nombre Común              | Sensibilidad |
|--------------|--------------------------------|---------------------------|--------------|
| Poliopitidae | <i>Poliopitila plumbea</i>     | Perlita Tropical          | Baja         |
| Thraupidae   | <i>Thraupis episcopus</i>      | Tangara Azuleja           | Baja         |
| Thraupidae   | <i>Sporophila corvina</i>      | Espiguero variable        | Baja         |
| Tyrannidae   | <i>Tyrannus melancholicus</i>  | Tirano Tropical           | Baja         |
| Tyrannidae   | <i>Camptostoma obsoletum</i>   | Tiranoete Silbador        | Baja         |
| Cardinalidae | <i>Pheucticus chrysogaster</i> | Picogrues Ventriero       | Baja         |
| Columbidae   | <i>Zenaida auriculata</i>      | Tórtola orejuda           | Baja         |
| Cuculidae    | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero Piquiestriado | Baja         |
| Apodidae     | <i>Streptoprocne zonaris</i>   | Vencejo Cuelliblanco      | Baja         |
| Momotidae    | <i>Momotus subrufescens</i>    | Momoto Gritón             | Baja         |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.7.4.5 Distribución vertical de las especies

El análisis de la distribución vertical indica que el estrato arbustivo es el más utilizado por las aves con 5 especies representando el 41,66%, luego se encuentran los estratos dosel y Sotobosque-terrestre con 2 especies respectivamente representando el 16,66%. Los estratos menos representativos fueron estrato sotobosque-arbustivo, arbustivo-terrestre y dosel-sotobosque con 1 especie respectivamente representando el 8,33%.

En la tabla siguiente se enlistan las especies de acuerdo con la distribución vertical:

**Tabla 3-30. Distribución vertical de la avifauna**

| Familia      | Especies                       | Nombre Común              | Distribución Vertical |
|--------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Momotidae    | <i>Momotus subrufescens</i>    | Momoto Gritón             | Dosel-Sotobosque      |
| Cathartidae  | <i>Coragyps atratus</i>        | Gallinazo negro           | Dosel                 |
| Furnariidae  | <i>Furnarius leucopus</i>      | Hornero Patipálido        | Arbustivo-Terrestre   |
| Poliopitidae | <i>Poliopitila plumbea</i>     | Perlita Tropical          | Sotobosque-Arbustivo  |
| Thraupidae   | <i>Thraupis episcopus</i>      | Tangara Azuleja           | Arbustivo             |
| Thraupidae   | <i>Sporophila corvina</i>      | Espiguero variable        | Arbustivo             |
| Tyrannidae   | <i>Tyrannus melancholicus</i>  | Tirano Tropical           | Arbustivo             |
| Tyrannidae   | <i>Camptostoma obsoletum</i>   | Tiranoete Silbador        | Arbustivo             |
| Cardinalidae | <i>Pheucticus chrysogaster</i> | Picogrues Ventriero       | Arbustivo             |
| Columbidae   | <i>Zenaida auriculata</i>      | Tórtola orejuda           | Sotobosque-Terrestre  |
| Cuculidae    | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero Piquiestriado | Sotobosque-Terrestre  |
| Apodidae     | <i>Streptoprocne zonaris</i>   | Vencejo Cuelliblanco      | Dosel                 |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.7.4.6 Especies indicadoras

Las especies indicadoras de la buena calidad de hábitat son aquellas que cumplen con cuatro

características de acuerdo con Stotz et al 1996:

- Típicamente ocupan uno o muy pocos hábitats.
- Dentro de ese hábitat son relativamente comunes.
- Se pueden registrar con cierta facilidad.
- Muestran una alta sensibilidad a la alteración del hábitat.

De acuerdo con este contexto las 12 especies registradas no presentan características de aves indicadoras de buen estado de conservación. Mas bien estas especies se caracterizan por habitar áreas previamente fragmentadas, indicando que son especies colonizadoras de ambientes previamente alterados.

#### 3.2.7.4.7 Especies migratorias

El análisis de la migración indica el registro de 5 especies migratorias intertropicales, representando el 41,66% del total de las especies registradas

En la tabla siguiente se enlistan las especies de acuerdo a la migración:

**Tabla 3-31. Migración de la avifauna**

| Familia      | Especies                       | Nombre Común                 | Especies Migratorias |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Momotidae    | <i>Momotus subrufescens</i>    | Momoto Gritón                | No                   |
| Cathartidae  | <i>Coragyps atratus</i>        | Gallinazo negro              | Si                   |
| Furnariidae  | <i>Furnarius leucopus</i>      | Hornero Patipálido           | No                   |
| Poliopitidae | <i>Poliopitila plumbea</i>     | Perlita Tropical             | No                   |
| Thraupidae   | <i>Thraupis episcopus</i>      | Tangara Azuleja              | No                   |
| Thraupidae   | <i>Sporophila corvina</i>      | Espiguero variable           | No                   |
| Tyrannidae   | <i>Tyrannus melancholicus</i>  | Tirano Tropical              | Si                   |
| Tyrannidae   | <i>Camptostoma obsoletum</i>   | Tiranolete Silbador          | Si                   |
| Cardinalidae | <i>Pheucticus chrysogaster</i> | Picogruas Ventriero          | No                   |
| Columbidae   | <i>Zenaida auriculata</i>      | Tórtola orejuda              | SI                   |
| Cuculidae    | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero<br>Piquiestriado | No                   |
| Apodidae     | <i>Streptoprocne zonaris</i>   | Vencejo Cuelliblanco         | Si                   |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.7.4.8 Uso del recurso

De acuerdo con los comentarios de los trabajadores locales, las especies de aves registradas en los sitios de muestreo no son usadas en ninguna actividad económica o alimenticia.

#### 3.2.7.8 Discusión

La riqueza de aves registrada en el EIA del Mineraducto del Distrito Minero Zaruma – Portovelo 2015 (Cáceres F., 2015), registra 38 especies de aves en 7 sitios de observación con un esfuerzo de muestreo de 5 días. En este contexto el presente estudio registra 12 especies con un esfuerzo de muestreo de 3 días

en un transecto de 200 m. Es decir el presente estudio representa el 38,57% de las especies registras en el Mineraducto, con 3 días de muestreo y un solo sitio de observación. Esta información indica que el esfuerzo de muestreo y las metodologías usadas en el presente estudio fueron eficientes, aquello es corroborado por el análisis de Chao-1 que indica igual número de especies que son 12.

### 3.2.7.9 Conclusiones

- De acuerdo con los análisis de las fases de campo y de gabinete de la avifauna registrada en las áreas de influencia indirecta de la planta de beneficio, se pudo evidenciar que los hábitats se encuentran altamente fragmentados. Los impactos previos se encuentran asociados principalmente a la deforestación.
- Durante un período de muestreo de 3 días en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio, se registraron 12 especies, que, al relacionarle con las 1736 especies reportadas para el Ecuador, se obtiene un porcentaje de 0,23%.
- La curva de acumulación de especies con 3 días de muestreo y 3 sitios de muestreo indica una proyección de 12 especies en referencia a las 12 especies reportadas en el estudio. Estos datos indican que la curva de acumulación se ha estabilizado y que se han reportado prácticamente el 100% de las especies en ese período de muestreo. Sin embargo, no se descarta que al aumentar el esfuerzo de muestreo se pueda a incrementar la riqueza de aves.
- La similaridad que se obtuvo indican que las agrupaciones de los 3 sitios de muestreo alcanza menos del 50% de similaridad, es decir una baja similitud entre muestreos, adicionalmente hay pocas especies comunes que están compartiendo.
- En los muestreos cuantitativos y cualitativos se reportan 6 órdenes, donde los Passeriformes fueron los más representativos con 4 familias y 7 especies. El resto de órdenes estuvieron representados por 1 familia con 1 especie respectivamente.
- De acuerdo con el análisis de la sensibilidad de los hábitats locales y de las especies registradas, no existen sitios catalogados como de sensibilidad alta o media. Los sitios en un contexto general son catalogados como de sensibilidad baja, por la escasa vegetación nativa que hay y en su mayoría los sitios son abiertos, ocupados por remanentes de vegetación arbustiva-herbácea. En cuanto a las especies, las 12 aves registradas se ubican en la categoría de sensibilidad baja, son especies que se han adaptado eficientemente a la fragmentación de los hábitats y están conviviendo con las actividades antrópicas locales.
- El análisis del estado de conservación de las 12 especies registradas, indican que todas ellas se ubican en categoría de Preocupación Menor (LC) tanto para la UICN como para la Lista General de la Aves del Ecuador. En tanto, para la Lista Roja de las Aves del Ecuador, ninguna de las 12 especies se ubica en alguna categoría de amenaza. Para la CITES ninguna de las 12 especies se encuentran en algún Apéndice de conservación.

### 3.2.7.10 Recomendaciones

- La disminución de la cobertura vegetal que se observa en las áreas de influencia de la planta de beneficio, sin lugar a duda constituye un limitante para el establecimiento de poblaciones de especies de aves, tomado en consideración que las aves especialistas presentan requerimientos altos para su desarrollo. De allí que es de suma importancia incluir dentro del su plan de monitoreo bióticos, los muestreos del componente aves, con la finalidad de identificar qué factores estarían limitando la riqueza y el comportamiento de las aves locales.



### 3.2.8 Mastofauna

#### 3.2.8.1 Introducción

Varios estudios demuestran que la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales es la mayor amenaza para la conservación de la biodiversidad y constituye la causa principal para la extinción de las especies silvestres (Suárez, 1998). La disminución de hábitats disponibles afecta a todas las especies y aumenta la probabilidad de extinción por la disminución de sus tamaños poblacionales. En efecto, la pérdida o modificación del hábitat afecta cuanto menos a un 76% de las especies en peligro de extinción en el mundo (WCMC, 1992). La fragmentación de hábitats ocurre cuando una porción extensa y continua de un ecosistema es transformada y reducida en uno o varios parches naturales calados en una matriz de áreas disturbadas (Norse et al., 1986).

La fragmentación se origina por medio de dos procesos distintos pero complementarios, los cuales inciden en la pérdida de la diversidad biológica. El primero es la reducción de los hábitats disponibles en un ecosistema por actividades humanas, como la expansión de la frontera agrícola y la deforestación. El segundo proceso es el incremento en el aislamiento de los remanentes de los hábitats naturales hasta conformar una suerte de islas en una matriz modificada, creando barreras para dispersión de individuos entre los parches o fragmentos (Suárez, 1998).

La reducción del área disponible produce un deterioro de la calidad del hábitat disminuyendo los recursos disponibles para las especies asociadas a dicho hábitat, lo cual a su vez tiene una incidencia directa en la tasa de mortalidad de las poblaciones animales presentes, siendo este hecho más dramático en las especies raras o con densidades poblacionales bajas. La pérdida de hábitat también provoca que la superficie disponible en los parches naturales sea menor al área de vida de aquellas especies que poseen áreas de vida extensas, como los grandes mamíferos (Suárez, 1998).

Los mamíferos terrestres son a menudo usados como especies indicadoras de la calidad de hábitat ya que cumplen una función vital en los ecosistemas y las redes tróficas, al ser importantes depredadores y dispersores de semillas (Mathur et al., 2011). Además, son importantes ya que son presas de muchas otras especies carnívoras y aves de cacería (Tirira, 2007). Cambios observables en la estructura de sus comunidades indican una posible degradación del medio ambiente (mala calidad de hábitat, fragmentación, disturbios antrópicos, etc.) (Aquino et al., 2012).

Debido a su sensibilidad a las alteraciones del hábitat, principalmente aquellas causadas por actividades antrópicas, se sabe que los mamíferos se consideran indicadores del estado de conservación de los ecosistemas en los que se distribuyen (Ramírez-Pulido et al. 2005). Este taxón representa un papel importante en el ecosistema, ya que se consideran especies sombrilla de vertebrados e invertebrados, ya que protegen a otras especies asociadas al hábitat; tienen un rol preponderante en el ecosistema al ser dispersores de semillas, depredadores, polinizadores y participan en la cadena alimenticia en los eslabones de depredadores y presas (Stoner et al., 2007).

Sin embargo, la fauna de Mamíferos del Ecuador está amenazada. La pérdida y fragmentación de hábitats, la introducción de especies exóticas y la cacería indiscriminada son las causas de la reducción de las poblaciones de los mamíferos silvestres. A la fecha, 101 especies de mamíferos se han categorizado como amenazadas, lo que implica que una de cada cuatro especies de mamíferos del país se encuentra amenazada, haciendo del Ecuador el primer país de Latinoamérica y el segundo en el mundo en cuanto al número de especies amenazadas (Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V., Vallejo, A. F., 2023).

De acuerdo a lo indicado en los párrafos anteriores en el presente estudio se evalúa las poblaciones de mamíferos que se encuentran en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio.



### 3.2.8.2 *Objetivos*

- Analizar la riqueza, abundancia y diversidad de mamíferos en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).
- Determinar sitios sensibles para las poblaciones de mamíferos en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).

### Limitaciones

De acuerdo con el análisis de las Áreas de Influencia, las áreas donde opera la Planta de Beneficio carece de cobertura vegetal. En tanto en las áreas de influencia indirecta se observan hábitats fragmentados con escasa vegetación, misma que se encuentra en regeneración. Lo cual constituyó una gran limitante para el registro de especies del componente mamíferos.

### 3.2.8.3 *Sitios de muestreo*

**Sector de muestreo PMMR-01-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en un remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es irregular con pendientes moderadas. En los alrededores se observan sitios abiertos y el Río Calera.

**Sector de muestreo PMMT-02-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en un remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es irregular con pendientes moderadas. En los alrededores se observan sitios abiertos y una trocha que va a la captación de agua.

**Sector de muestreo PMMTO-03-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en un remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es irregular con pendientes moderadas. En los alrededores se observan sitios abiertos, una relavera abandona y una trocha a la toma de agua.

**Sector de muestreo POM-01-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en una franja de de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es plano. En los alrededores se observan la vía asfaltada a Piñas-Portovelo y terrenos de otras plantas de beneficio.

En las tablas siguientes se describe la información referente a la ubicación de los sectores de muestreo.

**Tabla 3-32. Sectores de muestreo cuantitativos y cualitativos Mastofauna**

| Código      | Fecha            | Coordenadas WGS-84 Zona 17S |         |         |         | Altitud (msnm) | Método                        | Hábitats  | Extensión unidada muestral | Tipo de muestreo |
|-------------|------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|----------------|-------------------------------|---|----------------------------|------------------|
|             |                  | Inicio                      |         | Fin     |         |                |                               |   |                            |                  |
|             |                  | X                           | Y       | X       | Y       |                |                               |   |                            |                  |
| PMMR-01-CG  | 15-16-17/03/2025 | 0651729                     | 9589153 | 0651766 | 9589064 | 612-618        | Transecto de redes de neblina | Remanente vegetación arbustiva-herbácea especies de árboles dispersos | 100                        | Cuantitativo     |
| PMMT-02-CG  | 15-16-17/03/2025 | 0651723                     | 9589017 | 0651683 | 9588842 | 605-620        | Transecto de trampas vivas    | Remanente vegetación arbustiva-herbácea especies de árboles dispersos | 180 m                      | Cuantitativo     |
| PMMTO-03-CG | 15-16-17/03/2025 | 0651728                     | 9589159 | 0651692 | 9588952 | 623-640        | Transecto de observación      | Remanente vegetación arbustiva-herbácea especies de árboles dispersos | 200                        | Cuantitativo     |
| POMP-01-CG  | 15-16-17/03/2025 | 0651870                     | 9589112 | 0651876 | 9588949 | 627-630        | Transecto de observación      | Franja de vegetación arbustiva-herbácea                               | 100                        | Cualitativo      |



|  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  | ea con<br>especie<br>s de<br>árboles<br>dispers<br>os |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|

Simbología: PMMR= Punto de muestreo de mamíferos con redes Cayo Gold, PMMT= Punto de muestreo de mamíferos con trampas Cayo Gold PMMTO= Punto de muestreo de aves con transecto de observación Cayo Gold, POM= Punto de observación de mamíferos Cayo Gold

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

#### 3.2.8.4 Metodología

La fase de campo se realizó combinando diversas técnicas para el estudio, asegurando de esta forma la obtención de datos tomando en cuenta las recomendaciones de Mena (1997) citado por Tirira (2007). Que incluyen en un contexto general de muestreos cuantitativos: transectos de redes de neblina para la captura de mamíferos voladores del orden Chiroptera (Murciélagos). Transectos de trampas vivas de dos tipos Sherman y Tomahawk. Transecto de recorrido o avistamientos, donde se busca cualquier evidencia de la presencia de mamíferos sean estos grandes o medianos. Complementariamente se utilizó la metodología cualitativa que consistió en recorridos de avistamientos de cualquier indicio de la presencia de mamíferos mediante transectos.

##### 3.2.8.4.1 Muestreos cuantitativos

Para el desarrollo de los muestreos cuantitativos se utilizaron redes de neblina, trampas vivas y recorridos de observación directa.

###### 3.2.8.4.1.1 Redes de neblina

La técnica utilizada para el estudio de murciélagos (verificación de la presencia o no de este grupo) se basó en empleo de redes de nylon tipo neblina de tamaño 12 x 2,50 m. Se ubicaron 7 redes, las mismas que fueron ubicadas a lo largo de un transecto de 100 m. Las redes fueron ubicadas en sitios considerados apropiados para el cruce de quirópteros (Kunz et al., 1996). Las redes permanecieron abiertas tres noches consecutivas en los sectores de muestreo cuantitativo y estuvieron abiertas entre las 18h00 y las 22h00.

###### 3.2.8.4.1.2 Captura con trampas vivas

Con la finalidad de verificar la presencia de mamíferos no voladores en las áreas de muestreo (principalmente roedores). Se ubicó 40 trampas Sherman y 20 trampas Tomahawk (captura viva) en 20 estaciones (dos trampas Sherman y una Tomahawk en cada estación). Las trampas permanecieron activadas durante tres días y tres noches y fueron revisadas una vez por día. Como cebo se utilizará aceite de hígado de bacalao y una mezcla de mantequilla de maní, atún y avena.

###### Transecto de avistamiento

Se empleó la técnica de observación directa para el registro de mamíferos medianos (principalmente esciúridos, diversos roedores y dasipódidos), enfocando el esfuerzo en los estratos y microhábitats adyacentes a los transectos de redes de neblina y trampas vivas. El avistamiento se realizó mediante el uso de binoculares y equipo fotográfico de largo alcance, siguiendo los protocolos de Suárez y Mena (1994). Las jornadas de observación se llevaron a cabo en el horario de 14:00 a 15:00, optimizando la detección de especies con picos de actividad vespertina

###### 3.2.8.4.1.3 Observación directa de huellas y otros rastros

Esta técnica se basó en recorridos por las áreas de influencia de la planta de beneficio para el registro de mamíferos medianos y grandes. El procedimiento consistió en buscar toda evidencia de la presencia de mamíferos, sean estas mediante huellas, madrigueras, heces dejadas por los mamíferos (Tirira, 2007). Todos los animales observados dentro de los transectos de estudio fueron registrados en una libreta de campo. Se tomará en cuenta el tipo de hábitat donde fue observada la especie (Suárez, y Mena, 1994). Los transectos de observación directa tuvieron una longitud de 200 m, donde se utilizó como herramientas principales GPS y cámara digital. Los horarios de muestreo fueron de 6h00 am a 10h00 am.

#### Entrevistas

En el caso de las entrevistas estas fueron realizadas a los trabajadores de la Planta de Beneficio, sin embargo, su apreciación de la presencia de especies silvestres tuvo grandes errores por el desconocimiento, confusión y especulación de la mastofauna del ecosistema local.

#### 3.2.8.4.1.4 Esfuerzo de muestreo

A continuación, se indica el esfuerzo de muestreo:

**Tabla 3-33. Esfuerzo de muestreos cualitativos y cuantitativos de la mastofauna**

| Código de Muestreo | Método  | Metodología  | Número de Redes, Trampas o transectos | Horas por Día | Número de Días | Horas/Total |
|--------------------|---|--------------|---------------------------------------|---------------|----------------|-------------|
| PMMR-01-CG         | Red de neblina  | Cuantitativo | 7                                     | 4             | 3              | 84          |
| PMMt-01-CG         | Trampas Sherman y Tomahawk  | Cuantitativo | 60                                    | 24            | 3              | 4.320       |
| PMMTO-02-CG        | Transecto de avistamiento   | Cuantitativo | 1                                     | 1             | 3              | 3           |
| POM-01-CG          | Transecto: Observación Directa/ Identificación de Huellas y Otros Rastros | Cualitativo  | 1                                     | 4             | 3              | 12          |
| Total              |   |              |                                       |               |                | 4,419       |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

#### 3.2.8.5 Análisis de la información

No se incluye ningún análisis tomando en consideración que no se registraron datos de la presencia de mamíferos, sean estos murciélagos (metodología de redes), roedores (trampas vivas), medianos y grandes (transecto de observación).

#### 3.2.8.6 Resultados

No se tuvo éxito de registro de mamíferos tanto en las áreas de influencia directa como indirecta, utilizando técnicas estandarizadas de trampas vivas, redes de neblina y observaciones directas. Con toda seguridad la falta de registros de mamíferos se deba básicamente a la falta de cobertura vegetal nativa en los sitios de muestreo, adicionalmente las constante presiones antrópicas vinculadas a las actividades inherentes de las actividades de las otras plantas de beneficio. Estos impactos previos han reducido las posibilidades de que mamíferos pueda establecerse en el sector. Otros impactos se asocian a la presencia de sistemas de trochas, caminos en las áreas de influencia indirecta, estas han sido implantadas para el ingreso a la toma de agua. La presencia también de un proceso de deforestación es otro factor en contra para la presencia de mamíferos.

### Discusión

De acuerdo a Galindo (2004), la transformación del ambiente natural debido a la destrucción y fragmentación del hábitat, trae severas consecuencias demográficas y genéticas en las poblaciones: reduce su tamaño y diversidad; se interrumpe el flujo genético al tiempo que se promueve la deriva génica; y aumenta la probabilidad de extinción local. En este contexto las áreas de influencia de la Planta

de Beneficio se encuentra altamente fragmentada, no existe vegetación continua, ni nativa, misma que se ha queda relegada en pequeños parches aislados uno de otros. Este fenómeno como indica Galindo genera la extinción local de la fauna, lo cual puede haber ocurrido en el sitio, donde no se registraron mamíferos, que pude deberse a que la vegetación remanente no es suficiente para mantener el rango de vida de mamíferos quienes por naturaleza requiere extensas áreas.

Saunders et al., (1991), en referencia al tamaño del fragmento, indica que mientras más pequeño sea el fragmento, mayor será la probabilidad de influencia de los factores externos. La dinámica de los pequeños fragmentos, probablemente será dirigida en su mayoría por factores externos más que internos. En referencia a lo antes mencionado, en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio la vegetación se encuentra fragmentada, y esta representada por remanentes pequeños, rodeados por sitios deforestados. Estos factores sin lugar a duda como indica Saunders influyen externamente por el efecto borde, lo cual determinaría que las poblaciones de mamíferos no estén presentes.

### 3.2.8.7 Conclusiones

- De acuerdo con Tellería y Santos (1999), los animales de mayor tamaño requieren de áreas más extensas que los mamíferos de menor tamaño. Los mamíferos carnívoros tienen más amplios rangos de terreno debido a que son cazadores, en relación los herbívoros, De esta manera, la reducción de los bosques provoca procesos de extinción local en cadena, comenzando por las especies forestales que presentan menor densidad poblacional por unidad de superficie. De acuerdo con este contexto las áreas de influencia de la Planta de Beneficio al encontrarse altamente fragmentadas y donde se han dado impactos previos como es el caso de la deforestación, expansión de áreas para ser ocupadas por Plantas de Beneficio, sistemas de trochas, colonización no planificada, entre otros factores. Al parecer ha determinado la migración de mamíferos medianos y grandes a otros sitios. En el caso de mamíferos pequeños tanto voladores como terrestres al no contar con una cobertura vegetal que les brinde alimento, refugio, sitios para reproducirse se han visto mermados en sus poblaciones.
- El análisis de trabajo de campo y de gabinete de la mastofauna, indica la presencia de hábitats fragmentados con pérdidas evidentes de sitios para los mamíferos. En estos hábitats fragmentados no se registraron especies de mamíferos especialistas, tampoco de especies generalistas.
- Se aplicaron como técnicas metodológicas redes de neblina, trampas de captura vivas y observaciones directas. La técnica de trampas y redes de neblina no tuvo éxito de captura recaptura. Tampoco tuvo éxito la técnica de muestreo de observación directa.

### 3.2.8.8 Recomendaciones

- Es importante realizar un programa de reforestación en las áreas de influencia de la planta de beneficio, con la finalidad de que en un futuro los mamíferos nativos puedan regresar y colonizar nuevamente lo hábitats locales.

## 3.2.9 Herpetofauna

### 3.2.9.1 Introducción

Desde hace muchos años la fragmentación de hábitat ha afectado la biodiversidad a escala mundial (Sala, 2000); por esta razón ocupa un gran espacio en la investigación como parte de la rama de Biología de la Conservación (Fazey, Fischer, y Lindenmayer, 2005); que denomina a la fragmentación del hábitat como el proceso en el cual un área extensa y continua de hábitat es reducida y dividida en dos o más fragmentos (Wilcove y Dobson, 1986); comprendiendo así procesos de transformación del paisaje como: el constante



quebrantamiento de los fragmentos que causa descensos directos en las comunidades de animales porque incrementa su pérdida de especies y ecosistemas, como consecuencia ocasiona destrucción demográfica (Turner, 1996); el constante alejamiento de los micro hábitats provoca una reducción indirecta en las comunidades de animales y el efecto de borde, que causa el aumento en tamaño de los fragmentos; altera los ciclos biogeoquímicos de los animales que habitan en estos (Murcia, 1995).

Se dice que ha ocurrido fragmentación de hábitat cuando los ecosistemas naturales han sido intervenidos para en ellos efectuar actividades como: la reorientación del curso de un río, drenar un humedal, crear nuevas carreteras, elaborar represas, deforestar bosques, entre otros (El Roro, 2010).

Entre las actividades humanas que también causan la fragmentación son: la extracción de madera, expansión crecimiento de fronteras agrícolas, creación de vías, crecimiento de centros urbanos, desbordamientos de petróleo, construcción de camaroneras perjudicando manglares y estuarios (El Roro, 2010).

Según Wind (citado por Yánez y Estupiñan, 2016), en los anfibios y reptiles la fragmentación contribuye a la reducción de sus poblaciones y muchas veces hacia una extinción inminente, debido a que los anfibios no son capaces de moverse a través de hábitats o migrar con facilidad, lo que los transforma en más susceptibles a la desecación y, por tanto, más vulnerables.

En consecuencia, de lo expuesto anteriormente, podemos decir que cuando un hábitat se fragmenta; muchas especies de anfibios, reptiles, aves, mamíferos e insectos del interior del bosque no cruzarán las distancias que separan los fragmentos, aunque éstas sean cortas, ya que al atravesarlas se exponen a depredadores (Santos y Telleria, 1994).

El grupo herpetofauna es esencial dentro de los ecosistemas porque el mismo es parte de las cadenas tróficas, es decir, desempeñan el papel de cazador y presa. Son considerados buenos bioindicadores de la calidad del hábitat, en el caso de los reptiles, por su tipo de piel, presentan una resistencia ante cambios climáticos, sin embargo, al ser animales ectotermos, dependen directamente de la temperatura ambiental externa para mantener la de su cuerpo y, al existir cambios bruscos en las condiciones climáticas, sus poblaciones pueden desaparecer. En el caso de los anfibios, su capacidad innata para respirar a través de su piel desnuda, los hace sensibles a cambios en el ambiente (aumento de temperatura, contaminación, enfermedades, entre otros) (Valencia y Garzón, 2011).

De acuerdo al contexto anterior, las áreas donde se realizó el presente estudio de anfibios y reptiles presentan hábitats muy fragmentados, con presencia únicamente de pequeños remanentes de vegetación arbustiva-herbácea, sitios abiertos por la deforestación y trochas abiertas, entre las principales. En estos ambientes las poblaciones de herpetofauna son escasas, y son especies generalista o colonizadoras de sitios abiertos (originados por impactos antrópicos).

### 3.2.9.2 *Objetivos*

- Caracterizar el componente herpetofauna (anfibios y reptiles) en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443)
- Determinar áreas ecológicamente sensibles desde el punto de vista de la herpetofauna en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).

### **Limitaciones**

De acuerdo con el análisis de las Áreas de Influencia, las áreas donde opera la Planta de Beneficio carece de cobertura vegetal. En tanto en las áreas de influencia indirecta se observan hábitats fragmentados con escasa vegetación, misma que se encuentra en regeneración. Lo cual constituyó una gran limitante para el registro de especies del componente herpetofauna (anfibios y reptiles).

### 3.2.9.3 Descripción Sitios De Muestreo

Para el estudio de la herpetofauna (anfibios y reptiles), se establecieron tres transectos de muestreo: dos con un enfoque cuantitativo y uno de carácter cualitativo. A continuación, se detallan las características ecológicas de cada uno:

**Sector de muestreo PMH-01-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en un remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, el relieve es relativamente plana. En los alrededores se observan sitios abiertos, relavera abandona y el Río Calera.

**Sector de muestreo PMH-02-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en una franja de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es relativamente plano. En los alrededores se observan el Río Calera y la planta de beneficio Caya Gold.

**Sector de muestreo POH-01-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en una franja de de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es plano. En los alrededores se observan la vía asfaltada a Piñas-Portovelo y terrenos de otras plantas de beneficio.

En las tablas siguientes se indican los transectos de muestreos:

**Tabla 3-34. Sectores de muestreo cuantitativos y cualitativos Herpetofauna**

| Código    | Fecha            | Coordenadas WGS-84 Zona 17S |         |         |         | Altitud (msn m) | Días | Horario     | Método  | Extensión unid. de muest. ral | Tipo de muestreo |
|-----------|------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|-----------------|------|-------------|---|-------------------------------|------------------|
|           |                  | Inicio                      |         | Fin     |         |                 |      |             |   |                               |                  |
|           |                  | X                           | Y       | X       | Y       |                 |      |             |   |                               |                  |
| PMH-01-CG | 15-16-17/03/2025 | 0651754                     | 9589056 | 0651812 | 9588913 | 580-621         | 3    | 18h30-20h30 | Transecto de Registro de Encuentros Visuales. | 150 m                         | Cuantitativo     |
| PMH-02-CG |                  | 0651773                     | 9589148 | 0651835 | 9589062 | 624-622         | 3    | 21h00-23h00 | Transecto de Registro de Encuentros Visuales. | 100 m                         | Cuantitativo     |
| POH-01-CG |                  | 0651870                     | 9589112 | 0651876 | 9588949 | 627-630         | 1    | 11h00-12h00 | Relevamiento por encuentros visuales          | 100 m                         | Cualitativo      |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.4 Metodología

Los transectos lineales son considerados como las técnicas más eficaces para estudiar densidades poblacionales de reptiles y anfibios en diferentes pisos altitudinales y en diferentes tipos de hábitats

(Jaeger e Inger, 1994), logrando un alto éxito de observaciones de especies en función del esfuerzo de muestreo invertido.

Los transectos terrestres son efectivos en el estudio de ranas terrestres y arbóreas dentro de bosques maduros (Pearman et al., 1995) y a lo largo de riachuelos en zonas neotropicales. Con estos antecedentes se indica a continuación los métodos usados.

#### 3.2.9.4.1 Muestreos cuantitativos

Para el desarrollo de los muestreos cuantitativos se utilizó la siguiente metodología.

##### 3.2.9.4.1.1 Transectos de registro de encuentros visuales (TREV)

Esta técnica de muestreo se basa en el manual para el monitoreo de anfibios en Latinoamérica (Lips, 1999), así como la edición del libro Métodos estandarizados para anfibios (Heyer et al., 1994, Lips et al. 2001). De esta manera se aplicó la técnica de Transectos de Registros de Encuentros Visuales (TREV); este método consistió en la delimitación de bandas longitudinales, los mismos que fueron ubicados en las áreas de influencia de la planta de beneficio. Para el presente estudio se utilizaron dos transectos lineales de 100 m y 150 m con una banda de muestreo de dos metros a cada lado. Con esta técnica de transectos se asegura en menor tiempo un mayor número de microhábitats recorridos en el sitio de estudio. (Heyer et al, 1994).

En cada transecto de monitoreo se buscaron minuciosamente anfibios y reptiles entre la vegetación, bajo troncos caídos, hojarasca, bajo piedras, ramas, arbustos, entre los principales sustratos donde la herpetofauna puede esconderse (Lisp et al. 2001, Angulo et al 2006). La implementación de estos transectos permitió el registro efectivo de especies, abundancias relativas y densidad a través de gradientes altitudinales y en diferentes tipos de hábitats (Heyer, 1994).

#### Manejo de Especímenes

Con la finalidad de evitar una sobre estimación del número de individuos registrados en las capturas, los especímenes fueron ubicados en funda de plástico (anfibios) y fundas de tela (reptiles), para luego de ser identificados, tabulados y fotografiados, se los ubicó a una distancia de 50 m alrededor del transecto. De esta manera se evitó una sobre estimación en el número de individuos.

##### 3.2.9.4.2 . Transecto de Franja Auditiva (TFA)

Simultáneamente en las áreas de los transectos de registros de encuentros visuales, se empleó la técnica de Transectos de Franjas Auditivas (Zimmerman, 1994), que identifica y cuantifica el número de machos vocalizando a lo largo de un transecto. Las ranas que vocalizan a una distancia de hasta 50 metros, pueden identificarse mediante sus vocalizaciones, aunque la lluvia atenúa las distancias de detección, especialmente para vocalizaciones de alta frecuencia (Zimmerman 1994). Bishop (1994) sugiere un rango subjetivo de abundancia que se indica a continuación:

- 1 Para un individuo macho
- 2 Para un coro de 2-5 machos
- 3 Para un coro de 6-10 machos>
- 4 Para coros de >10 machos

La identificación de los cantos de los anfibios fue mediante la guía de cantos de la página AmphibiaWebEcuador (Ron et al., 2022).

### 3.2.9.4.3 Muestréos Cualitativos

Para los muestréos cualitativos se utilizó la siguiente metodología

#### 3.2.9.4.3.1 Relevamiento por encuentros visuales (REV)

Para los muestréos cualitativos o denominados de observación se mantuvo la metodología de transectos, denominados Transectos de Relevamientos de Encuentros Visuales (Crump y Scoot, 1994), pero con una longitud de 100 m por 2 metros de amplitud a cada lado. Esta técnica es apropiada para estudios de anfibios y reptiles de hábitos fosoriales u ocultos. El procedimiento para el muestreo con esta metodología consiste en caminar a través de un área determinada o hábitat por un período de tiempo predeterminado buscando anfibios y reptiles de modo sistemático, en microhábitats, como son: hojarasca, troncos caídos, raíces, entre los principales sustratos.

Las identificaciones fueron mediante la experiencia del investigador y apoyadas con bibliografía especializada en anfibios (Ron et al., 2024) y reptiles (Torres et al., 2024).

En el caso de los cantos de la anurofauna, esta fue identificada mediante la base de cantos que están incluidas en el portal Anfibios del Ecuador que forma parte de la enciclopedia virtual BOWEB (Ron, et al., 2024).

#### 3.2.9.4.3.2 Esfuerzo de muestreo

A continuación, se indica el esfuerzo de muestreo:

**Tabla 3-35. Esfuerzo de muestréos cualitativos de la herpetofauna**

| Código de Muestreo | Método   | Metodología  | Número de Transectos | Horas por Día | Número de Días | Horas/Total |
|--------------------|--|--------------|----------------------|---------------|----------------|-------------|
| PMH-01-CG          | Transectos de Registros de Encuentros Visuales | Cuantitativo | 1                    | 2             | 3              | 6           |
| PMH-02-CG          | Transectos de Registros de Encuentros Visuales | Cuantitativo | 1                    | 2             | 3              | 6           |
| POH-01-CG          | Relevamiento por encuentros visual             | Cualitativo  | 1                    | 1             | 1              | 1           |
| Total              |  |              |                      |               |                | 13          |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

### 3.2.9.5 Análisis de la información

#### 3.2.9.5.1 Riqueza de especies (S)

El término riqueza se refiere al número neto de especies presentes dentro de una comunidad; es decir se estima utilizando el número de especies dividido para el número de registros encontrados (Villareal et al., 2004).

#### 3.2.9.5.2 Abundancia absoluta

La abundancia se define como el número de individuos hallado para cada especie registrada dentro de una unidad de muestreo, es decir es el número total de individuos registrados en el área de muestreo (Yáñez, 2014).

### 3.2.9.5.3 Abundancia relativa

Es la proporción de individuos de una especie en relación al número total de individuos de la muestra puede ser presentado en forma de frecuencia o en porcentaje. Estos datos sirven para construir el gráfico de rango/abundancia (Magurran, 1988).

#### Categorías de abundancia para la herpetofauna

Las categorías fueron determinadas mediante los registros de todos los organismos, siguiendo los criterios empleados por Hernandez-G, (1988) en (Valdespino Torres, 1998) éstas fueron:

Rara: 1 o 2 ejemplares

Común: 3 a 5 ejemplares

Abundante: 6-10 ejemplares.

Dominante: Más de 10 ejemplares.

### 3.2.9.5.4 Curva de rango-abundancia

También llamada curva de abundancia, curva de dominancia/diversidad, Curva de rango/abundancia, Curva de abundancia relativa o Curva de Whittaker.

Las especies están graficadas en secuencia desde la más abundante hasta la menos abundante a lo largo de la horizontal (o eje x). Por lo general, sus abundancias se muestran en formato log<sub>10</sub> (en el eje y), de modo que las especies cuyas abundancias abarcan varios órdenes de magnitud se pueden acomodar fácilmente en el mismo gráfico. Además, y con el fin de facilitar la comparación entre diferentes conjuntos de datos o ensamblajes, a menudo se utilizan abundancias proporcionales o porcentuales. Esto simplemente significa que la abundancia de todas las especies juntas se designa como 1.0 o 100% y que la abundancia relativa de cada especie se expresa como proporción o porcentaje del total (Magurran, 2004).

La forma de la gráfica de rango/abundancia se usa a menudo para inferir qué modelo de abundancia de especies describe mejor los datos. Las curvas con pendientes empinadas significan ensamblajes con alta dominancia, como las que se pueden encontrar en una distribución geométrica o de series logarítmicas, mientras que las pendientes menos profundas implican una uniformidad más alta consistente con un modelo logarítmico normal o incluso con un modelo de palo roto. Sin embargo, las curvas de los diferentes modelos rara vez se han ajustado formalmente a los datos empíricos.

### 3.2.9.5.5 Curva de Acumulación de Especies

La curva de acumulación sirve para conocer la tendencia de crecimiento de la diversidad de las especies registradas en una zona de estudio, con lo cual se puede inferir el número de especies esperadas a partir de un muestreo (Moreno, 2001; Escalante, 2003; Álvarez, 2006).

Esta curva muestra cómo se acumula el número de especies en función del número de muestras colectadas en una localidad; de tal manera que la riqueza aumentará hasta llegar a un momento en el cual por más que se recolecta, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota. Esta curva también permite estimar la eficiencia del muestreo realizado (Escalante, 2003).

Mediante una correcta interpretación de la curva de acumulación se puede:

- Verificar la fiabilidad del estudio y su análisis,

- Determinar la proporción de la herpetofauna conocida hasta el momento, y
- Extrapolar el número de especies que han sido registradas para estimar el número total de especies presentes en cada localidad (Escalante, 2003).

La curva general de acumulación se la realizó en el software Estimates (Colwell, 2013) y para las curvas de cada punto cuantitativo mediante el software software Past 4.05 (Hammer et al., 2001).

#### 3.2.9.5.6 Estimador Chao 1

Este índice Chao busca estimar el número total de especies dentro de una zona determinada en base a la abundancia de las especies raras (Chao, 1984). Es decir, el número de especies esperadas en relación con el número de especies únicas (representadas por un solo individuo en la muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen representadas por dos individuos en la muestra). Por lo tanto, es necesario conocer los datos obtenidos en relación con el número de especies que pertenecen a una determinada categoría de abundancia en una muestra dada (Escalante, 2003). Se entiende como muestra cualquier lista de especies en: un sitio, localidad, cuadrante, país, unidad de tiempo o cualquier otro espacio geográfico delimitado (Escalante, 2003).

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{Chao 1} = S + a^2 / 2b$$

Donde:

S = Número de especies de la muestra.

a = Número de especies representadas solo por un único individuo en la muestra.

b = Número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra

Para calcular es estimador Chao 1, se utilizó el software software Past 4.05 (Hammer et al., 2001).

#### 3.2.9.5.7 Índice de diversidad de GINI simpson

Este índice está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988). Debido a que este valor es inverso a la equidad, la diversidad alfa se puede calcular como  $1 - D$  (Moreno C. E., Manuales y Tesis SEA, Métodos para medir la biodiversidad, 2001). Por lo tanto, mientras más se acerca el valor a 1, mayor será la diversidad (Magurran, 1988). Por lo cual la fórmula quedaría:

$$1 - D = 1 - \sum Pi^2$$

#### 3.2.9.5.8 Índice de diversidad de shannon-wiener

Para evaluar la diversidad en los puntos de muestreos, se utilizó el Índice de Shannon-Wiener; este índice fue desarrollado para medir la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Asume que todas las especies están representadas en las muestras; indica que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreada (Villarreal, y otros, 2004) . El cómputo de este índice fue realizado en el programa PAST.

Simbología:

Pi: ni/N abundancia relativa por especie

In: Logaritmo natural

### 3.2.9.5.9 Índice de similitud

Los índices de similitud expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1988). Estos índices pueden obtenerse en base a datos cualitativos o cuantitativos directamente o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades (Moreno, 2001). Se analizó la composición de la herpetofauna entre los sectores de monitoreo mediante el coeficiente de Similitud Jaccard.

### 3.2.9.5.10 Índice de Jaccard (JI)

El rango de este índice va desde cero (0), cuando no hay especies compartidas, hasta uno (1), cuando los dos sitios comparados participan con las mismas especies (Moreno, 2001). También relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas y mide las diferencias en la presencia o ausencia de especies (Álvarez et al., 2006).

Dónde:  $J_i$  es el índice de similitud de Jaccard,  $a$  es el número de especies para la muestra 1,  $b$  es el número de especies para la muestra 2 y  $c$  es el número de especies compartidas entre la muestra 1 y 2.

El coeficiente de similitud de Jaccard y los resultados de este se los representó en diagramas de conglomerados o clúster mediante el uso del *software Past 4.05* (Hammer et al., 2001).

### 3.2.9.5.11 Aspectos ecológicos

#### 3.2.9.5.11.1 Nicho trófico

Los anfibios y reptiles muestran un sinfín de preferencias alimenticias, por ejemplo: las ranas, salamandras y cecilias, son especialistas de pequeños invertebrados, algunas ranas son especialistas en su dieta como son las diurnas que tienen preferencia por las hormigas y las nocturnas que tienen dietas de insectos en general. Por su lado, los reptiles en su mayoría se alimentan de presas más grandes como son: pequeños mamíferos, aves, anfibios o pequeños reptiles (Duellman, 1978; Valencia et al., 2008; Ron et al., 2024; Torres-Carvajal et al., 2024). El nicho trófico de cada especie corresponde a información analizada en (Duellman, 1978); (Menéndez, 2001); (Vitt & De la Torre, 1994)

Se utilizó la siguiente clasificación:

- Insectívoros Generalistas
- Insectívoros especialistas
- Omnívoro
- Herbívoro
- Carnívoro

#### 3.2.9.5.11.2 Hábito

Para determinar los patrones de actividad se usaron las fuentes bibliográficas de Guía de Campo de Anfibios del Ecuador (Valencia et al., 2008)

Los anfibios y reptiles de acuerdo con su actividad diaria se clasificaron en:

- Diurno

- Nocturno
- Diurno-nocturno

#### 3.2.9.5.11.3 Modos reproductivos

Los anfibios presentan el mayor número de modos reproductivos en la naturaleza, que incluyen una mezcla de posición, sitio de la puesta, características de los huevos y duración del desarrollo. Se distinguen desde huevos hasta larvas acuáticas, además de pequeños individuos con características similares a sus padres, para ello se utilizó la clasificación propuesta por Duellman y Trueb (1994), quienes identificaron 29 modos reproductivos en las ranas y sapos (Crump, 1974; Duellman, 1978; Duellman y Trueb, 1994).

Para los reptiles, los modos reproductivos se fundamentan en las publicaciones realizadas por Pérez-Santos y Moreno (1991), Torres-Carvajal et al., (2024). Para los reptiles ecuatorianos se registran tres modos reproductivos: ovíparos, vivíparos y ovovivíparos. Dentro de los ovíparos también se registra el cuidado parental para el caso de ciertos vipéridos, razón por la cual se la incluye como modo de reproducción.).

Adicionalmente los modos reproductivos de anfibios y reptiles fueron determinados mediante las fuentes literarias de la Guía de Campo de Anfibios del Ecuador (Valencia, 2008) y Guía de Campo de Reptiles del Ecuador (Valencia, 2008)

#### 3.2.9.5.11.4 Distribución vertical

Para determinar la distribución vertical se usaron las fuentes bibliográficas de la Guía de Campo de Anfibios del Ecuador (Valencia, 2008).

En cuanto a la observación y registro de la herpetofauna en el área de monitoreo, se especifica su ubicación en función de la estratificación vertical del bosque, de acuerdo con la siguiente clasificación:

- Suelo
- Arbóreos
- Arbustivos
- Arbóreo-Arbustivo
- Acuáticas

#### 3.2.9.5.11.5 Especies indicadoras

Para el criterio de especies indicadoras de anfibios y reptiles se tiene limitantes el momento de la aplicabilidad en los EIAS y muestreos en el área ambiental, considerando que se tendría que realizar estudios de bioacumulación, obtención de muestras de tejidos, estudios a largo plazo de larvas en estadios tempranos, entre otros requerimientos. Por lo cual se utilizó el criterio de Tolerancia a los Entornos Modificados por el Ser Humano indicado por Liu, S., Dong, Y., Deng, L., Liu, L., Zhao, H. y Dong, S. (2014)). Quien hace referencia a que las especies generalistas que son las que mejor se adaptan a los entornos humanos y de este modo se puede inferir en actividades como la fragmentación o pérdida de cobertura vegetal y sus implicaciones en el aumento de especies generalistas y disminución de especies especialistas.

De esta manera para el presente muestreo se utilizó a las especies ubicadas en la categoría de Preocupación Menor (LC) y de Tendencia Poblacional Creciente y Estable de acuerdo a la (IUCN, 2024) para determinar especies indicadoras.

### 3.2.9.5.11.6 Especies sensibles

Para determinar la sensibilidad de la herpetofauna (anfibios y reptiles) se siguió los lineamientos establecidos en el Acuerdo Ministerial N° MAATE-2022-122 (MAATE, 2022), sección 4.7.2 Sensibilidad Biótica/Tabla referente a Criterios para determinar sensibilidad biótica.

La matriz permitió obtener datos para la calificación de la sensibilidad de anfibios y reptiles, tomando en consideración: categorías de la UICN, CITES, Libros Rojos, importancia y especie indicadoras.

**Tabla 3-36. Criterios para Determinar Sensibilidad**

| Niveles  | Aspectos a ser consideradas                    | Categorías   | Estatus |
|--|--|--|---------|
| Especies   | Especies en categorías de amenaza-UICN         | En peligro crítico                                       | Alto    |
|  |  | En peligro   | Alto    |
|  |  | Vulnerable   | Medio   |
|  |  | Casi amenazado   | Medio   |
|  |  | Preocupación Menor                                       | Bajo    |
|  |  | Datos Insuficientes                                      | Bajo    |
|  |  | No Evaluado  | Bajo    |
|  | Especies en categorías de amenaza-Libros Rojos | En peligro crítico                                       | Alto    |
|  |  | En peligro   | Alto    |
|  |  | Vulnerable   | Alto    |
|  |  | Casi amenazado   | Mediano |
|  |  | Preocupación Menor                                       | Bajo    |
|  |  | Datos Insuficientes                                      | Bajo    |
|  |  | No Evaluado  | Bajo    |
|  | Especies en categorías de amenaza-CITES        | Apéndice I   | Alto    |
|  |  | Apéndice II  | Medio   |
|  |  | Apéndice III   | Bajo    |
|  | Especies de importancia                        | Especies endémicas                                       | Alto    |
|  |  | Especies migratorias                                     | Alto    |
|  |  | Especies "bandera" o paraguas                            | Medio   |
|  | Especies Indicadoras                           | Especies indicadoras de buen estado de conservación Alto | Alto    |
| Especies indicadoras de mal estado de conservación |  | Bajo   |         |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Fuente: MAATE, 2022.

Posteriormente a la obtención de los datos para la categorización de la sensibilidad se usó la calificación propuesta por (Domus Consultoría Ambiental SAC, 2009), que indica lo siguiente: Las especies de alta sensibilidad son aquellas que tienen un puntaje mayor o igual a 11. La sensibilidad media corresponde a las especies con un puntaje entre 6 a 10, las especies con un puntaje entre 1 y 5 son categorizadas como especies de baja sensibilidad y aquellas con un puntaje de cero son consideradas como no sensibles.

**Tabla 3-37. Calificación para Determinar Sensibilidad**

| CRITERIOS               |  | DESCRIPCIÓN         |   | PUNTUACIÓN         |
|-------------------------|--|---------------------|---|--------------------|
| Estatus de protección   | Nivel de protección que puede recaer en una especie, definido por la categorización de especies amenazadas internacionalmente (UICN) y nacional (Libro Rojo) | Nivel de protección | Estatus de protección más alto (6)  | 6                  |
|                         |  |                     | Estatus de protección medio   | 2                  |
|                         |  |                     | Estatus de protección más bajo (cero) con las especies sin estatus de protección  | 0                  |
| Distribución geográfica | El criterio de distribución geográfica se define en tres niveles, los que están referidos al rango de distribución que presenta cada una de las especies     | Local               | Endemismo local   | 5                  |
|                         |  | Regional            | Distribución en Sudamérica  | 2                  |
|                         |  | Amplia              | Ampliamente distribuida   | 0                  |
| Uso local               | Se define también en tres niveles: Uso permanente, uso estacional y especies sin uso.  | Permanente          | Usada durante todo el año o frecuentemente  | 2                  |
|                         |  | Estacional          | Usado estacionalmente o solo ocasionalmente   | 1                  |
|                         |  | Ninguno             | No usada, o muy raramente usada   | 0                  |
| Movilidad               | El criterio de movilidad está relacionado con la habilidad del organismo para moverse o huir (escapar) a consecuencia de un disturbio en su hábitat natural  | Inmóvil             | Animales pequeños con una limitada habilidad para huir desde sus zonas de refugios (Reptiles, anfibios y mamíferos pequeños) y plantas. | 2 Fauna<br>1 Flora |
|                         |  | Móvil               | En el caso de aves y mamíferos grandes, como los felinos y camélidos, que pueden escapar fácilmente de los lugares perturbados.         | 0                  |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.5.11.7 Especies endémicas

Las especies endémicas se caracterizan por habitar en sitios determinado, las especies endémicas puede ser endémica de un continente, un país, una región o un ecosistema. Para determinar el endemismo de

anfibios y reptiles ecuatorianos se usó la información de (Ron, Merino-Viteri, & Ortiz, 2024), Anfibios del Ecuador y (Torres-Carvajal, Pazmiño-Otamendi, & Salazar-Valenzuela, 2019), Reptiles del Ecuador. Adicionalmente se revisó la sección Distribución Geográfica de la (UICN., 2024), Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2024-1, para verificar el endemismo de las especies.

#### 3.2.9.5.11.8 Estado de conservación

Para determinar el Estado de Conservación de anfibios y reptiles ecuatorianos se usó la información de (Ron, Merino-Viteri, & Ortiz, 2024), Anfibios del Ecuador y (Torres-Carvajal, Pazmiño-Otamendi, & Salazar-Valenzuela, 2024), Reptiles del Ecuador. Adicionalmente se revisó la sección Grupo de especialistas en anfibios de la CSE de la (UICN, 2024), Lista Roja de Especies Amenazadas de la (UICN, 2024), para verificar el estado de conservación de las especies. Complementariamente se revisó Lista Roja Nacional de Anfibios de Ecuador (Ortega-Andrade, et al., 2020) y Lista Roja de los Reptiles del Ecuador (Carrillo, y otros, 2005). Las categorías de conservación son:

- En peligro crítico (CR). Cuando la especie enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro cercano.
- En peligro (EN). Cuando la especie enfrenta un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre en el futuro cercano.
- Vulnerable (VU). Cuando la especie enfrenta un riesgo alto de extinción en estado silvestre en el futuro cercano.
- Casi amenazada (NT). Cuando la especie está cerca de calificar o es probable que califique para una categoría de amenaza en el futuro próximo.
- Datos insuficientes (DD). Cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación de su estado de conservación; sin embargo, no es una categoría de amenaza. Indica que se requiere más información sobre esta especie.
- Preocupación menor (LC). Para especies comunes y de amplia distribución.
- No evaluada (NE). Para especies que no han sido sometidas a los parámetros de evaluación según los criterios de la UICN, principalmente por falta de información o por omisión. Su estado de conservación puede ser cualquiera de los anteriormente mencionados.
- No Aplicable (NA). Para especies introducidas

#### Convención Internacional de Tráfico de Especies de Flora y Fauna (CITES)

Se adjunta información referente a las especies de anfibios y reptiles protegidas para la convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas (CITES, 2024). Las categorías que utiliza CITES son:

- Apéndice I. Para especies en peligro de extinción. Existe prohibición absoluta de comercialización, tanto para animales vivos o muertos, como de alguna de sus partes.
- Apéndice II. Para especies no amenazadas, pero que podrían serlo si su comercio no es controlado, o para especies generalmente no comercializadas, pero que requieren protección y no deben ser traficadas libremente.
- Apéndice III. Para especies de comercio permitido, siempre y cuando la autoridad administrativa del país de origen certifique que la exportación no perjudica a la supervivencia de la especie y que los animales fueron obtenidos legalmente

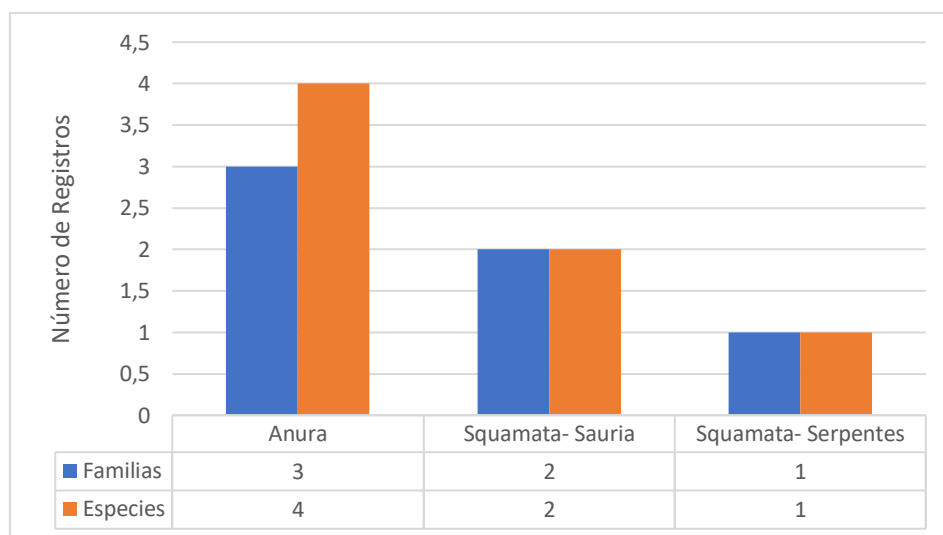
#### 4.6.1.1.1 Uso del recurso

Se enlistarán aquellas especies de anfibios y reptiles que de acuerdo a información de los asistentes locales que tengan usos sean comerciales, alimenticios, medicinales y tradicionales.

### 3.2.9.6 Resultados

#### 3.2.9.6.1 Riqueza

El análisis general de la herpetofauna indica el registro de 7 especies (4 anfibios y 3 reptiles), agrupadas en 6 familias y 3 órdenes. Este número de especies representa el 0,57% de las 1210 especies registradas en el Ecuador Continental (Ron et al., 2024, Torres et al., 2024). Respecto a las 133 especies conocidas en el Piso Subtropical Suroccidental (Albuja et al., 2012), las 7 especies registradas representan el 5,26%. En referencia a las 164 especies reportadas para la Región Natural Bosque Piemontano Occidental (Ron et al., 2022; Torres et al., 2023), las 7 especies representa el 4,26%..



**Figura 3-17. Análisis de la riqueza de órdenes, familias y especies**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica el registro de 2 órdenes: Anura con 3 familias, 4 especies, Squamata: Sauria con 2 familias, 2 especies y Squamata: Serpentes con 1 familia, 1 especie.

#### Abundancia (Absoluta/ Relativa)

En la tabla siguiente se indica la abundancia de la herpetofauna

**Tabla 3-38. Abundancia Absoluta y Relativa**

| Familia         | Especie                        | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Hylidae         | <i>Scinax quinquefasciatus</i> | 36,66                 | 11                  |
| Leptodactylidae | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | 23,33                 | 7                   |
| Bufonidae       | <i>Rhinella bella</i>          | 13,33                 | 4                   |
| Iguanidae       | <i>Iguana iguana</i>           | 10                    | 3                   |
| Hylidae         | <i>Smilisca phaeota</i>        | 6,66                  | 2                   |

| Familia    | Especie                       | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta |
|------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Gekkonidae | <i>Hemidactylus frenatus</i>  | 6,66                  | 2                   |
| Colubridae | <i>Dendrophidion brunneum</i> | 3,33                  | 1                   |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

En referencia a la abundancia absoluta registrada, los anfibios fueron más abundantes en relación a los reptiles, tomando en consideración el registro de 24 individuos, alcanzando el 80% de la abundancia total (30 individuos). Mientras tanto los reptiles registraron 6 individuos, alcanzando el 20% de la abundancia total.

A nivel de familias, las ranas arborícolas de la familia Hylidae concentran el 43,33% de la abundancia total, seguida por la familia Leptodactylidae que incluye el 23,33% de la abundancia total, la familia Bufonidae que congrega el 13,33% de la abundancia total y la familia Iguanidae que aglomera el 10%. Las restantes familias de anfibios y reptiles no aportan más del 6,66% a la abundancia total registrada en el presente estudio.

### 3.2.9.6.2 Curva de abundancia relativa – dominancia de especies

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de las especies: *Scinax quinquefasciatus* representando una  $\pi=0,36$ , *Leptodactylus labrosus* con  $\pi=0,23$  y *Rhinella bella* con  $\pi=0,13$ . El resto de especies registradas no poseen una abundancia alta en comparación a las especies dominantes, de esta manera convierte a las otras especies en poco representativas.

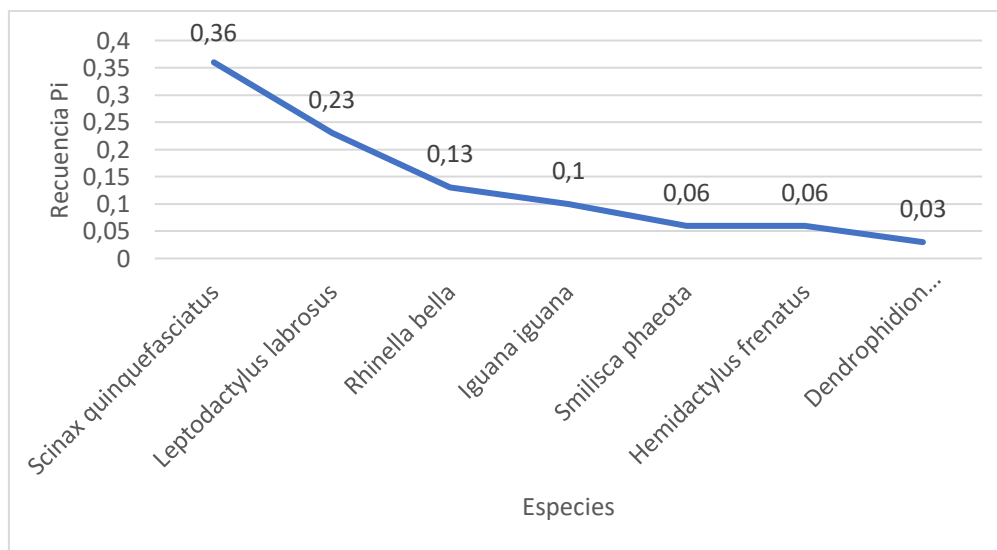


Figura 3-18. Curva de abundancia relativa y especies dominantes

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.6.3 Diversidad Shannon – Wiener/Simpson

El análisis de la tabla siguiente indica que el índice de Shannon presenta un valor de 1,68. Una Equitatividad (J) de 0,86, indicando especies que comparten abundancias similares.

Simpson (1-D) determina 0,77, es decir la población de anfibios y reptiles presenta una diversidad con tendencia a ser baja. En términos de Dominancia se registra 0,22, es decir se registran un bajo número de especies dominantes

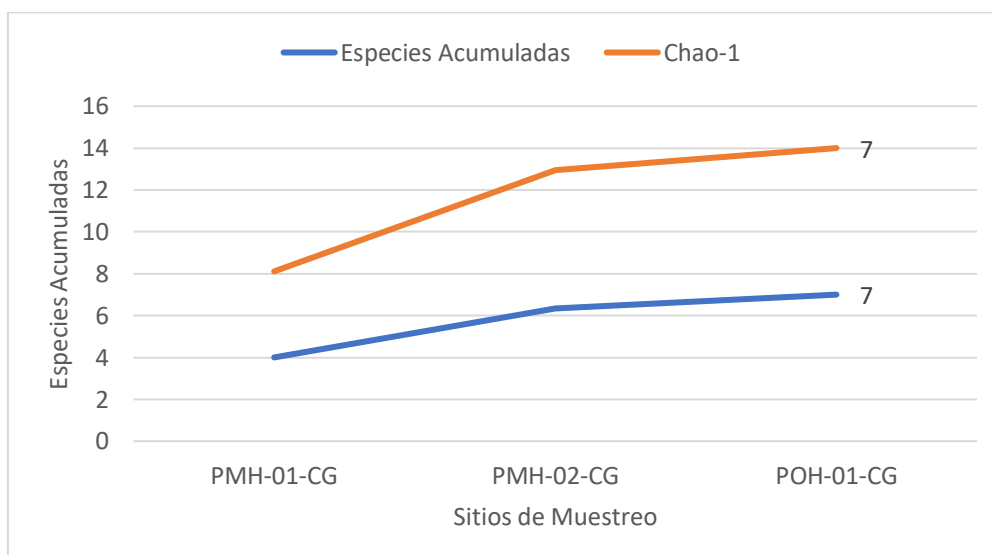
Tabla 3-39. Índices de Diversidad

| ÍNDICES                   | Valores |
|---------------------------|---------|
| Riqueza/Especies          | 7       |
| Abundancia/Individuos     | 30      |
| Dominance_D               | 0.2267  |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.7733  |
| Shannon_H/ Log Nat        | 1.681   |
| Equitability_J            | 0.8638  |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.6.4 Curva de acumulación de especies- Índice de Chao 1

La curva fue construida a partir de 3 sitios de muestreo. De esta manera el análisis de la figura siguiente indica la acumulación de 7 especies. Este número de especies es igual al calculado por el índice de Chao 1 que estima 7 especies probables. Es así que las curvas se han estabilizado, es decir ha llegado a la asíntota con un número de especies de 7. El esfuerzo aplicado al muestreo indica que se consiguió llegar a la riqueza total de especies (100%), esto refleja un buen esfuerzo de muestreo.



**Figura 3-19. Curva de acumulación de especies y Chao 1**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.6.5 Índice De Similitud De Jaccard

En la tabla siguiente se analiza la similitud de Jaccard para la herpetofauna:

**Tabla 3-40. Similitud de Jaccard en porcentajes**

|           | PMH-01-CG | PMH-02-CG | POH-01-CG |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PMH-01-CG | 100       | 28        | 14        |
| PMH-02-CG |           | 100       | 40        |
| POH-01-CG |           |           | 100       |

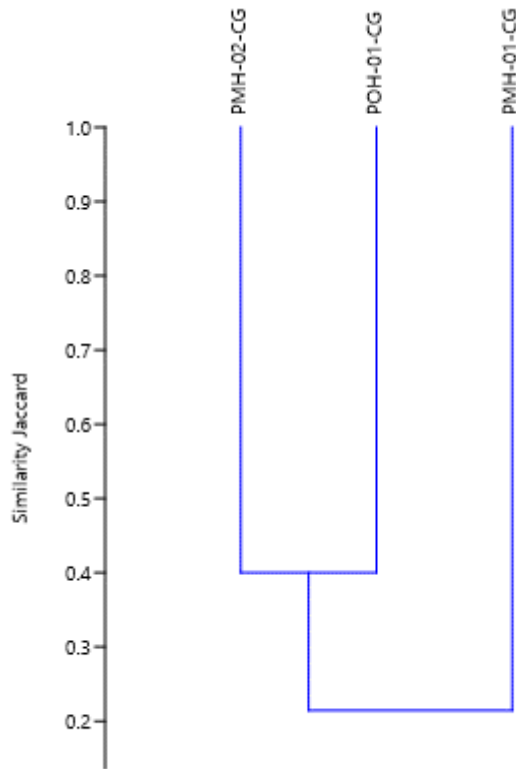
Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

De acuerdo con la interpretación de Magurran (1988) y los datos en porcentajes obtenidos entre los transectos de muestreo se tuvieron los siguientes resultados:

Se registraron 3 combinaciones, mismas que presentan porcentajes inferiores al 50%, lo cual indica una baja similitud. Es decir entre sitios de muestreo máximo están compartiendo 1 especie en común.

### 3.2.9.6.6 Coeficiente de Similitud de Jaccard

El coeficiente de Similitud de Jaccard estimar la similitud entre dos sitios, efectúa una consideración matemática importante sobre las especies exclusivas de cada sitio (Yáñez, 2014). De esta manera el 100% de las combinaciones presentan una baja similitud.



**Figura 3-20. Coeficiente de Similitud de Jaccard**

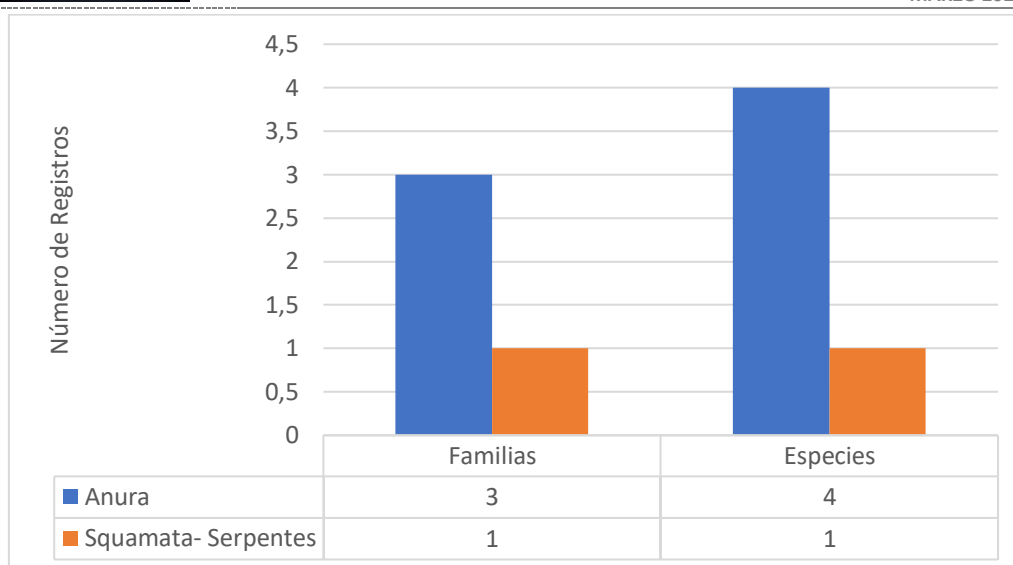
Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.7 Análisis por sitios de Muestreo Cuantitativos

#### 3.2.9.7.1 Transecto de muestreo PMH-01- CG

##### 3.2.9.7.1.1 Riqueza

El análisis de la herpetofauna del sitio PMH-01-CG, indica el registro de 5 especies (4 anfibios y 1 reptil), agrupadas en 4 familias y 2 órdenes. Este número de especies representa el 0,41% de las 1210 especies registradas en el Ecuador Continental (Ron et al., 2024, Torres et al., 2024). Respecto a las 133 especies conocidas en el Piso Subtropical Suroccidental (Albuja et al., 2012), las 5 especies registradas representan el 3,75%. En referencia a las 164 especies reportadas para la Región Natural Bosque Piemontano Occidental (Ron et al., 2022; Torres et al., 2023), las 5 especies representa el 3,04%.



**Figura 3-21. Composición y estructura**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica el registro de 2 órdenes: Anura con 3 familias, 4 especies y Squamata: Serpentes con 1 familia, 1 especie.

### **Abundancia (Absoluta/ Relativa)**

En la tabla siguiente se indica la abundancia de la herpetofauna

**Tabla 3-41. Abundancia Absoluta y Relativa**

| Familia         | Especie                        | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Hylidae         | <i>Scinax quinquefasciatus</i> | 40                    | 8                   |
| Leptodactylidae | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | 25                    | 5                   |
| Bufonidae       | <i>Rhinella bella</i>          | 20                    | 4                   |
| Hylidae         | <i>Smilisca phaeota</i>        | 10                    | 2                   |
| Iguanidae       | <i>Dendrophidion brunneum</i>  | 5                     | 1                   |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

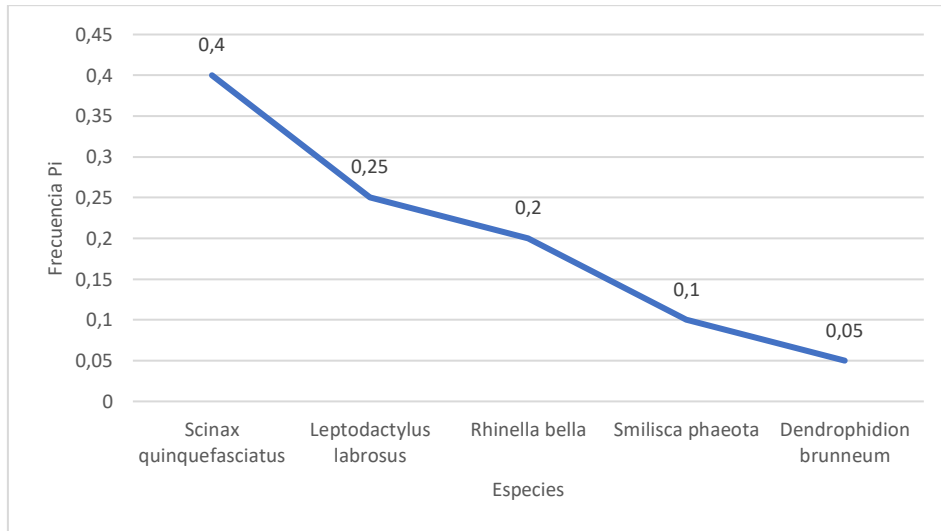
En referencia a la abundancia absoluta registrada, los anfibios fueron más abundantes en relación a los reptiles, tomando en consideración el registro de 19 individuos, alcanzando el 95% de la abundancia total (20 individuos). Mientras tanto los reptiles registró 1 individuo, alcanzando el 5% de la abundancia total.

A nivel de familias, las ranas arborícolas de la familia Hylidae concentran el 50% de la abundancia total, seguida por la familia Leptodactylidae que incluye el 25% de la abundancia total y la familia Bufonidae que congrega el 20% de la abundancia total. La restante familia no aporta más del 5% a la abundancia total registrada en el presente estudio

#### 3.2.9.7.1.2 Curva de abundancia relativa – dominancia de especies

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de las especies: *Scinax quinquefasciatus* representando una  $\pi=0,4$ , *Leptodactylus labrosus* con una  $\pi=0,25$  y *Rhinella bella* con  $\pi=0,2$ . El resto de especies registradas no poseen una abundancia alta en comparación a las especies dominantes, de esta

manera convierte a las otras especies en poco representativas.



**Figura 3-22. Curva de rango abundancia relativa y especies dominantes**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.7.1.3 Índice de diversidad Shannon .Wiener y Simpson

El análisis de la tabla anterior indica el índice de Shannon con un valor de 1,41. Una Equitatividad (J) de 0,87, indicando especies que comparten abundancias similares.

Simpson (1-D) determina 0,72, es decir la población de anfibios y reptiles presenta una diversidad con tendencia a ser baja. En términos de Dominancia se registra 0,27, es decir se registran un bajo número de especies dominantes

**Tabla 3-42. Índices de Diversidad**

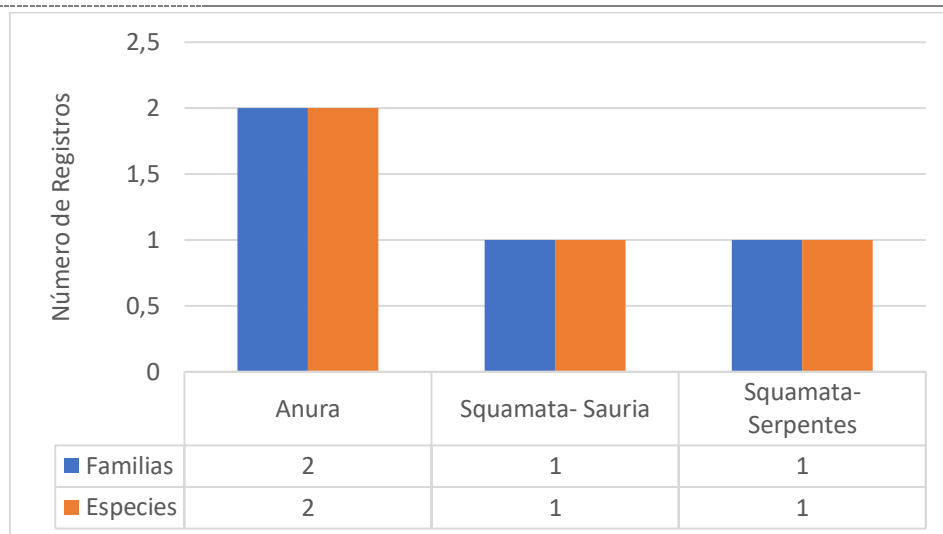
| ÍNDICES                   | Valores |
|---------------------------|---------|
| Riqueza/Especies          | 5       |
| Abundancia/Individuos     | 20      |
| Dominance_D               | 0.275   |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.725   |
| Shannon_H/ Log Nat        | 1.415   |
| Equitability_J            | 0.8792  |

Elaborado por: Equipo Consultor, 2025.

### 3.2.9.7.2 Transecto de muestreo PMH-02- CG

#### 3.2.9.7.2.1 Riqueza

El análisis de la herpetofauna del sitio PMH-02-CG, indica el registro de 4 especies (2 anfibios y 2 reptiles), agrupadas en 4 familias y 3 órdenes. Este número de especies representa el 0,33% de las 1210 especies registradas en el Ecuador Continental (Ron et al., 2024, Torres et al., 2024). Respecto a las 133 especies conocidas en el Piso Subtropical Suroccidental (Albuja et al., 2012), las 4 especies registradas representan el 3%. En referencia a las 164 especies reportadas para la Región Natural Bosque Piemontano Occidental (Ron et al., 2022; Torres et al., 2023), las 4 especies representa el 2,43%.



**Figura 3-23. Composición y estructura**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica el registro de 3 órdenes: Anura con 2 familias, 2 especies, Squamata: Sauria con 1 familia, 1 especie y Squamata: Serpentes con 1 familia, 1 especie.

### **Abundancia (Absoluta/ Relativa)**

En la tabla siguiente se indica la abundancia de la herpetofauna

**Tabla 3-43. Abundancia Absoluta y Relativa**

| Familia         | Especie                        | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Hylidae         | <i>Scinax quinquefasciatus</i> | 30                    | 3                   |
| Iguanidae       | <i>Iguana iguana</i>           | 30                    | 3                   |
| Leptodactylidae | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | 2                     | 2                   |
| Leptodactylidae | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | 2                     | 2                   |

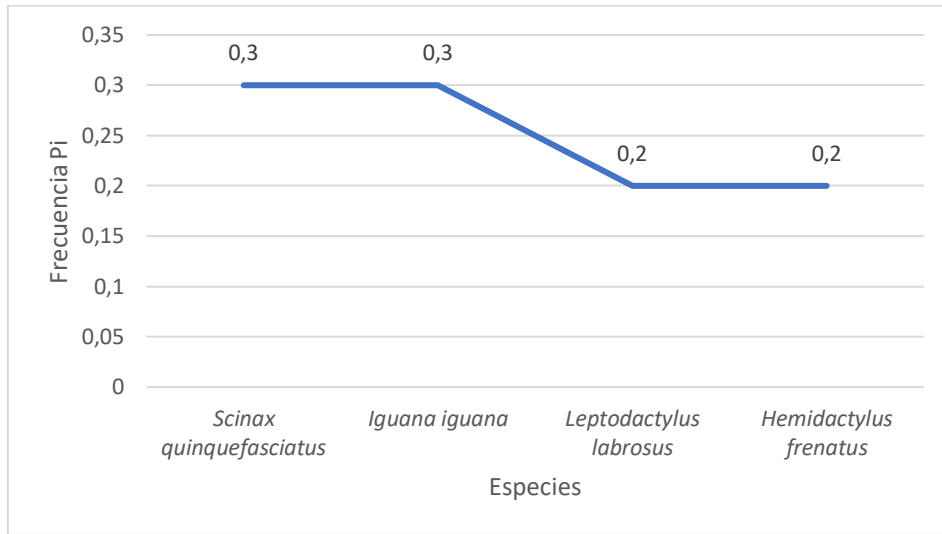
Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

En referencia a la abundancia absoluta registrada, tanto anfibios y reptiles tuvieron la misma abundancia. Los anfibios registraron 5 individuos, alcanzando el 50% de la abundancia total y los reptiles registraron 5 individuos registrando el 50% de la abundancia total (10 individuos).

A nivel de familias, las ranas arborícolas de la familia Hylidae concentran el 30% de la abundancia total, seguida por la familia Iguanidae que incluye el 30% de la abundancia total. Las restantes familias de anfibios y reptiles no aportan más del 20% a la abundancia total registrada en el presente estudio.

#### 3.2.9.7.2.2 Curva de abundancia relativa – dominancia de especies

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de las especies: *Scinax quinquefasciatus* representando un  $\pi=0,3$  e *Iguana iguana* con un  $\pi=0,3$ . El resto de especies registradas no poseen una abundancia alta en comparación a las especies dominantes, de esta manera convierte a las otras especies en poco representativas.



**Figura 3-24. Curva de rango abundancia relativa y especies dominantes**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.7.2.3 Índice de diversidad Shannon .Wiener y Simpson

El análisis de la tabla anterior indica el índice de Shannon con un valor de 1,36. Una Equitatividad (J) de 0,98, indicando especies que comparten abundancias similares.

Simpson (1-D) determina 0,74, es decir la población de anfibios y reptiles presenta una diversidad con tendencia a ser baja. En términos de Dominancia se registra 0,26, es decir se registran un bajo número de especies dominantes

**Tabla 3-44. Índices de Diversidad**

| ÍNDICES                   | Valores |
|---------------------------|---------|
| Riqueza/Especies          | 4       |
| Abundancia/Individuos     | 10      |
| Dominance_D               | 0.26    |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.74    |
| Shannon_H/ Log Nat        | 1.366   |
| Equitability_J            | 0.9855  |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.8 Análisis de los sectores de muestreo cualitativos

Es importante reiterar que los sectores de muestreo cualitativos se ubicaron en las áreas de influencia indirecta de la planta de beneficio. Los hábitats muestreados actualmente se encuentran altamente fragmentados con presiones antrópicas sobre todo de la vía Piñas-Portovelo, y deforestación.

#### 4.6.1.1.1 Riqueza

En la tabla siguiente se indica la riqueza de las especies:

**Tabla 3-45. Riqueza de especies**

| Código | Riqueza De Especies | Porcentaje de acuerdo con la riqueza de la Herpetofauna | Porcentaje de acuerdo con la riqueza de la herpetofauna | Porcentaje de acuerdo con la riqueza de la Región Natural Bosque Piemontano |
|--------|---------------------|---|---|---|
|        |                     |   |   |   |

|           |   | Total del Ecuador (1210 SPP) | total del piso Subtropical Suroccidental (133 SPP) | Occidental (164 SPP) |
|-----------|---|------------------------------|--|----------------------|
| POH-01-CG | 3 | 0,24%                        | 2,25%  | 1,82%                |

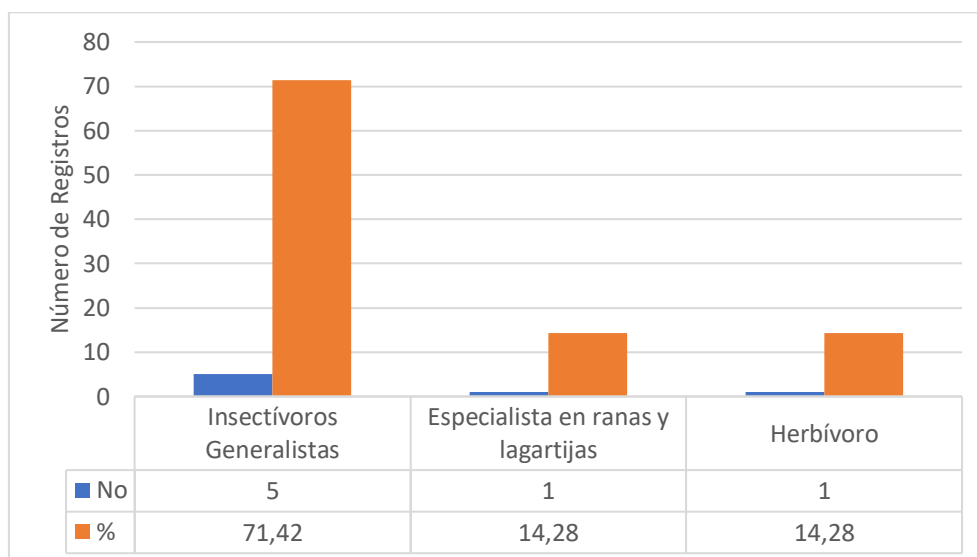
Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

En un análisis de la riqueza general del sitio de muestreo cualitativo se registró 3 especies (1 anfibio y 2 reptiles), agrupado en 3 familias y 2 órdenes. Este número de especies representa el 0,24% de las 1210 especies registradas en el Ecuador Continental (Ron et al., 2024). Respecto a las 133 especies conocidas en el Piso Subtropical Suroccidental (Albuja et al., 2012), las 3 especies registradas representan el 2,25%. En referencia a las 164 especies reportadas para la Región Natural Bosque Piemontano Occidental (Ron et al., 2022; Torres et al., 2023), las 3 especies representa el 1,82%

### 3.2.9.8.1 Aspectos ecológicos

#### 3.2.9.8.1.1 Nicho Trófico

En la figura siguiente se indica las categorías tróficas de las especies registradas:



**Figura 3-25. Preferencias alimenticias de la herpetofauna**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica la presencia de 3 gremios tróficos, insectívoros generalistas con el 71,42% (5 spp), especialista en ranas y lagartijas con el 14,28% (1 sp) y herbívoros con el 14,28% (1 sp). Los insectívoros generalistas hacen referencia a que las especies se alimentan de varios tipos de invertebrados, los especialista hacen referencia a a alimentarse exclusivamente de ranas y lagartijas y los herbívoros se alimentan elementos vegetales.

A continuación, en la tabla siguiente se enlistan los anfibios y reptiles registrados de acuerdo con el nicho trófico:

**Tabla 3-46. Anfibios y reptiles registrados de acuerdo con el nicho trófico**

| Familia   | Especies              | Nombre común          | Gremio trófico            |
|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Bufonidae | <i>Rhinella bella</i> | Sapo bello de la caña | Insectívoros Generalistas |



| Familia                 | Especies                       | Nombre común                 | Gremio trófico            |
|-------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Hylidae                 | <i>Smilisca phaeota</i>        | Rana bueyera                 | Insectívoros Generalistas |
| Hylidae                 | <i>Scinax quinquefasciatus</i> | Rana de lluvia polizona      | Insectívoros Generalistas |
| Leptodactylidae         | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | Rana terrestre labiosa       | Insectívoros Generalistas |
| Gekkonidae              | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | Salamanquesa asiática        | Insectívoros Generalistas |
| Iguanidae:<br>Iguaninae | <i>Iguana iguana</i>           | Iguanas verdes sudamericanas | Herbívoro                 |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.8.1.2 Estado de conservación

En la tabla siguiente se indica el estado de conservación de anfibios y reptiles registrados.

**Tabla 3-47. Estado de conservación**

| Órdenes              | Familias                  | Especies                       | Nombre Común                              | CITES | UICN | Lista Roja de Anfibios del Ecuador | Lista Roja de reptiles del Ecuador |
|----------------------|---------------------------|--------------------------------|---|-------|------|------------------------------------|------------------------------------|
| Anura                | Bufoidea                  | <i>Rhinella bella</i>          | Sapo bello de la caña                     |       | NE   | LC                                 | -                                  |
| Anura                | Hylidae                   | <i>Smilisca phaeota</i>        | Rana bueyera                              |       | LC   | LC                                 | -                                  |
| Anura                | Hylidae                   | <i>Scinax quinquefasciatus</i> | Rana de lluvia polizona                   |       | LC   | LC                                 |                                    |
| Anura                | Leptodactylidae           | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | Rana terrestre labiosa                    |       | LC   | LC                                 |                                    |
| Squamata - Sauria    | Gekkonidae                | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | Salamanquesa asiática                     |       | LC   |                                    | LC                                 |
| Squamata - Sauria    | Iguanidae:<br>Iguaninae   | <i>Iguana iguana</i>           | Iguanas verdes sudamericanas              | II    | LC   |                                    | LC                                 |
| Squamata - Serpentes | Colubridae:<br>Colubrinae | <i>Dendrophidion brunneum</i>  | Serpiente corredoras de bosque de Gunther |       | LC   | -                                  | NT                                 |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Con base en el análisis de la biodiversidad registrada y los criterios de conservación vigentes, se observa que la herpetofauna del área de estudio presenta diversos niveles de sensibilidad. Según los estándares globales de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), seis de las especies identificadas se clasifican bajo la categoría de Preocupación Menor (LC), mientras que una especie permanece como No Evaluada (NE), lo que resalta la necesidad de continuar con el monitoreo para definir su estatus poblacional real. A nivel nacional, la evaluación se alinea con las tendencias de los Libros Rojos del Ecuador, documentos técnicos que ajustan la amenaza al contexto local. En el grupo de los anfibios, las cuatro especies registradas se encuentran categorizadas como Preocupación Menor (LC). Por su parte, la herpetofauna reptiliana muestra una distribución distinta: dos especies se mantienen en Preocupación Menor (LC), pero se destaca la presencia de una especie en estado Casi Amenazado (NT). Este hallazgo es prioritario bajo el enfoque preventivo de los protocolos de biodiversidad, ya que sugiere que la especie podría estar cerca de calificar para una categoría de mayor riesgo en el futuro cercano si no se mantienen

los esfuerzos de protección de su hábitat. Finalmente, es imperativo que el manejo de estas especies se realice bajo el estricto cumplimiento de los apéndices de CITES, asegurando que cualquier interacción antrópica no comprometa la viabilidad de las poblaciones silvestres, especialmente de aquellas que ya presentan signos de vulnerabilidad en la escala local.

### 3.2.9.8.1.3 Patrón reproductivo

En la tabla siguiente se enlistan las especies de anfibios y reptiles registrados en el estudio de acuerdo a los modos reproductivos:

**Tabla 3-48. Modos reproductivos**

| Familias                  | Especies                       | Nombre Común                              | Modo Reproductivo   |
|---------------------------|--------------------------------|---|---|
| Bufonidae                 | <i>Rhinella bella</i>          | Sapo bello de la caña                     | Modo Reproductivo 1:<br>Huevos depositados en cuerpos de agua lóticos o lénticos.   |
| Hylidae                   | <i>Scinax quinquefasciatus</i> | Rana de lluvia polizona                   |   |
| Hylidae                   | <i>Smilisca phaeota</i>        | Rana bueyera                              |   |
| Leptodactylidae           | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | Rana terrestre labiosa                    | Modo Reproductivo 8:<br>Huevos depositados en nidos de espuma sobre tierra. Las posturas son moderadamente pequeñas y los huevos relativamente grandes, renacuajos completan su desarrollo dentro del nido de espuma. |
| Gekkonidae                | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | Salamanquesa asiática                     | Reproducción Ovípara:<br>Animales cuya hembra expulsa los huevos al exterior cuando los embriones están sin desarrollar o en una fase muy primitiva de desarrollo.  |
| Iguanidae:<br>Iguaninae   | <i>Iguana iguana</i>           | Iguanas verdes sudamericanas              |   |
| Colubridae:<br>Colubrinae | <i>Dendrophidion brunneum</i>  | Serpiente corredoras de bosque de Gunther |   |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

El análisis de la tabla anterior indica la presencia de 2 modos reproductivos para los anfibios y 1 para los reptiles:

Modo Reproductivo 1: Los huevos son depositados en cuerpos de agua lóticos o lénticos, con el desarrollo de los renacuajos en el agua, las puestas grandes con huevos pequeños. Este modo reproductivo aglutino el 42,85% del total de los registros (3 especies).

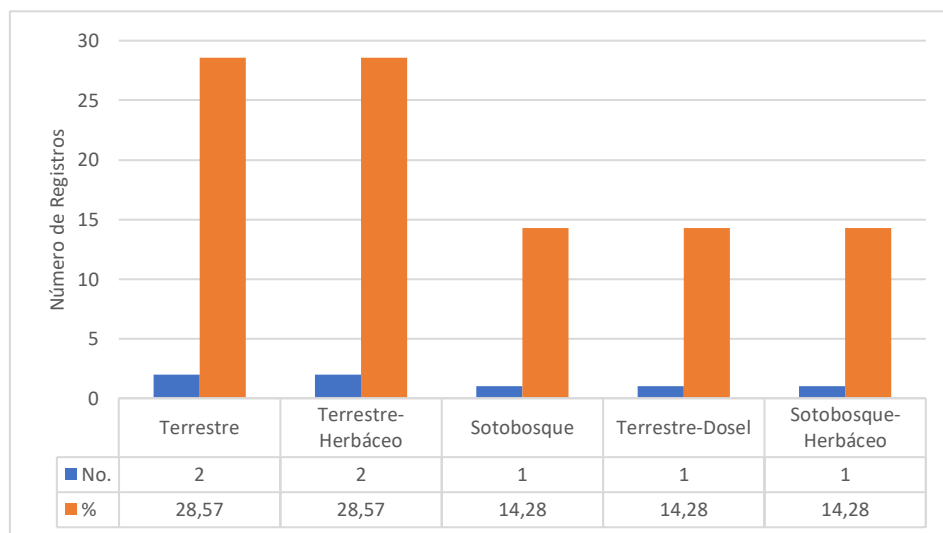
Modo Reproductivo 8: Huevos depositados en nidos de espuma sobre tierra. Las posturas son moderadamente pequeñas y los huevos relativamente grandes, renacuajos completan su desarrollo dentro del nido de espuma. Este tipo de reproducción congrego el 14,28% del total de los registros (1 especie)

Reproducción Ovípara: Animales cuya hembra expulsa los huevos al exterior cuando los embriones están sin desarrollar o en una fase muy primitiva de desarrollo. Este tipo de reproducción agrupo el 42,85% del total de los registros (3 especies)

### Distribución vertical

De acuerdo con el análisis de comunidades de Duellman, 1978, y tomando en consideración que los

sustratos del bosque son muy importantes para el aprovechamiento de los recursos por parte de los organismos vivos, se llegó a identificar varias distribuciones verticales de la herpetofauna, que se indica a continuación:



**Figura 3-26. Distribución vertical**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

El análisis de la figura anterior indica lo siguiente:

- Especies que se distribuyen en el estrato Terrestre representan el 28,57% = 2 especies
- Especies que se distribuyen en el estrato Terrestre-Herbáceo con el 28,57% = 2 especies
- Especies que se distribuyen en el estrato Sotobosque con el 14,28% = 1 especie
- Especies que se distribuyen en el estrato Terrestre-Dosel con el 14,28% = 1 especie
- Especies que se distribuyen en el estrato Sotobosque-Herbáceo con el 14,28% = 1 especie

En la tabla siguiente se enlista las especies de acuerdo con la distribución vertical:

**Tabla 3-49. Distribución vertical**

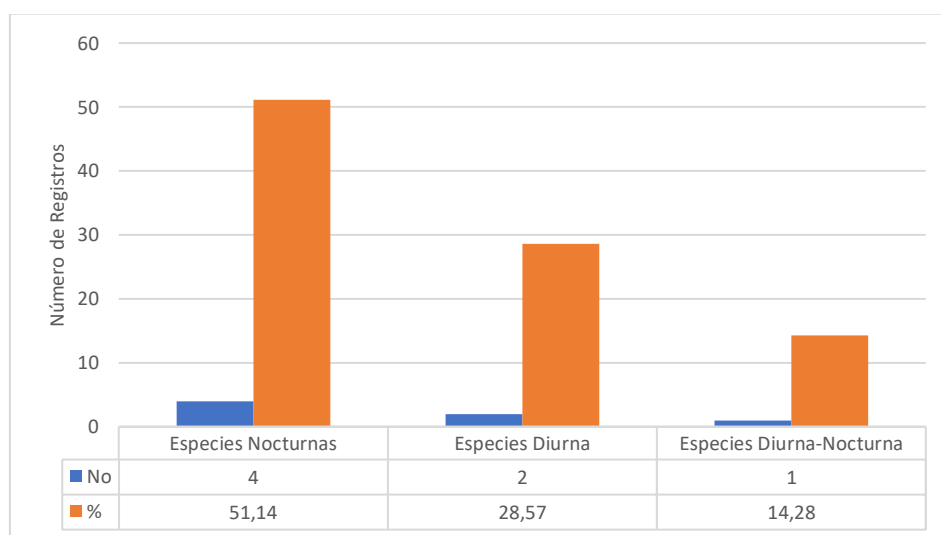
| Órdenes         | Familias             | Especies                       | Nombre Común                 | Distribución Vertical |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Anura           | Bufoidea             | <i>Rhinella bella</i>          | Sapo bello de la caña        | Terrestre             |
| Anura           | Hylidae              | <i>Smilisca phaeota</i>        | Rana bueyera                 | Terrestre-Herbáceo    |
| Anura           | Hylidae              | <i>Scinax quinquefasciatus</i> | Rana de lluvia polizona      | Sotobosque-Herbáceo   |
| Anura           | Leptodactylidae      | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | Rana terrestre labiosa       | Terrestre             |
| Squamata-Sauria | Gekkonidae           | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | Salamanquesa asiática        | Sotobosque            |
| Squamata-Sauria | Iguanidae: Iguaninae | <i>Iguana iguana</i>           | Iguanas verdes sudamericanas | Terrestre-Dosel       |

|                    |                           |                                   |   |                        |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------------|---|------------------------|
| Squamata-Serpentes | Colubridae:<br>Colubrinae | <i>Dendrophidion<br/>brunneum</i> | Serpiente<br>corredoras de<br>bosque de Gunther | Terrestre-<br>Herbáceo |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------------|---|------------------------|

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.9.8.1.4 Patrón de actividad

En la figura siguiente se indican los patrones de actividad.



**Figura 3-27. Patrones de actividad**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica la presencia de 4 especies de hábitos nocturnos que representan el 51,14%, es decir que sus actividades se desarrollan en la noche, 2 especies de hábitos diurnos que representan el 28,57%, son especies que se activan con la luz natural y 1 especie diurna-nocturna que representa el 14,28%, son especies que tienen su actividad tanto en el día como en la noche.

**Tabla 3-50. Patrón de actividad de la herpetofauna**

| Órdenes            | Familias                  | Especies                       | Nombre Común                              | Actividad       |
|--------------------|---------------------------|--------------------------------|---|-----------------|
| Anura              | Bufoidea                  | <i>Rhinella bella</i>          | Sapo bello de la caña                     | Nocturna        |
| Anura              | Hylidae                   | <i>Smilisca phaeota</i>        | Rana bueyera                              | Nocturna        |
| Anura              | Hylidae                   | <i>Scinax quinquifasciatus</i> | Rana de lluvia polizona                   | Nocturna        |
| Anura              | Leptodactylidae           | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | Rana terrestre labiosa                    | Nocturna        |
| Squamata-Sauria    | Gekkonidae                | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | Salamanquesa asiática                     | Diurna-Nocturna |
| Squamata-Sauria    | Iguanidae:<br>Iguaninae   | <i>Iguana iguana</i>           | Iguanas verdes sudamericanas              | Diurna          |
| Squamata-Serpentes | Colubridae:<br>Colubrinae | <i>Dendrophidion brunneum</i>  | Serpiente corredoras de bosque de Gunther | Diurna          |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.9.8.1.5 Sensibilidad

En la tabla siguiente se enlistan las especies de acuerdo a las categorías de sensibilidad:

**Tabla 3-51. Sensibilidad de la herpetofauna**

| Órdenes            | Familias                  | Especies                       | Nombre Común                              | Sensibilidad |
|--------------------|---------------------------|--------------------------------|---|--------------|
| Anura              | Bufonidae                 | <i>Rhinella bella</i>          | Sapo bello de la caña                     | Baja         |
| Anura              | Hylidae                   | <i>Smilisca phaeota</i>        | Rana bueyera                              | Baja         |
| Anura              | Hylidae                   | <i>Scinax quinquifasciatus</i> | Rana de lluvia polizona                   | Baja         |
| Anura              | Leptodactylidae           | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | Rana terrestre labiosa                    | Baja         |
| Squamata-Sauria    | Gekkonidae                | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | Salamanquesa asiática                     | Baja         |
| Squamata-Sauria    | Iguanidae:<br>Iguaninae   | <i>Iguana iguana</i>           | Iguanas verdes sudamericanas              | Baja         |
| Squamata-Serpentes | Colubridae:<br>Colubrinae | <i>Dendrophidion brunneum</i>  | Serpiente corredoras de bosque de Gunther | Baja         |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Como se puede observar en la tabla anterior las 7 especies registradas se ubican en la categoría de sensibilidad baja. Es decir que, son especies que los hábitats fragmentados no las afectan.

### 3.2.9.8.1.6 Especies indicadoras

En la tabla siguiente se enlistan las especies de acuerdo a la categoría de indicadoras de tolerancia y no tolerancia. A los hábitats fragmentados.

**Tabla 3-52. Especies Indicadoras de la herpetofauna**

| Órdenes            | Familias                  | Especies                       | Nombre Común                              | Especies Indicadoras |
|--------------------|---------------------------|--------------------------------|---|----------------------|
| Anura              | Bufonidae                 | <i>Rhinella bella</i>          | Sapo bello de la caña                     | Tolerante            |
| Anura              | Hylidae                   | <i>Smilisca phaeota</i>        | Rana bueyera                              | Tolerante            |
| Anura              | Hylidae                   | <i>Scinax quinquifasciatus</i> | Rana de lluvia polizona                   | Tolerante            |
| Anura              | Leptodactylidae           | <i>Leptodactylus labrosus</i>  | Rana terrestre labiosa                    | Tolerante            |
| Squamata-Sauria    | Gekkonidae                | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | Salamanquesa asiática                     | Tolerante            |
| Squamata-Sauria    | Iguanidae:<br>Iguaninae   | <i>Iguana iguana</i>           | Iguanas verdes sudamericanas              | Tolerante            |
| Squamata-Serpentes | Colubridae:<br>Colubrinae | <i>Dendrophidion brunneum</i>  | Serpiente corredoras de bosque de Gunther | Tolerante            |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Como se puede observar en la tabla anterior las 7 especies registradas se ubican en la categoría de

especies tolerantes a las alteraciones humanas. Es decir que, son especies que se han adaptado eficientemente a las alteraciones de los hábitats locales.

### Especies Endémicas

En la tabla siguiente se enlistan las especies de acuerdo a la categoría de endemismo

**Tabla 3-53. Endemismo de la herpetofauna**

| Órdenes            | Familias                  | Especies                      | Nombre Común                              | Endemismo   |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|---|-------------|
| Anura              | Bufoidea                  | <i>Rhinella bella</i>         | Sapo bello de la caña                     | Nativa      |
| Anura              | Hylidae                   | <i>Smilisca phaeota</i>       | Rana bueyera                              | Nativa      |
| Anura              | Hylidae                   | <i>Scinax quinefasciatus</i>  | Rana de lluvia polizona                   | Nativa      |
| Anura              | Leptodactylidae           | <i>Leptodactylus labrosus</i> | Rana terrestre labiosa                    | Nativa      |
| Squamata-Sauria    | Gekkonidae                | <i>Hemidactylus frenatus</i>  | Salamanquesa asiática                     | Introducida |
| Squamata-Sauria    | Iguanidae:<br>Iguaninae   | <i>Iguana iguana</i>          | Iguanas verdes sudamericanas              | Nativa      |
| Squamata-Serpentes | Colubridae:<br>Colubrinae | <i>Dendrophidion brunneum</i> | Serpiente corredoras de bosque de Gunther | Nativa      |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

El análisis del endemismo indica que de las 7 especies reportadas 6 de ellas son nativas es decir pueden encontrar en el Ecuador sino en los otros países de Sudamérica. No se ubicaron especies endémicas. Finalmente se registra 1 especie introducida, es decir no es nativa de América y proviene de otro continente en este caso de Asia.

#### 3.2.9.8.1.7 Uso del recurso

Durante el trabajo de campo y la información proporcionada por los asistentes, las 7 especies registradas no son utilizadas en ninguna actividad sea alimenticia o de tipo económica.

#### 3.2.9.9 Discusión

El presente estudio de la herpetofauna se lo desarrolló en áreas de influencia indirecta de la Planta de Beneficio Cayo Gold, se evaluó la riqueza, abundancia y diversidad de las poblaciones de anfibios y reptiles. Los resultados indican la presencia de 7 especies con 30 individuos, con una diversidad con tendencia a ser baja para el índice de Simpson. Esta riqueza registrada tiene relación a lo indicado por Duellman (1978), Pearman (1995) que enuncian lo siguiente "El incremento del número de especies en áreas perturbadas y de borde de bosque ha sido hipotetizado por la convergencia tanto de especies colonizadoras, como de especies clímax". En efecto las especies registradas habitan sitios altamente fragmentados donde se han acomodado a los cambios de hábitats locales.

#### 3.2.9.10 Conclusiones

Se concluye que el Área de Influencia Directa (AID) carece de hábitats aptos para la herpetofauna debido a la consolidación de la fase operativa de la Planta de Beneficio. En el Área de Influencia Indirecta (AII), la

severa fragmentación histórica y la sustitución de vegetación natural por remanentes arbustivo-herbáceos han restringido los nichos ecológicos disponibles. En consecuencia, la comunidad biológica está compuesta exclusivamente por especies generalistas y colonizadoras, las cuales han demostrado una alta resiliencia y plasticidad adaptativa ante entornos antropizados.

El análisis de sensibilidad biológica determina que el 100% de los registros (4 especies de anfibios y 3 de reptiles) corresponden a la categoría de sensibilidad baja. La ausencia de taxones en categorías de amenaza o con requerimientos de microhábitat específicos confirma que el entorno, debido a su alta fragmentación, no funciona actualmente como un refugio para especies especialistas o vulnerables, clasificando a los sitios de muestreo como zonas de valor ecológico limitado.

A pesar de la degradación del entorno, se destaca el registro de 30 individuos, una abundancia significativa considerando la escasa cobertura vegetal. Si bien la riqueza representa el 0,24% de la herpetofauna nacional, este valor es ecológicamente relevante para áreas fragmentadas, ya que evidencia la persistencia de comunidades biológicas locales que actúan como indicadores de la capacidad de carga remanente en ecosistemas alterados.

Bajo el criterio de especies indicadoras y grado de tolerancia, la herpetofauna registrada se compone de siete taxones caracterizados por su alta resiliencia en ecosistemas fragmentados con pérdida severa de cobertura vegetal. Dentro de esta comunidad, destaca el bufónido *Rhinella bella*, especie que manifiesta una plasticidad adaptativa superior en entornos antropizados. Su éxito biológico en áreas intervenidas se atribuye a dos factores críticos: su estrategia reproductiva generalista y su morfología tegumentaria rugosa, la cual actúa como una barrera osmótica y térmica eficaz, permitiéndole tolerar las fluctuaciones extremas de temperatura derivadas de la exposición directa a la radiación solar.

Respecto al estatus de residencia de la herpetofauna, se determinó que la comunidad está integrada por seis especies nativas y una especie exótica; no se identificaron taxones endémicos para el Ecuador. La especie introducida corresponde a *Hemidactylus frenatus*, conocida comúnmente como salamandrita asiática. La presencia de este saurio de origen alóctono representa un factor de presión biótica significativo, ya que posee una alta capacidad competitiva por recursos y espacio. Al ocupar nichos ecológicos previamente utilizados por especies nativas, *H. frenatus* actúa como un colonizador agresivo en entornos antropizados, lo que podría derivar en el desplazamiento de las poblaciones locales de lagartijas menos competitivas.

Se determinó que la herpetofauna registrada se localiza exclusivamente en el Área de Influencia Indirecta (AII), encontrándose ausente en el Área de Influencia Directa (AID) de la Planta de Beneficio. Los especímenes ocupan pequeños relictos de vegetación remanente, los cuales presentan un alto grado de fragmentación. Durante las fases de monitoreo, no se evidenciaron indicadores de polución o impactos sinérgicos derivados de la operación de la planta que afecten la viabilidad de estas poblaciones. No obstante, se identifica que la principal amenaza para la herpetofauna en estos sectores es la deforestación progresiva ejecutada por terceros en predios privados colindantes, factor que incrementa el aislamiento de los parches de hábitat y la pérdida de conectividad ecológica.

#### 3.2.9.11 Recomendaciones

La riqueza baja de especies registradas en las áreas de influencia indirecta, si bien se atribuye a la alta fragmentación de los hábitats locales. Estos deben ser conservados tomando en consideración que son los últimos remanentes de vegetación local. Aquello permitirá conservar a las poblaciones de herpetofauna del Piso subtropical subtropical occidental.

### 3.2.10 Entomofauna

#### 3.2.10.1 Introducción

La fragmentación del bosque, que se genera como consecuencia de la pérdida o reducción de la vegetación nativa (Didham, 2010) se ha visto que provoca diversos efectos negativos en la biodiversidad, como la pérdida de especies y diversos cambios que podrían afectar las interacciones entre ellas, tales como competencia, predación, parasitismo o mutualismo (Franklin et al., 2002; Fischer & Lindenmayer, 2007; Didham, 2010; Grez & Galetto, 2011).

Los insectos poseen una gran importancia biológica, comprenden el 59% de todos los animales existentes y han sido muy utilizados en estudios en conservación y como indicadores biológicos, debido a que se trata de organismos que, en general, son fáciles de coleccionar (Favero et al., 2010). Si bien no suelen usarse como “especies bandera” en la conservación de áreas naturales, la utilidad de los insectos como indicadores medioambientales es incuestionable (Favero et al., 2010). Hay ciertos grupos, como escarabajos, mariposas y hormigas, que son especialmente útiles en el monitoreo ambiental, ya que están presentes en muchos sitios, sus respuestas a cambios en el ambiente son rápidas, e incluso, cuando se deben caracterizar pequeños fragmentos que poseen una larga influencia antropogénica, proporcionan más información que los vertebrados, los que son más sensibles y desaparecen más temprano por el impacto negativo de la reducción del área de los fragmentos (Freitas et al., 2003).

Es importante estudiar distintos grupos de insectos en relación a los cambios en el uso de la tierra, particularmente aquellos que puedan inducir cambios físicos en su ambiente y regular la disponibilidad de recursos para otras especies, como los polinizadores, predadores de semillas, parasitoides y descomponedores (Didham et al., 1996). Los escarabajos de la familia Scarabaeidae (Coleoptera) han sido utilizados como indicadores de la diversidad de artrópodos en estudios relacionados a la fragmentación del bosque, ya que se alimentan de heces y cadáveres de organismos afectados también por este proceso (Lovejoy et al., 1986). Además, poseen una gran variabilidad morfológica, taxonómica, ecológica y comportamental, participan en el ciclado de nutrientes del suelo, en el control de parásitos de algunos vertebrados y en la dispersión de semillas (Klein, 1989). Más aún, se ha observado que son sensibles a los cambios ambientales (Thomazini & Thomazini, 2000).

Los escarabajos coprófagos conocidos también como escarabajos estercoleros, son considerados como un grupo importante para la evaluación de los cambios producidos por la actividad antropogénica en ecosistemas naturales, debido a su sensibilidad a los cambios en el ecosistema y a la facilidad para estandarizar los métodos de su recolección (Klein, 1989; Halfpeter & Matthew, 1996). Además, cumplen con un papel muy importante en el funcionamiento de los ecosistemas, por su estrecha relación con los mamíferos (silvestres y domésticos), pues dependen de sus excrementos para su alimentación y nidificación.

De acuerdo a lo indicado en los párrafos anteriores en el presente estudio se evalúa las poblaciones de invertebrados que se encuentran en las áreas de influencia Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).

#### 3.2.10.2 Objetivos

- Caracterizar el componente entomofauna terrestre y su grupo focal escarabajos copronecrófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) y lepidópteros diurnos, en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio Cayo Gold (Código 3000443).
- Complementar la riqueza de la entomofauna mediante muestreos cualitativos de la entomofauna terrestre.



- Determinar áreas ecológicamente sensibles desde el punto de vista de la entomofauna terrestre y su grupo focal escarabajos *copronecrófagos* (*Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) y lepidópteros diurnos.

### Limitaciones

De acuerdo con el análisis de las Áreas de Influencia, las áreas donde opera la Planta de Beneficio carece de cobertura vegetal. En tanto en las áreas de influencia indirecta se observan hábitats fragmentados con escasa vegetación, misma que se encuentra en regeneración. Lo cual constituyó una gran limitante para el registro de especies del componente entomofauna terrestre.

#### 3.2.10.3 Descripción de los Sitios de muestreo

**Sector de muestreo PMC-01-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en un remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es irregular con pendientes pronunciadas.

**Sector de muestreo PML-02-CG.-** Este sector de muestreo se encuentra en un remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es irregular con pendientes moderadas. En los alrededores se observan sitios abiertos, relavera abandonada y la trocha que va a la captación de agua.

**Sector de muestreo POE-01-CG. -** Este sector de muestreo cualitativo se encuentra en un remanente de matorral con especies arbustivas-herbáceas. El relieve es irregular con pendientes moderadas. En los alrededores se observan sitios deforestados y el Río Calera..

**Sector de muestreo POE-02-CG.-** Este sector de muestreo se ubica a lado de la vía asfaltada Piñas-Portovelo, donde se encuentra una franja de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas-herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es plano. En los alrededores se observan terrenos de otras plantas de beneficio.

En la tabla siguiente se indican los muestreos del componente entomofauna:

Tabla 3-54. Sectores de muestreo cuantitativos y cualitativos de Entomofauna

| Código    | Fecha            | Coordenadas WGS-84 Zona 17S |         |        |         | Altitud (msnm) | Método   | Hábitat  | Extensión unidad muestral (m) | Tipo de muestreo |
|-----------|------------------|-----------------------------|---------|--------|---------|----------------|--|--|-------------------------------|------------------|
|           |                  | Inicio                      |         | Fin    |         |                |  |  |                               |                  |
|           |                  | X                           | Y       | X      | Y       |                |  |  |                               |                  |
| PMC-01-CG | 15-16-17/03/2025 | 651745                      | 9589059 | 651714 | 9589084 | 629-661        | Trampas Pitfall                                      | Remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario,   | 200                           | Cuantitativo     |
| PML-01-CG | 15-16-17/03/2025 | 651734                      | 9589026 | 651744 | 9589057 | 627-640        | Trampas Van Someren-Rydon                            | Remanente de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas herbáceas, con especies dispersas de árboles de bosque secundario, el relieve es irregular con pendientes moderadas. | 200                           | Cuantitativo     |
| POE-01-CG | 15-16-17/03/2025 | 651753                      | 9589076 | 651760 | 9589121 | 615-640        | Observación directa con red entomológica y golpeteo. | Remanente de matorral con especies arbustivas  | 200                           | Cualitativo      |

|  |                  |        |         |        |         |         |  |  |     |             |
|--|------------------|--------|---------|--------|---------|---------|--|--|-----|-------------|
|  |                  |        |         |        |         |         |  | s-herbáceas.   |     |             |
| POE-02-CG  | 15-16-17/03/2025 | 651867 | 9589116 | 651878 | 9588955 | 632-636 | Observación directa con red entomológica y golpeo. | Franja de vegetación de matorral, conformado por especies arbustivas herbáceas. Este sector de muestreo se ubica en la vía asfaltada Piñas-Portovel. | 200 | Cualitativo |
| <p>Simbología: PMC: Punto de muestreo coleópteros, PML Punto de muestreo lepidópteros, POE Punto de observación entomofauna, CG Cayo Gold</p> <p><i>Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026</i></p> |                  |        |         |        |         |         |  |  |     |             |

#### 3.2.10.4 Metodología

Para el registro del componente entomofauna terrestre, se utilizaron metodologías cuantitativas y cualitativas que se describen a continuación:

##### 3.2.10.4.1 Muestreos cuantitativos

Para el desarrollo de los muestreos cuantitativos, se aplicaron técnicas utilizando como grupos bioindicadores a dos órdenes importantes de insectos terrestres Coleóptera (escarabajos peloteros) y Lepidóptera (mariposas diurnas), órdenes con los que se cuenta con información de guías de campo y claves dicotómicas para la identificación, sin tener que coleccionar innecesariamente especies que ya se encuentran catalogadas y estudiadas por estudios e investigaciones desarrolladas en estos órdenes.

##### 3.2.10.4.1.1 Trampas de “pozo seco” o “de caída” (conocidas en inglés como “pit-fall traps”)

Para el muestreo cuantitativo se utilizó la metodología de trampas de “pozo seco” o “de caída” (conocidas en inglés como “pit-fall traps”) (DeNiro et al., 1988), las trampas de caída o trampas Pitfall consisten en tarrinas de plástico de 120 mm de diámetro por 140 mm de profundidad, enterradas a nivel del suelo utilizando dos tipos de cebo: carroña (camarón y pescado en descomposición) y (excremento humano); (Villareal et al., 2004), el cebo está en el interior de la tarrina y cubierto por la respectiva tapa plástica. En los bordes se realizó aberturas en forma cuadrada para que los escarabajos ingresen. La actividad de las trampas fue de 48 horas, luego de este tiempo se procedió a retirarlas para la identificación, registros fotográficos y contabilización de los individuos. Finalmente, los individuos serán regresados a sus hábitats naturales. Para la ubicación de las trampas se utilizó 1 transecto lineal de 200 m por 4 m de amplitud, en donde se colocaron 20 trampas Pitfall, dispuestas a cada 20 m a lo largo del transecto.

##### 3.2.10.4.1.2 Muestreo de Mariposas Diurnas (Muestreo Cuantitativo)

##### Trampas Van Someren-Rydon (VSR)

Para el registro del Orden Lepidóptera (mariposas diurnas), se procedió a establecer un transecto de 200 m de longitud. Distanciando 20 m una trampa de la otra a lo largo del transecto establecido, para ello se colocaron 10 estaciones de trampas aéreas Van Someren-Rydon (VSR), 5 estaciones con fruta madura y fermentada de temporada: (plátano maduro, papaya, piña, sandía) y 5 estaciones con camarón en descomposición las cuales se ubicaron de manera alternada una trampa de la otra dentro del transecto.

Las trampas Van Someren-Rydon (VSR), consisten en un cilindro de tul suave, generalmente de color blanco, el cual tiene tapada la parte superior y la parte inferior del cilindro se encuentra abierta; en este debe haber una base donde se coloca el cebo, la distancia entre la parte inferior de la tapa y la base no supera los 2,5 cm (Villareal et al., 2004).

La duración de las trampas de captura y liberación fue en un periodo de 48 horas luego de las cuales, las trampas fueron revisadas y retiradas del área de estudio.

Para realizar la identificación taxonómica de lepidópteros diurnos in situ, se utilizaron ilustraciones tales como: Mariposas del Ecuador (Piñas, 2004). Las Mariposas del mundo, inventario preliminar (Insecta: Lepidóptera) de los Rhopalocera de Mitu Vaupés, Colombia (Rodríguez y Miller, 2013).

Cabe recalcar que ningún individuo fue colectado o sacrificado con esta técnica de muestreo cuantitativo, luego de la identificación de las especies “in situ”, se registró la diversidad y abundancia encontrada, luego de realizar tomas fotográficas a nivel dorsal y ventral los individuos fueron regresados a sus hábitats naturales sin intervenir en sus ciclos biológicos naturales (Villareal et al., 2004).

### 3.2.10.4.2 Muestreos Cualitativos

Los muestreos cualitativos fueron realizados en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio, para lo cual se utilizó observación directa con red entomológica y golpeteo, donde se realizaron barridos en la vegetación de arbustos seleccionados al azar dentro del transecto (Luna, 2005).

#### 3.2.10.4.2.1 Red entomológica

La red entomológica es la técnica más común que se usa para capturar insectos en vegetación de poca altura o sotobosque, una de sus ventajas es que los ejemplares capturados pueden ser removidos de la red de manera selectiva mediante pinzas entomológicas, entre los grupos de insectos más comunes capturados por la red entomológica se encuentran libélulas, phasmidos, saltamontes, grillos, neurópteros, mariposas, moscas, avispas, abejas e insectos de pequeño tamaño como son los hemípteros (chinchas y saltahojas), coleópteros, entre otros órdenes (Fernández y Dominguez, 2001).

La red entomológica, se encuentra abierta por encima de la hierba, maleza o vegetación realizando movimientos de barrido rápidos en forma de 8 sobre la vegetación o por las ramas de los arbustos y árboles hasta los 2m de altura según el investigador se vaya desplazando por el área de muestreo estudiada.

Después de un número de pasadas por la vegetación, la red se gira o dobla rápidamente tapando la abertura de la bolsa para impedir el escape de insectos (Calderón-Fernández et al., 2017).

También puede irse golpeando la vegetación con la red (acción que los entomólogos conocen como redear), para después revisar la red (Solís et al., 2011). Cabe recalcar que los ejemplares capturados con la red fueron fotografiados y liberados “in situ”, sin alterar su biología y funciones dentro de los ecosistemas estudiados.

#### 3.2.10.4.2.2 Golpeteo

Para el registro de los insectos que viven en el sotobosque y vegetación arbustiva, se usó la técnica de golpeteo (Bultman et al., 1998). Esta técnica consiste en sacudir las ramas de los arbustos (sotobosque) con cúmulos de hojas sobre una sábana de nylon de 1 m<sup>2</sup>, en el cual caen los insectos.

Con los datos obtenidos de los diferentes órdenes, familias y morfoespecies de insectos terrestres en los puntos de muestreo cualitativos, se pudo analizar la riqueza y abundancia de especies, cabe recalcar que por datos deficientes en cuanto a identificación taxonómica, biología, análisis de diversidad y aspectos ecológicos en las diferentes especies de insectos terrestres, se buscó llevar a un nivel taxonómico más específico, sin embargo, al ser un grupo tan diverso y poco conocido, varios individuos se determinaron hasta nivel de familias y morfoespecies utilizando para el análisis presencia y ausencia de especies para los análisis cualitativos.

#### 3.2.10.4.2.3 Esfuerzo de muestreo

A continuación, se indica el esfuerzo de muestreo:



**Tabla 3-55. Tabla de esfuerzo de muestreo Entomofauna**

| Código de Muestreo | Método  | Metodología  | Número de TRAMPAS/TRANSECTOS | Horas por Día | Número de Días | Horas/Totales |
|--------------------|---|--------------|------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| PMC-01-CG          | Trampas Pitfall                                     | Cuantitativo | 20                           | 24            | 2              | 960           |
| PML-01-CG          | Trampas Van Someren-Rydon                           | Cuantitativo | 10                           | 24            | 2              | 480           |
| POE-01-CG          | Observación directa con red entomológica y golpeteo | Cualitativo  | 1                            | 1             | 3              | 3             |
| POE-02-CG          | Observación directa con red entomológica y golpeteo | Cualitativo  | 1                            | 1             | 3              | 3             |
| Total              |   |              |                              |               |                | 1. 446        |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.10.5 Análisis de la información

#### 3.2.10.5.1 Riqueza de las especies

El término riqueza se refiere al número neto de especies presentes dentro de una comunidad; es decir se estima utilizando el número de especies dividido para el número de registros encontrados (Villareal et al., 2004).

Riqueza de especies= Nº de especies por Nº de individuos

#### 3.2.10.5.2 Abundancia

La abundancia se define como el número de individuos hallado para cada especie registrada dentro de una unidad de muestreo, es decir es el número total de individuos registrados en el área de muestreo (Yáñez, 2014).

#### 3.2.10.5.3 Abundancia Relativa

Es la proporción de individuos de una especie en relación con el número total de individuos de la muestra puede ser presentado en forma de frecuencia o en porcentaje. Estos datos sirven para construir el gráfico de rango/abundancia (Marrugan, 1998).

Para evaluar la abundancia relativa se diferencié cuatro categorías de abundancia, siendo considerados como especies raras aquellas que se presentan con 1 a 3 individuos, comunes 4 a 9 individuos, abundantes 10 a 49 individuos y dominantes más de 50 individuos (Araujo et al., 2005).

#### Curva de Rango Abundancia-Dominancia

Es representada en un gráfico que se consigue al ordenar los valores obtenidos de la abundancia relativa de mayor a menor (Moreno, 2001)

#### Curva de Acumulación de Especies

La curva de acumulación sirve para conocer la tendencia de crecimiento de la diversidad de las especies registradas en una zona de estudio, con lo cual se puede inferir el número de especies esperadas a partir de un muestreo (Moreno, 2001). Esta curva muestra cómo se acumula el número de especies en función del número de muestras colectadas en una localidad; de tal manera que la riqueza aumentará hasta llegar a un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota (Moreno, 2001)

#### Índice de Chao 1

Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra (Chao A., 1984). S es el número de especies en una muestra, “a” es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de singletons) y “b” es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra.

#### Índice de diversidad de Shannon-Wiener

La diversidad fue evaluada siguiendo el índice de diversidad de Shannon-Wiener, que toma en cuenta los dos (2) componentes de la diversidad de una localidad: número de especies y número de individuos por especie (Magurran, 1988). Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero (0), cuando hay una (1) sola

especie, y el logaritmo de  $S$ , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2001)

### **Índice de Diversidad de Gini-Simpson**

Este índice está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988). Debido a que este valor es inverso a la equidad, la diversidad alfa se puede calcular como  $1 - D$  (Moreno, 2001). Por lo tanto, mientras más se acerca el valor a 1, mayor será la diversidad (Magurran, 1988).

### **Coefficiente de Similitud de Jaccard**

Conocido también como análisis clúster, se utiliza para averiguar si las poblaciones de un área son similares para lo cual se agrupa en una serie de conglomerados en función de los atributos o variables que estos comparten. El Coeficiente de similitud de Jaccard determina la similitud entre dos o más sitios a ser comparados (Moreno, 2001).

#### **3.2.10.5.4 Aspectos ecológicos**

Los insectos desarrollan un papel muy importante en el funcionamiento de los ecosistemas, destacando que cada grupo cumple un rol esencial en el ciclo de nutrientes y del flujo energético en los ecosistemas. Además, presentan una estrecha relación con el resto de la fauna por poseer un amplio espectro de hábitos alimenticios (Halffter & Matthews, 1996).

#### **3.2.10.5.5 Nicho trófico**

La familia *Scarabaeidae* “escarabajos copronecrófagos” está representado por tres grupos funcionales definidos por (Halffter & Matthews, 1996), (Chamorro et al., 2019), estas estrategias de reubicación o relocalización de alimentos lo componen los escarabajos Cavadores o Paracópridos (Pa): Escarabajos coprófagos que entierran el alimento; Rodadores o Telecópridos (Te): Escarabajos coprófagos que segmentan el alimento y lo reubican; Moradores o Endocópridos (E): Escarabajos estercoleros que realizan galerías dentro del alimento (Villamarin, 2014).

Para los lepidópteros diurnos se utilizará el nicho trófico nectarívoro, en su estacionalidad de adulto, ya que en fase larvaria se alimentan de su planta hospedera (Villamarin, 2014).

Para los demás ordenes de Insectos terrestres, se identificó distintas estrategias alimenticias como son: Herbívoros, Carroñeros, Depredadores entre otros (Amat, 2009).

#### **3.2.10.5.6 Patrón de actividad**

Los horarios de actividad de los escarabajos copronecrófagos están definidos por (Villamarin, 2014) en Diurno (D), Nocturno (No), Crepuscular (Cr), Crepuscular/Nocturno (CrNo), horarios en los que comúnmente los escarabajos copronecrófagos realizan sus actividades de alimentación, copulación y nidificación. En cuanto al orden Lepidoptera e insectos terrestres se presentan hábitos diurnos.

#### **3.2.10.5.7 Distribución vertical**

La distribución vertical para escarabajos copronecrófagos se determina en función del estrato, donde se encuentran dentro del bosque: suelo, sotobosque, subdosel y dosel (Carvajal, et al., 2011).

En otros escenarios los insectos terrestres y lepidópteros diurnos también pueden ser avistados a nivel de dosel y estratos emergentes del bosque, donde nidifican y se desarrollan en plantas hospederas específicas (Carvajal, et al., 2011).

### 3.2.10.5.8 Sensibilidad de especies

Se realizó un análisis de la estructura de individuos donde se clasifica a las especies en cuatro categorías: Raras o Sensibles, de 1 a 3 individuos; comunes, de 4 a 9 individuos; abundantes, de 10 a 49 individuos; y dominantes o tolerantes, de 50 individuos en adelante (Araujo et al., 2005).

### 3.2.10.5.9 Especies endémicas

Se considera que una especie es endémica cuando se conoce únicamente de un determinado lugar, ya sea país o región. A medida que se avanza en el conocimiento de la biodiversidad, especies que eran consideradas endémicas dejan de serlo en el momento en que se encuentran en otro país o región (Villamarin, 2014).

### 3.2.10.5.10 Estado de conservación

El estado de conservación para escarabajos copronecrófagos se define en base a la lista, UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2024), CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres 2024) y Categoría de tráfico propuesto en el libro Escarabajos del Ecuador (Carvajal, et al., 2011).

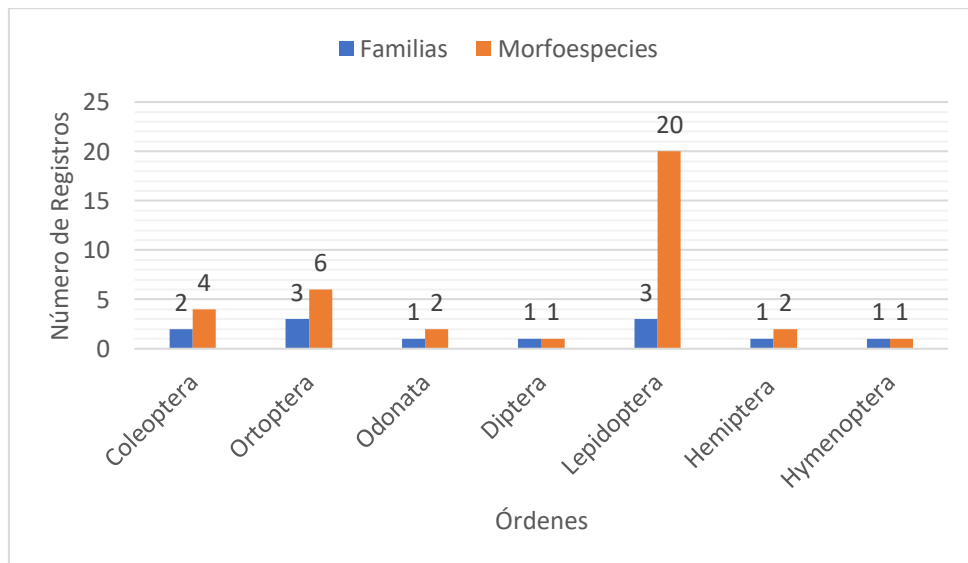
#### 4.6.1.1.2 Uso del recurso

El uso del recurso hace referencia a la utilización de las especies registradas, en este caso insectos terrestres en actividades, sean estas alimenticias o de comercio por parte de los pobladores.

### 3.2.10.6 Resultados generales

Los muestreos de la entomofauna se registraron 7 órdenes, 12 familias y 36 morfoespecies. Este número de morfoespecies es equivalente al 29,50% en referencia a las 122 morfoespecies registradas por Molina et al., (2018) en la Reserva Arenillas.

En la figura siguiente se indica la riqueza taxonómica de la entomofauna.



**Figura 3-28. Análisis de la riqueza de Entomofauna**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica el registro de 7 órdenes: Coleoptera 2 familias, 4 morfoespecies, Ortoptera con 3 familias, 6 morfoespecies, Odonata 1 familia, 2 morfoespecies, Diptera con 1 familia, 1 morfoespecie, Lepidoptera con 3 familias, 20 morfoespecies, Hemiptera con 1 familia, 20 morfoespecies e Hymenoptera con 1 familia, 1 morfoespecie.

### **Abundancia (Absoluta/ Relativa)**

En la tabla siguiente se indica la abundancia

**Tabla 3-56. Abundancia absoluta y Relativa**

| <b>Morfoespecies</b>       | <b>Abundancia Relativa %</b> | <b>Abundancia Absoluta</b> |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Onthophagus sp1</i>     | 40,9                         | 45                         |
| <i>Hermeuptychia sp1</i>   | 18,18                        | 20                         |
| <i>Hamadryas feronia</i>   | 5,45                         | 6                          |
| <i>Taygetis sp1</i>        | 2,72                         | 3                          |
| <i>Anartia amathea</i>     | 1,81                         | 2                          |
| <i>Heliconius sp1</i>      | 1,81                         | 2                          |
| <i>Hamadryas sp1</i>       | 1,81                         | 2                          |
| <i>Hamadryas fornax</i>    | 1,81                         | 2                          |
| <i>Chrysomelidae sp1</i>   | 0,9                          | 1                          |
| <i>Omophoita sp1</i>       | 0,9                          | 1                          |
| <i>Coprophanæus sp1</i>    | 0,9                          | 1                          |
| <i>Orphulella sp1</i>      | 0,9                          | 1                          |
| <i>Acrididae sp1</i>       | 0,9                          | 1                          |
| <i>Neoconocephalus sp1</i> | 0,9                          | 1                          |
| <i>Tettigoniidae sp1</i>   | 0,9                          | 1                          |
| <i>Tettigoniidae sp2</i>   | 0,9                          | 1                          |
| <i>Eumastacidae sp1</i>    | 0,9                          | 1                          |
| <i>Erythrodiplax sp1</i>   | 0,9                          | 1                          |
| <i>Erythrodiplax sp2</i>   | 0,9                          | 1                          |
| <i>Salpingogaster sp1</i>  | 0,9                          | 1                          |
| <i>Pareuptychia sp1</i>    | 0,9                          | 1                          |
| <i>Anthanassa sp1</i>      | 0,9                          | 1                          |
| <i>Fountainea sp1</i>      | 0,9                          | 1                          |
| <i>Morpho sp1</i>          | 0,9                          | 1                          |
| <i>Siproeta sp1</i>        | 0,9                          | 1                          |
| <i>Burnsius sp1</i>        | 0,9                          | 1                          |
| <i>Cybaeus sp1</i>         | 0,9                          | 1                          |
| <i>Heliopetes sp1</i>      | 0,9                          | 1                          |
| <i>Cecropterus sp1</i>     | 0,9                          | 1                          |



| Morfoespecies          | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta |
|------------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Hesperiidae sp1</i> | 0,9                   | 1                   |
| <i>Hesperiidae sp2</i> | 0,9                   | 1                   |
| <i>Spicauda sp1</i>    | 0,9                   | 1                   |
| <i>Eurema sp1</i>      | 0,9                   | 1                   |
| <i>Dysdercus sp1</i>   | 0,9                   | 1                   |
| <i>Dysdercus sp2</i>   | 0,9                   | 1                   |
| <i>Apis sp1</i>        | 0,9                   | 1                   |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

En referencia a la abundancia absoluta y relativa registrada el orden más abundante fue Lepidoptera tomando en consideración el registro de 50 individuos, alcanzando el 45,45% de la abundancia total (110 individuos). Otros órdenes representativos fueron Coleoptera registró 48 individuos, alcanzando el 43,63% de la abundancia total, el orden Ortoptera reporta 6 individuos alcanzando el 5,45%, Odonata y Hemiptera reporta 2 individuos respectivamente, alcanzando el 1,81%. En tanto los órdenes con menor abundancia absoluta y relativa fueron Diptera e Hymenoptera con 1 individuo respectivamente, alcanzaron el 0,90.

### Curva de Dominancia – Abundancia de Morfoespecies

En la figura siguiente se indica la curva de dominancia-diversidad:

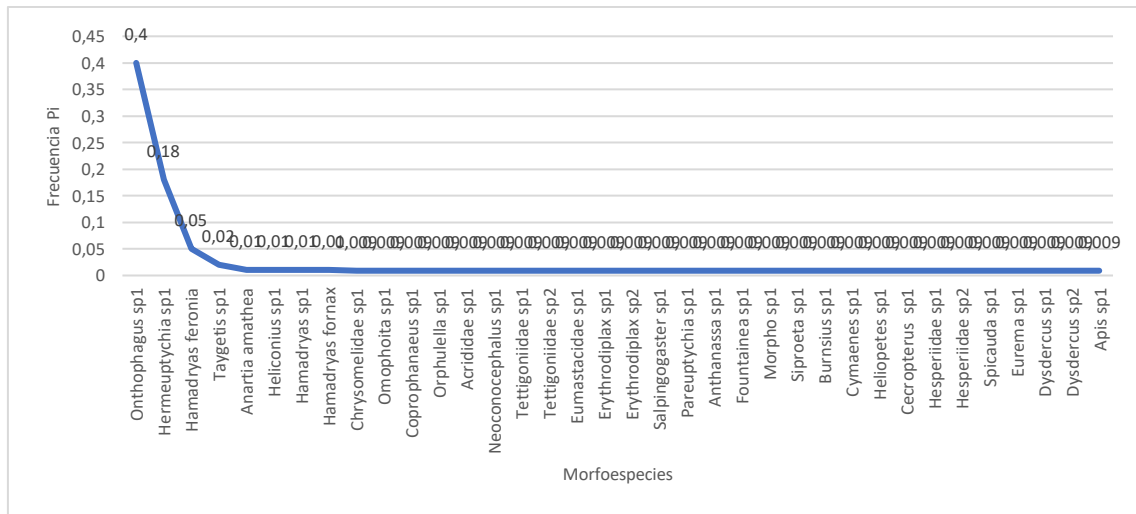


Figura 3-29. Curva de Dominancia-Abundancia (Pi/Morfoespecies)

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de las morfoespecies: *Onthophagus sp1* representando un  $\pi_i=0,4$ , *Hermeuptychia sp1* con un  $\pi_i=0,18$ , *Hamadryas feronia* con  $\pi_i=0,05$  y *Taygetis sp1* con  $\pi_i=0,02$ . El resto de morfoespecies registradas no poseen una abundancia alta en comparación a las especies dominantes, de esta manera convierte a las otras morfoespecies en poco representativas.

### Índices de Diversidad

#### Índice de Shannon - Índice de Dominancia de Simpson (D)



En la tabla siguiente se enlistan los valores obtenidos de acuerdo a los índices de diversidad:

**Tabla 3-57. Índices de Diversidad**

| Índice De Diversidad      | Valor Calculado |
|---------------------------|-----------------|
| Riqueza/Especies          | 36              |
| Abundancia/Individuos     | 110             |
| Dominance_D               | 0.2078          |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.7922          |
| Shannon_H/ Log Nat        | 2.42            |
| Equitability_J            | 0.6754          |

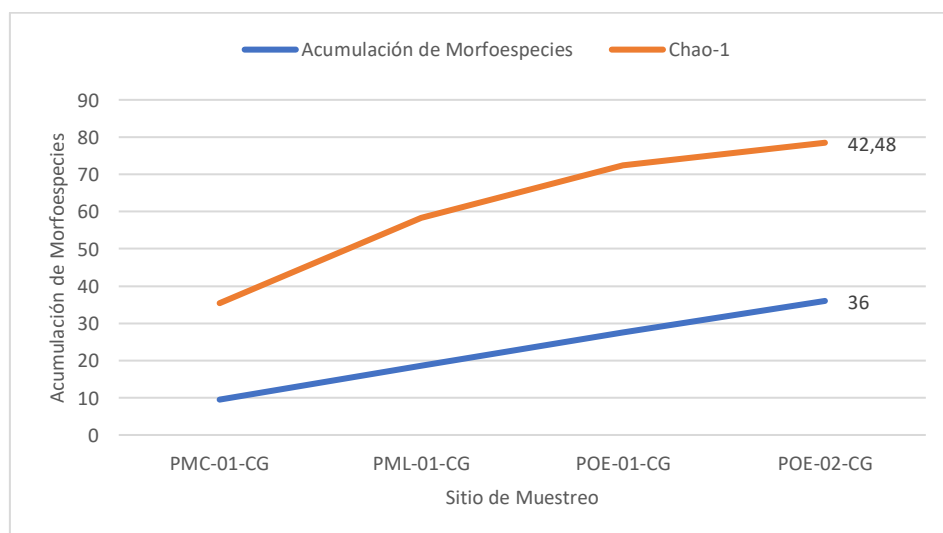
*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

El análisis de la tabla anterior indica el índice de Shannon con un valor de 2,42. Una Equitatividad (J) de 0,67, indicando morfoespecies que comparten abundancias similares.

Simpson (1-D) determina 0,79, es decir la población de insectos presenta una diversidad con tendencia a ser alta. En términos de Dominancia se registra 0,20, es decir se registran un bajo número de morfoespecies dominantes.

#### **Estimador de Chao-1 y Curva de Acumulación de Especies**

La curva fue construida a partir de cuatro puntos de muestreo. De esta manera el análisis de la figura siguiente indica la acumulación de 36 morfoespecies. Este número de especies es inferior al calculado por el índice de Chao 1 que estima 42,48 morfoespecies probables. Es así que las curvas no han llegado a estabilizarse, es decir no han alcanzado la asíntota con un número de morfoespecies de 36. El esfuerzo aplicado al muestrear indica que no se consiguió llegar a la riqueza total de morfoespecies, esto refleja que se requiere aumentar el esfuerzo de muestreo o el número de sitios de muestreo. Sin embargo, el presente muestreo alcanzó 84,74% de las morfoespecies locales.



**Figura 3-30. Curva de acumulación de morfoespecies**

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

### 3.2.10.6.1 Índice De Similitud De Jaccard

En la tabla siguiente se analiza la similitud de Jaccard:

**Tabla 3-58. Similitud de Jaccard en porcentajes**

|           | PMC-01-CG | PML-01-CG | POE-01-CG | POE-02-CG |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PMC-01-CG | 1         | 0         | 0         | 0         |
| PML-01-CG |           | 1         | 0         | 0         |
| POE-01-CG |           |           | 1         | 7         |
| POE-02-CG |           |           |           | 1         |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

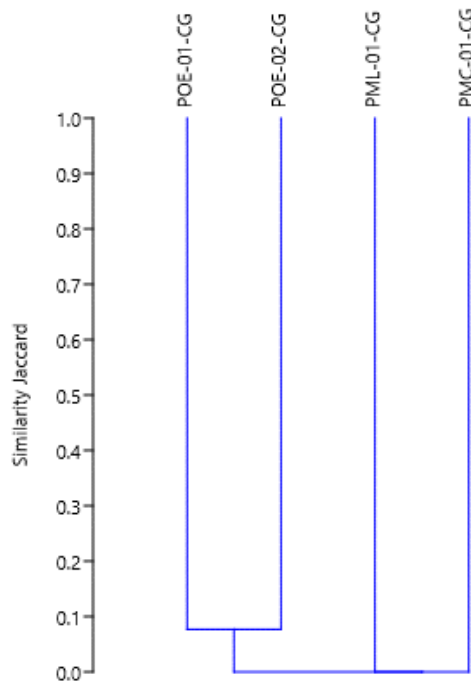
De acuerdo con la interpretación de Magurran (1988) y los datos en porcentajes obtenidos entre los transectos de muestreo se tuvieron los siguientes resultados:

Se registraron 6 combinaciones, mismas que presentan porcentajes inferiores al 50%, lo cual indica una baja similitud. Es decir entre sitios de muestreo máximo están compartiendo 1 morfoespecie en común.

### 3.2.10.6.2 Coeficiente de Similitud de Jaccard

El coeficiente de Similitud de Jaccard estimar la similitud entre los 4 sitios de muestreo, efectúa una consideración matemática importante sobre las especies exclusivas de cada sitio (Yáñez, 2014). De esta manera las 6 combinaciones presentan una baja similitud.

**Figura 3-31. Coeficiente de Similitud de Jaccard**



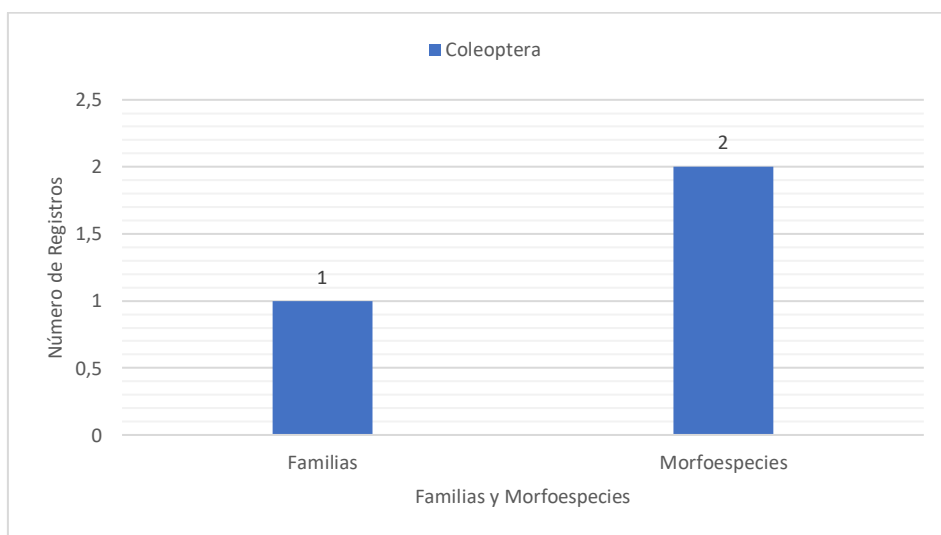
*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

**PMC-01-CG**

**Riqueza**

El muestreo de la entomofauna del grupo focal coprófagos, registró 1 orden, 1 familia y 2 morfoespecies. Este número de morfoespecies es equivalente al 1,63% en referencia a las 122 morfoespecies registradas por Molina et al., 2018 en la Reserva Arenillas.

En la figura siguiente se indica la riqueza taxonómica.



**Figura 3-32. Análisis de la riqueza**

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

**Elaborado por: Equipo Consultor, 2025**

La figura anterior indica el registro de 1 orden: Coleoptera 1 familia, 2 morfoespecies.

**Abundancia (Absoluta/ Relativa)**

En la tabla siguiente se indica la abundancia

**Tabla 3-59. Abundancia absoluta y Relativa**

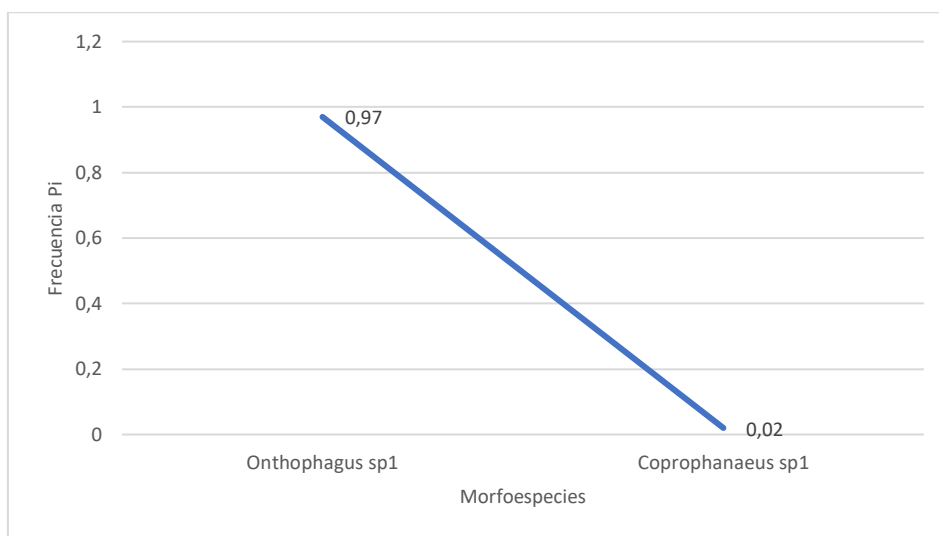
| morfoespecies           | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Onthophagus sp1</i>  | 97,82                 | 45                  |
| <i>Coprophanæus sp1</i> | 2,17                  | 1                   |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

En referencia a la abundancia absoluta y relativa registrada el único orden registrado fue Coleptera con un registro de 46 individuos, alcanzando el 100% de la abundancia total (46 individuos).

**Curva de Dominancia – Abundancia de Morfoespecies**

En la figura siguiente se indica la curva de dominancia-diversidad:



**Figura 3-33. Curva de Dominancia-Abundancia (Pi/Morfoespecies)**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de la morfoespecie: *Onthophagus sp1* representando un  $\pi=0,97$ . La restante morfoespecie registrada no posee una abundancia alta en comparación a la morfoespecie dominante.

### Índices de Diversidad

#### Índice de Shannon - Índice de Dominancia de Simpson (D)

En la tabla siguiente se enlistan los valores obtenidos de acuerdo a los índices de diversidad.

**Tabla 3-60. Índices de Diversidad**

| Índice De Diversidad      | Valor Calculado |
|---------------------------|-----------------|
| Riqueza/Especies          | 2               |
| Abundancia/Individuos     | 46              |
| Dominance_D               | 0.9575          |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.04253         |
| Shannon_H/ Log Nat        | 0.1047          |
| Equitability_J            | 0.1511          |

Elaborado por: Equipo Consultor, 2025

El análisis de la tabla anterior indica el índice de Shannon con un valor de 0,10. Una Equitatividad (J) de 0,15, indicando morfoespecies que no comparten abundancias similares.

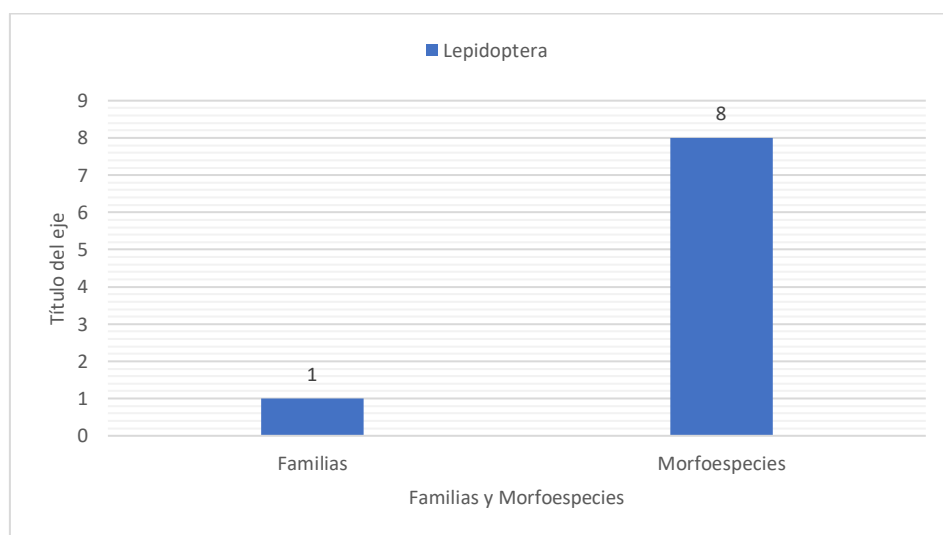
Simpson (1-D) determina 0,04, es decir la población de escarabajos comprófagos presenta una diversidad con tendencia a ser baja. En términos de Dominancia se registra 0,95, es decir se registran un bajo número de morfoespecies dominantes.

### **PML-01-CG**

#### Riqueza

El muestreo de la entomofauna del grupo focal Lepidoptera diurna, registró 1 orden, 1 familia y 8 morfoespecies. Este número de morfoespecies es equivalente al 6,55% en referencia a las 122 morfoespecies registradas por Molina at al., 2018 en la Reserva Arenillas.

En la figura siguiente se indica la riqueza taxonómica.



**Figura 3-34. Análisis de la riqueza**

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

La figura anterior indica el registro de 1 orden: Lepidoptera 1 familia, 8 morfoespecies.

#### **Abundancia (Absoluta/ Relativa)**

En la tabla siguiente se indica la abundancia

**Tabla 3-61. Abundancia absoluta y Relativa**

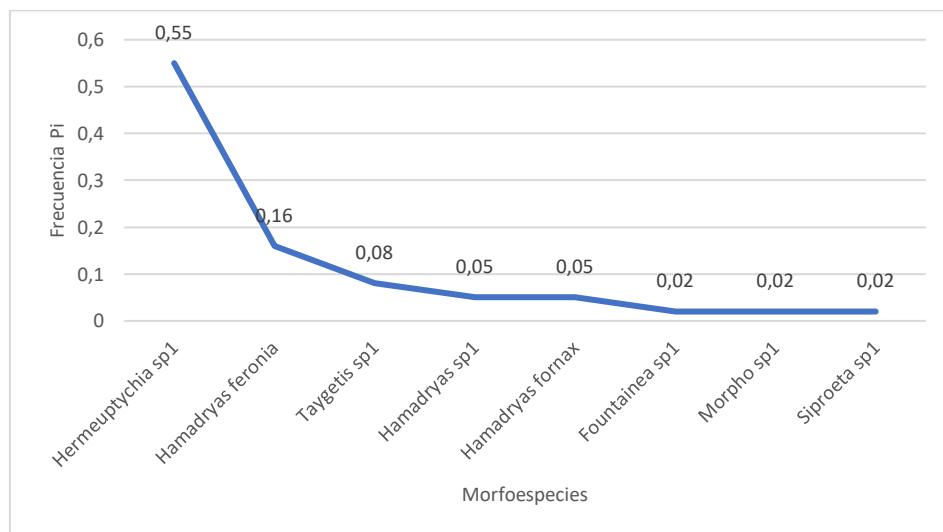
| Morfoespecies            | Abundancia Relativa % | Abundancia Absoluta |
|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Hermeuptychia sp1</i> | 55,55                 | 20                  |
| <i>Hamadryas feronia</i> | 16,66                 | 6                   |
| <i>Taygetis sp1</i>      | 8,33                  | 3                   |
| <i>Hamadryas sp1</i>     | 5,55                  | 2                   |
| <i>Hamadryas fornax</i>  | 5,55                  | 2                   |
| <i>Fountainea sp1</i>    | 2,77                  | 1                   |
| <i>Morpho sp1</i>        | 2,77                  | 1                   |
| <i>Siproeta sp1</i>      | 2,77                  | 1                   |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

En referencia a la abundancia absoluta y relativa registrada el único orden registrado fue Lepidoptera con un registro de 36 individuos, alcanzando el 100% de la abundancia total (36 individuos).

### Curva de Dominancia – Abundancia de Morfoespecies

En la figura siguiente se indica la curva de dominancia-diversidad:



**Figura 3-35. Curva de Dominancia-Abundancia (Pi/Morfoespecies)**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de las morfoespecies: *Hermeuptychia sp1* representando un  $\pi=0,55$ , *Hamadryas feronia* representando un  $\pi=0,16$  y *Taygetis sp1* con un  $\pi=0,08$ . La restante morfoespecie registrada no posee una abundancia alta en comparación a las morfoespecies dominantes.

### Índices de Diversidad

#### Índice de Shannon - Índice de Dominancia de Simpson (D)

En la tabla siguiente se enlistan los valores obtenidos de acuerdo con

**Tabla 3-62. Índices de Diversidad**

| Índice De Diversidad      | Valor Calculado |
|---------------------------|-----------------|
| Riqueza/Especies          | 8               |
| Abundancia/Individuos     | 36              |
| Dominance_D               | 0.3519          |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.6481          |
| Shannon_H/ Log Nat        | 1.452           |
| Equitability_J            | 0.6983          |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

El análisis de la tabla anterior indica el índice de Shannon con un valor de 1,45. Una Equitatividad (J) de 0,69, indicando morfoespecies que comparten abundancias similares.

Simpson (1-D) determina 0,64, es decir la población de lepidoptera presenta una diversidad con tendencia a ser baja. En términos de Dominancia se registra 0,35, es decir se registran un bajo número de

morfoespecies dominantes.

### 3.2.10.7 Resultados Muestreos Cualitativos

#### 3.2.10.7.1 Riqueza

En las áreas de influencia indirecta se realizaron 2 muestreos cualitativos (POE-01-CG y POE-02- -CG, donde se utilizaron metodologías de Observación directa con red entomológica y golpeteo en un transecto de 200 metros de longitud, obteniendo un registro 7 órdenes, 12 familias y 26 morfoespecies.

En la tabla siguiente se exponen los órdenes, familias y morfoespecies registradas en los sitios de observación.

**Tabla 3-63. Insectos terrestres registrados en los sectores de muestreo cualitativos**

| Orden       | Familia       | Especie                    | Nombre común                  | POE-01-CG | POE-02-CG |
|-------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|
| Coleoptera  | Chrysomelidae | <i>Chrysomelidae sp1</i>   | Escarabajos de las hojas      | X         | -         |
| Coleoptera  | Chrysomelidae | <i>Omophoita sp1</i>       | Escarabajos pulga             | X         | -         |
| Orthoptera  | Acrididae     | <i>Orphulella sp1</i>      | Saltamonte                    | X         | -         |
| Orthoptera  | Acrididae     | <i>Acrididae sp1</i>       | Grillo                        | X         | -         |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Neoconocephalus sp1</i> | Grillo                        | -         | X         |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp1</i>   | Grillo                        | X         | -         |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp2</i>   | Grillo                        | X         | -         |
| Orthoptera  | Eumastacidae  | <i>Eumastacidae sp1</i>    | Saltamonte payaso             | X         | -         |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp1</i>   | Rayadoras pequeñas            | X         | -         |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp2</i>   | Rayadoras pequeñas            | -         | X         |
| Diptera     | Syrphidae     | <i>Salpingogaster sp1</i>  | Moscas cazadoras de salivazos | X         | -         |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anartia amathea</i>     | Mariposa pavo real roja       | X         | X         |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Heliconius sp1</i>      | Mariposa de alas largas       | X         | X         |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Pareuptychia sp1</i>    | Mariposas satíridas           | X         | -         |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anthanassa sp1</i>      | Mariposas lunita              | X         | -         |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Burnsius sp1</i>        | Mariposa saltarina            | X         | -         |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cymaenes sp1</i>        | Mariposa saltarina            | X         | -         |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Heliopetes sp1</i>      | Mariposa saltarina            | X         | -         |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cecropterus sp1</i>     | Mariposa saltarina            | X         | -         |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp1</i>     | Mariposa saltarina            | X         | -         |

| Orden       | Familia       | Especie                | Nombre común         | POE-01-<br>CG | POE-02-<br>CG |
|-------------|---------------|------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp2</i> | Mariposa saltarina   | X             | -             |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Spicauda sp1</i>    | Mariposa saltarina   | X             | -             |
| Lepidoptera | Pieridae      | <i>Eurema sp1</i>      | Mariposa amarilla    | X             | -             |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp1</i>   | Chinches del algodón | X             | -             |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp2</i>   | Chinches del algodón | X             | -             |
| Hymenoptera | Apidae        | <i>Apis sp1</i>        | Abeja                | -             | X             |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.10.7.2 Aspectos Ecológicos

A continuación, se describen características importantes de la ecología como: nicho trófico, patrón de actividad, distribución vertical en el bosque, especies sensibles e indicadoras, especies endémicas y estado de conservación para las familias de insectos terrestres en las áreas de muestreo.

### 3.2.10.7.3 Nicho Trófico

Los insectos terrestres al tener un aparato bucal especializado, tienen estrategias alimenticias distintas, que les han permitido adaptarse a una gran variedad de ecosistemas. Para algunos grupos de insectos se han propuesto categorías gremiales específicas, facilitando la comprensión de su función en los ecosistemas (Amat, 2009) (Fernández, 2001). Las estrategias alimenticias de los insectos terrestres fueron catalogadas a nivel de familia. A continuación, en la tabla siguiente se enlistan las morfoespecies por el nicho trófico.

**Tabla 3-64. Nichos tróficos**

| Taxonomía  |               |                            |                          | Aspectos ecológicos |
|------------|---------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| Orden      | Familia       | Morfoespecie               | Nombre Común             | Nicho Trófico       |
| Coleoptera | Chrysomelidae | <i>Chrysomelidae sp1</i>   | Escarabajos de las hojas | Polífago            |
| Coleoptera | Chrysomelidae | <i>Omophoita sp1</i>       | Escarabajos pulga        | Fitófago            |
| Coleoptera | Scarabaeidae  | <i>Onthophagus sp1</i>     | Escarabajo pelotero      | Copronecrofago      |
| Coleoptera | Scarabaeidae  | <i>Coprophanaeus sp1</i>   | Escarabajo pelotero      | Copronecrofago      |
| Orthoptera | Acrididae     | <i>Orphulella sp1</i>      | Saltamonte               | Fitófago            |
| Orthoptera | Acrididae     | <i>Acrididae sp1</i>       | Grillo                   | Fitófago            |
| Orthoptera | Tettigoniidae | <i>Neoconocephalus sp1</i> | Grillo                   | Fitófago            |
| Orthoptera | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp1</i>   | Grillo                   | Fitófago            |
| Orthoptera | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp2</i>   | Grillo                   | Fitófago            |
| Orthoptera | Eumastacidae  | <i>Eumastacidae sp1</i>    | Saltamonte payaso        | Fitófago            |
| Odonata    | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp1</i>   | Rayadoras                | Depredador          |

| Taxonomía   |               |                           |                               | Aspectos ecológicos      |
|-------------|---------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|             |               |                           | pequeñas                      |                          |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp2</i>  | Rayadoras pequeñas            | Depredador               |
| Diptera     | Syrphidae     | <i>Salpingogaster sp1</i> | Moscas cazadoras de salivazos | Polífago                 |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anartia amathea</i>    | Mariposa pavo real roja       | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Heliconius sp1</i>     | Mariposa de alas largas       | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Pareuptychia sp1</i>   | Mariposas satíridas           | Frugívora                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anthanassa sp1</i>     | Mariposas lunita              | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Fountainea sp1</i>     | -                             | Frugívora                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas sp1</i>      | Mariposa tronadora            | Frugívora                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas feronia</i>  | Mariposa tronadora            | Frugívora                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas fornax</i>   | Mariposa tronadora            | Frugívora                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hermeuptychia sp1</i>  | Mariposa satírida             | Frugívora                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Morpho sp1</i>         | Morpho                        | Frugívora                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Siproeta sp1</i>       | Mariposa patas de cepillo     | Frugívora                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Taygetis sp1</i>       | Mariposa satírida             | Frugívora                |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Burnsius sp1</i>       | Mariposa saltarina            | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cymaenes sp1</i>       | Mariposa saltarina            | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Heliopetes sp1</i>     | Mariposa saltarina            | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cecropterus sp1</i>    | Mariposa saltarina            | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp1</i>    | Mariposa saltarina            | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp2</i>    | Mariposa saltarina            | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Spicauda sp1</i>       | Mariposa saltarina            | Nectarívoros             |
| Lepidoptera | Pieridae      | <i>Eurema sp1</i>         | Mariposa amarilla             | Nectarívoros             |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp1</i>      | Chinches del algodón          | Depredadores de semillas |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp2</i>      | Chinches del algodón          | Depredadores de semillas |
| Hymenoptera | Apidae        | <i>Apis sp1</i>           | Abeja                         | Nectarívoros             |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

En el presente estudio los nichos tróficos encontrados fueron: nectarívoros con 13 morfoespecies

representando el 36,11%, Frugívoros con 8 morfoespecies representando el 22,22%, fitófago con 7 morfoespecies representando el 19,44%, los nichos tróficos Polífago, Copronecrofago, Depredador y Depredadores de semillas con 2 morfoespecies respectivamente representando el 5,55%. Esta diversidad de estrategias alimentarias indica la presencia de una diversidad significativa de morfoespecies de entomofauna.

#### 3.2.10.7.4 Patrón de actividad

El patrón de actividad es la preferencia que poseen las especies de invertebrados adultos en su pico de actividad donde realizan actividades ecológicas, reproductivas, y alimenticias (Amat, 2009). Las familias de insectos terrestres registrados en la unidad de estudio, estuvieron conformados por tres patrones de actividad: (Diurno, Nocturno, Diurno-Nocturno) (Amat, 2009). A continuación, en la siguiente tabla siguiente se enlistan las morfoespecies de acuerdo al patrón de actividad.

**Tabla 3-65. Patrón de actividad**

| Taxonomía   |               |                            |                               | Aspectos ecológicos |
|-------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Orden       | Familia       | Morfoespecie               | Nombre Común                  | Patrón de actividad |
| Coleoptera  | Chrysomelidae | <i>Chrysomelidae sp1</i>   | Escarabajos de las hojas      | Diurno-Nocturno     |
| Coleoptera  | Chrysomelidae | <i>Omophoita sp1</i>       | Escarabajos pulga             | Diurno-Nocturno     |
| Coleoptera  | Scarabaeidae  | <i>Onthophagus sp1</i>     | Escarabajo pelotero           | Diurno-Nocturno     |
| Coleoptera  | Scarabaeidae  | <i>Coprophanæus sp1</i>    | Escarabajo pelotero           | Nocturno            |
| Orthoptera  | Acrididae     | <i>Orphulella sp1</i>      | Saltamonte                    | Nocturno            |
| Orthoptera  | Acrididae     | <i>Acrididae sp1</i>       | Grillo                        | Nocturno            |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Neoconocephalus sp1</i> | Grillo                        | Diurno-Nocturno     |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp1</i>   | Grillo                        | Diurno              |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp2</i>   | Grillo                        | Diurno-Nocturno     |
| Orthoptera  | Eumastacidae  | <i>Eumastacidae sp1</i>    | Saltamonte payaso             | Diurno-Nocturno     |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp1</i>   | Rayadoras pequeñas            | Diurno              |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp2</i>   | Rayadoras pequeñas            | Diurno-Nocturno     |
| Diptera     | Syrphidae     | <i>Salpingogaster sp1</i>  | Moscas cazadoras de salivazos | Diurno              |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anartia amathea</i>     | Mariposa pavo real roja       | Diurno-Nocturno     |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Heliconius sp1</i>      | Mariposa de alas largas       | Diurno              |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Pareuptychia sp1</i>    | Mariposas satíridas           | Diurno              |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anthanassa sp1</i>      | Mariposas lunita              | Diurno              |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Fountainea sp1</i>      | -                             | Nocturno            |

| Taxonomía   |               |                          |                           | Aspectos ecológicos |
|-------------|---------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas sp1</i>     | Mariposa tronadora        | Nocturno            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas feronia</i> | Mariposa tronadora        | Diurno              |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas fornax</i>  | Mariposa tronadora        | Nocturno            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hermeuptychia sp1</i> | Mariposa satírida         | Nocturno            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Morpho sp1</i>        | Morpho                    | Nocturno            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Siproeta sp1</i>      | Mariposa patas de cepillo | Nocturno            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Taygetis sp1</i>      | Mariposa satírida         | Diurno              |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Burnsius sp1</i>      | Mariposa saltarina        | Diurno-Nocturno     |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cybaenes sp1</i>      | Mariposa saltarina        | Diurno-Nocturno     |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Heliopetes sp1</i>    | Mariposa saltarina        | Diurno-Nocturno     |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cecropterus sp1</i>   | Mariposa saltarina        | Diurno-Nocturno     |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp1</i>   | Mariposa saltarina        | Diurno-Nocturno     |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp2</i>   | Mariposa saltarina        | Diurno              |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Spicauda sp1</i>      | Mariposa saltarina        | Diurno              |
| Lepidoptera | Pieridae      | <i>Eurema sp1</i>        | Mariposa amarilla         | Diurno-Nocturno     |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp1</i>     | Chinches del algodón      | Diurno-Nocturno     |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp2</i>     | Chinches del algodón      | Diurno-Nocturno     |
| Hymenoptera | Apidae        | <i>Apis sp1</i>          | Abeja                     | Diurno-Nocturno     |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Según lo descrito anteriormente los patrones de actividad registrados fueron: 17 morfoespecies de insectos terrestres con actividad Diurno-Nocturno representados con el 47,22%, 10 morfoespecies de insectos terrestres con actividad Diurno representados con el 27,77%, y 9 morfoespecies con patrón de actividad Nocturno representados con el 25%.

### 3.2.10.7.5 Distribución vertical

La distribución vertical para insectos terrestres se determina en función del estrato, en donde se encuentran los diferentes grupos de insectos dentro del bosque estos pueden ser: (sotobosque, suelo-sotobosque, sotobosque-dosel, suelo, y dosel) (Amat, 2009).

En la tabla siguiente se enlista la distribución de las morfoespecies registradas.

**Tabla 3-66. Distribución vertical**



| Taxonomía   |               |                            |                               | Aspectos ecológicos   |
|-------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Orden       | Familia       | Morfoespecie               | Nombre Común                  | Distribución vertical |
| Coleoptera  | Chrysomelidae | <i>Chrysomelidae sp1</i>   | Escarabajos de las hojas      | Sotobosque            |
| Coleoptera  | Chrysomelidae | <i>Omophoita sp1</i>       | Escarabajos pulga             | Sotobosque            |
| Coleoptera  | Scarabaeidae  | <i>Onthophagus sp1</i>     | Escarabajo pelotero           | Terrestre             |
| Coleoptera  | Scarabaeidae  | <i>Coprophanæus sp1</i>    | Escarabajo pelotero           | Terrestre             |
| Orthoptera  | Acrididae     | <i>Orphulella sp1</i>      | Saltamonte                    | Sotobosque            |
| Orthoptera  | Acrididae     | <i>Acrididae sp1</i>       | Grillo                        | Sotobosque            |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Neoconocephalus sp1</i> | Grillo                        | Sotobosque            |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp1</i>   | Grillo                        | Sotobosque            |
| Orthoptera  | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp2</i>   | Grillo                        | Sotobosque            |
| Orthoptera  | Eumastacidae  | <i>Eumastacidae sp1</i>    | Saltamonte payaso             | Sotobosque            |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp1</i>   | Rayadoras pequeñas            | Sotobosque            |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp2</i>   | Rayadoras pequeñas            | Sotobosque            |
| Diptera     | Syrphidae     | <i>Salpingogaster sp1</i>  | Moscas cazadoras de salivazos | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anartia amathea</i>     | Mariposa pavo real roja       | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Heliconius sp1</i>      | Mariposa de alas largas       | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Pareuptychia sp1</i>    | Mariposas satíridas           | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anthanassa sp1</i>      | Mariposas lunita              | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Fountainea sp1</i>      | -                             | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas sp1</i>       | Mariposa tronadora            | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas feronia</i>   | Mariposa tronadora            | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas fornax</i>    | Mariposa tronadora            | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hermeuptychia sp1</i>   | Mariposa satírida             | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Morpho sp1</i>          | Morpho                        | Sotobosque-Dosel      |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Siproeta sp1</i>        | Mariposa patas de cepillo     | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Taygetis sp1</i>        | Mariposa satírida             | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Burnsius sp1</i>        | Mariposa saltarina            | Sotobosque            |

| Taxonomía   |               |                        |                      | Aspectos ecológicos   |
|-------------|---------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| Orden       | Familia       | Morfoespecie           | Nombre Común         | Distribución vertical |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cybaenes sp1</i>    | Mariposa saltarina   | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Heliopetes sp1</i>  | Mariposa saltarina   | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cecropterus sp1</i> | Mariposa saltarina   | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp1</i> | Mariposa saltarina   | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp2</i> | Mariposa saltarina   | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Spicauda sp1</i>    | Mariposa saltarina   | Sotobosque            |
| Lepidoptera | Pieridae      | <i>Eurema sp1</i>      | Mariposa amarilla    | Sotobosque            |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp1</i>   | Chinches del algodón | Sotobosque            |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp2</i>   | Chinches del algodón | Sotobosque            |
| Hymenoptera | Apidae        | <i>Apis sp1</i>        | Abeja                | Sotobosque            |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

En cuanto a la distribución vertical se registra 33 morfoespecies de sotobosque que representa el 91,66%, 2 morfoespecies terrestre que representa el 5,55% y 1 morfoespecie de sotobosque-dosel que representa el 2,77%

### 3.2.10.7.6 Especies sensibles

Para categorizar la sensibilidad de insectos terrestres se determinaron tres categorías: especies de alta sensibilidad (especies que prefieren hábitats en buen estado de conservación, sean bosques primarios o secundarios de regeneración antigua y dependiendo de sus rangos de acción, también pueden adaptarse a remanentes de bosque natural intervenido); especies de sensibilidad media (especies que pueden soportar ligeros cambios ambientales y pueden encontrarse en áreas de bosque en buen estado de conservación y/o en bordes de bosque o áreas con alteración ligera) y especies de baja sensibilidad (especies capaces de adaptarse y colonizar zonas alteradas) (Amat, 2009).

A continuación, en la tabla siguiente se indica la sensibilidad del entomofauna.

Tabla 3-67. Sensibilidad de la entomofauna

| Taxonomía  |               |                          |                          | Aspectos ecológicos |
|------------|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| Orden      | Familia       | Morfoespecie             | Nombre Común             | Sensibilidad        |
| Coleoptera | Chrysomelidae | <i>Chrysomelidae sp1</i> | Escarabajos de las hojas | Baja                |
| Coleoptera | Chrysomelidae | <i>Omophoita sp1</i>     | Escarabajos pulga        | Baja                |
| Coleoptera | Scarabaeidae  | <i>Onthophagus sp1</i>   | Escarabajo pelotero      | Baja                |
| Coleoptera | Scarabaeidae  | <i>Coprophanæus sp1</i>  | Escarabajo pelotero      | Alta                |

| Taxonomía   |               |                            |                               | Aspectos ecológicos |
|-------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Orden       | Familia       | Morfoespecie               | Nombre Común                  | Sensibilidad        |
| Ortoptera   | Acrididae     | <i>Orphulella sp1</i>      | Saltamonte                    | Baja                |
| Ortoptera   | Acrididae     | <i>Acrididae sp1</i>       | Grillo                        | Baja                |
| Ortoptera   | Tettigoniidae | <i>Neoconocephalus sp1</i> | Grillo                        | Baja                |
| Ortoptera   | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp1</i>   | Grillo                        | Baja                |
| Ortoptera   | Tettigoniidae | <i>Tettigoniidae sp2</i>   | Grillo                        | Baja                |
| Ortoptera   | Eumastacidae  | <i>Eumastacidae sp1</i>    | Saltamonte payaso             | Baja                |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp1</i>   | Rayadoras pequeñas            | Baja                |
| Odonata     | Libellulidae  | <i>Erythrodiplax sp2</i>   | Rayadoras pequeñas            | Baja                |
| Diptera     | Syrphidae     | <i>Salpingogaster sp1</i>  | Moscas cazadoras de salivazos | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anartia amathea</i>     | Mariposa pavo real roja       | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Heliconius sp1</i>      | Mariposa de alas largas       | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Pareuptychia sp1</i>    | Mariposas satíridas           | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Anthanassa sp1</i>      | Mariposas lunita              | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Fountainea sp1</i>      | -                             | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas sp1</i>       | Mariposa tronadora            | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas feronia</i>   | Mariposa tronadora            | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hamadryas fornax</i>    | Mariposa tronadora            | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Hermeuptychia sp1</i>   | Mariposa satírida             | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Morpho sp1</i>          | Morpho                        | Media               |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Siproeta sp1</i>        | Mariposa patas de cepillo     | Baja                |
| Lepidoptera | Nymphalidae   | <i>Taygetis sp1</i>        | Mariposa satírida             | Baja                |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Burnsius sp1</i>        | Mariposa saltarina            | Baja                |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cymaenes sp1</i>        | Mariposa saltarina            | Baja                |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Heliopetes sp1</i>      | Mariposa saltarina            | Baja                |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Cecropterus sp1</i>     | Mariposa saltarina            | Baja                |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp1</i>     | Mariposa saltarina            | Baja                |



| Taxonomía   |               |                        |                      | Aspectos ecológicos |
|-------------|---------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| Orden       | Familia       | Morfoespecie           | Nombre Común         | Sensibilidad        |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Hesperiidae sp2</i> | Mariposa saltarina   | Baja                |
| Lepidoptera | Hesperiidae   | <i>Spicauda sp1</i>    | Mariposa saltarina   | Baja                |
| Lepidoptera | Pieridae      | <i>Eurema sp1</i>      | Mariposa amarilla    | Baja                |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp1</i>   | Chinches del algodón | Baja                |
| Hemiptera   | Pyrrhocoridae | <i>Dysdercus sp2</i>   | Chinches del algodón | Baja                |
| Hymenoptera | Apidae        | <i>Apis sp1</i>        | Abeja                | Baja                |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

En el presente estudio se registró 35 morfoespecies de sensibilidad baja, representando el 97,22 y 1 morfoespecie de sensibilidad media representando el 2,77%.

### 3.2.10.7.7 Especies de Interés

Las especies de interés fueron determinadas tomando en cuenta aspectos ecológicos, geográficos y de conservación. Todos los insectos terrestres tienen diferentes aportes ecológicos que les da una gran importancia a cada orden y familia encontrada en el área de estudio, a continuación, se describen algunos órdenes y familias de interés ecológico, económico y de importancia para la conservación (Amat, 2007).

El orden Orthoptera, conocidos comúnmente como saltamontes, grillos, langostas entre otros, se determinaron como un orden de interés por la abundancia de sus familias. Estos insectos desde tiempos remotos, han sido considerados como plagas. Ya que diferentes especies están relacionadas con cultivos y pastos, aunque también existen especies que viven solamente en bosques. Los Orthoptera son funcionalmente importantes como los invertebrados dominantes sobre tierra en los pastos y praderas naturales cuando son considerados por su biomasa (Lillo et al., 2014).

Los insectos que pertenecen al orden Lepidoptera, así como otros órdenes de insectos, que mantienen papeles cruciales en el equilibrio de los ecosistemas, la relación cercana entre las mariposas y sus plantas hospederas ha sido crucial para explicar la megadiversidad florística en los trópicos, además la diversidad de interacciones que tienen con plantas, depredadores, parasitoides y otras especies, también son claves para la diversidad y dinámica poblacional en los bosques. A más de su importancia ecológica, las mariposas han sido extensamente utilizadas como bioindicadores, ya que tienen relaciones muy estrechas con sus plantas hospederas, algunas son especie-específicas y su fisiología las hace muy sensibles a cambios en el ambiente, ya que son organismos ectotérmicos donde su temperatura corporal depende del medio externo (MAE, 2013)

Nymphalidae es una de las familia más abundantes y diversas de Lepidoptera, tanto ecológica como taxonómicamente, especialmente en el Neotrópico; por lo tanto, estudios sobre sus comunidades son importantes para fines de conservación, además de ser un grupo de animales carismáticos para la sociedad civil. Se conoce que los adultos de esta familia se alimentan de una gran variedad de sustratos y se sabe que, en los trópicos suelen alimentarse de fruta en descomposición y que muchas especies forrajean en carroña (Rodríguez y Miller, 2013).

### 3.2.10.7.8 Especies endémicas

No se disponen de estudios que indiquen el endemismo de la entomofauna terrestres en el Ecuador, por lo cual no se cuenta con información de las morfoespecies registradas en el presente estudio.

### 3.2.10.7.9 estado de conservación

De acuerdo a la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2025) y CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres 2025), los insectos terrestres registrados en el presente estudio no constan en la listas de conservación.

### 3.2.10.7.10 Uso del recurso

Según la información obtenida por parte de los trabajadores de la planta de beneficio, los insectos terrestres registrados no son utilizados en ninguna actividad sea esta alimenticia, comercial o cultural.

### 3.2.10.8 Discusión

Los insectos terrestres pueden tener diferentes reacciones ante perturbaciones antropogénicas, según sus capacidades de adaptación, dispersión, y requerimientos, las especies que tienen plantas hospederas específicas se ven drásticamente afectadas por la fragmentación de los bosques, las especies generalistas se ven beneficiadas por estos fenómenos, así como las especies que prefieren áreas abiertas y de mayor luminosidad, a diferencia de las especies que están acostumbradas a los estratos inferiores del bosque y prefieren menos luminosidad. En los puntos de muestreo se encontraron en su mayoría especies de insectos terrestres con sensibilidad baja, esto puede deberse a que las especies generalistas con preferencias alimenticias fitófagos y polífagos, depredadores (especies generalistas), tienen mayores ventajas de recursos para incrementar sus poblaciones, es por ello que se debe tener cuidado especial con los insectos depredadores que pueden ser considerados como plagas si su población aumenta sin un control (Amat, 2009), de igual forma cuando existen deforestaciones el orden díptera y en específico las hembras de los culícidos pueden actuar como vectores de enfermedades infecciosas, corroborando que las especies generalistas pueden colonizar gran variedad de hábitats.

Aparentemente, la destrucción antropogénica de los hábitats en el país representa una gran amenaza a la existencia del grupo de escarabajos copronecrófagos, (Martínez, 2005), como aspecto interesante es la respuesta de poblaciones de Carabidae a cambios en el medio ambiente, como fragmentación de bosques o acidificación del suelo, para este grupo de insectos, los eventos de disturbio, fragmentación y a largo plazo, de pérdida de hábitat, (Noriega et al., 2012) generando una reducción en la heterogeneidad espacial que se ve expresada en una disminución en la riqueza, abundancia, composición de especies y de grupos funcionales, y en lo particular en este estudio realizado se pudo conocer la ausencia de este grupo tan importante dentro del ecosistema debido a la ausencia del mismo. Además, en fragmentos pequeños o muy perturbados las poblaciones de vertebrados se reducen al punto de desaparecer, lo cual tiene un efecto negativo directo en la producción de excremento, afectando la estructura del ensamblaje y su biomasa. Esto puede deberse a la ausencia de mamíferos que provean del alimento y cobertura necesaria para el orden coleóptera familia Scarabaeidae propiamente de los escarabajos peloteros o copronecrófagos. De acuerdo a este contexto en las áreas de influencia de la planta de beneficio las condiciones ambientales son de alteración, lo cual con seguridad limitó el registro de una mayor riqueza de morfoespecies de escarabajos peloteros o copronecrófagos.

### 3.2.10.9 Conclusiones

- Los sitios de muestreos cualitativos y cuantitativos en las áreas de influencia de la Planta de Beneficio, estuvieron representados por varios órdenes de insectos terrestres, las familias y morfoespecies detalladas en el presente informe responden a hábitats de remanentes pequeños

de vegetación arbustiva-herbácea.

- La entomofauna terrestre que se registró esta asociada a la vegetación fragmentada, la mayoría de los grupos de insectos se caracterizan por habitar sitios previamente alterados.
- La alimentación de los insectos terrestres registrados fue variada, desde depredadores, polívoros, fitófagos, nectarívoros, frugívoros entre las principales formas de alimentación.
- Se evidenció la escasa presencia de grupos focales como los escarabajos copronecrófagos. Aquello se debe básicamente a la alta fragmentación de los hábitats que ha originado que los mamíferos nativos no estén presentes y con ello los recursos alimenticios de las heces se vean reducidos influenciando en la no presencia del grupo de escarabajos copronecrófagos.
- Otro grupo focal que estuvo poco representando fue las mariposas diurnas-Lepidoptera-Nymphalidae, debido exclusivamente a la alta fragmentación de los hábitats locales y a la no presencia de vegetación nativa que aporten con flores y néctar.
- Los muestreos cualitativos mediante red entomológica y golpeteo permitieron caracterizar otros grupos de invertebrados terrestres que se distribuyen en la vegetación arbustiva-herbácea.

#### 3.2.10.10 Recomendaciones

A pesar de que se registró una baja riqueza de morfoespecies focales de los grupos escarabajos coprófagos y mariposas diurnas, estas deben ser conservadas mediante acciones que evite que los escasos remanentes de vegetación sean deforestados.

### 3.2.11 Componente acuático (Peces y macroinvertebrados)

#### 3.2.11.1 Ictiofauna

##### 3.2.11.1.1 Introducción

Los peces han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países desde hace tiempo. Los peces son el grupo más diverso entre los vertebrados (Nelson, 1994), sin embargo, muchas especies de agua dulce se encuentran amenazadas por las actividades humanas (Duncan y Lockwood, 2001). Las comunidades de peces son consideradas como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad preservar la calidad de ríos y lagos (Cowx y Collares, 2002). Por ello su caracterización resulta muy importante, porque ésta es reconocida como una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (Angermeier y Schlosser, 1995; Boulton, 1999) y como índices de la calidad del medio acuático en el mundo (Karr et al., 1986, Soto et al., 1998, Kestemont et al., 2000), capaces de indicar diversos niveles de degradación (Scott y Hall, 1997; Wichert y Rapport, 1998) y de definir el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos (Paller et al., 2000).

En el Ecuador los registros alcanzan 1.716 especies, 765 son marinos y 951 de agua dulce. Esta última cifra representa el 7.8% de las especies de agua dulce del mundo y el 21% de las especies de Sudamérica (Barriga, 2012). Los peces de agua dulce de la vertiente occidental del Ecuador exhiben un patrón de baja diversidad en comparación con las comunidades de la vertiente oriental, pero uno de los niveles más altos de endemismo de todo Sudamérica (Barriga, 2012; Jiménez-Prado et al., 2021).

En el caso particular de la Planta de Beneficio, esta se ubica en la zona Ictiohidrográfica Catamayo (C), que alberga una riqueza de 25 especies (Barriga, 2012). Sin embargo, el crecimiento de la población humana,

las actividades antrópicas, deforestación, entre las principales, ha provocado un cambio en las poblaciones debido a la modificación, fragmentación y destrucción de los hábitats, además de la introducción de especies invasivas y pérdida de la continuidad ecológica (Jiménez-Prado et al, 2021). En el caso particular del Río Calera que se cruza por las áreas de influencia de la Planta de Beneficio, este ha sido altamente contaminado por los sedimentos de las actividades mineras que se ubican en el tramo alto y medio del río. Aquello ha conllevado a que la fauna peces no esté presente. Por tales razones, la ejecución de estudios hidrobiológicos sirve para conocer la diversidad acuática y a su vez monitorearla en función del tiempo, cambio y alteraciones que ocurran en sus hábitats (Jiménez-Prado, 2015). De acuerdo con este contexto se realizó dos muestreos río arriba y río abajo del área de influencia del Río Caleras. Para lo cual se usaron metodologías estandarizadas y que se acoplen a las características hidrológicas del río.

### 3.2.11.1.2 Objetivos

- Caracterizar la riqueza, abundancia y diversidad del componente peces aguas arriba y aguas abajo del Río Caleras, en relación al áreas de influencia de la Planta de Beneficio
- Determinar la sensibilidad ecológica desde el punto de vista de los peces aguas arriba y aguas abajo del Río Caleras, en relación a las áreas de influencia de la Planta de Beneficio.

### Limitaciones

La principal limitación que se presentó en el Río Caleras es la contaminación que presenta este cuerpo de agua. Debido exclusivamente a las descargas líquidas mezcladas con sedimentos de las actividades de las plantas de beneficio a lo largo del río. Lo cual ha originado que en el río no se esté desarrollando vida acuática.

### 3.2.11.1.3 Descripción de los Sitios de muestreo

**Agua arriba PMI-01-CG.-** Este sitio de muestreo presenta aguas corrientosas de color turbio-verdoso. El lecho fue arenoso-pedregoso, con una amplitud del río de aproximadamente 18m y profundidad de 0,65 m. En los alrededores se observa los límites de la planta de beneficio Cayo Gold, con escasa vegetación de ribera. También hay la presencia de basura orgánica como plásticos, ropa, latas, entre las principales.

**Agua abajo PMI-02-CG.-** Este sitio de muestreo presenta aguas corrientosas de color turbio-verdoso. El lecho fue arenoso-pedregoso, con una amplitud del río de aproximadamente 20m y profundidad de 0,60 m. En los alrededores se observa los límites de la Planta de Beneficio Cayo Gold, con escasa vegetación de ribera.

PMI-03- CG-Quebrada S/N. Este sitio se localiza dentro del área de influencia indirecta del proyecto. El cuerpo de agua presenta un ancho de cauce de 50 cm, caracterizado por un sustrato predominantemente arenoso y aguas de alta transparencia. El entorno ripario está compuesto por vegetación de rastrojo y una capa de hojarasca densa. Cabe destacar que este punto coincide con la zona de captación de agua para la planta de beneficio.

En la tabla siguiente se incluyen datos de los sitios de muestreo del componente peces:

**Tabla 3-68. Sectores de muestreo Ictiofauna**

| Código | Fecha | Coordenadas WGS-84 Zona 17S X/Y | Altitud (msnm) | Método | Hábitat | Extensión unida de muestreo | Tipo de muestreo |
|--------|-------|---------------------------------|----------------|--------|---------|-----------------------------|------------------|
|        |       |                                 |                |        |         |                             |                  |

|                               |                          |                  |                       |             |                                 |   | <b>treal<br/>(m)</b> |              |
|-------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------|---|----------------------|--------------|
| PMI-01-<br>CG                 | 15-16-<br>17/03/20<br>25 | 0651788          | 958911<br>8           | 614         | Atarraya, red de mano, anzuelos | Sitio de muestreo presenta aguas corrientosas de color turbio-verdoso. El lecho fue arenoso-pedregoso, con una amplitud del río de aproximadamente 18m y profundidad de 0,65 m. En los alrededores se observa los límites de la planta de beneficio Caya Gold, con escasa vegetación de ribera. | 20                   | Cuantitativo |
| PMI-02-<br>CG                 | 15-16-<br>17/03/20<br>25 | 0651826          | 958900<br>6           | 614         | Atarraya, red de mano, anzuelos | Sitio de muestreo presenta aguas corrientosas de color turbio-verdoso. El lecho fue arenoso-pedregoso, con una amplitud del río de aproximadamente 20m y profundidad de 0,60 m  | 20                   | Cuantitativo |
| PMI-03-<br>CG<br>Quebrada S/N | 15-16-<br>17/03/20<br>25 | 651670<br>651476 | 958845<br>958863<br>4 | 615-<br>618 | Red de mano                     | Sitio de muestreo con una amplitud de 50cm, rodeada de vegetación de rastrojo y hojarasca. Agua transparente con sustrato arenoso.  | 100<br>m             | Cuantitativo |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

#### 3.2.11.1.4 Metodología

Para el registro del componente peces, se utilizaron metodologías estandariza y adaptadas para el sistema hidrográfico del Río Caleras, que se describen a continuación:

**Atarraya:** De 2 m de radio y 0,1 m y 0,2 m de malla, su empleo está limitado a ríos libres de troncos o que presenten algún tipo de materia vegetal en descomposición, que intervenga en el correcto empleo de esta red. La técnica de lanzamiento consiste en mantener sujeta la parte superior de la red amarrada a la muñeca, mientras que parte del margen se toma con la boca y otra parte se sostiene sobre el hombro, lanzándola de modo que adquiere la forma de un disco que cubre al pez (Barriga, 1983). Se realizaron 10 repeticiones en cada sitio de muestreo. Sin embargo, su rango de empleo puede aumentar en relación con la morfología del cuerpo de agua en cuestión, con el objetivo de cubrir la mayor cantidad posible de hábitats. Este método permite obtener datos de sistemas hídricos de flujo rápido, moderado, lento o laminar (Galvis, y otros, 2006).

**Anzuelos:** Dispositivos de varias dimensiones (de uno a 12 los más pequeños y de 1/0 a 4/0 los más grandes), estos dispositivos se enganchan al paladar, boca o en su cuerpo de los peces, para lo cual deben llevar algún tipo de carnada para atraer a la presa (Andraka y otros, 2013). El tiempo empleado para está arte de pesca es de una hora.

**Red de mano:** Su uso se limita a zonas cercanas a vegetación de ribera, bajo piedras u hojarasca en riachuelos pequeños. Sujetando del madero medio, y con una leve inclinación, se sumerge debajo del agua, con una frecuencia basada en el criterio del técnico (Barriga, 1983). Este método permite evaluar a los cuerpos de agua de difícil acceso o con características morfológicas que no permitan la utilización de otro tipo de arte de pesca (Tufiño & Barrantes, 2013)

#### 3.2.11.1.5 Esfuerzo de muestreo

A continuación, se indica el esfuerzo de muestreo:

**Tabla 3-69. Tabla de esfuerzo de muestreo Peces**

| Código de Muestreo      | Metodología                     | extensión | Horas por Día | Número de Días | Horas/Total |
|-------------------------|---------------------------------|-----------|---------------|----------------|-------------|
| PMI-01- CG              | Atarraya, red de mano, anzuelos | 20 m      | 2             | 1              | 2           |
| PMI-02- CG              | Atarraya, red de mano, anzuelos | 20 m      | 2             | 1              | 2           |
| PMI-03- CG Quebrada S/N | Red de mano                     | 100 m     | 2             | 1              | 2           |
| Total                   |                                 |           |               |                | 6           |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

#### 3.2.11.1.6 Análisis de la información

No se incluye ningún análisis tomando en consideración que no se registraron datos de la presencia de peces en los sitios de muestreo.

#### 3.2.11.1.7 Resultados

No se tuvo éxito de registros de de peces tanto agua arriba como agua abajo del Río Caleras. Con toda seguridad la falta de registros de peces se deba básicamente a la alta contaminación del río por las actividades mineras locales. Adicionalmente las constante presiones antrópicas vinculadas a la



deforestación de la cobertura vegetal de las riberas del río, es otro factor negativo para la no presencia de la ictiofauna.

### **Discusión**

De acuerdo a Galindo (2004), la transformación del ambiente natural debido a la destrucción y fragmentación del hábitat, trae severas consecuencias demográficas y genéticas en las poblaciones: reduce su tamaño y diversidad; se interrumpe el flujo genético al tiempo que se promueve la deriva génica; y aumenta la probabilidad de extinción local. En este contexto la vegetación protectora de las riberas del Río Caleras desde hace varios años fue fragmentada, no existe vegetación continua, ni nativa, misma que se ha queda relegada a vegetación arbustiva-herbácea. Este fenómeno como indica Galindo genera la extinción local de la fauna, lo cual puede haber ocurrido en el Río Caleras, donde no se registraron peces, que puede deberse a que la vegetación que cumple la función de protección y de proporcionar alimento mediante sus frutos., al no estar presente haya sido uno de los factores para extinción de la ictiofauna en este tramo del Río Caleras.

De acuerdo a la WWF (2022) los árboles cumplen una función reguladora del agua, por lo tanto, si los bosques aledaños a los ríos desaparecen, estas fuentes hídricas también se ven afectadas. De acuerdo a este contexto los sitios de muestreo del Río Caleras en el momento del muestreo presentaron un caudal caudaloso, la alta fragmentación de las subcuencas del río han determinado que la vegetación desaparezca, constituyente uno de los factores potenciales que limitan la presencia de peces. Esta apreciación es corroborada por la mismas WWF (2022) que enuncian que los ríos en general han *empezando a padecer síntomas del síndrome de los ríos vacíos, es decir, ríos en los que circula el agua y aparentemente todo funciona bien, pero en los cuales no hay peces.*

En un contexto general la WWF (2022) indica que el cambio climático impacta a los ecosistemas de agua dulce incluyendo los ríos cambiando la cantidad, calidad y tiempo de los suministros de agua, debido a varios factores como la estacionalidad e intensidad de la lluvia, las temperaturas más altas del aire y el agua, y los cambios en la recarga de aguas subterráneas, entre otros factores. De acuerdo a estos ordenes de ideas, la subcuenca del Río Caleras está siendo afectados por el cambio climático. El 2024 fue evidente, donde se presentó un largo estiajes que se tuvo, el cual impactó con toda seguridad en la dinámica hidrobiológica.

#### **6.1.1.2 Conclusiones**

Se concluye que las riberas del Río Caleras en los puntos de muestreo presentan una degradación severa de su estructura ecológica original. La ausencia de vegetación nativa y la presencia únicamente de vegetación herbácea-arbustiva en estadios iniciales de regeneración evidencian una fragmentación crítica del hábitat. Esta pérdida de la zona de amortiguamiento ripario elimina los servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación térmica y el aporte de materia orgánica (alóctona), comprometiendo la base de la cadena trófica acuática.

Los resultados del muestreo indican que el Río Caleras funciona actualmente como un cuerpo de agua con nula capacidad de sostenimiento de vida íctica. La identificación de descargas directas provenientes de las plantas de beneficio ha derivado en una alteración físico-química del agua que excede los límites de tolerancia biológica de las especies nativas. El estado de contaminación por vertidos industriales ha transformado este ecosistema en un segmento de exclusión biótica, donde las condiciones de toxicidad o hipoxia impiden el establecimiento de poblaciones de peces.

A pesar de la implementación de un esfuerzo de muestreo multi-metodológico que incluyó el uso de atarraya, anzuelos y redes de mano, la riqueza de especies registrada fue de cero (0). El uso de estas técnicas, estandarizadas para la captura en diversos estratos de la columna de agua, ratifica la ausencia



de ictiofauna en el sector. Esta "ausencia por defunción ecológica" confirma que el impacto ambiental de las actividades industriales a lo largo del río ha superado la resiliencia del ecosistema, resultando en la extirpación local de la fauna íctica.

## Recomendaciones

Es importante realizar un programa de reforestación de las riberas del Río Caleras, con la finalidad de que en un futuro la vegetación se transforme en una capa protectora del agua y así pueda contribuir a la remediación del río.

### 3.2.11.2 Macroinvertebrados acuáticos

#### 3.2.11.2.1 Introducción

Actualmente, las comunidades biológicas, como los macroinvertebrados acuáticos, han sido destacadas como indicadoras de las condiciones ambientales, ya que, su presencia refleja las condiciones que prevalecen en el ambiente donde viven (Roldán, 1999), como las condiciones físicas, químicas y bióticas, además de las diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales (Barbour et al., 1999). Esto se debe a que tales organismos responden rápidamente a variaciones ambientales y son fundamentales para el entendimiento de la estructura trófica y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Lampert & Sommer, 2007).

Las relaciones del recurso hídrico con usos del terreno y las sustancias que lo están desequilibrando pueden reconocerse a partir del estudio de la biodiversidad de los macroinvertebrados del agua (Roldán, 1992).

Los macroinvertebrados bentónicos son habitantes comunes de los lagos y arroyos en los que son importantes en el movimiento de energía a través de las redes tróficas. El término "bentos" significa "parte inferior de vida", por lo que estos organismos por lo general habitan en substratos del fondo por lo menos parte de su ciclo de vida (Rosenberg & Resh, 1993).

Son aquellos organismos que viven la mayor parte de su vida en ríos, esteros y lagos, no tienen esqueleto y son visibles a simple vista. Generalmente están representados por insectos, lombrices de agua, planarias, moluscos, cangrejos, camarones, anfípodos, ácaros, sanguijuelas y nematodos (Roldán, 1988).

La necesidad de conocer la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos expuestos a las actividades humanas, ha generado la creación de Índices Bióticos, entre los cuales, aquellos que usan a los macroinvertebrados acuáticos han sido los más aceptados por su fácil interpretación (Roldán, 2003).

De acuerdo con este contexto se realizó dos muestreos para el componente macroinvertebrados acuáticos río arriba y río abajo del área de influencia del Río Caleras. Sin embargo al no registrarse ninguna morfoespecie en los dos muestreos debido a la contaminación del Río Caleras se procedió a muestrear una vertiente que se ubica en la toma de agua de la Planta de Beneficio. Para los muestreos tanto en el Río Caleras como en la vertiente se usó la técnica de Red D-Net.

#### 3.2.11.2.2 Objetivos

- Caracterizar la riqueza, abundancia y diversidad del componente macroinvertebrados acuáticos aguas arriba y aguas abajo del Río Caleras, en relación al área de influencia de la Planta de Beneficio.
- Determinar la sensibilidad ecológica desde el punto de vista del componente macroinvertebrados



acuáticos aguas arriba y aguas abajo del Río Caleras, en relación al área de influencia de la Planta de Beneficio.

### Limitaciones

La principal limitación que se presentó en el Río Caleras es la contaminación que presenta este cuerpo de agua. Debido exclusivamente a las descargas líquidas mezcladas con sedimentos de las actividades de las plantas de beneficio a lo largo del río. Lo cual ha originado que en el río no se esté desarrollando vida acuática.

#### 3.2.11.2.3 Descripción de los Sitios de muestreo

**Agua arriba PMB-01-CG.-** Este sitio de muestreo presenta aguas correntosas de color turbio-verdoso. El lecho fue arenoso-pedregoso, con una amplitud del río de aproximadamente 18m y profundidad de 0,65 m. En los alrededores se observa los límites de la Planta de Beneficio Cayo Gold, con escasa vegetación de ribera. También hay la presencia de basura orgánica como plásticos, ropa, latas, entre las principales.

**Agua abajo PMB-02-CG.-** Este sitio de muestreo presenta aguas correntosas de color turbio-verdoso. El lecho fue arenoso-pedregoso, con una amplitud del río de aproximadamente 20m y profundidad de 0,60 m. En los alrededores se observa los límites de la Planta de Beneficio Cayo Gold, con escasa vegetación de ribera.

**Quebrada Sin Nombre PMB-03-CG.-** Este sitio se localiza dentro del área de influencia indirecta del proyecto. El cuerpo de agua presenta un ancho de cauce de 50 cm, caracterizado por un sustrato predominantemente arenoso y aguas de alta transparencia. El entorno ripario está compuesto por vegetación de rastrojo y una capa de hojarasca densa. Cabe destacar que este punto coincide con la zona de captación de agua para la planta de beneficio.,.

En la tabla siguiente se incluyen datos de los sitios de muestreo del componente macroinvertebrados acuáticos:

**Tabla 3-70. Sectores de muestreo Macroinvertebrados Acuáticos**

| Código                   | Fecha            | Coordenadas WGS-84 Zona 17S |         | Altitud (msnm) | Método    | Hábitat  | Extensión unidad muestral (m) | Tipo de muestreo |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|---------|----------------|-----------|--|-------------------------------|------------------|
|                          |                  | X                           | Y       |                |           |  |                               |                  |
| PMB-01-CG<br>Río Caleras | 15-16-17/03/2025 | 651831                      | 9589032 | 595            | Red D-net | Sitio de muestreo presenta aguas correntosas de color turbio-verdoso. El lecho fue arenoso-pedregoso, con una amplitud del río de aproximadamente 18m y profundidad de 0,65 m. En los alrededores se | 20m                           | Cuantitativo     |

|                         |                  |                  |                   |         |           |  |      |              |
|-------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------|-----------|--|------|--------------|
|                         |                  |                  |                   |         |           | observa los límites de la planta de beneficio Caya Gold, con escasa vegetación de ribera.  |      |              |
| PMB-02- CG Río Caleras  | 15-16-17/03/2025 | 651758           | 9589170           | 598     | Red D-net | Sitio de muestreo presenta aguas corrientosas de color turbio-verdoso. El lecho fue arenoso-pedregoso, con una amplitud del río de aproximadamente 20m y profundidad de 0,60 m | 20m  | Cuantitativo |
| PMB-03- CG Quebrada S/N | 15-16-17/03/2025 | 651670<br>651476 | 958845<br>9588634 | 615-618 | Red D-net | Sitio de muestreo con una amplitud de 50cm, rodeada de vegetación de rastrojo y hojarasca. Agua transparente con sustrato arenoso.   | 100m | Cuantitativo |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

### 3.2.11.2.4 Metodología

Para el registro del componente macroinvertebrados acuáticos se utilizó una metodología estandarizada que se describen a continuación:

**Red Tipo D-Net:** Esta red comprende una malla de apertura de 250 µm y un área de 0.1 m<sup>2</sup>, que posee un mango de madera de aproximadamente un metro de alto (Roldán, 2003). La técnica de muestreo con red D - net, consiste en introducir la red al fondo del río en sentido contrario a la corriente de agua, mientras por delante el operador procederá a remover y golpear el sustrato dinámicamente con los pies durante un minuto aproximadamente, se la utilizo en lugares que presenten sustrato fangoso lodoso y con difícil acceso a las orillas (Molina, C, Fossati, O, & Marín. R, 2006).

El material obtenido se depositó en una bandeja blanca con la finalidad de separar los sustratos más grandes e ir buscando la presencia de las morfoespecies. Posteriormente se el sedimento con otros sustratos fueron colocados en una funda tipo ziplock con alcohol al 70% para su preservación.

Debido a las limitantes físicas de la estación, caracterizada por una reducida amplitud y escaso nivel de



columna de agua, se aplicó un criterio de esfuerzo de muestreo por área compensatoria. En lugar de un muestreo puntual, se realizó un recorrido longitudinal de aproximadamente 100 metros lineales (punto inicial y punto final), donde se efectuaron barridos multihábitat con red tipo D-net. Esta técnica permitió recolectar una muestra compuesta que integra los microhábitats disponibles, asegurando que la riqueza y abundancia del lote PMB-03-CG reflejen fielmente la comunidad biótica del cuerpo de agua, conforme a las recomendaciones de representatividad para ecosistemas lóticos de bajo orden

#### 3.2.11.2.4.1 Fase de gabinete

El material finalmente fue separado definitivamente en la fase de laboratorio para la identificación de las morfoespecie mediante la ayuda de un estereomicroscopio con lentes 1x a 4x, cajas petri, pinzas entomológicas y guías de identificación especializadas. Las muestras obtenidas fueron determinadas hasta el nivel de género. Se individualizaron las muestras, por géneros y/o morfoespecies en frascos, endopods o microtubos de 20ml para preservación de macroinvertebrados) las claves dicotómicas especializadas: (Fernandez & Dominguez, 2001), (Merritt & Cummins, 1996), (Roldán, 2003), (Roldán, 1988), (Zúñiga et al., 2004).

#### 3.2.11.2.5 Esfuerzo de muestreo

A continuación, se indica el esfuerzo de muestreo:

**Tabla 3-71. Tabla de esfuerzo de muestreo Macroinvertebrados Acuáticos**

| Código de Muestreo | Metodología    | extensión | Horas por Día | Número de Días | Horas/Total |
|--------------------|----------------|-----------|---------------|----------------|-------------|
| PMB-01- CG         | Red Tipo D-Net | 20 m      | 2             | 1              | 2           |
| PMB-02- CG         | Red Tipo D-Net | 20 m      | 2             | 1              | 2           |
| PMB-03- CG         | Red Tipo D-Net | 20 m      | 2             | 1              | 2           |
| Total              |                |           |               |                | 6           |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

### 6.1.2 Análisis de la información

#### Riqueza

Es el número de especies diferentes presentes en un determinado espacio (ecosistema, biotopo o superficie) y en un determinado período de tiempo (Moreno, 2001).

#### Abundancia Absoluta

La abundancia se define como el número de individuos pertenecientes a una determinada especie (Samo, Garmendia, & Delgado, 2008).

#### Abundancia Relativa (Pi)

Es la proporción que tiene un individuo de una especie en una muestra y se calcula dividiendo el número de individuos de la especie i para el valor total de individuos registrados en la muestra (Moreno, 2001).

#### Curva De Rango-Abundancia -Dominancia



También llamada curva de abundancia, curva de dominancia/diversidad, Curva de rango/abundancia, Curva de abundancia relativa o Curva de Whittaker.

Las especies están graficadas en secuencia desde la más abundante hasta la menos abundante a lo largo de la horizontal (o eje x). Por lo general, sus abundancias se muestran en formato log10 (en el eje y), de modo que las especies cuyas abundancias abarcan varios órdenes de magnitud se pueden acomodar fácilmente en el mismo gráfico. Además, y con el fin de facilitar la comparación entre diferentes conjuntos de datos o ensamblajes, a menudo se utilizan abundancias proporcionales o porcentuales. Esto simplemente significa que la abundancia de todas las especies juntas se designa como 1.0 o 100% y que la abundancia relativa de cada especie se expresa como proporción o porcentaje del total (Magurran, 2004).

### **Índice De Diversidad De Gini-Simpson**

Este índice está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1989). Debido a que este valor es inverso a la equidad, la diversidad alfa se puede calcular como  $1 - D$  (Moreno, 2001). Por lo tanto, mientras más se acerca el valor a 1, mayor será la diversidad (Magurran, 1989). Por lo cual la fórmula quedaría:

$$Ginni Simpson = 1 - \sum P_i^2$$

### **Índice De Shannon – Wiener (H')**

Para evaluar la diversidad en los puntos de muestreos, se utilizó el Índice de Shannon-Wiener; este índice fue desarrollado para medir la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Asume que todas las especies están representadas en las muestras; indica que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreada (Villarreal et al., 2006). El cómputo de este índice fue realizado en el programa PAST.

### **Índice De Similitud De Jaccard**

Los índices de similitud expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1988); estos índices pueden obtenerse en base de datos cualitativos o cuantitativos, directamente, o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades (Moreno, 2001).

El intervalo de valores para estos índices va de 0, cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1, cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno, 2001).

### **Estimador Chao - 1**

Chao 1 es un estimador del número de especies en una comunidad, basado en el número de especies raras en la muestra (Chao A. & Lee S., 1992); S es el número de especies en una muestra, a es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de singletons) y b es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (número de doubletons) (Moreno, 2001).

### **Curva De Acumulación De Especies**

Es una representación gráfica de la forma en que las especies aparecen en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento del número de individuos; es por esto que, en una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es definido por el número de especies acumuladas, y el eje X por el número de unidades de muestreo o incremento del número de individuos. Cuando una curva es asintótica indica que,

aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos muestreados, es decir aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies (Moreno, 2001).

### 3.2.11.2.6 Aspectos ecológicos

#### Índice de Monitoreo Biológico - BMWP/COL

Para determinar la calidad del agua se utilizó el Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party para Colombia), el cual da valores de 1 a 10 a los macroinvertebrados identificados a nivel de familia. Las familias que no toleran la pérdida de la calidad de agua tienen puntajes altos, mientras que familias que toleran la pérdida de calidad tienen puntajes bajos (Tabla 1-3). La suma total de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio proporciona el valor de la calidad del agua (Roldán, 2003).

**Tabla 3-72. Puntuación de las familias para el índice BMWP/COL**

| Familias   | Puntaje |
|--|---------|
| Anomalopsychidae- Atriplectididae-Blepharoceridae- Calamoceratidae- Ptilodactilidae- Chordodidae- Gomphidae- Hydridae- Lampyridae- Lymnessiidae- Odontoceridae- Oligoneuriidae- Perlidae- Polythoridae- Psephenidae.         | 10      |
| Ampullariidae- Dytiscidae- Ephemeridae- Euthyplociidae-Gyrinidae- Hydraenidae- Hydrobiosidae- Leptophlebiidae- Philopotamidae- Polycentropodidae- Polymitarcyidae- Xiphocentronidae.   | 9       |
| Gerridae- Hebridae- Helicopsychidae- Hydrobiidae- Leptoceridae- Lestidae- Palaemonidae- Pleidae -Pseudothelpusidae - Saldidae- Simuliidae- Veliidae- Trichodactylidae.   | 8       |
| Baetidae- Caenidae -Calopterygidae - Coenagrionidae -Corixidae -Dixidae -Dryopidae - Glossosomatidae -Hyalidae- Hydroptilidae- Hydropsychidae- Leptohiphidae- Naucoridae- Notonectidae- Planariidae- Psychodidae- Scirtidae. | 7       |
| Aeshnidae -Ancylidae -Corydalidae -Elmidae -Libellulidae- Limnichidae- Lutrochidae - Megapodagrionidae -Sialidae -Staphylinidae.   | 6       |
| Belastomatidae -Gelastocoridae -Mesoveliidae -Nepidae -Planorbidae - Pyralidae - Tabanidae-Thiaridae.  | 5       |
| Chrysomelidae -Stratiomyidae -Haliplidae -Empididae -Dolichopodidae -Sphaeriidae - Lymnaeidae -Hydrometridae -Curculionidae - Noteridae.   | 4       |
| Ceratopogonidae -Glossiphoniidae -Cyclobdellidae -Hydrophilidae -Physidae -Tipulidae.  | 3       |
| Culicidae -Chironomidae -Muscidae -Sciomyzidae -Syrphidae.   | 2       |
| Tubificidae  | 1       |

Fuente: Roldán, 2003.

Para determinar la calidad de agua en base al puntaje de familias de macro invertebrados, se mide en base a la siguiente tabla.

**Tabla 3-73. Calidad de agua, valores del índice BMWP/COL**

| Clase | Calidad   | BMWP/COL      | Significado                      | Color           |
|-------|-----------|---------------|----------------------------------|-----------------|
| I     | Buena     | >150, 101-120 | Aguas muy limpias a limpias      | <b>AZUL</b>     |
| II    | Aceptable | 61-100        | Aguas ligeramente contaminadas   | <b>VERDE</b>    |
| III   | Dudosa    | 36-60         | Aguas moderadamente contaminadas | <b>AMARILLO</b> |



|    |             |       |                                |                |
|----|-------------|-------|--------------------------------|----------------|
| IV | Crítica     | 16-35 | Aguas muy contaminadas         | <b>NARANJA</b> |
| V  | Muy crítica | <15   | Aguas fuertemente contaminadas | <b>ROJO</b>    |

Fuente: Roldán, 2003.

Para determinar la sensibilidad del cuerpo hídrico se empleará la siguiente escala establecida en base al análisis del BMWP/Col, la cual se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3-74. Calidad de agua, valores del índice BMWP/COL**

| BMWP    | Sensibilidad |
|---------|--------------|
| 101-150 | Alta         |
| 36-100  | Media        |
| ≤15-35  | Baja         |

Fuente: Roldán, 1988

### Índice EPT

Taxas EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera): Es la suma de todas las especies o taxa registradas de los tres órdenes (Plafkin et al., 1989). Los rangos considerados son >10 = no impactado, 6-10 = ligeramente impactado, 2-5 = moderadamente impactado, y 0-1 = severamente impactado (Bode, 1988). Este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macro invertebrados que son indicadores de la calidad del agua, porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera.

Tabla 3-75. Calidad de agua del Índice EPT

| Rango      | Significado      | Color           |
|------------|------------------|-----------------|
| 75% - 100% | Aguas muy buenas | <b>AZUL</b>     |
| 50% - 74%  | Aguas buenas     | <b>VERDE</b>    |
| 25% - 49%  | Aguas regulares  | <b>AMARILLO</b> |
| 0% - 24%   | Aguas Malas      | <b>ROJO</b>     |

Fuente: Carrera, C. y Fierro, K. 2001

### Nicho Trófico

Determinado por el papel que juegan cada una de las especies de Macroinvertebrados acuáticos registrados, en la dinámica fluvial de acuerdo con las características alimenticias (Roldán, 2003).

### Distribución Vertical

Los macroinvertebrados acuáticos pueden vivir en la superficie, en el fondo o nadar libremente; de ahí que reciban diferentes nombres de acuerdo con el tipo de adaptación (Roldán, 2003); las morfoespecies registradas en los puntos de monitoreo se distribuyeron de la siguiente manera:

Neuston: Corresponden a las morfoespecies que desarrollan su ciclo de vida en la película superficial del agua

Bentos: Corresponden a las morfoespecies que viven en el lecho de los cuerpos de agua, donde encuentran alimento y escondite.

Necton: Corresponden a las morfoespecies que se desplazan por toda la columna de agua para filtrar alimento o cazar presas

### **Especies Sensibles**

Morfoespecies macrobentónicas de grupos específicos que presentan alta sensibilidad a las alteraciones que se pueden dar en los cuerpos de agua. Para determinar la sensibilidad y familias indicadoras, los valores van de 1 a 10, de acuerdo al índice BMWP/Col. La tabla siguiente, ilustra cada uno de los rangos:

**Tabla 3-76. Sensibilidad de Macroinvertebrados Acuáticos de acuerdo al valor BMWP/COL**

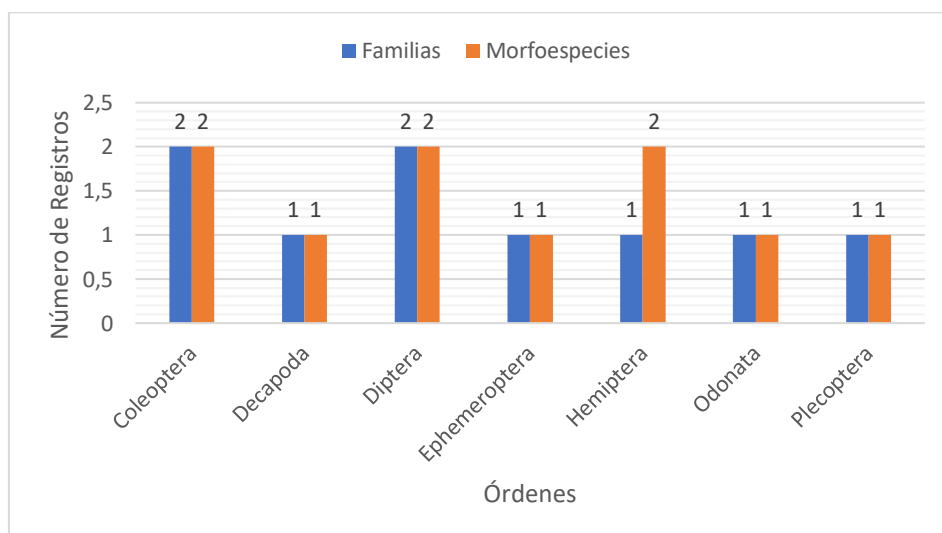
| Rango  | Interpretación       |
|--------|----------------------|
| 1 a 3  | Baja sensibilidad    |
| 4 a 7  | Mediana sensibilidad |
| 8 a 10 | Alta sensibilidad    |

*Fuente: Roldán, 2003*

### 3.2.11.2.7 Resultados

#### **Análisis general**

El análisis del muestreo del componente macroinvertebrados, indica el registro de 10 morfoespecies, agrupadas 7 órdenes y 9 familias. En la figura siguiente se indica la riqueza taxonómica de los macroinvertebrados registrados:



**Figura 3-36. Riqueza taxonómica de macroinvertebrados.**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura anterior indica el registro de 7 órdenes: Coleoptera con 2 familias, 2 morfoespecies, Decápoda

con 1 familia, 1 morfoespecies, Díptera con 2 familias, 2 morfoespecies, Ephemeroptera con 1 familias, 1 morfoespecie, Hemiptera con 1 familia, 2 morfoespecies, Odonata con 1 familia, 1 morfoespecie y Plecóptera con 1 familia, 1 morfoespecie.

### **Abundancia (Absoluta/ Relativa)**

En la tabla siguiente se indica la abundancia:

**Tabla 3-77. Abundancia Absoluta y Relativa.**

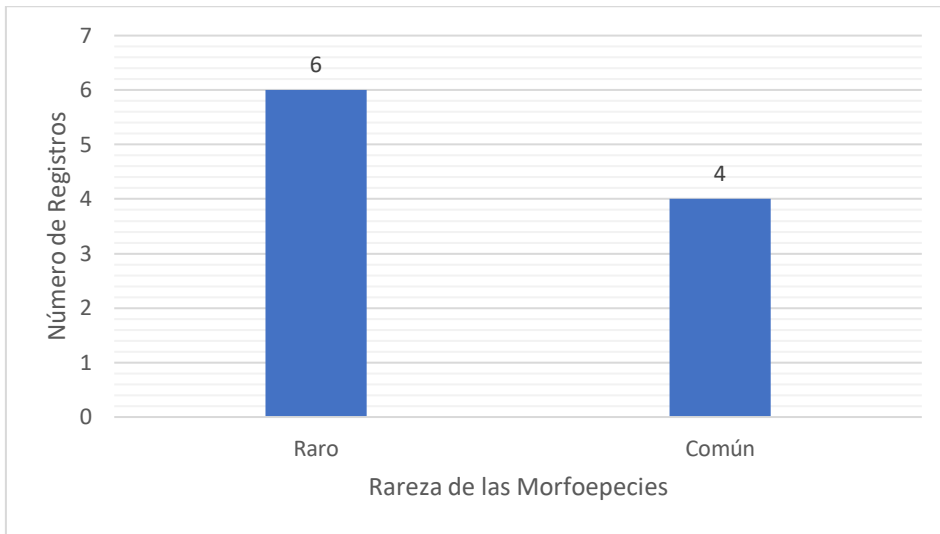
| <b>morfoespecies</b>      | <b>Abundancia Relativa %</b> | <b>Abundancia Absoluta</b> |
|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Alluaudomyia sp.</i>   | 0,25                         | 9                          |
| <i>Phyllocycla sp.</i>    | 0,16                         | 6                          |
| <i>Anchytarsus sp.</i>    | 0,11                         | 4                          |
| <i>Limnicoris sp.</i>     | 0,11                         | 4                          |
| <i>Chironomus sp.</i>     | 0,08                         | 3                          |
| <i>Baetodes sp.</i>       | 0,08                         | 3                          |
| <i>Heleocoris sp.</i>     | 0,08                         | 3                          |
| <i>Anacroneuria sp.</i>   | 0,05                         | 2                          |
| <i>Cylloepus sp.</i>      | 0,02                         | 1                          |
| <i>Pseudothelpusa sp.</i> | 0,02                         | 1                          |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

En referencia a la abundancia absoluta y relativa registrada los órdenes más abundantes fueron Díptera registró 12 individuos, alcanzando el 33,33% de la abundancia total (36 individuos) y Hemiptera reportó 7 individuos, alcanzando el 19,44% de la abundancia total. Otros ordenes representativos fueron Odonata registró 6 individuos, alcanzando el 16,66% de la abundancia total, Coleptera registró 5 individuos, alcanzando el 13,88% de la abundancia total. En tanto los órdenes con menor abundancia absoluta y relativa fueron Ephemeroptera con 3 individuos representando el 8,33%, Plecóptera con 2 individuos representando el 5,55% y Decápoda con 1 individuo representando el 2,77.

### **Rareza**

El análisis de la rareza de las morfoespecies se indica en la figura siguiente:

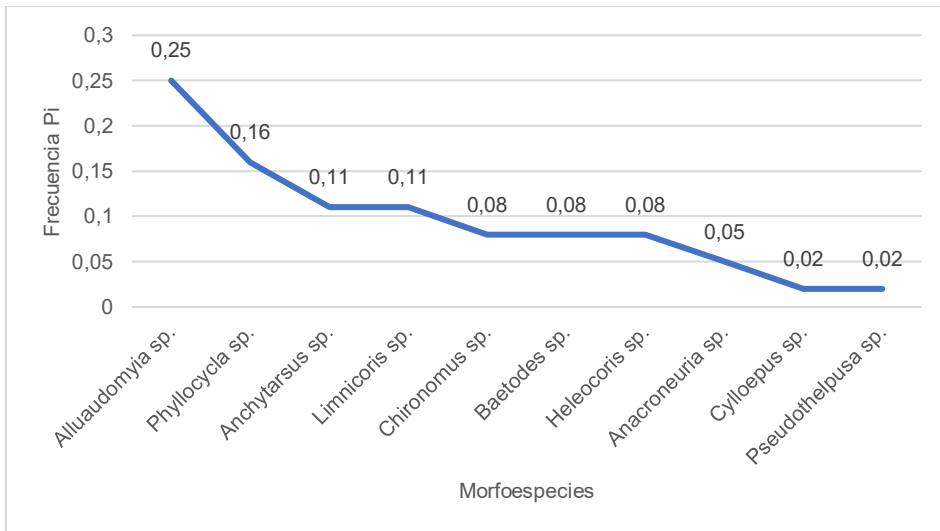


**Figura 3-37. Rareza de macroinvertebrados.**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

La figura indica que las morfoespecies raras fueron las más representativas con 6 reportes, representando el 60%, en relación a las 4 morfoespecies comunes que representan el 40%.

**Curva de Dominancia – Abundancia de Morfoespecies**

En la figura siguiente se indica la curva de dominancia-diversidad:



**Figura 3-38. Curva de Dominancia – Abundancia (Pi/Morfoespecies).**  
 Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Los resultados obtenidos indican que existe una dominancia de las morfoespecies: *Alluaudomyia sp.*, representando un  $\pi=0,25$ , *Phyllocycla sp.*, con  $\pi=0,16$ , *Anchytarsus sp.*, con  $\pi=0,11$  y *Limnicoris sp.* con  $\pi=0,11$ . El resto de morfoespecies registradas no poseen una abundancia alta en comparación a las especies dominantes, de esta manera convierte a las otras morfoespecies en poco representativas.

**Diversidad Shannon – Wiener/Simpson**

En la tabla siguiente se enlistan los valores obtenidos de acuerdo a los índices de diversidad:

**Tabla 3-78. Índices de diversidad.**

| ÍNDICES                   | Valores |
|---------------------------|---------|
| Riqueza/Especies          | 10      |
| Abundancia/Individuos     | 36      |
| Dominance_D               | 0.1404  |
| Simpson_1-D/ Gini-Simpson | 0.8596  |
| Shannon_H/ Log Nat        | 2.114   |
| Equitability_J            | 0.9183  |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

El análisis de la tabla anterior indica el índice de Shannon con un valor de 2,11. Una Equitatividad (J) de 0,91, indicando morfoespecies que comparten abundancias similares.

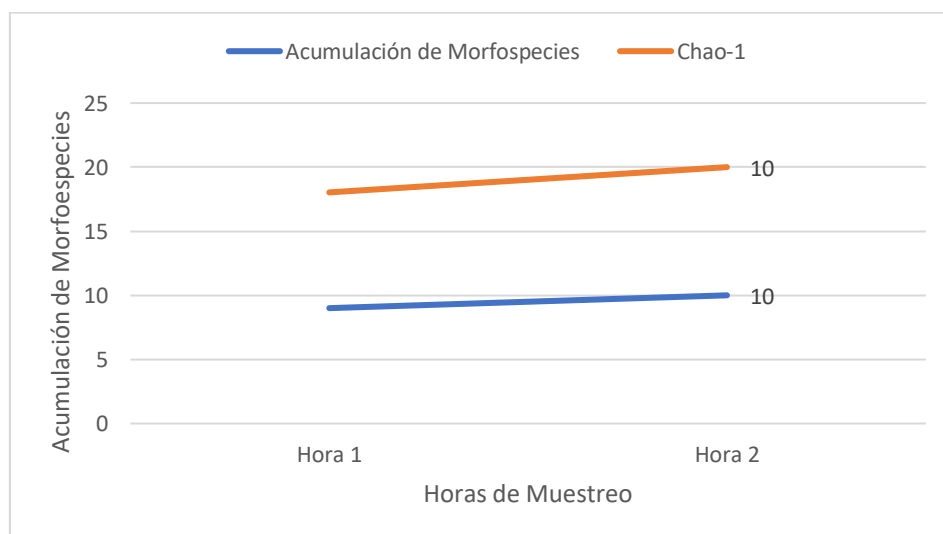
Simpson (1-D) determina 0,85, es decir la población de morfoespecies presenta una diversidad con tendencia a ser alta. En términos de Dominancia se registra 0,14, es decir se registra un bajo número de morfoespecies dominantes.

#### Índice De Similitud De Jaccard

No se procedió con el cálculo del Índice de Similitud de Jaccard debido a las limitantes en la representatividad biótica entre las estaciones muestreadas. Si bien el esfuerzo de campo abarcó tres sitios (dos en el Río Caleras y uno en el Estero S/N), la presencia de macroinvertebrados fue exclusiva de este último. Dado que el índice de Jaccard requiere la comparación de la presencia/ausencia de taxones entre al menos dos comunidades, la nulidad de registros en los puntos del Río Caleras imposibilita matemáticamente el análisis comparativo de similitud..

#### Curva de Acumulación de Morfoespecies

En la figura siguiente se indica la acumulación de morfoespecies de acuerdo al esfuerzo de muestreo.



**Figura 3-39. Curva de acumulación de morfoespecies.**

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

La curva fue construida a partir de dos horas de muestreo. De esta manera el análisis de la figura anterior indica la acumulación de 10 morfoespecies. Este número de morfoespecies es igual al calculado por el índice de Chao 1 que estima 10 morfoespecies probables. Es así que las curvas se han estabilizado, es decir ha llegado a la asíntota con un número de morfoespecies de 10. El esfuerzo aplicado al muestreo indica que se consiguió llegar a la riqueza total de morfoespecies (100%), esto refleja un buen el esfuerzo de muestreo.

## Índices Ecológicos

### Índice EPT

El índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), utilizado para determinar el estado de salud ecológica de cuerpos de agua mediante el análisis de los 3 grupos focales de macroinvertebrados. Tanto en cuerpos de aguas corrientes (lóticas) como en los de aguas tranquilas (lénticas), en este caso el cuerpo de agua muestreado es lótico, obtuvo los siguientes resultados.

**Tabla 3-79. Estado de salud ecológica del sector de muestreo.**

| EPT                                       |        |
|---|--------|
| Nº total de individuos:                   | 36     |
| Nº de EPT presentes:                      | 5      |
| <b>Índice</b>                             |        |
| EPT presentes/ Nº total individuos x 100: | 13,88% |
| <b>Calidad de Agua Mala</b>               |        |

*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

Como se puede observar de acuerdo al índice EPT el sitio de muestreo que se ubica en la quebrada de la toma, presenta una Calidad de Agua Mala.

### Índice BMWP/Col.

En la tabla siguiente se enlistan las familias de macroinvertebrados y el valor del índice BMWP para cada una::

**Tabla 3-80. Estado de salud ecológica del sector de captación por valores de bioindicación del Índice BMWP/Col.**

| Familia            | Valor de Bioindicación/ BMWP/Col. |
|--------------------|-----------------------------------|
| Ptilodactylidae    | 10                                |
| Elmidae            | 6                                 |
| Pseudothelphusidae | 8                                 |
| Chironomidae       | 2                                 |
| Ceratopogonidae    | 3                                 |
| Baetidae           | 7                                 |
| Naucoridae         | 7                                 |
| Gomphidae          | 10                                |

|                 |                                |
|-----------------|--------------------------------|
| Perlidae        | 10                             |
| Total           | 63                             |
| Calidad de agua | Aguas ligeramente contaminadas |

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

Como se puede observar en la tabla anterior, de acuerdo al Índice BMWP/Col., el sector de muestreo de la quebrada de la captación, presenta una Calidad de Aguas ligeramente contaminadas.

### Aspectos Ecológicos

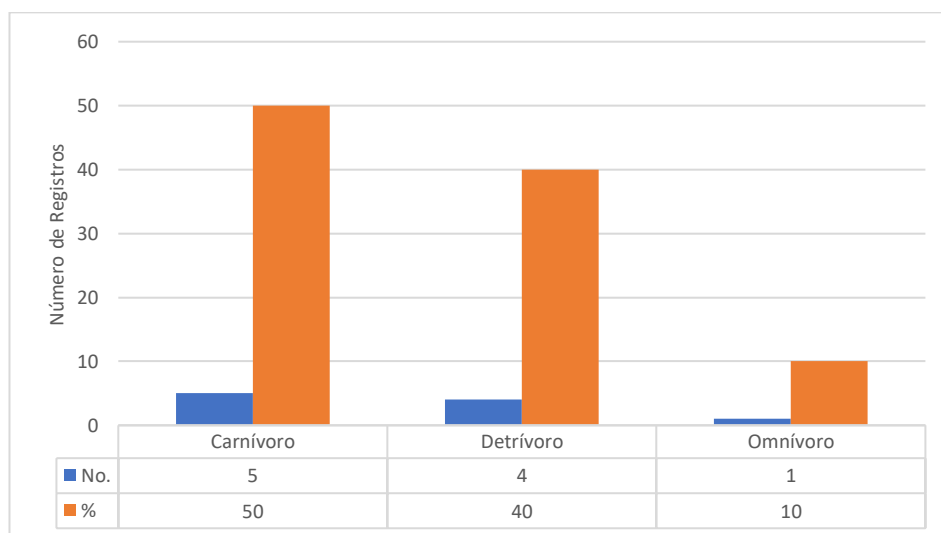
#### Nicho Trófico

Las relaciones tróficas son un elemento importante en la estructura de las comunidades de insectos acuáticos porque son determinantes en todos los aspectos de la vida de los invertebrados (ciclos de vida, elección de hábitat, comportamiento, predación) y en procesos ecológicos como la circulación de nutrientes (Chará-Serna et. al., 2010).

De acuerdo a su fuente de alimento los macroinvertebrados acuáticos se clasifican en tres categorías tróficas generales (detritívoros, herbívoros y carnívoros); sin embargo, de acuerdo a la forma como lo obtienen, pueden clasificarse en grupos más específicos como raspadores, trituradores, filtradores, colectores, etc. (Cummins, et. al., 2005).

En un ecosistema acuático saludable se registra el dominio de los detritívoros, seguidos por los herbívoros y en menores proporciones los carnívoros, puesto que estos organismos dependen de la hojarasca (materia orgánica particulada gruesa) como recurso alimenticio base (Chará-Serna et. al., 2010).

En la figura siguiente se indica las categorías tróficas de los macroinvertebrados registrados:



**Figura 3-40. Nichos tróficos**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

De acuerdo al análisis de los nichos tróficos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Carnívoros: Representan el 50%, incluyen a las siguientes morfoespecies: *Anchytarsus sp.*, *Heleocoris sp.*, *Limnicoris sp.*, *Phyllocycla sp.*, y *Anacroneuria sp.*

Detritívoros: Representan el 40%, incluyen a las siguientes morfoespecies: *Cyloepus sp.*, *Chironomus sp.*, *Alluaudomyia sp.*, y *Baetodes sp.*

Omnívoros: Representan el 10% incluyen a la morfoespecie *Pseudothelpusa sp.*

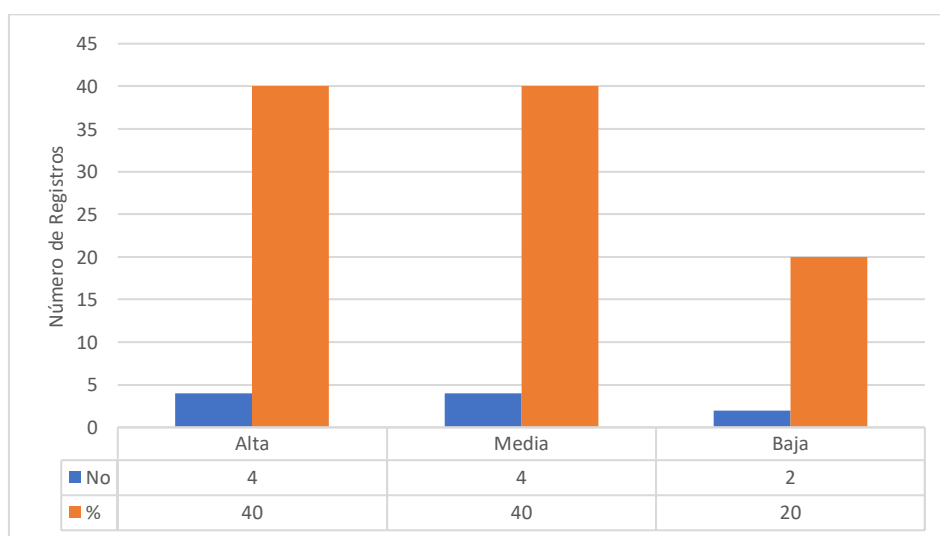
### Especies de Interés

Se puede mencionar como morfoespecies importantes, de interés y de conservación aquellas ubicadas dentro de la clasificación EPT: *Baetodes sp.* y *Anacroneuria sp.* Este grupo de macroinvertebrados acuáticos presentan la particularidad de desarrollarse en aguas corrientes con niveles altos de oxígeno disuelto, es decir no se encuentran en aguas estancadas o con sedimentos. De este modo son morfoespecies indicadoras de calidad de agua y son importantes para el mantenimiento del equilibrio del ecosistema acuático.

### Sensibilidad de las Especies

La sensibilidad de las especies está dada bajo la tolerancia que cada una de éstas tiene con diferentes factores de contaminación al cual ha sido sometido el cuerpo de agua. Existiendo así, especies que toleran más que otras, ciertos niveles de contaminación.

En la figura siguiente se indica las categorías de sensibilidad de los macroinvertebrados registrados en el muestreo:



**Figura 3-41. Sensibilidad.**

Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026

De acuerdo al análisis de la sensibilidad, se obtuvieron los siguientes resultados:

Sensibilidad Alta: Representan el 40%, incluyen a la siguiente morfoespecie: *Anchytarsus sp.*, *Pseudothelpusa sp.*, *Phyllocycla sp.*, y *Anacroneuria sp.*

Sensibilidad Media: Representan el 40%, incluyen a las siguientes morfoespecies: *Cyloepus sp.*, *Baetodes sp.*, *Heleocoris sp.*, y *Limnicoris sp.* .

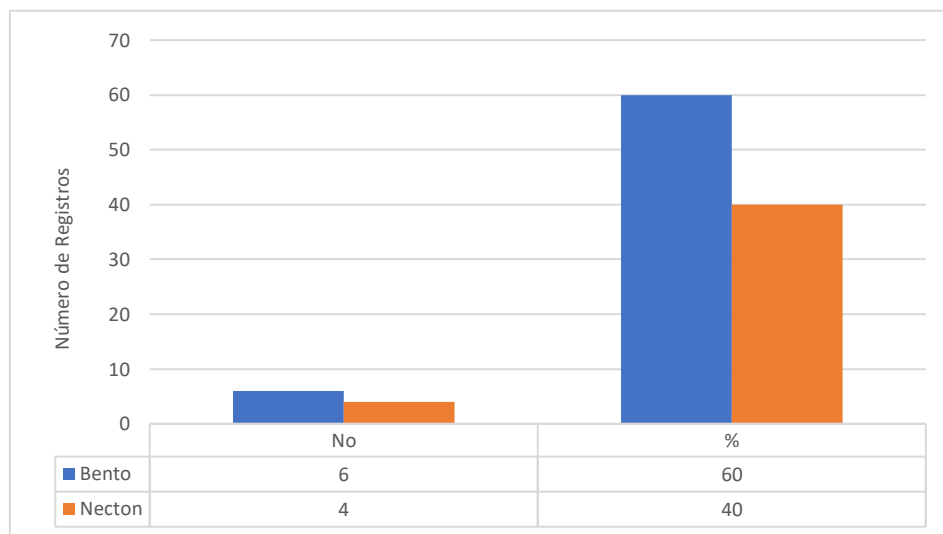
Sensibilidad Baja: Representan el 20% incluye a las siguientes morfoespecies: *Chironomus sp.* y *Alluaudomyia sp.*

### Distribución en la Columna de Agua

Los organismos bentónicos pueden vivir en la superficie, en el fondo o nadar libremente; de ahí que reciban diferentes nombres de acuerdo con el tipo de adaptación (Roldán, 2003). El neuston es la película de agua que se forma en la superficie, el bentos corresponde al lecho del sistema hídrico en donde estos organismos encuentran alimento y escondite y finalmente el necton corresponde a toda la columna del agua, es decir desde la superficie al fondo en donde se desplazan las especies.

En la figura siguiente se muestran la distribución de las morfoespecies acuáticas en la columna de agua:

**Figura 3-42. Distribución en la columna de agua.**



*Elaborado por: ENERMILL CIA. LTDA./TAIAO CONSULTORES, 2026*

Como se puede observar en la figura anterior el 60% de las morfoespecies acuáticas se distribuyen a nivel de bento y el 40% se distribuye a nivel de necton.

### Estado de Conservación de las Especies

Los macroinvertebrados registrados dentro del sitio de muestreo no se encuentran clasificados dentro de ninguna categoría de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2025), como tampoco de la CITES (2025).

### Uso del Recurso

Los macroinvertebrados acuáticos registrados no son utilizados en ninguna actividad económica por parte de los pobladores locales.

### Discusión

De acuerdo a Sánchez (2018) la actividad minera presenta alteración en la dinámica de las variaciones de las tasas de erosión/sedimentación, alteraciones en la dinámica fluvial, incorporación de partículas sólidas en la corriente, aumento de la carga de fondo y en suspensión, incremento en las tasas de sedimentación, contaminación por metales pesados y metaloides, Variaciones del pH por el drenaje ácido de mina; lo que ocasiona un alto impacto sobre la comunidad de macroinvertebrados en cuanto su estructura, composición y abundancia de individuos afectando la calidad del agua. En este contexto el Río Caleras que



en su trayecto antes de pasar por la Planta de Beneficio Cayo Gold recibe descargas de relaves y productos que se utilizan en la refinación de minerales, ha generado la contaminación de las aguas. Aquello ha determinado que la fauna acuática en este caso los macroinvertebrados acuáticos no estén presente por la alteración de las condiciones físicas y biológicas del agua. De esta manera en los dos sitios de muestreo denominados agua arriba y aguas debajo de la Planta de Beneficio Cayo Gold no se ha reportaron ningún grupo de macroinvertebrados.

#### 3.2.11.2.8 Conclusiones

Se establecieron tres estaciones de muestreo cuantitativo para el componente de macroinvertebrados acuáticos. Dos de ellas se localizaron en el río Caleras, en las inmediaciones de la planta de beneficio, mientras que el tercer punto se ubicó en el área de influencia indirecta, específicamente en un estero innominado que corresponde a la zona de captación de dicha planta.

De las tres estaciones evaluadas, únicamente el estero sin nombre registró presencia de macroinvertebrados. En contraste, en los puntos del río Caleras no se reportó la presencia de morfoespecies, una condición de nulidad biótica atribuible a los elevados niveles de contaminación antropogénica presentes en el cuerpo hídrico.

Asimismo, se determinó que ambos cuerpos de agua presentan una cobertura vegetal riparia mínima, limitada a estratos arbustivos y herbáceos. Esta pérdida de conectividad y de vegetación de ribera constituye un factor crítico que ha contribuido la escasez de poblaciones de macroinvertebrados en el estero y su ausencia total en el río Caleras.

En el estero sin nombre, si bien se identificaron taxones del orden EPT (*Baetodes sp.* y *Anacroneuria sp.*) considerados bioindicadores de ecosistemas con buen estado de conservación, su representatividad fue escasa. Esta baja densidad poblacional sugiere la existencia de un impacto, en este caso la pérdida de cobertura vegetal que está alterando las cadenas tróficas y la estabilidad ecológica del sistema.

A pesar de registrarse organismos de alta sensibilidad (*Anchytarsus sp.*, *Pseudothelphusa sp.*, *Phyllocycla sp.* y *Anacroneuria sp.*) y de sensibilidad media (*Cyloepus sp.*, *Baetodes sp.*, *Heleocoris sp.* y *Limnoricor sp.*), su abundancia es poco significativa. Esto indica que, aunque persisten nichos favorables, la fragmentación del hábitat está limitando el desarrollo pleno de estas poblaciones.

La aplicación del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) para determinar el estado de salud del estero sin nombre categoriza la calidad del agua como "Ligeramente Contaminada". Esta interpretación se sustenta en la dominancia de organismos de baja sensibilidad y alta tolerancia, tales como *Chironomus sp.* y *Alluaudomyia sp.*, los cuales presentan una abundancia relativa representativa frente a las especies sensibles

#### 3.2.11.2.9 Recomendaciones

El estudio de macroinvertebrados acuáticos en el sector de la captación en términos generales indica que sus condiciones ecológicas permiten el desarrollo de varias poblaciones de macroinvertebrados, incluyendo los EPT. De esta manera se sugiere que periódicamente se realicen análisis físico-químicos para ir monitoreado posibles alteraciones atribuibles a las actividades de la planta de beneficio que toman el agua para sus actividades.