



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
MEDIO AMBIENTE**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA EN RELACIÓN A LA  
FLORA ARBÓREA Y VALORACIÓN DE SUELO DE LA  
MICROCUENCA MEMBRILLO, CANTÓN BOLÍVAR- MANABÍ**

**AUTORA:**

**CABEZAS CACIERRA JOSSELIN DENNIS**

**TUTOR:**

**ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR INTRIAGO, M.Sc.**

**CALCETA, OCTUBRE DE 2021**

## DERECHOS DE AUTORÍA

**Cabezas Cacierra Josselin Dennis**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la ley de propiedad Intelectual y reglamento.

*Jhosselyn Cabezas Cu.*  
.....  
**CABEZAS CACIERRA JOSSELIN**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**Fabricio Enrique Alcívar Intriago** certifico haber tutelado el proyecto **ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA EN RELACIÓN A LA FLORA ARBÓREA Y VALORACIÓN DE SUELO DE LA MICROCUENCA MEMBRILLO, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**, que ha sido desarrollada por **CABEZAS CACIERRA JOSSELIN DENNIS**, previo la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



firmado electrónicamente por:  
**FABRICIO ENRIQUE  
ALCIVAR INTRIAGO**

---

**ING. FABRICIO ENRIQUE ALCIVAR INTRIAGO, M.Sc.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el trabajo de titulación **ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA EN RELACIÓN A LA FLORA ARBÓREA Y VALORACIÓN DE SUELO DE LA MICROCUENCA MEMBRILLO, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **CABEZAS CACIERRA JOSSELIN DENNIS**, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López



Firmado electrónicamente por:  
**JOFFRE ALBERTO  
ANDRADE CANDELL**

.....  
Ing. Joffre Andrade Candell M.sc.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL  
LÍNEA TSA II**



Firmado electrónicamente por:  
**CARLOS ANDREE  
VILLAFUERTE  
VELEZ**

.....  
Ing. Carlos Villafuerte Vélez M.Sc.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL  
LÍNEA TSA II**



Firmado electrónicamente por:  
**VERONICA  
MONSERRATE VERA  
VILLAMIL**

.....  
Ing. Verónica Vera Villamil M. Sc  
**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL  
LÍNEA TSA II**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS, ser divino por haberme dado la vida, gracias por las bendiciones que me da día a día. Porque siempre está junto a mí y nunca me ha abandonado.

Gracias a mis abuelos, el Lcdo. Filemón Cabezas y Lcda. Saidy Klinger quienes son mis segundos padres. Eternamente agradecida por su amor entrega y sacrificio hacia mí en todos estos años porque por ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis PADRES y a mis TIOS, me han impulsado a que siga adelante quienes siempre me dan su apoyo y cariño incondicional cuando lo necesité.

Le agradezco al Ing. Fabricio Alcívar tutor de mi proyecto de investigación quien ha guiado con paciencia, y su rectitud como docente, por su valioso aporte para mi tesis.

A todas las personas que me han apoyado de una u otra manera. Hicieron que el trabajo se realice con éxito en especial aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Cabezas Cacierra Josselin**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta Tesis a toda mi familia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis ABUELOS por el inmenso amor que me tienen brindándome su cariño y apoyo incondicional, les agradezco por ayudarme a encontrar mi lado dulce y no amargo de la vida.

A mi MAMI LINDA, que desde el cielo me ha guiado y bendecido por el camino del bien siempre quiso verme convertida en una profesional. Pero sé que desde el cielo también te puedes sentir orgullosa de mí, gracias mami Linda por ser motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de Tesis.

A mi PAPÁS, amigos, profesores y demás, llenando de recuerdos y aprendizajes inolvidables ayudándome a crecer tanto profesional como ser humano pleno de virtudes.

**Cabezas Cacierra Josselin**

## CONTENIDO GENERAL

|  |            |
|--|------------|
| <b>DERECHOS DE AUTORÍA.....</b>  | <b>ii</b>  |
| <b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....</b>  | <b>iii</b> |
| <b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....</b>   | <b>iv</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO .....</b>  | <b>v</b>   |
| <b>DEDICATORIA .....</b>   | <b>vi</b>  |
| <b>CONTENIDO GENERAL .....</b>   | <b>vii</b> |
| <b>RESUMEN .....</b>   | <b>xi</b>  |
| <b>PALABRAS CLAVES.....</b>  | <b>xi</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>xii</b> |
| <b>KEYWORDS.....</b>   | <b>xii</b> |
| <b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>   | <b>1</b>   |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....                          | 1          |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN .....   | 2          |
| 1.3. OBJETIVOS .....   | 3          |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....   | 3          |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 3          |
| 1.4. HIPÓTESIS.....  | 4          |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>                                      | <b>5</b>   |
| 2.1. MICROCUENCA HIDROGRÁFICA.....   | 5          |
| 2.2. COBERTURA VEGETAL.....  | 5          |
| 2.3. MÉTODOS DE MUESTREO DE COBERTURA VEGETALES.....                         | 6          |
| 2.4. COBERTURA VEGETAL EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....                        | 7          |
| 2.5. RELACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y LOS CAMBIOS DE USO<br>DEL SUELO..... | 8          |
| 2.6. ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA.....                                   | 9          |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.6.1.  | CRITERIOS PARA DETERMINAR EL IPH.....   | 10        |
| 2.6.2.  | CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA.....   | 19        |
| <b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....</b>      |   | <b>21</b> |
| 3.1.  | UBICACIÓN.....  | 21        |
| 3.2.  | DURACIÓN DEL TRABAJO .....  | 21        |
| 3.3.  | VARIABLES EN ESTUDIO .....  | 22        |
| 3.4.  | MÉTODOS Y TÉCNICAS .....  | 22        |
| 3.5.  | PROCEDIMIENTO .....   | 23        |
| 3.5.1.  | FASE: I IDENTIFICAR EL TIPO DE COBERTURA VEGETAL PRESENTE EN LA MICROCUENCA MEMBRILLO.....  | 23        |
| 3.5.2.  | FASE II. DETERMINAR EL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA EN RELACIÓN A LA FLORA ARBÓREA Y VALORACIÓN DE SUELO DE LA MICROCUENCA MEMBRILLO..... | 23        |
| 3.5.3.  | FASE III. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN Y/O REPARACIÓN PARA LAS ÁREAS QUE PRESENTAN IPH BAJO.....                                | 26        |
| <b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>        |   | <b>27</b> |
| 4.1.  | IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE COBERTURA VEGETAL PRESENTE EN LA MICROCUENCA MEMBRILLO .....   | 27        |
| 4.2.  | VALORAR LOS TIPOS DE COBERTURAS VEGETALES PRESENTES EN LA MICROCUENCA MEMBRILLO .....   | 27        |
| 4.3.  | PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN Y/O REPARACIÓN PARA LAS ÁREAS QUE PRESENTAN IPH BAJO.....                                       | 59        |
| <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b> |   | <b>63</b> |
| 5.1.  | CONCLUSIONES.....   | 63        |
| 5.2.  | RECOMENDACIONES .....   | 64        |
| <b>1. BIBLIOGRAFÍA.....</b>                             |   | <b>65</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                      |   | <b>74</b> |

## CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 2. 1. Índices de protección hidrológica (IPH) .....   | 9  |
| Cuadro 2. 2. Características físicas de los diferentes estratos vegetales .....  | 12 |
| Cuadro 2. 3. Parámetros del modelo de Horton (1919) .....  | 14 |
| Cuadro 2. 4. Ecosistemas especiales .....  | 16 |
| Cuadro 2. 5. Tipos de vegetación.....  | 17 |
| Cuadro 2. 6. Lista de chequeo para adquirir el IPH de Rojas, (2003). .....   | 18 |
| Cuadro 2. 7. Condición del IPH (Romero y Ferreira, 2010) .....   | 20 |
| Cuadro 2. 8. Nivel de IPH, Importancia y aptitud de la cobertura vegetal para la provisión del servicio ambiental Hídrico (Toasa, 2015). ..... | 20 |
| Cuadro 4. 1. Puntos de muestreo por cobertura vegetal.     27  |    |
| Cuadro 4. 2. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo .....   | 27 |
| Cuadro 4. 3. Estructura de estrato arbóreo .....   | 29 |
| Cuadro 4. 4. Estructura arbustiva, herbácea, muscinal, escandente y epifítico  | 30 |
| Cuadro 4. 5. Estructura de la cobertura vegetal (Rojas, 2003) .....  | 33 |
| Cuadro 4. 6. Densidad del estrato arbóreo.....   | 35 |
| Cuadro 4. 7. Densidad de los estratos arbustivos, herbáceo, muscinal, escandente y epifítico .....   | 41 |
| Cuadro 4. 8. Densidad total de la cobertura vegetal.....   | 43 |
| Cuadro 4. 9. Interceptación de la precipitación (mm/m) .....   | 45 |
| Cuadro 4. 10. Presencia de mulch (hojarasca).....  | 46 |
| Cuadro 4. 11. Ecosistemas especiales .....   | 49 |
| Cuadro 4. 12. Tipo de vegetación .....   | 50 |
| Cuadro 4. 13. Grado de intervención .....  | 51 |
| Cuadro 4. 14. Tipos de coberturas vegetales y su cálculo del índice de Protección Hidrológico (IPH).....                                       | 54 |
| Cuadro 4. 15. Índice de Protección Hidrológico por zona (IPH) y por unidad de vegetación (IPH UV). .....                                       | 56 |
| Cuadro 4. 16. Condición, importancia y aptitud de la cobertura vegetal microcuenca Membrillo .....   | 58 |
| Cuadro 4. 17. Cálculo del Índice de Protección Hidrológico Parcial (IPP) de la microcuenca Membrillo .....                                     | 59 |

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 4. 18. Cobertura vegetal con menor Índice de Protección por unidad de vegetación. .... | 60 |
| Cuadro 4. 19. Alternativas para la conservación y/o reparación .....                          | 60 |

## **GRÁFICOS Y FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 3. 1. Ubicación geográfica del área en estudio..... | 21 |
|---|----|

## **ANEXOS**

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1. Selección de los puntos de muestreo .....                                       | 75 |
| Anexo 2. Ejecución de visitas de campo .....   | 75 |
| Anexo 3. Datos de estructura de los estratos .....                                       | 75 |
| Anexo 4. Ficha de muestreo .....   | 76 |
| Anexo 5. Mapa de uso de suelo de la microcuenca Membrillo .....                          | 77 |
| Anexo 6. Cobertura vegetal, promedio del CAP y DAP de los individuos identificados ..... | 78 |
| Anexo 7. Otros estratos (Herbáceos, muscinal, escandente, arbustivo, epifítico) .....    | 82 |

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la relación de la flora arbórea con la protección del suelo en la microcuenca Membrillo, cantón Bolívar, provincia de Manabí. Para esto, se empleó información cartográfica del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) y datos obtenidos de visitas realizadas a la microcuenca Membrillo. Para la determinación de la cobertura vegetal en la microcuenca Membrillo se seleccionaron 28 puntos de muestro, mientras que para el cálculo de IPH se usó la metodología de (Romero y Ferreira, 2010) que consistió en realizar transectos radiados, con un radio de 50 m, con la finalidad de observar la cobertura vegetal cada 0,5 m. Se utilizaron 7 indicadores (estructura, densidad, interceptación de la precipitación, presencia de mulch, características especiales, tipo de vegetación y grado de intervención). De acuerdo con el cálculo realizado, se determinó que en la microcuenca existen 5 tipos de coberturas vegetales, entre las que se encuentran: 50% frutales / 50% pasto cultivado; 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado; 70% pasto cultivado / 30% frutales, 100% arboricultura tropical y 100% bosque natural. De acuerdo al índice utilizado la cobertura vegetal que provee mayor protección hídrica es el bosque natural con 1. Además el índice de protección hidrológica de la microcuenca Membrillo es de  $0,67 \cong 0,7$  determinándola como una zona de protección media, debido a que tiene una condición moderadamente buena, de importancia media, con una aptitud de conservación, concluyendo que es necesario plantear alternativas de conservación y/o reparación para la microcuenca Membrillo la cual posee una superficie de 116,69 km<sup>2</sup>, las alternativas propuestas en su mayoría contemplan la siembra de especies vegetales (arbórea, arbustiva, herbácea) y la aplicación de abonos y fertilizantes orgánicos.

## PALABRAS CLAVES

Flora arbórea, microcuenca, índice de protección hidrológica, Membrillo.

## ABSTRACT

This research aimed to evaluate the relationship of the arboreal flora with the protection of the soil in the Membrillo micro-basin, Bolívar canton, Manabí province. For this, cartographic information from MAG (Ministry of Agriculture and Livestock) and data obtained from visits to the Membrillo micro-basin were used. To determine the vegetation cover in the Membrillo micro-basin, 28 sampling points were selected, while for the calculation of HPI the methodology of (Romero and Ferreira, 2010) was used, which consisted of carrying out radiated transects, with a radius of 50 m, in order to observe the vegetation cover every 0.5 m. 7 indicators were used (structure, density, interception of precipitation, presence of mulch, special characteristics, type of vegetation and degree of intervention). According to the calculation carried out, it was determined that in the micro-basin there are 5 types of plant cover, among which are: 50% fruit trees / 50% cultivated grass; 70% tropical arboriculture / 30% cultivated grass; 70% cultivated grass / 30% fruit trees, 100% tropical arboriculture and 100% natural forest. The one that provides the greatest hydrological protection is the natural forest with 1. While the protection index The hydrological level of the Membrillo micro-basin is  $0,68 \cong 0,7$  determining it as an area of medium protection, due to its moderately good condition, of medium importance, with an aptitude for conservation, concluding that it is necessary to propose conservation and / or repair alternatives for the Membrillo micro-basin which has a surface area of 116.69 km<sup>2</sup>, the proposed alternatives mostly contemplate the sowing of plant species (arboreal, shrub, herbaceous) and the application of organic fertilizers and fertilizers.

## KEYWORDS

Arboreal flora, micro-basin, hydrological protection index, Membrillo.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial las cuencas hidrográficas ofrecen un sinnúmero de servicios ecosistémicos, los bosques sirven como sumidero y almacenamiento de  $\text{CO}_2$  (Guimberteau *et al.*, 2017). También es el sustento y hábitat de la biodiversidad existente, mantienen la disponibilidad de agua, nutrientes, regulan la temperatura y mantienen el ciclo del agua, retornando el agua a la atmósfera por evapotranspiración (Pontes *et al.*, 2019). En la actualidad estos recursos se encuentran sometidos a fuertes presiones debido a la intervención humana (Wilkinson y McElroy, 2007). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2010) indica que el Ecuador es uno de los países de Latinoamérica con tasa de deforestación muy alta.

En Ecuador, las cuencas hidrográficas cuentan con ecosistemas muy diversos, pero se han visto afectadas por el acelerado cambio del uso de suelo lo que viene provocando la conversión de grandes áreas de bosque nativo en zonas con usos antrópicos (Ochoa y Iñiguez, 2015). Especialmente por las prácticas agrícolas en pendientes fuertes y frecuente mal uso del suelo, provocando desertificación producto de esto disminuye la disponibilidad del recurso hídrico (Isacás, 2014).

Andrade y Morales (2013) indican que en la provincia de Manabí existe un alto grado de deforestación y reducción de la vegetación, desencadenando efectos como la erosión del suelo que incluye la pérdida de biodiversidad. El aumento de terrenos para agricultura, tala indiscriminada de especies maderables para fines productivos, sin las debidas medidas ambientales son las causantes de la deforestación y desertificación. Hoy en día, la desertificación masiva de la microcuenca Membrillo, también ha ocasionado que se eleven las afectaciones por inundaciones, por la cantidad de material de arrastre que provoca el azolvamiento de los cauces fluviales. (FAO, 2014).

En la historia se ha discutido sobre la influencia de la vegetación en el recurso suelo y agua lo que ha llevado a desarrollar herramientas como el índice de

Protección Hidrológica (IPH) un factor que define el nivel de resistencia del suelo a los efectos nocivos causados por las precipitaciones (Romero y Ferreira, 2010), además los Índices de Protección Hidrológica, permiten realizar un estudio integral de la vegetación en una cuenca y evaluar el estado de la misma para la protección hidrológica del suelo contra la erosión hídrica (Mármol, 2008).

La FAO (2014), menciona que la microcuenca Membrillo, presenta una alta explotación de los recursos naturales, principalmente la cobertura vegetal por el cambio de uso de suelo, debido a las actividades productivas como la agricultura y pecuarias, éstas han comprometido la protección hídrica del lugar, ocasionando así un impacto ambiental, el alto grado de la deforestación en la microcuenca ha provocado el aumento de la erosión del suelo y consigo la disminución de la biodiversidad, quedando con algunos remanentes de bosques ubicados en zonas altas en pendientes muy inclinadas. Por lo expuesto, se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo se relaciona la flora arbórea con la protección del suelo de la Microcuenca Membrillo?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La gestión de cuencas hidrográficas se basa en la identificación y valoración de indicadores cualitativos (geomorfológicos, geológicos, climáticos, fluviales, biogeográficos, de uso de suelo, entre otros) y cuantitativos (Sheng, 1992). De acuerdo con Toasa (2015), con los valores de IPH se logra determinar el nivel de protección que brinda cada una de las coberturas vegetales de un área, formando la aptitud de la vegetación para proveer un servicio hidrológico y según sea el grado de protección se determina si la vegetación necesita; conservación/recuperación, recuperación o recuperación/concienciación.

Entre los principales beneficios ocasionados por la presencia de cobertura vegetal en cuencas hidrográficas se encuentran; el aumento de la rugosidad de la superficie debido al sistema radicular de las especies vegetales, lo que favorece la infiltración y retiene sedimentos, contaminantes y sustancias nocivas (Mander *et al.*, 2005). Por su parte, Poole (2002), afirma que la cubierta vegetal

también reduce la energía del flujo de agua, evita la erosión del suelo y fortalece los bancos de las orillas del cauce.

La ejecución de la presente investigación se fundamenta en el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador (2008), donde se establece que “el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídrico, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga” y en el eje 1, objetivo 3 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida que “busca mejorar la calidad de vida de la población y garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global” (SENPLADES, 2017).

Ante lo expuesto, la investigación justifica su desarrollo en la determinación del IPH para conocer la protección hidrológica generada por la vegetación de la Microcuenca Membrillo y así establecer medidas de conservación y/o recuperación para esta unidad ecológica importante para la provincia de Manabí, considerando que, la tasa de deforestación en la micro cuenca es muy alta, pero aún existen bosques nativos remanente con alta biodiversidad que es necesario protegerlos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la relación entre la flora arbórea y la protección hidrológica de la microcuenca Membrillo del cantón Bolívar, provincia de Manabí.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el tipo de cobertura vegetal presente en la microcuenca Membrillo.
- Determinar el índice de protección hidrológica en relación a la flora arbórea y valoración de suelo de la microcuenca Membrillo.

- Establecer alternativas de conservación y/o reparación para las áreas que presentan IPH bajo.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

La flora arbórea y el uso de suelo intervienen en la protección hidrológica de la microcuenca Membrillo, cantón Bolívar - Manabí.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. MICROCUENCA HIDROGRÁFICA**

De acuerdo a la FAO (2008), la microcuenca hidrográfica es una unidad territorial pequeña, en la cual conviven varias familias que utilizan y manipulan los recursos naturales que estas poseen, como el agua, vegetación y suelo. También MAE (2016), establece que una microcuenca es un área que contiene aguas superficiales y subterráneas, las cuales son vertidas en una red principal, la misma puede ser ríos, lagunas, acuíferos, entre otros. El mismo autor manifiesta que en una microcuenca existen interacciones entre la economía de la población como los bienes y servicios derivados de la microcuenca, también se relaciona con el comportamiento de las comunidades y con los recursos naturales que se encuentran en la zona.

Según SEMARNAT (2013), las microcuencas hidrográficas ayudan a comprender la importancia del ciclo del agua, además de medir e identificar los impactos negativos de las actividades antropogénicas, también conocidas como externalidades, estos son los contaminantes y las sedimentaciones que se localizan en las aguas de la red hidrográfica, los cuales pueden ocasionar afectaciones positivas o negativas en la calidad y cantidad del agua, así como la capacidad de adaptación de las comunidades.

El mismo autor menciona que las externalidades ocasionadas por las diferentes actividades antropogénicas producen diversos cambios como la pérdida de la cobertura vegetal, estas son consideradas una medida primordial para determinar el estado ambiental de las microcuencas y se conoce los servicios ambientales que éstas proveen. SEMARNAT (2013), manifiesta que el manejo integral de las microcuencas es un proceso que investiga la resolución de los problemas que se encuentran relacionados con las actividades humanas que en ella se ejecuten.

### **2.2. COBERTURA VEGETAL**

La cobertura vegetal es todo tipo de vegetación que se desarrolla en un área determinada, representada por el porcentaje de suelo cubierta por la vegetación,

una forma de diferenciar las comunidades o especies de coberturas es mediante la asociación vegetal con especies dominantes. No obstante, es importante diferenciar las comunidades naturales y las alteradas. (Ederra, 1996).

El concepto cobertura vegetal se ajusta a todo tipo de objetos que se encuentran en la superficie terrestre, ya sean naturales (bosques, ríos etc.) o producidos por las personas (carreteras, puentes etc.) (Jansen y Di Gregorio, 2002). Factores como la topografía, clima, tipo de suelo y presencia de agua, afectan directamente a la cobertura vegetal, respondiendo de acuerdo al factor que la afecta. Por eso es importante considerar el tipo de cobertura y sus características como un bioindicador. (López *et al.*, 2010).

### 2.3. MÉTODOS DE MUESTREO DE COBERTURA VEGETALES

Aguirre (2013), menciona que los métodos que se utilizan con mayor frecuencia en las investigaciones de vegetación son los transectos, existen una diversidad y se manipulan por la simplicidad de sus diseños y la rapidez en su manejo, tienen forma rectangular y el tamaño se considera por el tipo de estudio a realizarse. En las investigaciones donde se determina la cobertura vegetal en relación con la protección hídrica, se maneja los transectos radiados, según Romero y Ferreira (2010), es un tipo de transecto efectivo en estas investigaciones y logra monitorear todos los individuos de la zona de estudio, para el desarrollo de éste se toma un punto central y se realiza tres líneas, cuya longitud es de 50 metros, estando separadas por  $120^\circ$  cada una (Ver figura 2.1).

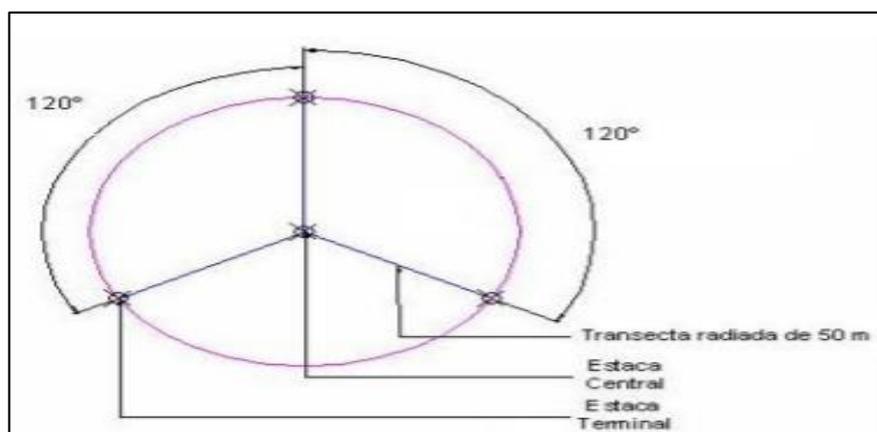


Figura 2. 1. Transecto radiado

Una vez delimitada la zona se procede a recolectar las muestras botánicas de cada especie por parcelas, se deben colocar en bolsas etiquetadas con su correspondiente nomenclatura (número de transecto y parcela) en todos los transectos. Para identificar las especies arbóreas es recomendable el uso de herramientas como binoculares.

#### **2.4. COBERTURA VEGETAL EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

De acuerdo con Jimenez *et al.*, (2011) las plantas y árboles son de gran importancia para el desarrollo del ciclo hidrológico, debido a que estas captan el agua y luego la liberan en la condensación y evapotranspiración, dichas interacciones determinan el clima de un territorio, no obstante este ciclo ha sido alterado por el hombre debido al manejo deficiente del suelo.

El incremento de los terrenos agrícolas, la indiscriminada tala de árboles y el desarrollo de la población, provocado por las actividades humanas son causante de la deforestación con más de 120,000 km<sup>2</sup> anuales en las décadas del 2000, y solo se ha recuperado una décima parte de forma natural y proyectos de reforestación (Urbina y Martínez, 2006).

La cobertura del suelo en una cuenca hidrográfica tiene un nivel alto de importancia que esta compuesta por cuerpos de agua, vegetación, construcciones, mientras que el uso se refiere a todo lo realizado por el hombre en la naturaleza como medio de sustento (alimentos, materiales, viviendas, etc) (Morales, 2002).

La vegetación resulta de un sinnúmero de procesos evolutivos y ecológicos, estos establecen las condiciones ambientales presentes en un lugar determinado, el conjunto de especies de plantas en un lugar conforma comunidades vegetales que varían de acuerdo a las condiciones geográficas y climáticas de una zona (Durán y Gerardo, 2000). La pérdida del suelo es provocada por la erosividad de la lluvia, estos fenómenos hidrológicos reducen su capacidad de recurso natural y utilidad en el agroecosistema (Nearing *et al.*, 2004).

Huerta y Loli (2014) describen que las actividades antropogénicas son las causantes de la pérdida de vegetación y que sucede cada vez más en las cuencas hidrográficas, dando como resultado la pérdida de los bosques y limitando la calidad y cantidad de los recursos del suelo y agua. Las actividades antropogénicas han afectado de forma permanente la vegetación, especies que desaparecen debido a la urbanización y las actividades agrícolas quedando pequeños remanentes de vegetación nativa (Muñoz *et al.*, 2014).

Para Condori *et al.*, (2014) el análisis multitemporal es un método muy eficiente para detectar cambios en una cobertura, esta técnica es complementada con la fotointerpretación que consiste en identificar y contar sitios de interés. La teledetección como herramienta para estudios de vegetación es muy eficiente con ella se pueden desarrollar, mapas de cobertura vegetal, identificación y caracterización de comunidades vegetales, clasificar áreas mediante teledetección supervisada, que mediante un análisis visual combinado con las herramientas SIG se puede determinar la composición de un paisaje mediante la radiación emitida y criterios como textura y color (Condori *et al.*, 2014).

Este proceso se lo puede realizar mediante el uso de software de licencia gratis, como Google Earth el cual tiene la capacidad de mostrar a su usuario cualquier lugar del planeta mediante fotos satelitales (Condori *et al.*, 2014).

## **2.5. RELACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO**

La cubierta vegetal es la representación y estructura de la comunidad vegetal en un área sujeta al ambiente en que se desarrollan, donde intervienen factores químicos, físicos y biológicos, es un componente primordial donde se desarrollan varios procesos y las especies de plantas comparten los recursos disponibles influenciados por el suelo, agua, luz y nutrientes

En otras palabras, la vegetación comprende un conjunto de cambios ecológicos y evolutivos que se generan en una zona determinada y tiene alta influencia en las condiciones ambientales que favorece el crecimiento vegetal, las especies presentes pueden ser muy diversas dependiendo del escenario en el que se

desenvuelven por ejemplo en las selvas tropicales, o presentar pocas como en los bosques templados (Durán y García, 2011).

Los cambios de uso de suelo y la cobertura vegetal están asociados a la fragmentación de los hábitats, siendo una de las causas más severas ocasionadas por la actividad humana (Soulé y Orians, 2001); es el primordial causante de la desaparición de especies en las últimas décadas. Toda área afectada por estos factores, sirven como indicadores de un problema provocado directamente por el avanzado cambio del uso del suelo (Ordóñez *et al.*, 2008).

## 2.6. ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA

Los Índices de Protección Hidrológica, permiten realizar un estudio integral de la vegetación en una cuenca y evaluar el estado de la misma para la protección hidrológica del suelo contra la erosión hídrica (Mármol, 2008). Mencionados índices son valores relativos que van desde 1 (máxima protección) a 0 (protección nula) y corresponden para cada tipo de suelo diferenciado dentro de la cuenca, según Romero (2008), dichos valores se encuentran dados para cada tipo de vegetación.

La evaluación de la importancia hidrológica de la vegetación se la realiza mediante la matriz de Índices de Protección Hidrológica (IPH) desarrollada por Urbina (1997) y Henao (1998), donde se consideran los valores obtenidos en función de la matriz (ver cuadro 2.1) el cual se adapta al método de Rojas (2004), quien compara los tipos de cobertura vegetal mediante una lista de chequeo y se logra encontrar el valor de IPH basándose en sus indicadores.

**Cuadro 2. 1. Índices de protección hidrológica (IPH)**

| <b>Símbolos</b>            | <b>Tipo de cobertura vegetal</b>                                      | <b>IPH</b> |
|----------------------------|---|------------|
| <b>Vegetación leñosa</b>   |   |            |
| 1 <sup>a</sup>             | Bosques densos (sin ninguna erosión del suelo)                        | 1,0        |
| 1b                         | Bosques claros (con sustrato herbáceos densos)                        | 0,8 - 0,9  |
| 1c                         | Bosques claros con sustratos herbáceos degradado y erosión importante | 0,4 - 0,6  |
| 2 <sup>a</sup>             | Matorral (monte bajo) sin erosión del suelo                           | 0,8 - 0,9  |
| 2b                         | Matorral delgado, con erosión aparente del suelo                      | 0,4 - 0,5  |
| <b>Vegetación herbácea</b> |   |            |
| 3 <sup>a</sup>             | Pastizales completos de plantas vivaces sin erosión del suelo         | 0,8-0,9    |
| 3b                         | Pastizales degradados de plantas vivaces con erosión del suelo        | 0,4-0,5    |
| 3c                         | Pastizales anuales completos con índice de erosión aparente           | 0,6-0,7    |

|                           |   |                |
|---------------------------|---|----------------|
| 4                         | Pastizales anuales degradados con erosión aparente<br>Terrenos totalmente erosionados, urbanizados y sin vegetación | 0,3-0,4<br>0,0 |
| <b>Tierras cultivadas</b> |   |                |
| 5 <sup>a</sup>            | Cultivos anuales sobre terrazas   | 0,7-0,9        |
| 5b                        | Cultivos anuales sin terrazas   | 0,2-0,4        |
| 6                         | Cultivos de plantas leguminosas forrajeras  | 0,6-0,8        |
| 7 <sup>a</sup>            | Huertos sobre terrazas  | 0,8-0,9        |
| 7b                        | Huertos sin terrazas  | 0,5-0,6        |
| 8                         | Terrenos llanos o casi llanos   | 1,1            |

Fuente: Urbina (1997) y Henao (1998)

### 2.6.1. CRITERIOS PARA DETERMINAR EL IPH

Para determinar el IPH es necesario tomar en cuenta 7 criterios propuestos por Rojas (2003), que sometidos a criterios de calificación de 1 y 3, permiten dar un valor potencial de retención de cada cobertura, dichos criterios los componen: interceptación de la precipitación, estructura, densidad, mulch, ecosistemas especiales, tipo de vegetación e intervención.

En esta investigación se tomó en consideración los estudios realizados por Lucas (2019), en la relación entre la protección hidrológica y la cobertura vegetal de la subcuenca hidrográfica del Carrizal, esta aplicó varias técnicas que permitieron determinar el IPH de la zona de estudio, además Muñoz y Vera (2021), efectuaron un evaluación de la influencia de la cobertura vegetal en la protección hidrológica del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal, en este estudio utilizaron diversos métodos que ayudaron a conocer cada uno de los criterios en su área de tesis, estos investigadores fueron uno de los primeros en sintetizar las metodologías utilizadas para la determinación de dichos criterios y confirmaron cada una de la técnicas planteadas.

Para determinar cada uno de los criterios existen varios métodos, los cuales se muestran a continuación:

#### 1. ESTRUCTURA

Díaz, Castillo y García (2002), mencionan que a la distribución espacial de la vegetación se le denomina estructura de la cobertura vegetal, es de suma importancia conocer la estructura ya que así se logra saber la evolución y dinámica que ha tenido ésta a lo largo de la historia. Además Gutiérrez y Becerra

(2018), manifiestan que para estudios de estructuras vegetales se pueden realizar dos formas, la primera es conociendo las estructuras por tamaños y la otra se da por estratificación vertical.

El mismo autor manifiesta que en cualquiera de los estudios sea por tamaños o estratificación se debe previamente haber seleccionado los transectos, para realizar el cálculo de la estructura de la vegetación por tamaños de los árboles se procede a tomar el registro del Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) de todos los individuos superiores a 2 metros de altura y un DAP mayor a 5 cm, a éstos se les denomina individuos adultos, los que se encuentran con un DAP < 5 cm se les denomina como regeneración. Para conocer el DAP es necesario obtener la Circunferencia a la Altura de Pecho (CAP), éste se determina en las visitas del campo, con la ayuda de una cinta métrica, la misma se la ubica a una altura de 1.30 metros, ya que se considera que a esa altura se encuentra a la altura del pecho del investigador, consiguiendo el DAP mediante la siguiente ecuación:

- **Diámetro de Altura del Pecho (DAP)**

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad [2.1]$$

En los estudios de cobertura vegetal es de vital importancia conocer la estructura de vegetación por estratificación, la cual se evalúa midiendo la cobertura vegetal por diferentes alturas, en cada transecto se registra la cobertura vegetal de acuerdo a la altura, dada por cada estrato, cabe mencionar que un estrato es la distribución de la vegetación en un espacio. Consecuentemente se registran los individuos > 5 m (estrato arbóreo), 1 – 5 m (estrato arbustivo), < 1 m (estrato herbáceo) y los demás estratos muscinal, escandente y epifítico se identifican por medio de las características físicas de cada uno.

El mejor método de evaluar la estructura por estratificación es el intercepto de puntos, en el cual se maneja una grilla tipográfica de 50 puntos, los cuales están ubicados a 1 metro de distancia a lo largo del transecto radiado. Cabe mencionar que en cada estrato se registró la presencia o ausencia de la cobertura vegetal.

De acuerdo a Alcaraz (2013), cuando se desea realizar investigaciones donde se busque conocer la protección hídrica que brindan las especies vegetales, se

debe determinar el tipo de estrato que se tiene en el área de estudio, es así que a continuación se muestran las características físicas de cada estrato vegetal:

**Cuadro 2. 2. Características físicas de los diferentes estratos vegetales**

| Tipo de estrato      | Características  |
|----------------------|--|
| 1. <b>Arbóreo</b>    | La altura que presenta este estrato, se encuentra dada por árboles con 5 m.  |
| 2. <b>Arbustivo</b>  | Son especies con una altura superior al 1.5 m e inferior a 5 m.  |
| 3. <b>Herbáceo</b>   | Son especies vegetales con alturas menores a 1.5 m.  |
| 4. <b>Muscinal</b>   | En este estrato se encuentran los musgos y líquenes. Comúnmente otorgan oxígeno a los seres vivos.   |
| 5. <b>Escandente</b> | Está compuesto por especies como las lianas, son vegetaciones que se pueden sostener por sí solas, es así que se enredan de otras estructuras vegetales. |
| 6. <b>Epifítico</b>  | Está formado por líquenes, promusgos y helechos.   |

En la investigación realizada por Lucas (2019), obtuvo una estructura mayor en la cobertura vegetal de arboricultura tropical, con una calificación de 3 y la que menor ponderación tuvo fue 70% cultivos de ciclo corto / 30% pasto cultivado con 1 punto, esto se debe a que en la cobertura de cultivos de ciclo corto, se utiliza gran cantidad de fertilizantes y químicos, los cuales afectan a la estructura física del suelo, y en este tipo de cultivos necesita grandes extensiones de terreno, los cuales favorecen al cambio de coberturas vegetales, incidiendo en la erosividad del suelo, y causa que disminuya la infiltración del agua (Alcaraz, 2013).

## 2. DENSIDAD

Un indicador del nivel de ocupación de la cobertura vegetal en un lugar y tiempo determinado es la densidad, asimismo es una variable que constituye la estructura de áreas vegetales (Hernández *et al.*, 2013). Adicionalmente Burkhard, Rodríguez y Gajardo (2013), mencionan que la densidad es conocida como la extensión de la cobertura vegetal, en relación entre el suelo y la vegetación.

Hernández *et al.*, (2013), establece las siguientes ecuaciones para calcular la densidad en absoluta y relativa del estrato de vegetación arbóreo:

- **Densidad absoluta (D):**

$$\text{Densidad absoluta (D)} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ total de individuos por especie}}{\text{total del área muestreada}} \quad \mathbf{[2.2]}$$

- **Densidad relativa (DR)**

$$\text{Densidad relativa (DR)\%} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de individuos por especie}}{\text{n}^{\circ} \text{ total de individuos}} * 100 \quad \mathbf{[2.3]}$$

Cuando se desea calcular la densidad de los estratos con menor altura (arbustivo, herbáceo, muscinal, escandente, epifítico), se determina mediante el método establecido por Martella *et al.*, (2012), en el mismo se debe de efectuar puntos de intercepción, por encima de una línea, la cual se crea con una cinta se ejecuta una serie de puntos, los mismos se los apoya por medio de una varilla que ha sido previamente dividida en porciones, para este caso se debe de efectuar cada 5 cm, para así sectorizar distintas alturas. Después se obtiene el porcentaje de cubierta vegetal mediante la utilización de la siguiente ecuación:

- Porcentaje de cubierta vegetal (Cob estrato)

$$\text{Cob (estrato)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de toques en x}}{\text{total de toques}} * 100 \quad \mathbf{[2.4]}$$

En los estudios efectuados por Muñoz y Vera (2021), mostraron que la cobertura vegetal de zona boscosa fue de 3 puntos, mientras que la vegetación herbácea obtuvo 1.1 debido a que este tipo de vegetación es utilizada para el pastoreo intensivo, causando que la degradación del suelo, desertificación, desgaste de biodiversidad y propagación de especies invasoras (Armijo, 2015).

### **3. INTERCEPTACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN**

Al agua retenida en las partes de la vegetación como en las hojas, ramas y troncos se le denomina interceptación de la precipitación o agua lluvias, también se puede retener el agua en la hojarasca o restos vegetales (Savenije, 2004). El agua se evapora y se dirige a la atmósfera, continuando así con el ciclo del agua (López *et al.*, 2017).

Adicionalmente López *et al.*, (2017), manifiestan que la cantidad de agua interceptada va a estar dada por las características físicas de la cobertura vegetal existente en el lugar de estudio, depende de las particularidades tanto de la vegetación como de las precipitaciones, ya que estas pueden desarrollarse con mayor intensidad y duración.

Es así que para poder realizar el cálculo de la interceptación de la precipitación se toma en consideración el modelo expuesto por Horton (1919), donde se establece que hay que evaluar el volumen interceptado por la cubierta vegetal, partiendo de la precipitación total, el autor ha instaurado la siguiente ecuación para el cálculo de la interceptación de la precipitación:

- **Interceptación de la precipitación por la vegetación (Is)**

$$I_s = S_d + \gamma P_d \quad [2.5]$$

En donde:

**Is** = Interceptación de la precipitación por la vegetación.

**Sd** = Capacidad de almacenamiento del dosel de la vegetación.

**$\gamma$**  = Coeficiente de altura de la vegetación.

**Pd** = Precipitación total que recibe el dosel.

Horton (1919), citado por López *et al.*, (2017) ha establecido que la Capacidad de almacenamiento del dosel y el coeficiente de altura de la vegetación, son parámetros que dependen del tipo de cubierta vegetal, es por ello que el autor ha determinado dichos parámetros dependiendo del tipo de cubierta vegetal, tal como se muestra en el cuadro 2.3.

**Cuadro 2. 3. Parámetros del modelo de Horton (1919)**

| Tipo de cubierta vegetal | Sd (mm) | $\gamma$ |
|--------------------------|---------|----------|
| Bosques densos           | 1,27    | 0,18     |
| Bosques claros           | 1,02    | 0,18     |
| Vegetación herbácea      | 1,67    | 0,49     |
| Pastos                   | 1,67    | 0,33     |
| Huertos                  | 1,02    | 0,18     |
| Cereales (Trigo, arroz)  | 0,42    | 0,16     |

Toasa (2015), evaluó la interceptación de la precipitación en la quebrada oreja del diablo del cantón Mocha, obteniendo que la cobertura vegetal de pastizales tuvo una calificación mayor con 3 puntos, esto hace visible lo manifestado por Arriaza (2018), quien manifiesta que en la cobertura donde existe pastizales la interceptación realizada por esta cubierta vegetal es mayor que otras, debido a que cuando precipita las hierbas o pastizales se caen al suelo y así logran almacenar gran cantidad de agua en toda su estructura física.

#### **4. PRESENCIA DE MULCH**

También se la denomina como hojarasca, se considera que ésta permite que las bacterias fijen en el suelo el oxígeno necesario, para que se reproduzca la vida, asimismo brinda protección al suelo, disminuyendo las erosiones causadas por los cambios climáticos (González, 2012).

Ésta se evalúa utilizando la misma grilla que se empleó para determinar la estructura por estratos, se mide el área y para determinar la profundidad de la hojarasca se necesita de una regla metálica, la misma que se inserta en el área de la hojarasca hasta que llegue al suelo (Gutiérrez y Becerra, 2018). Por su parte González (2012), manifiesta que cuando la altura de la hojarasca o mulch es  $\geq 10$  cm es considerado un indicador de alto contenido, si se encuentra una altura de entre  $\leq 5$  y 3 cm es medio, y por su parte si la altura es inferior de 3 cm, es un indicador de protección del suelo relativamente bajo.

Lucas (2019), en su investigación adquirió un mulch menor a los 3 cm en la cobertura de cultivos de ciclo corto con 1 punto, lo que de acuerdo a Morales, (2002), el cual manifiesta que cuando los agricultores cosechan sus siembras, simultáneamente realizan la limpieza de los suelos, lo que ocasiona que el suelo se queden desnudos y sean propensos a la erosión del suelo y evitan la infiltración del agua.

#### **5. ECOSISTEMAS ESPECIALES**

Pérez (2015), menciona que este tipo de ecosistemas contienen un conjunto de seres vivos de distintas especies que convergen en comunidades, sus

características físicas ayudan a albergar biotopos, los cuales se acoplan en el medio ambiente que habitan.

Cuando se desea realizar el estudio de protección hídrica, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (2018), manifiesta que en este tipo de estudio se toman en consideración tan solo tres ecosistemas especiales, éstos se determinan mediante sus características físicas, las mismas se adjuntan a continuación:

**Cuadro 2. 4. Ecosistemas especiales**

| ECOSISTEMA ESPECIAL  | CARACTERÍSTICAS  |
|--|--|
| 1. <b>Ecosistema zona seca</b>   | Comúnmente existen especies que pueden sobrevivir con cantidades mínimas de agua, ya que los suelos de estos ecosistemas tienen escasez de agua.               |
| 2. <b>Ecosistemas plantados</b>  | Los ecosistemas son simétricos, lo que refiere a que los cultivos son sembrados con una distancia igual, pueden ser cultivos de bosques o para consumo humano. |
| 3. <b>Ecosistemas de altura reconocida con importancia hidrológica</b> | En este apartado se encuentran los árboles con mayor altura, principalmente se localizan los bosques y remanentes de bosques.                                  |

En la investigación de Toasa (2015), resultó que los bosques tuvieron mayor calificación con 3 puntos y la zona agrícola tuvo 2 puntos, esto según Blanco, (2017), los bosques son ecosistemas que ayudan y benefician a la infiltración del agua a los acuíferos, son estabilizadores de los suelos y accede a que el recurso hídrico fluya y regule la erosión de los suelos.

## 6. TIPO DE VEGETACIÓN

Cabe mencionar que la vegetación es considerada como una arquitectura vegetal, ya que se distribuye horizontal y vertical en el suelo, es así que se considera vegetación al conjunto compuesto de árboles de grandes tamaños, arbustos, hierbas, lianas, hongos, entre otros (Alcaraz, 2013).

Pereira (2011), establece que los tipos de vegetación se dan por el ciclo de vida que éstos tengan, ya que se da en función del tiempo que transcurre desde que

germina la semilla hasta que la vegetación produzca sus propias semillas, es por ello, que el autor los clasifica de la siguiente forma:

**Cuadro 2. 5. Tipos de vegetación**

| Tipos de vegetación | Características  |
|---------------------|--|
| 1. Temporal         | Las vegetaciones que pertenecen a este grupo, realizan todo su proceso productivo en una estación de crecimiento.  |
| 2. Anual            | El periodo de existencia de este tipo de cobertura vegetal se extiende entre 1 a 2 años, generalmente otorgan dos cosechas al año, dependiendo de la floración de cada especie.            |
| 3. Perenne          | Este tipo de cobertura vegetal vive por periodos mayores a dos años, se regeneran anualmente y sus ciclos productivos dependen de varios factores, entre ellos las condiciones climáticas. |

Muñoz y Vera (2021), obtuvieron en su estudio que las zonas agrícolas son cultivos temporales y éstos reciben una calificación de 1 punto, esto debido a que provocan una contaminación de nitrógeno y fósforo magnesio y estos se pueden infiltrar hasta las aguas superficiales y subterráneas, también incrementan la erosión de los suelos y estimulan el agotamiento de nutrientes del suelo.

## 7. GRADO DE INTERVENCIÓN

Aguirre (2013), menciona que teniendo en cuenta que la palabra intervención es la acción y resultado de intervenir, ya que éste se refiere a diferentes asuntos, es así que se trata del nivel de intervención del ser humano hacia las diferentes áreas vegetales, como por ejemplo; la agricultura, la deforestación, ganadería, entre otros.

El mismo autor menciona que el grado de intervención se determina mediante la escala que se encuentra dada entre 1 (intervención alta), 2 (intervención media) y 3 (intervención baja), asimismo manifiesta los tipos de intervención que pueden existir:

- Deforestación
- Pastoreo
- Cambio de uso de suelo

- Quema o incendios
- Extracción de especies vegetales

Los estudios de Lucas (2019), denotan que los cultivos de ciclo corto tienen una intervención mayor y por consiguiente tiene una calificación menor con 1 punto, esto se debe a que esta clase de cultivos son estacionales y que cada temporada del año son restituidos por un nuevo cultivo, por ejemplo: el maíz y el arroz.

Después de realizar el cálculo cada uno de los criterios para determinar el IPH, se considera lo estipulado por Rojas (2003), en el cual se le otorga una puntuación para cada uno de ellos, a continuación se muestra una lista de chequeo, en la que se aprecia varios indicadores por cada criterio, en base a cada indicador se le confiere una puntuación, la misma se encuentra en un rango de 1 (baja protección hídrica) y 3 (mayor protección hídrica) (Ver cuadro 2.6).

**Cuadro 2. 6. Lista de chequeo para adquirir el IPH de Rojas, (2003).**

| CRITERIO                                  | INDICADOR   | PUNTUACIÓN |
|---|---|------------|
| <b>ESTRUCTURA</b>                         | 1 a 2 estratos  | 1,0        |
|   | 1 a 3 estratos  | 2,0        |
|   | 3 o más estratos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y epifitas   | 3,0        |
| <b>DENSIDAD</b>                           | Baja  | 1,0        |
|   | Media   | 2,0        |
|   | Alta  | 3,0        |
| <b>INTERCEPTACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN</b> | Baja  | 1,0        |
|   | Media   | 2,0        |
|   | Alta  | 3,0        |
| <b>PRESENCIA DE MULCH</b>                 | Baja  | 1,0        |
|   | Media   | 2,0        |
|   | Alta  | 3,0        |
| <b>ECOSISTEMAS ESPECIALES</b>             | Ecosistema zona seca  | 1,0        |
|   | Ecosistema plantados  | 2,0        |
|   | Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica | 3,0        |
| <b>TIPO DE VEGETACIÓN</b>                 | Temporal  | 1,0        |
|   | Anual   | 2,0        |
|   | Perenne   | 3,0        |
| <b>GRADO DE INTERVENCIÓN</b>              | Alto  | 1,0        |
|   | Medio   | 2,0        |
|   | Bajo  | 3,0        |

### 2.6.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA

Según Coronel (2008), para realizar el cálculo del IPH, se procede a sumar estos valores, para generar un IPH ajustado y generado, que da como resultado una categorización de las capacidades hídricas de la subcuenca, oscilando desde muy baja, baja, media, alta y muy alta.

Siguiendo con el proceso, se obtiene el valor del IPH ponderado por medio de la siguiente ecuación:

- **Índice de Protección Hidrológico ponderado (Coronel, 2008):**

$$IPH_{\text{Ponderado}} = IPH * \text{área}(\text{ha}) \quad [2.6]$$

El mismo autor manifiesta que, cuando se requiere calcular el IPH total, se determina el IPH por unidad de vegetación, esto va a estar dado por el número de transectos que se realizan en un estudio, después se suma y se promedia los valores del IPH:

- **Índice de Protección Hidrológico por Unidad de vegetación (IPH UV), (Coronel, 2008):**

$$IPH_{UV} = \sum IPH \quad [2.7]$$

Consecuentemente el Índice de Protección Hidrológico Total (IPH) se obtiene de la sumatoria de los IPP (producto de los IPH UV por el promedio de la superficie ocupada por cada unidad de vegetación) (Ferreira y Enzo, 2008):

- **Índice de Protección Hidrológica Parcial (Ferreira y Enzo, 2008):**

$$IPP = IPH_{UV} * \%uv \quad [2.8]$$

- **Índice de Protección Hidrológica Total (Ferreira y Enzo, 2008):**

$$IPH_t = \sum IPP \quad [2.9]$$

Se calculan los Índices de Protección Proporcional (IPP) de cada Unidad de Vegetación, tomando el porcentaje de superficie, extraído del mapa de vegetación, expresada en tanto por uno y multiplicándolo por el valor del IP

correspondiente. El Índice de Protección Hidrológica (IPH) o Índice de Protección Estimado del Área de Estudio se obtuvo de la sumatoria de los Índices de Protección Proporcional (IPP).

Seguidamente Romero y Ferreira (2010), desarrolla la interpretación de la condición hídrica que otorga la vegetación, esta se obtiene dependiendo de los resultados del IPH, para ello se considera los siguientes valores:

**Cuadro 2. 7. Condición del IPH (Romero y Ferreira, 2010)**

| <b>IPH</b> | <b>CONDICIÓN</b>    |
|------------|---------------------|
| 1,0        | Muy buena           |
| 0,8 – 0,99 | Buena               |
| 0,6 – 0,79 | Moderadamente buena |
| 0,4 – 0,59 | Regular             |
| 0,2 – 0,39 | Moderadamente mala  |
| 0,1 – 0,19 | Mala                |
| 0,0 – 0,09 | Muy mala            |

También Toasa (2015), manifiesta que se debe de verificar la importancia y aptitud hídrica que tienen las diferentes coberturas vegetales del lugar de estudio, para ello, se utiliza la siguiente escala:

**Cuadro 2. 8. Nivel de IPH, Importancia y aptitud de la cobertura vegetal para la provisión del servicio ambiental Hídrico (Toasa, 2015).**

| <b>NIVEL IPH</b> | <b>IMPORTANCIA</b> | <b>APTITUD</b>            |
|------------------|--------------------|---------------------------|
| 0,00 – 0,20      | Muy baja/nula      | Recuperación/Regeneración |
| 0,30 – 0,40      | Baja               | Recuperación              |
| 0,50 – 0,60      | Media              | Protección                |
| 0,70 – 0,80      | Alta               | Conservación              |
| 0,90 – 1,00      | Muy alta           | Conservación              |

# CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se desarrolló en la microcuenca Membrillo ubicada al este de la Provincia de Manabí en el cantón Bolívar. La microcuenca posee una superficie de 116,69 km<sup>2</sup>, se encuentra en las parroquias, Membrillo y Calceta (95% del territorio aproximadamente) y en la parroquia Barraganete, cantón Pichincha (aproximadamente 5% del territorio).

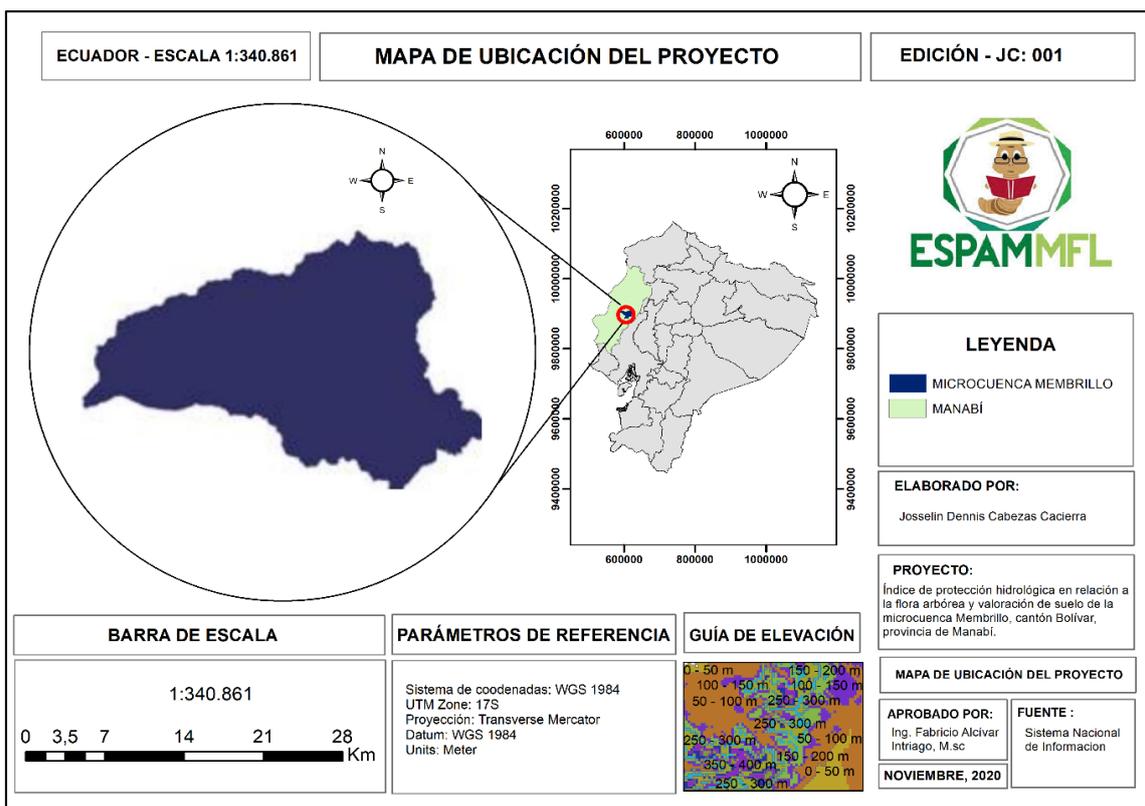


Ilustración 3. 1. Ubicación geográfica del área en estudio

## 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La tesis tuvo una duración de nueve meses incluídas la fase de planificación y la fase de ejecución.

### 3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

#### 3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Flora arbórea y uso de suelo

#### 3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Protección hidrológica

### 3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.4.1. MÉTODOS

La investigación se enmarcó dentro del método cuantitativo, pues los datos obtenidos se comprobaron in situ, procesados numéricamente y comparados con tablas generalizables, utilizadas para determinar las características de la microcuenca en función los mismos.

#### 3.4.2. TÉCNICAS

- **Observación:** La observación se utilizó para la constatación de los datos obtenidos en los sistemas de información geográfica, mediante la visualización de las características percibidas.
- **Recopilación bibliográfica:** La recopilación bibliográfica se utilizó para poder obtener la información geográfica y satelital acerca del uso de suelo en la microcuenca Membrillo.
- **Sistemas de información geográfica:** Los SIG se aplicaron para el procesamiento de la información geográfica, y para el análisis de datos geográficos (mapas) y sus características (atributos).
- **Lista de chequeo:** La lista de chequeo se utilizó para llegar a un valor de IPH con base en 7 criterios y 21 indicadores que se demuestran en el cuadro 2.6.

### **3.5. PROCEDIMIENTO**

#### **3.5.1. FASE: I IDENTIFICAR EL TIPO DE COBERTURA VEGETAL PRESENTE EN LA MICROCUENCA MEMBRILLO.**

Esta fase se efectuó mediante la ejecución de las siguientes actividades:

##### **3.5.1.1. ACTIVIDAD 1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SATELITAL**

Se realizó la recopilación de información satelital desde el Sistema Nacional de Información perteneciente a la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (disponibles al público en general en la base de datos del SIN) y de otras fuentes oficiales de información como el Instituto Geográfico Militar de acuerdo a la metodología planteada por Lucas (2016).

Para la georreferenciación de las estaciones de muestreo, se utilizó un GPS, además se realizó la descripción de las principales características físicas de las estaciones de muestreo en base a los aspectos mencionados anteriormente.

##### **3.5.1.2. ACTIVIDAD 2. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO**

Para identificar la cobertura vegetal de la microcuenca membrillo se seleccionaron 28 puntos de muestreo, con base en las unidades vegetales que posee la microcuenca (Romero y Ferreira, 2010), identificadas a través de la información satelital. El número de puntos para cada unidad se ubicaron de acuerdo a la superficie que cubrió cada unidad definida (Ver anexo 1).

#### **3.5.2. FASE II. DETERMINAR EL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA EN RELACIÓN A LA FLORA ARBÓREA Y VALORACIÓN DE SUELO DE LA MICROCUENCA MEMBRILLO.**

Para ejecutar esta fase se desarrollaron las siguientes actividades:

##### **3.5.2.1. ACTIVIDAD 3. EJECUCIÓN DE VISITAS DE CAMPO**

Basados en los puntos seleccionados, se elaboraron parcelas compuestas por tres transectos radiados de 50 m, ubicadas 120° una de otra (ver ilustración 3.2) donde se realizaron observaciones acerca de la cobertura cada 0,5 m en la ficha de observación (Romero y Ferreira, 2010) (Ver anexo 2).

### **3.5.2.2. ACTIVIDAD 4. OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA**

Para determinar el IPH fue necesario tomar en cuenta los 7 criterios propuestos por Rojas, (2003) los cuales son: estructura, densidad, interceptación, ecosistemas especiales, mulch (cubresuelos), tipo de vegetación e intervención, la suma de estos da el valor del IPH.

El cálculo de cada uno de los criterios se siguió el siguiente procedimiento:

#### **1. Estructura**

Se realizó el cálculo de la estructura por medio a lo estipulado por Gutiérrez y Becerra (2018), en el cual manifiesta que en las visitas de campo se tomó los datos del CAP (Ver anexo 3), y luego se determinó el DAP de la flora arbórea con el uso de la ecuación 2.1. En el caso de los otros estratos vegetales se los clasificó por medio de sus características físicas establecidas en el cuadro 2.2. Asimismo, se utilizó la metodología manifestada por Alcaraz (2013), ya que cuando se desea realizar un estudio de IPH por medio de la cobertura vegetal, se le otorga una serie de calificaciones, debido a que cuando existe entre 1 y 2 estratos se calificará con 1, si se obtiene más de 2 estratos tendrá 2 y cuando se tiene un rango mayor a 3 estratos la calificación será de 3.

#### **2. Densidad**

Se determinó mediante la metodología dada por Hernández *et al.*, (2013), donde se calculó la densidad absoluta y relativa de la vegetación arbórea ecuación 2.2 y 2.3 respectivamente. El cálculo de la cubierta vegetal de los demás estratos se efectuaron por el método de Martella *et al.*, (2012), por medio de la ecuación 2.4, asimismo en los resultados finales del estudio se les otorgó la calificación de 1 cuando es inferior a 33%, si se encuentra entre 34% y 66% se da un puntaje de 2, por el contrario si es superior a 66% se le calificó con 3.

#### **3. Interceptación de la precipitación**

Se utilizó el método de Horton (1919), citado por López *et al.*, (2017), con el manejo de la ecuación 2.5, se utilizó la precipitación (8.8 mm) del mes de Julio

del año 2020 adquirido de la estación meteorológica M1230 ESPAM “MFL” Calceta. En el estudio de acuerdo a Rojas (2003), se le concede la calificación de 1 cuando la interceptación de la precipitación es menor a 3, asimismo cuando se encuentra 4 y 5 se considera una interceptación de calificación 2, además si esta una interceptación mayor a 6 se da una calificación de 3.

#### **4. Presencia de mulch**

Se utilizó la metodología de Gutiérrez y Becerra (2018), ya que con el manejo de una regla metálica se midió la altura de la materia orgánica (mulch), así cuando ésta es de  $\geq 10$  cm se le da una calificación de 3, si se encuentra entre  $\leq 5$  y 3 cm es medio con 2 y por el contrario si es inferior a 3 cm se le otorga una calificación de 1.

#### **5. Ecosistemas especiales**

Para el reconocimiento de este apartado se manejó la metodología de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (2018), el cual manifiesta que se debe de utilizar las características físicas del lugar, es así que el autor establece que cuando son ecosistemas zona seca se dará la calificación de 1, a los ecosistemas plantados se considera una calificación de 2 y a los ecosistemas de altura reconocida con importancia hidrológica se les dará la calificación de 3.

#### **6. Tipo de vegetación**

De acuerdo a Pereira (2011), ésta se determina mediante las características físicas de la vegetación y por medio del ciclo de vida se establece el tiempo de vida de éstas, es así que cuando estas son temporales se le dará la calificación de 1, cuando son anuales es 2 y asimismo cuando éstos sean perennes se da una calificación de 3.

#### **7. Grado de intervención**

Este último criterio se desarrolló mediante el método de Aguirre (2013), el mismo que estableció una escala que se encuentra dada entre 1 (intervención alta), 2 (intervención media) y 3 (intervención baja)

Consecuentemente por medio de Rojas (2003), se procedió a sumar cada uno de las calificaciones dadas a los 7 criterios, utilizando la lista de chequeo que se encuentra en el cuadro 2.6 obteniendo el Índice de Protección Hidrológica (IPH), éste se logró calcular, mediante la división del IPH de la lista de chequeo entre el total de cada transecto, a esto se le suma el IPH obtenido. A continuación se procedió a determinar el IPH por unidad de vegetación (IPH UV), en el cual se sumó el IPH de cada transecto, mediante la ecuación 2.7.

Posteriormente se realizó la categorización hídrica de la microcuenca Membrillo, utilizando los 7 criterios de Rojas (2003), considerando que la condición está dada desde 0 (muy mala), hasta 1 (muy buena) estipulado en el cuadro 2.7, también se estableció la importancia y la aptitud hídrica, estas ayudan a determinar la capacidad de la vegetación para efectuar las funciones hídricas y brindar los servicios ecosistémicos hídricos en el medio donde se encuentren.

### **3.5.2.3. ACTIVIDAD 5. DESARROLLO DE MAPAS TEMÁTICOS**

De acuerdo con la metodología de Lucas (2016) se procedió a la elaboración de un mapa de uso de suelo que muestra de manera precisa y gráfica los usos que los habitantes del lugar de estudio le otorgan al sitio.

### **3.5.3. FASE III. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN Y/O REPARACIÓN PARA LAS ÁREAS QUE PRESENTAN IPH BAJO.**

Esta fase se desarrolló mediante la ejecución de la siguiente actividad:

#### **3.5.3.1. ACTIVIDAD 6. DETERMINAR ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LOS ÍNDICES DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA**

Basados en los resultados obtenidos, se buscaron alternativas para mejorar, mantener u optimizar las condiciones de protección vegetal encontradas en la Microcuenca Membrillo.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE COBERTURA VEGETAL PRESENTE EN LA MICROCUENCA MEMBRILLO

La información empleada para el establecimiento de los tipos de coberturas vegetales pertenece al Ministerio de Agricultura y Ganadería, disponibles en los Sistemas de Información Geográfica. Se identificaron 5 tipos de coberturas vegetales (Ver anexo 5), obteniendo así la siguiente distribución: 50% frutales - 50% pasto cultivado; 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado con una extensión de 5653,91 ha y 5510,38 ha respectivamente lo que demuestra la expansión paulatina de fronteras agrícolas hacia zonas arbóreas. A continuación, se detallan las coberturas vegetales identificadas y su superficie:

**Cuadro 4. 1.** Puntos de muestreo por cobertura vegetal.

| Uso  | Área (ha)       | %           | Puntos    |
|--|-----------------|-------------|-----------|
| 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 5653,91         | 36,64%      | 10        |
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 5510,38         | 35,71%      | 9         |
| 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 340,62          | 2,21%       | 2         |
| Arboricultura tropical                           | 3065,44         | 19,86%      | 5         |
| Bosque natural                                   | 513,69          | 3,33%       | 2         |
| Cuerpo de agua artificial                        | 347,46          | 2,25%       | -         |
| <b>Total, general</b>                            | <b>15431,50</b> | <b>100%</b> | <b>28</b> |

Los puntos de muestreo se distribuyeron uniformemente en cada una de las coberturas vegetales presentes en la microcuenca Membrillo, de tal forma que la distribución de los puntos se representó equitativamente en la superficie de la microcuenca. A continuación, se muestran las coordenadas geográficas de cada punto de muestreo:

**Cuadro 4. 2.** Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

| # | Cobertura vegetal                  | X         | Y          | Z   |
|---|------------------------------------|-----------|------------|-----|
| 1 | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 606350,23 | 9904321,53 | 109 |
| 2 | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 608187,77 | 9904582,15 | 66  |
| 3 | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 607640,08 | 9902717,49 | 67  |
| 4 | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 611145,81 | 9903858,51 | 85  |
| 5 | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 612303,37 | 9905346,79 | 110 |

|    |  |           |            |     |
|----|--|-----------|------------|-----|
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 614595,00 | 9904516,00 | 117 |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 619447,13 | 9902965,54 | 158 |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 616437,49 | 9906190,15 | 137 |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 619281,77 | 9906950,83 | 119 |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 617760,41 | 9902717,49 | 156 |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 620770,05 | 9908538,34 | 389 |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 617710,80 | 9908091,85 | 196 |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 622026,82 | 9902122,18 | 296 |
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 621067,71 | 9904156,17 | 167 |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 616801,29 | 9903941,19 | 248 |
| 16 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 615081,50 | 9907843,80 | 434 |
| 17 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 612716,78 | 9907827,27 | 261 |
| 18 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 610649,72 | 9906901,22 | 197 |
| 19 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 604729,65 | 9904553,04 | 282 |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 624289,02 | 9900451,99 | 310 |
| 21 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 625241,52 | 9901192,83 | 295 |
| 22 | Arboricultura tropical                           | 610200,59 | 9902689,05 | 160 |
| 23 | Arboricultura tropical                           | 622516,30 | 9899075,49 | 336 |
| 24 | Arboricultura tropical                           | 614065,50 | 9901714,06 | 298 |
| 25 | Arboricultura tropical                           | 620146,96 | 9898169,96 | 303 |
| 26 | Arboricultura tropical                           | 617925,77 | 9900541,29 | 365 |
| 27 | Bosque natural                                   | 619107,34 | 9909394,93 | 345 |
| 28 | Bosque natural                                   | 622298,22 | 9906966,05 | 321 |

De acuerdo con Mendoza *et al.*, (2002), los cambios de cobertura vegetal están relacionados con la expansión de las actividades agrícolas, la urbanización y la contaminación relacionada con proceso hidrológicos, lo cuales, son importantes investigar tanto en cuencas hidrográficas pequeñas como grandes. Asimismo Sahagún y Reyes (2018), mencionan que los cambios de la cobertura vegetal y uso de suelo, provenientes del aumento progresivo de las actividades humanas, crean impactos negativos en el suministro de los servicios ecosistémicos, lo cual favorece al aumento del cambio climático.

#### **4.2. VALORAR LOS TIPOS DE COBERTURAS VEGETALES PRESENTES EN LA MICROCUENCA MEMBRILLO**

La valoración de los tipos de coberturas vegetales presentes en la Microcuenca Membrillo, se realizó para determinar la importancia de la cobertura vegetal en

la protección hídrica del lugar de estudio, se efectuó por medio del manejo de los 7 criterios propuestos por Rojas (2003), es así que los resultados obtenidos, por cada uno se muestran a continuación:

Se identificaron 978 individuos arbóreos en el lugar de estudio (Ver anexo 6), además en el cuadro 4.3 se muestra el promedio de CAP y DAP de la cobertura arbórea por cada punto muestreado, también se visualiza que el punto con mayor cantidad de individuos es el #28 con un total de 71, el cual es de la cobertura de bosque natural, asimismo se visualiza el #7 con 13 individuos es el que menor flora arbórea presentó, esto hace referencia a lo estipulado por Arriaza (2018), los árboles que se encuentran en la cobertura vegetal de bosque natural muestran una cobertura menor a 20 m, regularmente son densos y cuentan con la presencia de otros estratos. También la Pontificia Universidad Católica del Ecuador [PUCE, (2020)], indica que en la actualidad los diferentes estratos vegetales se encuentran en riesgo inminente de explotación y desaparición debido al aumento de las actividades antropogénicas como la ganadería y la agricultura.

**Cuadro 4. 3.** Estructura de estrato arbóreo

| #  | Cobertura vegetal                                | Promedio<br>CAP punto | Promedio<br>DAP<br>punto | Total de<br>individuos<br>transecto |
|----|--|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 1  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 47,4                  | 15,1                     | 38                                  |
| 2  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 33,6                  | 10,7                     | 26                                  |
| 3  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 24,2                  | 7,7                      | 26                                  |
| 4  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 40,7                  | 13                       | 22                                  |
| 5  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 43,5                  | 13,8                     | 29                                  |
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 47,2                  | 15                       | 45                                  |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 49,0                  | 15,6                     | 13                                  |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 49,7                  | 15,8                     | 21                                  |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 43                    | 13,7                     | 38                                  |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 32,5                  | 10,3                     | 18                                  |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 48,8                  | 15,5                     | 49                                  |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 67,7                  | 21,5                     | 44                                  |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 60,3                  | 19,2                     | 38                                  |
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 46                    | 14,6                     | 32                                  |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 73,5                  | 23,4                     | 34                                  |

|                            |  |       |      |     |
|----------------------------|--|-------|------|-----|
| 16                         | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 59,4  | 18,9 | 58  |
| 17                         | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 69,1  | 22   | 65  |
| 18                         | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 63,8  | 20,3 | 30  |
| 19                         | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 55,3  | 17,6 | 28  |
| 20                         | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 82    | 26,1 | 32  |
| 21                         | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 69,5  | 22,1 | 23  |
| 22                         | Arboricultura tropical                           | 63,7  | 20,3 | 24  |
| 23                         | Arboricultura tropical                           | 56,7  | 18,1 | 35  |
| 24                         | Arboricultura tropical                           | 79,4  | 25,3 | 33  |
| 25                         | Arboricultura tropical                           | 60,5  | 19,3 | 23  |
| 26                         | Arboricultura tropical                           | 74,2  | 23,6 | 31  |
| 27                         | Bosque natural                                   | 77,6  | 24,7 | 52  |
| 28                         | Bosque natural                                   | 112,5 | 35,8 | 71  |
| <b>TOTAL DE INDIVIDUOS</b> |  |       |      | 978 |

Los parámetros de los estratos arbustivos, herbáceo, muscinal, escandente y epifítico, se los determinó por sus características físicas (Ver Anexo 7). El cuadro 4.4 presenta los diversos estratos identificados en cada transecto realizado, asimismo se visualiza que el #15 mostró una cantidad mayor de individuos, se identificó una predominancia del estrato herbáceo y por el contrario el estrato epifítico estuvo ausente en la mayoría de los transectos.

La FAO (2014), indica que el estrato herbáceo forma parte de los ambientes más grandes del planeta, y estos favorecen al sustento de las personas, debido a que proporcionan bienes y servicios, como alimento para el ganado y almacenan agua y carbono, así también disminuyen la erosión en los suelos. Por su parte, Fregoso, Velázquez y Cortez (2007), manifiestan que en este tipo de estudios se aprecia a los estratos herbáceos y arbustivos cubiertos por musgos y líquenes, en un promedio del 20% al 5% relativamente.

**Cuadro 4. 4. Estructura arbustiva, herbácea, muscinal, escandente y epifítico**

| # | Estrato       | Total de individuos por estrato | Individuos total punto |
|---|---------------|---------------------------------|------------------------|
| 1 | E. escandente | 16                              | 91                     |
|   | E. muscinal   | 11                              |                        |
|   | E. herbáceo   | 41                              |                        |

|    |               |    |     |
|----|---------------|----|-----|
|    | E. epifítico  | 15 |     |
|    | E. arbustivo  | 8  |     |
|    | E. Muscinal   | 13 |     |
| 2  | E. arbustivo  | 29 | 76  |
|    | E. herbáceo   | 34 |     |
| 3  | E. escandente | 10 | 85  |
|    | E. herbáceo   | 75 |     |
| 4  | E. herbáceo   | 47 | 47  |
|    | E. herbáceo   | 59 |     |
| 5  | E. escandente | 8  | 67  |
|    | E. arbustivo  | 8  |     |
| 6  | E. herbáceo   | 23 | 38  |
|    | E. muscinal   | 7  |     |
|    | E. herbáceo   | 49 |     |
| 7  | E. escandente | 9  | 74  |
|    | E. arbustivo  | 7  |     |
|    | E. epifítico  | 9  |     |
|    | E. arbustivo  | 5  |     |
|    | E. escandente | 7  |     |
| 8  | E. epifítico  | 3  | 52  |
|    | E. Muscinal   | 12 |     |
|    | E. herbáceo   | 25 |     |
|    | E. muscinal   | 21 |     |
| 9  | E. herbáceo   | 53 | 100 |
|    | E. escandente | 11 |     |
|    | E. epifítico  | 15 |     |
| 10 | E. herbáceo   | 45 | 51  |
|    | E. escandente | 6  |     |
|    | E. arbustivo  | 3  |     |
| 11 | E. epifítico  | 16 | 40  |
|    | E. herbáceo   | 21 |     |
|    | E. herbáceo   | 23 |     |
| 12 | E. muscinal   | 4  | 39  |
|    | E. epifítico  | 12 |     |
|    | E. herbáceo   | 37 |     |
| 13 | E. escandente | 7  | 44  |
|    | E. arbustivo  | 5  |     |
| 14 | E. epifítico  | 12 | 40  |
|    | E. herbáceo   | 23 |     |

|    |               |     |     |
|----|---------------|-----|-----|
| 15 | E. muscinal   | 15  | 125 |
|    | E. herbáceo   | 110 |     |
|    | E. escandente | 11  |     |
| 16 | E. arbustivo  | 14  | 65  |
|    | E. epifítico  | 13  |     |
|    | E. herbáceo   | 27  |     |
| 17 | E. arbustivo  | 25  | 67  |
|    | E. epifítico  | 10  |     |
|    | E. herbáceo   | 32  |     |
| 18 | E. herbáceo   | 44  | 62  |
|    | E. arbustivo  | 2   |     |
|    | E. epifítico  | 16  |     |
| 19 | E. arbustivo  | 23  | 80  |
|    | E. epifítico  | 18  |     |
|    | E. herbáceo   | 39  |     |
| 20 | E. arbustivo  | 14  | 60  |
|    | E. epifítico  | 18  |     |
|    | E. herbáceo   | 28  |     |
| 21 | E. herbáceo   | 25  | 39  |
|    | E. escandente | 9   |     |
|    | E. arbustivo  | 5   |     |
| 22 | E. epifítico  | 25  | 110 |
|    | E. arbustivo  | 26  |     |
|    | E. herbáceo   | 48  |     |
|    | E. escandente | 2   |     |
|    | E. muscinal   | 9   |     |
| 23 | E. herbáceo   | 21  | 42  |
|    | E. escandente | 12  |     |
|    | E. muscinal   | 9   |     |
| 24 | E. epifítico  | 6   | 67  |
|    | E. herbáceo   | 29  |     |
|    | E. escandente | 11  |     |
| 25 | E. muscinal   | 21  | 89  |
|    | E. escandente | 20  |     |
|    | E. muscinal   | 17  |     |
| 26 | E. herbáceo   | 24  | 82  |
|    | E. arbustivo  | 16  |     |
|    | E. epifítico  | 12  |     |
| 26 | E. escandente | 17  |     |

|    |                            |    |             |
|----|----------------------------|----|-------------|
|    | E. muscinal                | 9  |             |
|    | E. epifítico               | 23 |             |
|    | E. herbáceo                | 33 |             |
|    | <hr/>                      |    |             |
|    | E. muscinal                | 8  |             |
|    | E. herbáceo                | 47 |             |
| 27 | E. arbustivo               | 12 | 89          |
|    | E. escandente              | 14 |             |
|    | E. epifítico               | 8  |             |
|    | E. escandente              | 9  |             |
|    | E. muscinal                | 12 |             |
| 28 | E. epifítico               | 16 | 75          |
|    | E. herbáceo                | 36 |             |
|    | E. arbustivo               | 2  |             |
|    | <hr/>                      |    |             |
|    | <b>TOTAL DE INDIVIDUOS</b> |    | <b>1896</b> |

Fuente: El autor

Consecuentemente se desarrolló la estimación de la estructura de la cobertura vegetal del área de estudio, en el cuadro 4.5 se visualiza que el transecto #4 con una calificación de 1, ya que tan solo cuenta con dos estratos, asimismo se observa que las coberturas con una estratificación mayor son el pasto cultivado con frutales, la arboricultura tropical y el bosque natural, de acuerdo a Benítez (2000), este tipo de cobertura permite la existencia de la absorción del agua precipitada, también logran captar la energía de las gotas al llegar al suelo, disminuyendo así la erosión en el suelo, beneficiando la infiltración en el mismo.

Cuadro 4.5. Estructura de la vegetación (estrato)

| #  | Cobertura vegetal                                | Estructura de la vegetación (estrato) |           |          |          |            |           | Calificación |
|----|--|---------------------------------------|-----------|----------|----------|------------|-----------|--------------|
|    |  | Arbóreo                               | Arbustivo | Herbáceo | Muscinal | Escandente | Epífítico |              |
| 1  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     | X         | X        | X        | X          | X         | 3            |
| 2  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     | X         | X        | X        |            |           | 3            |
| 3  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     |           | X        |          | X          |           | 2            |
| 4  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     |           | X        |          |            |           | 1            |
| 5  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     |           | X        |          | X          |           | 2            |
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     | X         | X        | X        |            |           | 3            |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     | X         | X        |          | X          | X         | 3            |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     | X         | X        | X        | X          | X         | 3            |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     |           | X        | X        | X          | X         | 3            |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | X                                     |           | X        |          | X          |           | 2            |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     | X         | X        |          |            | X         | 3            |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     |           | X        | X        |            | X         | 3            |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     |           | X        |          | X          |           | 2            |
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     | X         | X        |          |            | X         | 3            |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     |           |          | X        | X          |           | 2            |
| 16 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     | X         | X        |          | X          | X         | 3            |
| 17 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     | X         | X        |          |            | X         | 3            |
| 18 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     | X         | X        |          |            | X         | 3            |
| 19 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | X                                     | X         | X        |          |            | X         | 3            |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | X                                     | X         | X        |          |            | X         | 3            |
| 21 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | X                                     | X         | X        |          | X          |           | 3            |
| 22 | Arboricultura tropical                           | X                                     | X         | X        | X        | X          | X         | 3            |
| 23 | Arboricultura tropical                           | X                                     |           | X        | X        | X          |           | 3            |
| 24 | Arboricultura tropical                           | X                                     |           | X        | X        | X          | X         | 3            |
| 25 | Arboricultura tropical                           | X                                     | X         | X        | X        | X          | X         | 3            |
| 26 | Arboricultura tropical                           | X                                     |           | X        | X        | X          | X         | 3            |
| 27 | Bosque natural                                   | X                                     | X         | X        | X        | X          | X         | 3            |
| 28 | Bosque natural                                   | X                                     | X         | X        | X        | X          | X         | 3            |

Fuente: El autor

Seguidamente se determinó la densidad del estrato arbóreo, el cuadro 4.6 muestra la densidad absoluta y relativa por cada punto, en el cual los transectos #2 y #3 (frutales y pasto cultivado) mostraron una densidad menor (6%) y el transecto #28 (bosque natural) fue el que presentó mayor densidad arbórea (54%), según Blanco (2017), éste tipo de flora provee de varios beneficios, entre los principales se encuentra la regulación de los flujos de humedad que se localizan en la atmósfera debido a que por medio de la evapotranspiración contribuyen al ciclo continuo del agua.

**Cuadro 4. 5. Densidad del estrato arbóreo**

| PUNTO | Nombre común   | Nombre científico                           | Densidad absoluta por especie (N°individuos /total de área) | Densidad absoluta por punto (N°individuos /total de área) | Densidad relativa ((N° individuos /N° total de individuos)*100) |
|-------|----------------|---|---|---|---|
| 1     | Mango          | <i>Mangifera indica</i>                     | 0,52  | 2,46  | 21%   |
|       | Ovo dulce      | <i>Spondia purpurea</i>                     | 0,26  |   | 11%   |
|       | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,45  |   | 18%   |
|       | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,58  |   | 24%   |
|       | Fernán Sánchez | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 0,13  |   | 5%  |
|       | Guasmo         | <i>Guazuma ulmifolia</i>                    | 0,06  |   | 3%  |
|       | Moral Fino     | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 0,13  |   | 5%  |
|       | Caucho         | <i>Hevea brasiliensis</i>                   | 0,06  |   | 3%  |
|       | Membrillo      | <i>Cydonia oblonga</i>                      | 0,13  |   | 5%  |
|       | Beldaco        | <i>Pseudobombax millei</i>                  | 0,13  |   | 5%  |
| 2     | Moral Fino     | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 0,13  | 1,68  | 8%  |
|       | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,52  |   | 31%   |
|       | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,58  |   | 35%   |
|       | Aguacate       | <i>Persea americana</i>                     | 0,32  |   | 18%   |
|       | Beldaco        | <i>Pseudobombax millei</i>                  | 0,13  |   | 8%  |
| 3     | Caucho         | <i>Hevea brasiliensis</i>                   | 0,06  | 1,68  | 4%  |
|       | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,84  |   | 50%   |
|       | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,39  |   | 23%   |

|   |                |   |      |      |     |
|---|----------------|---|------|------|-----|
|   | Guayaba        | <i>Psidium guajava</i>                      | 0,26 |      | 15% |
|   | Moral Fino     | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 0,13 |      | 8%  |
|   | Fernán Sánchez | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 0,19 |      | 14% |
| 4 | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,58 | 1,43 | 41% |
|   | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,45 |      | 31% |
|   | Mango          | <i>Mangifera indica</i>                     | 0,19 |      | 14% |
|   | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,71 |      | 38% |
| 5 | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,45 | 1,88 | 24% |
|   | Ovo dulce      | <i>Spondia purpurea</i>                     | 0,52 |      | 28% |
|   | Membrillo      | <i>Cydonia oblonga</i>                      | 0,19 |      | 10% |
|   | Beldaco        | <i>Pseudobombax millei</i>                  | 0,13 |      | 3%  |
| 6 | Mango          | <i>Mangifera indica</i>                     | 0,39 | 2,92 | 8%  |
|   | Ovo dulce      | <i>Spondia purpurea</i>                     | 0,52 |      | 10% |
|   | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,71 |      | 14% |
|   | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,84 |      | 16% |
|   | Papaya         | <i>Carica papaya</i>                        | 0,32 |      | 43% |
|   | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,13 |      | 15% |
| 7 | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,45 | 0,84 | 54% |
|   | Papaya         | <i>Carica papaya</i>                        | 0,26 |      | 31% |
|   | Moral Fino     | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 0,19 |      | 14% |
| 8 | Guayaba        | <i>Psidium guajava</i>                      | 0,13 | 1,36 | 10% |
|   | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,58 |      | 43% |
|   | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,45 |      | 33% |
|   | Mango          | <i>Mangifera indica</i>                     | 0,32 |      | 13% |
| 9 | Ovo dulce      | <i>Spondia purpurea</i>                     | 0,39 | 2,46 | 16% |
|   | Mandarina      | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,58 |      | 24% |
|   | Naranja        | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,65 |      | 26% |
|   | Fernán Sánchez | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 0,19 |      | 8%  |
|   | Guasmo         | <i>Guazuma ulmifolia</i>                    | 0,19 |      | 8%  |
|   | Moral Fino     | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 0,13 |      | 5%  |

|           |                 |                              |                          |      |      |
|-----------|-----------------|------------------------------|--------------------------|------|------|
| 10        | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>     | 0,13                     | 1,17 | 11%  |
|           | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>     | 0,58                     |      | 50%  |
|           | Papaya          | <i>Carica papaya</i>         | 0,19                     |      | 17%  |
|           | Mango           | <i>Mangifera indica</i>      | 0,26                     |      | 22%  |
| 11        | Ceibo           | <i>Ceiba pentandra</i>       | 0,19                     | 3,18 | 7%   |
|           | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>     | 0,58                     |      | 18%  |
|           | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>   | 0,13                     |      | 5%   |
|           | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 0,39                     |      | 12%  |
|           | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,26                     |      | 8%   |
|           | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,58                     |      | 18%  |
|           | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>       | 0,39                     |      | 12%  |
|           | Mango           | <i>Mangifera indica</i>      | 0,26                     |      | 8%   |
|           | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>     | 0,39                     |      | 12%  |
|           | 12              | Ceibo                        | <i>Ceiba pentandra</i>   |      | 0,26 |
| Algarrobo |                 | <i>Prosopis julifera</i>     | 0,78                     | 27%  |      |
| Guarumo   |                 | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,19                     | 7%   |      |
| Frutillo  |                 | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,91                     | 32%  |      |
| Caucho    |                 | <i>Sapium marmieri</i>       | 0,32                     | 11%  |      |
| Mango     |                 | <i>Mangifera indica</i>      | 0,39                     | 14%  |      |
| 13        |                 | Algarrobo                    | <i>Prosopis julifera</i> | 0,84 | 2,46 |
|           | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>   | 0,13                     | 5%   |      |
|           | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 0,32                     | 13%  |      |
|           | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,26                     | 11%  |      |
|           | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,58                     | 24%  |      |
|           | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>       | 0,32                     | 13%  |      |
| 14        | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 0,26                     | 2,07 | 13%  |
|           | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,32                     |      | 16%  |
|           | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,19                     |      | 9%   |
|           | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>       | 0,58                     |      | 28%  |
|           | Mango           | <i>Mangifera indica</i>      | 0,71                     |      | 34%  |

|                 |                 |   |                            |      |      |
|-----------------|-----------------|---|----------------------------|------|------|
| 15              | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>                    | 1,36                       | 2,20 | 62%  |
|                 | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 0,19                       |      | 9%   |
|                 | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>                   | 0,39                       |      | 17%  |
|                 | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>                      | 0,26                       |      | 12%  |
| 16              | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>                    | 0,45                       | 3,76 | 12%  |
|                 | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 0,26                       |      | 7%   |
|                 | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 0,58                       |      | 16%  |
|                 | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 0,71                       |      | 18%  |
|                 | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>                   | 0,58                       |      | 16%  |
|                 | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>                      | 0,39                       |      | 10%  |
|                 | Mango           | <i>Mangifera indica</i>                     | 0,78                       |      | 21%  |
|                 | 17              | Mango                                       | <i>Mangifera indica</i>    |      | 0,39 |
| Ovo dulce       |                 | <i>Spondia purpurea</i>                     | 0,52                       | 12%  |      |
| Mandarina       |                 | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,84                       | 19%  |      |
| Naranja         |                 | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 1,04                       | 25%  |      |
| Fernán Sánchez  |                 | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 0,13                       | 3%   |      |
| Pepito colorado |                 | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 0,32                       | 8%   |      |
| Caoba carmon    |                 | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 0,19                       | 5%   |      |
| Guarumo         |                 | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 0,06                       | 2%   |      |
| Frutillo        |                 | <i>Muntingia calabura</i>                   | 0,13                       | 3%   |      |
| Caucho          |                 | <i>Sapium marmieri</i>                      | 0,58                       | 14%  |      |
| 18              |                 | Pepito colorado                             | <i>Rauvolfia litorales</i> | 0,13 | 1,94 |
|                 | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 0,52                       | 14%  |      |
|                 | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 0,13                       | 7%   |      |
|                 | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>                   | 0,84                       | 26%  |      |
|                 | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>                      | 0,32                       | 7%   |      |
| 19              | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,26                       | 1,81 | 14%  |
|                 | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,58                       |      | 32%  |
|                 | Fernán Sánchez  | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 0,06                       |      | 4%   |
|                 | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 0,26                       |      | 14%  |

|    |              |                              |      |      |     |
|----|--------------|------------------------------|------|------|-----|
|    | Caoba carmon | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 0,13 |      | 7%  |
|    | Guarumo      | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,32 |      | 18% |
|    | Frutillo     | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,19 |      | 11% |
|    | Mandarina    | <i>Citrus reticulata</i>     | 0,71 |      | 21% |
|    | Naranja      | <i>Citrus X sinensis</i>     | 0,52 |      | 15% |
|    | Papaya       | <i>Carica papaya</i>         | 0,06 | 2,07 | 39% |
| 20 | Caoba carmon | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 0,19 |      | 2%  |
|    | Guarumo      | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,19 |      | 6%  |
|    | Frutillo     | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,39 |      | 6%  |
|    | Naranja      | <i>Citrus X sinensis</i>     | 0,84 |      | 57% |
|    | Papaya       | <i>Carica papaya</i>         | 0,32 | 1,49 | 21% |
| 21 | Guarumo      | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,13 |      | 9%  |
|    | Frutillo     | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,19 |      | 13% |
|    | Caoba carmon | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 0,45 |      | 29% |
|    | Guarumo      | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,26 | 1,56 | 17% |
| 22 | Frutillo     | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,39 |      | 25% |
|    | Papaya       | <i>Carica papaya</i>         | 0,45 |      | 29% |
|    | Guarumo      | <i>Cecropia peltata</i>      | 0,32 |      | 14% |
|    | Frutillo     | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,26 |      | 11% |
|    | Pela caballo | <i>Leucaena trichoder</i>    | 0,39 |      | 18% |
| 23 | Beldaco      | <i>Pseudobombax millei</i>   | 0,26 | 2,27 | 11% |
|    | Zapote       | <i>Pouteria sapota</i>       | 0,32 |      | 14% |
|    | Limón        | <i>Citrus limon</i>          | 0,52 |      | 23% |
|    | Aguacate     | <i>Persea americana</i>      | 0,19 |      | 9%  |
|    | Frutillo     | <i>Muntingia calabura</i>    | 0,45 |      | 21% |
|    | Pela caballo | <i>Leucaena trichoder</i>    | 0,26 |      | 12% |
|    | Beldaco      | <i>Pseudobombax millei</i>   | 0,19 |      | 9%  |
| 24 | Zapote       | <i>Pouteria sapota</i>       | 0,52 | 2,14 | 25% |
|    | Limón        | <i>Citrus limon</i>          | 0,58 |      | 27% |
|    | Caoba carmon | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 0,06 |      | 3%  |
|    | Guarumo      | <i>Cecropia litoralis</i>    | 0,06 |      | 3%  |

|    |                 |   |      |      |     |
|----|-----------------|---|------|------|-----|
| 25 | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>                    | 0,58 | 1,49 | 30% |
|    | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 0,32 |      | 23% |
|    | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 0,26 |      | 17% |
|    | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 0,32 |      | 30% |
| 26 | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>                   | 0,19 | 2,01 | 10% |
|    | Pela caballo    | <i>Leucaena trichoder</i>                   | 0,13 |      | 6%  |
|    | Beldaco         | <i>Pseudobombax millei</i>                  | 0,32 |      | 16% |
|    | Zapote          | <i>Pouteria sapota</i>                      | 0,45 |      | 23% |
|    | Limón           | <i>Citrus limon</i>                         | 0,78 |      | 39% |
|    | Aguacate        | <i>Persea americana</i>                     | 0,13 |      | 6%  |
| 27 | Beldaco         | <i>Pseudobombax millei</i>                  | 0,32 | 3,37 | 10% |
|    | Zapote          | <i>Pouteria sapota</i>                      | 0,26 |      | 8%  |
|    | Limón           | <i>Citrus limon</i>                         | 0,71 |      | 23% |
|    | Aguacate        | <i>Persea americana</i>                     | 0,58 |      | 18% |
|    | Ceibo           | <i>Ceiba pentandra</i>                      | 0,19 |      | 5%  |
|    | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>                    | 0,78 |      | 18% |
|    | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 0,26 |      | 8%  |
|    | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 0,26 |      | 10% |
| 28 | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 0,45 | 4,60 | 15% |
|    | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>                   | 0,39 |      | 7%  |
|    | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>                      | 0,45 |      | 4%  |
|    | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>                    | 0,26 |      | 9%  |
|    | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 0,39 |      | 12% |
|    | Fernán Sánchez  | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 0,84 |      | 9%  |
|    | Guasmo          | <i>Guazuma ulmifolia</i>                    | 0,19 |      | 4%  |
|    | Ceibo           | <i>Ceiba pentandra</i>                      | 0,26 |      | 9%  |
|    | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>                    | 0,39 |      | 4%  |
|    | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 0,19 |      | 7%  |
|    | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 0,78 |      | 20% |

Fuente: El autor

La densidad de estratos arbustivos, herbáceo, muscinal, escandente y epifítico se estableció por el método de Martella *et al.*, (2012), en el cuadro 4.7 se detalla el porcentaje de cubierta vegetal de cada estrato establecido en cada punto del estudio, en el mismo se presenta el número de toques por cada estrato y el total de toques por punto.

**Cuadro 4. 6. Porcentaje de cubierta vegetal de los estratos arbustivos, herbáceo, muscinal, escandente y epifítico**

| #  | Estrato       | Nº de toques por estrato | Total de toques punto | Cob (x) |
|----|---------------|--------------------------|-----------------------|---------|
| 1  | E. escandente | 16                       | 91                    | 18%     |
|    | E. muscinal   | 11                       |                       | 12%     |
|    | E. herbáceo   | 41                       |                       | 45%     |
|    | E. epifítico  | 15                       |                       | 16%     |
|    | E. arbustivo  | 8                        |                       | 9%      |
| 2  | E. Muscinal   | 13                       | 76                    | 17%     |
|    | E. arbustivo  | 29                       |                       | 38%     |
|    | E. herbáceo   | 34                       |                       | 45%     |
| 3  | E. escandente | 10                       | 85                    | 12%     |
|    | E. herbáceo   | 75                       |                       | 88%     |
| 4  | E. herbáceo   | 47                       | 47                    | 100%    |
| 5  | E. herbáceo   | 59                       | 67                    | 88%     |
|    | E. escandente | 8                        |                       | 12%     |
| 6  | E. arbustivo  | 8                        | 38                    | 21%     |
|    | E. herbáceo   | 23                       |                       | 61%     |
|    | E. muscinal   | 7                        |                       | 18%     |
| 7  | E. herbáceo   | 49                       | 74                    | 66%     |
|    | E. escandente | 9                        |                       | 12%     |
|    | E. arbustivo  | 7                        |                       | 10%     |
|    | E. epifítico  | 9                        |                       | 12%     |
| 8  | E. arbustivo  | 5                        | 52                    | 10%     |
|    | E. escandente | 7                        |                       | 13%     |
|    | E. epifítico  | 3                        |                       | 6%      |
|    | E. Muscinal   | 12                       |                       | 23%     |
|    | E. herbáceo   | 25                       |                       | 48%     |
| 9  | E. muscinal   | 21                       | 100                   | 21%     |
|    | E. herbáceo   | 53                       |                       | 53%     |
|    | E. escandente | 11                       |                       | 11%     |
|    | E. epifítico  | 15                       |                       | 15%     |
| 10 | E. herbáceo   | 45                       | 51                    | 88%     |
|    | E. escandente | 6                        |                       | 12%     |
| 11 | E. arbustivo  | 3                        | 40                    | 7,5%    |
|    | E. epifítico  | 16                       |                       | 40%     |

|    |               |     |     |       |
|----|---------------|-----|-----|-------|
|    | E. herbáceo   | 21  |     | 52,5% |
| 12 | E. herbáceo   | 23  |     | 59%   |
|    | E. muscinal   | 4   | 39  | 10%   |
|    | E. epifítico  | 12  |     | 31%   |
| 13 | E. herbáceo   | 27  | 44  | 84%   |
|    | E. escandente | 7   |     | 16%   |
| 14 | E. arbustivo  | 5   |     | 12,5% |
|    | E. epifítico  | 12  | 40  | 30%   |
|    | E. herbáceo   | 23  |     | 57,5% |
| 15 | E. muscinal   | 15  | 125 | 12%   |
|    | E. herbáceo   | 110 |     | 88%   |
| 16 | E. escandente | 11  |     | 17%   |
|    | E. arbustivo  | 14  | 65  | 21,5% |
|    | E. epifítico  | 13  |     | 20%   |
|    | E. herbáceo   | 27  |     | 41,5% |
| 17 | E. arbustivo  | 25  |     | 37,3% |
|    | E. epifítico  | 10  | 67  | 15%   |
|    | E. herbáceo   | 32  |     | 47,7% |
| 18 | E. herbáceo   | 44  |     | 71%   |
|    | E. arbustivo  | 2   | 62  | 3%    |
|    | E. epifítico  | 16  |     | 26%   |
| 19 | E. arbustivo  | 23  |     | 28,7% |
|    | E. epifítico  | 18  | 80  | 22,5% |
|    | E. herbáceo   | 39  |     | 48,8% |
| 20 | E. arbustivo  | 14  |     | 23%   |
|    | E. epifítico  | 18  | 60  | 30%   |
|    | E. herbáceo   | 28  |     | 47%   |
| 21 | E. herbáceo   | 25  |     | 64%   |
|    | E. escandente | 9   | 39  | 23%   |
|    | E. arbustivo  | 5   |     | 13%   |
| 22 | E. epifítico  | 25  |     | 22,5% |
|    | E. arbustivo  | 26  |     | 23,5% |
|    | E. herbáceo   | 48  | 110 | 44%   |
|    | E. escandente | 2   |     | 2%    |
|    | E. muscinal   | 9   |     | 8%    |
| 23 | E. herbáceo   | 21  |     | 50%   |
|    | E. escandente | 12  | 42  | 29%   |
|    | E. muscinal   | 9   |     | 21%   |
| 24 | E. epifítico  | 6   |     | 9%    |
|    | E. herbáceo   | 29  | 67  | 43,5% |
|    | E. escandente | 11  |     | 16,5% |
|    | E. muscinal   | 21  |     | 31%   |
| 25 | E. escandente | 20  |     | 22,5% |
|    | E. muscinal   | 17  | 89  | 19,1% |
|    | E. herbáceo   | 24  |     | 27%   |

|    |               |    |    |       |
|----|---------------|----|----|-------|
|    | E. arbustivo  | 16 |    | 18%   |
|    | E. epifítico  | 12 |    | 13,4% |
| 26 | E. escandente | 17 | 82 | 21%   |
|    | E. muscinal   | 9  |    | 11%   |
|    | E. epifítico  | 23 |    | 28%   |
|    | E. herbáceo   | 33 |    | 40%   |
|    | E. muscinal   | 8  |    | 9%    |
| 27 | E. herbáceo   | 47 | 89 | 53%   |
|    | E. arbustivo  | 12 |    | 13%   |
|    | E. escandente | 14 |    | 16%   |
|    | E. epifítico  | 8  |    | 9%    |
|    | E. escandente | 9  |    | 12%   |
| 28 | E. muscinal   | 12 | 75 | 16%   |
|    | E. epifítico  | 16 |    | 21%   |
|    | E. herbáceo   | 36 |    | 48%   |
|    | E. arbustivo  | 2  |    | 3%    |

Fuente: El autor

Posteriormente se determinó la densidad total de cada estrato por cada punto, el cuadro 4.8 establece la calificación dada a cada cubierta vegetal por la densidad alcanzada en cada estrato. El transecto que obtuvo mayor densidad es el #20 (70% pasto cultivado/30%frutales) con 85%, seguido del punto #27 (bosque natural) con 71% de densidad, y el que menor densidad presentó fue el #8 (50% frutales - 50% pasto cultivado) con 22%.

Cuadro 4. 7. Densidad total de la cobertura vegetal

| #  | Cobertura vegetal                                | Densidad | Calificación |
|----|--|----------|--------------|
| 1  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 31%      | 1            |
| 2  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 37%      | 2            |
| 3  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 58%      | 2            |
| 4  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 58%      | 2            |
| 5  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 44%      | 2            |
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 34%      | 2            |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 30%      | 1            |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 22%      | 1            |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 32%      | 1            |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 40%      | 2            |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 32%      | 1            |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 30%      | 1            |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 43%      | 2            |

|    |  |     |   |
|----|--|-----|---|
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 33% | 1 |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 51% | 2 |
| 16 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 34% | 2 |
| 17 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 40% | 2 |
| 18 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 35% | 2 |
| 19 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 37% | 2 |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 85% | 3 |
| 21 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 65% | 2 |
| 22 | Arboricultura tropical                           | 48% | 2 |
| 23 | Arboricultura tropical                           | 43% | 2 |
| 24 | Arboricultura tropical                           | 44% | 2 |
| 25 | Arboricultura tropical                           | 43% | 2 |
| 26 | Arboricultura tropical                           | 47% | 2 |
| 27 | Bosque natural                                   | 71% | 3 |
| 28 | Bosque natural                                   | 67% | 3 |

**Fuente: El autor**

Consecuentemente se realizó el cálculo de la interceptación de la precipitación por parte de la cobertura vegetal presente en la zona de estudio, esto se lo efectuó aplicando el método de Horton, se utilizó la precipitación (8,8 mm) del mes de Julio del año 2020 adquirido de la estación meteorológica M1230 ESPAM “MFL” Calceta. El cuadro 4.9 muestra la interceptación de la precipitación, expresada en milímetro (mm), con su respectiva calificación, los transectos con menor interceptación son los que se encuentran en el punto #15 (70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado) y el #22 (Arboricultura tropical) con 1,83 mm, esto se debe a que en estos puntos se localiza vegetación como los cereales (arroz y maíz), asimismo se visualiza que transecto con mayor interceptación es el #24 (Arboricultura tropical). De acuerdo a Romero (2020), éste tipo de cobertura vegetal sirve como almacenamiento de carbono orgánico, asimismo resguardan al suelo de la erosión y la escorrentía, también suministran el ambiente adecuado para que exista diversidad de especies, conviviendo unas con otras.

Cuadro 4. 8. Interceptación de la precipitación

| #  | Cobertura vegetal                                | Interceptación de la precipitación (mm) | Calificación |
|----|--|---|--------------|
| 1  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 5,98                                    | 3            |
| 2  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 4,61                                    | 3            |
| 3  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 5,98                                    | 3            |
| 4  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 4,5                                     | 3            |
| 5  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 6                                       | 3            |
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 4,6                                     | 3            |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 5,9                                     | 3            |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 6                                       | 3            |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 2,9                                     | 3            |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 6                                       | 3            |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 2,6                                     | 2            |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 5,9                                     | 3            |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 4,57                                    | 3            |
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 2,60                                    | 2            |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 1,83                                    | 1            |
| 16 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 6                                       | 3            |
| 17 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 5                                       | 3            |
| 18 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 3                                       | 3            |
| 19 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 2                                       | 2            |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 4,62                                    | 3            |
| 21 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 2,7                                     | 2            |
| 22 | Arboricultura tropical                           | 1,83                                    | 1            |
| 23 | Arboricultura tropical                           | 5,98                                    | 3            |
| 24 | Arboricultura tropical                           | 6,08                                    | 3            |
| 25 | Arboricultura tropical                           | 4,64                                    | 3            |
| 26 | Arboricultura tropical                           | 2,64                                    | 2            |
| 27 | Bosque natural                                   | 2,9                                     | 2            |
| 28 | Bosque natural                                   | 2,6                                     | 2            |

Fuente: El autor

El cuadro 4.10 muestra la presencia de mulch, la misma fue determinada por medio de la altura que presentaba, se visualiza que el transecto con menor mulch fue el #19 (70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado), con 2,5 cm y el transecto con mayor mulch fue el #5 (50% frutales - 50% pasto cultivado) con 13,5 cm obteniendo una calificación de 3.

Cuadro 4. 9. Presencia de mulch (hojarasca)

| # | Estrato       | Presencia de mulch (cm) | Promedio de presencia de mulch | Calificación |
|---|---------------|-------------------------|--------------------------------|--------------|
| 1 | E. escandente | 5,2                     | 4,4                            | 2            |
|   | E. muscinal   | 3,1                     |                                |              |
|   | E. herbáceo   | 4                       |                                |              |
|   | E. epifítico  | 3,9                     |                                |              |
|   | E. arbustivo  | 6,4                     |                                |              |
|   | E. arbóreo    | 3,8                     |                                |              |
| 2 | E. Muscinal   | 7,2                     | 3,5                            | 2            |
|   | E. arbustivo  | 3,1                     |                                |              |
|   | E. herbáceo   | 2                       |                                |              |
|   | E. arbóreo    | 1,7                     |                                |              |
| 3 | E. escandente | 15                      | 15                             | 3            |
|   | E. herbáceo   | 12                      |                                |              |
|   | E. arbóreo    | 17                      |                                |              |
| 4 | E. herbáceo   | 9                       | 10                             | 3            |
|   | E. arbóreo    | 11                      |                                |              |
| 5 | E. herbáceo   | 12                      | 13,5                           | 3            |
|   | E. arbóreo    | 13,5                    |                                |              |
|   | E. escandente | 15                      |                                |              |
| 6 | E. arbustivo  | 6,3                     | 4,1                            | 2            |
|   | E. herbáceo   | 3,1                     |                                |              |
|   | E. muscinal   | 2,9                     |                                |              |
|   | E. arbóreo    | 4,1                     |                                |              |
| 7 | E. herbáceo   | 8                       | 8                              | 2            |
|   | E. arbóreo    | 7,2                     |                                |              |
|   | E. escandente | 12                      |                                |              |
|   | E. arbustivo  | 7,3                     |                                |              |
|   | E. epifítico  | 5,8                     |                                |              |
| 8 | E. arbustivo  | 15                      | 12                             | 3            |
|   | E. escandente | 14                      |                                |              |
|   | E. epifítico  | 11                      |                                |              |
|   | E. Muscinal   | 3                       |                                |              |
|   | E. herbáceo   | 12                      |                                |              |
|   | E. arbóreo    | 15                      |                                |              |
| 9 | E. muscinal   | 3,6                     | 2,9                            | 1            |
|   | E. herbáceo   | 4,2                     |                                |              |
|   | E. arbóreo    | 3,2                     |                                |              |
|   | E. escandente | 2                       |                                |              |
|   | E. epifítico  | 1,5                     |                                |              |

|    |               |       |      |   |
|----|---------------|-------|------|---|
| 10 | E. herbáceo   | 2,7   | 2,8  | 1 |
|    | E. arbóreo    | 3,9   |      |   |
|    | E. escandente | 1,8   |      |   |
| 11 | E. arbustivo  | 3     | 3,9  | 2 |
|    | E. epifítico  | 2,6   |      |   |
|    | E. herbáceo   | 5,3   |      |   |
|    | E. arbóreo    | 4,7   |      |   |
| 12 | E. herbáceo   | 14,5  | 11   | 3 |
|    | E. muscinal   | 9,5   |      |   |
|    | E. epifítico  | 8     |      |   |
|    | E. arbóreo    | 12    |      |   |
| 13 | E. herbáceo   | 2,2   | 3,3  | 2 |
|    | E. arbóreo    | 4,7   |      |   |
|    | E. escandente | 3,1   |      |   |
| 14 | E. arbustivo  | 13,2  | 12,8 | 3 |
|    | E. epifítico  | 8,4   |      |   |
|    | E. herbáceo   | 13,7  |      |   |
|    | E. arbóreo    | 16    |      |   |
| 15 | E. muscinal   | 5     | 8,3  | 2 |
|    | E. herbáceo   | 11,2  |      |   |
|    | E. arbóreo    | 8,7   |      |   |
| 16 | E. escandente | 7,5   | 11,5 | 3 |
|    | E. arbustivo  | 13,98 |      |   |
|    | E. epifítico  | 9,43  |      |   |
|    | E. herbáceo   | 13,21 |      |   |
|    | E. arbóreo    | 13,54 |      |   |
| 17 | E. arbustivo  | 3     | 4,1  | 2 |
|    | E. epifítico  | 3,1   |      |   |
|    | E. herbáceo   | 5,4   |      |   |
|    | E. arbóreo    | 5     |      |   |
| 18 | E. herbáceo   | 5,6   | 4,8  | 2 |
|    | E. arbóreo    | 4     |      |   |
|    | E. arbustivo  | 3,4   |      |   |
|    | E. epifítico  | 6     |      |   |
| 19 | E. arbustivo  | 2,2   | 2,5  | 1 |
|    | E. epifítico  | 1,8   |      |   |
|    | E. herbáceo   | 2,5   |      |   |
|    | E. arbóreo    | 3,5   |      |   |
| 20 | E. arbustivo  | 6,5   | 12   | 3 |
|    | E. epifítico  | 13    |      |   |
|    | E. herbáceo   | 12,69 |      |   |
|    | E. arbóreo    | 15,76 |      |   |
| 21 | E. herbáceo   | 6,7   | 5,2  | 2 |

|    |               |      |     |   |
|----|---------------|------|-----|---|
|    | E. escandente | 3,4  |     |   |
|    | E. arbustivo  | 5,8  |     |   |
|    | E. arbóreo    | 4,9  |     |   |
|    | E. epifítico  | 2,34 |     |   |
|    | E. arbustivo  | 2,6  |     |   |
| 22 | E. herbáceo   | 5,5  | 3,8 | 2 |
|    | E. escandente | 3    |     |   |
|    | E. muscinal   | 4    |     |   |
|    | E. arbóreo    | 5,3  |     |   |
|    | E. herbáceo   | 3,8  |     |   |
| 23 | E. escandente | 3,6  | 4   | 2 |
|    | E. muscinal   | 2,9  |     |   |
|    | E. arbóreo    | 5,6  |     |   |
|    | E. epifítico  | 4,8  |     |   |
|    | E. herbáceo   | 2,9  |     |   |
| 24 | E. escandente | 3,1  | 3,9 | 2 |
|    | E. muscinal   | 2,7  |     |   |
|    | E. arbóreo    | 6,2  |     |   |
|    | E. escandente | 4,8  |     |   |
|    | E. muscinal   | 5,9  |     |   |
| 25 | E. herbáceo   | 3    | 4,5 | 2 |
|    | E. arbustivo  | 3,6  |     |   |
|    | E. arbóreo    | 4,77 |     |   |
|    | E. epifítico  | 5    |     |   |
|    | E. escandente | 5,1  |     |   |
|    | E. muscinal   | 4    |     |   |
| 26 | E. epifítico  | 3    | 3,9 | 2 |
|    | E. herbáceo   | 3,2  |     |   |
|    | E. arbóreo    | 4,3  |     |   |
|    | E. muscinal   | 1,8  |     |   |
|    | E. herbáceo   | 3,6  |     |   |
| 27 | E. arbustivo  | 5,1  | 4   | 2 |
|    | E. escandente | 3,8  |     |   |
|    | E. epifítico  | 3,1  |     |   |
|    | E. arbóreo    | 6,7  |     |   |
|    | E. escandente | 4    |     |   |
|    | E. muscinal   | 3,8  |     |   |
| 28 | E. epifítico  | 3,2  | 4,4 | 2 |
|    | E. herbáceo   | 4,9  |     |   |
|    | E. arbóreo    | 5,5  |     |   |
|    | E. arbustivo  | 4,8  |     |   |

Fuente: El autor

El cuadro 4.11 muestra los ecosistemas especiales encontrados en el área de estudio, en éste se aprecia que existen dos transectos con mayor calificación y son el #27 y #28 (bosque natural) debido a que pertenecen a los ecosistemas con especies de mayor tamaño y frondor, esto facilita el almacenamiento del agua en los acuíferos del área, mantienen el equilibrio hidrológico de la zona de estudio, según Aguirre, Alvarado y Granda (2018), las especies que se localizan en éstos ecosistemas ayudan a drenar de forma natural el agua, asimismo sirven como medio de transporte, para que el agua proveniente de las precipitaciones se dirijan hacia los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

**Cuadro 4. 10. Ecosistemas especiales**

| #  | Cobertura vegetal                                | Ecosistemas especiales  | Calificación |
|----|--|-------------------------|--------------|
| 1  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 2  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 3  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 4  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 5  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Ecosistema plantado     | 2            |
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Ecosistema plantado     | 2            |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 16 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 17 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Ecosistema plantado     | 2            |
| 18 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 19 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 21 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | Ecosistema plantado     | 2            |
| 22 | Arboricultura tropical                           | Ecosistema plantado     | 2            |
| 23 | Arboricultura tropical                           | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 24 | Arboricultura tropical                           | zonas sub-húmedas secas | 1            |
| 25 | Arboricultura tropical                           | zonas sub-húmedas secas | 1            |

|    |                        |   |   |
|----|------------------------|---|---|
| 26 | Arboricultura tropical | Ecosistema plantado   | 2 |
| 27 | Bosque natural         | Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica | 3 |
| 28 | Bosque natural         | Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica | 3 |

Fuente: El autor

Posteriormente se determinó por el tiempo de vida, al tipo de vegetación de cada transecto el cual se muestra en el cuadro 4.12 la cobertura vegetal con mayor calificación fue el de bosque natural con 3, y los de menor calificación fueron los transectos #15, #22 (arboricultura tropical) y el #20, #21 (70% pasto cultivado / 30% frutales). Blanco (2017), menciona que la vegetación que se encuentra en los bosques naturales son prácticamente perennes, debido a que viven por lo menos cinco años, sin que se vea afectada su estructura física.

Cuadro 4. 11. Tipo de vegetación

| 1  | Cobertura vegetal                                | Tipo de vegetación | Calificación |
|----|--|--------------------|--------------|
| 1  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Perenne            | 3            |
| 2  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Perenne            | 3            |
| 3  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Anual              | 2            |
| 4  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Anual              | 2            |
| 5  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Anual              | 2            |
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Anual              | 2            |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Anual              | 2            |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Anual              | 2            |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Perenne            | 3            |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Perenne            | 3            |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Anual              | 2            |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Perenne            | 3            |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Perenne            | 3            |
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Perenne            | 3            |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Temporal           | 1            |
| 16 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Perenne            | 3            |
| 17 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Anual              | 2            |
| 18 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Anual              | 2            |
| 19 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Perenne            | 3            |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | Temporal           | 1            |

|    |                                    |          |   |
|----|------------------------------------|----------|---|
| 21 | 70% pasto cultivado / 30% frutales | Temporal | 1 |
| 22 | Arboricultura tropical             | Temporal | 1 |
| 23 | Arboricultura tropical             | Anual    | 2 |
| 24 | Arboricultura tropical             | Anual    | 2 |
| 25 | Arboricultura tropical             | Perenne  | 3 |
| 26 | Arboricultura tropical             | Perenne  | 3 |
| 27 | Bosque natural                     | Perenne  | 3 |
| 28 | Bosque natural                     | Perenne  | 3 |

Fuente: El autor

Seguidamente se estableció en el cuadro 4.12 el grado de intervención de la vegetación en la zona de estudio, se muestra que existen dos transectos con mayor calificación (3) los cuales fueron el #27 y #28 (bosque natural), esto se debe a que de acuerdo a la ONU [Organización de las Naciones Unidas, (2019)] manifiesta que actualmente los bosques se encuentran en un nivel alto de intervención, sin embargo, en las zonas más alejadas de los territorios poblados se aprecia menos intervención antrópica.

**Cuadro 4. 12. Grado de intervención**

| #  | Cobertura vegetal                  | INTERVENCIÓN  |          |                        |                   |                                  | Calificación |
|----|------------------------------------|---------------|----------|------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------|
|    |                                    | Deforestación | Pastoreo | Cambio de uso de suelo | Quema o incendios | Extracción de especies vegetales |              |
| 1  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      | X                 |                                  | 1            |
| 2  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      |                   |                                  | 2            |
| 3  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      |                   |                                  | 2            |
| 4  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      | X                 | X                                | 1            |
| 5  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      | X                 | X                                | 1            |
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      |                   |                                  | 2            |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      | X                 |                                  | 1            |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      |                   |                                  | 2            |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      | X                 |                                  | 1            |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado | X             | X        | X                      | X                 |                                  | 1            |

|    |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado |   | X | X | X |   | 2 |
| 12 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado | X | X |   | X | X | 1 |
| 13 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado | X | X | X |   | X | 1 |
| 14 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado | X | X | X |   |   | 2 |
| 15 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado | X | X | X |   |   | 2 |
| 16 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado |   | X |   | X | X | 2 |
| 17 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado |   | X |   | X | X | 2 |
| 18 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado | X | X |   | X |   | 2 |
| 19 | 70% arboricultura tropical /<br>30% pasto cultivado | X | X |   | X |   | 2 |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30%<br>frutales               | X | X | X | X |   | 1 |
| 21 | 70% pasto cultivado / 30%<br>frutales               | X | X | X | X |   | 1 |
| 22 | Arboricultura tropical                              | X |   |   | X | X | 2 |
| 23 | Arboricultura tropical                              | X |   |   | X | X | 2 |
| 24 | Arboricultura tropical                              | X |   | X |   | X | 2 |
| 25 | Arboricultura tropical                              |   | X | X | X |   | 1 |
| 26 | Arboricultura tropical                              | X | X | X | X |   | 1 |
| 27 | Bosque natural                                      |   |   | X |   | X | 3 |
| 28 | Bosque natural                                      | X |   | X |   |   | 3 |

**Fuente:** El autor

Después de determinar los 7 criterios por varios métodos empleados, se procedió a realizar el cálculo del IPH por cada transecto y cobertura vegetal, el mismo ayudó a calcular la aptitud hídrica e importancia de la cobertura vegetal de la microcuenca Membrillo. De acuerdo a Mármol (2008) los Índices de Protección Hidrológica, permiten realizar un estudio integrado de la vegetación en las cuencas hidrográficas y determinar el estado de las mismas para la protección hidrológica del suelo contra la erosión causada por el agua.

En el cuadro 4. 14 se muestra los criterios utilizados para el cálculo del índice de Protección Hidrológico de la microcuenca Membrillo, se visualiza que los transectos #27 y #28 obtuvieron un IPH máximo de 1, según la FAO (2010), éste tipo de cobertura vegetal contribuye significativamente en la protección hídrica de los suelos donde se encuentran, almacenando el recurso hídrico en el

subsuelo, manteniendo la calidad de la misma, asimismo logra disminuir lo más mínimo la erosión del suelo, también favorece en la filtración de los contaminantes provenientes de las actividades antrópicas.

Así también se visualiza que el transecto #15 de cobertura de 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado, brinda 0,44 de protección hídrica media, de acuerdo a Viramontes (2012), este tipo de vegetación se encuentra ligada hidrológicamente al cambio de uso de suelo, ya que los pobladores introducen diversas especies de pastos para las actividades ganaderas y de agricultura, lo que influye y puede ocasionar modificaciones en el ciclo hidrológico, sin embargo Oscanoa y Flores (2019), mencionan que aunque se muestre que éste tipo de cobertura vegetal proveen condiciones desfavorables para el suelo, es necesario mencionar que también ayudan a filtrar el agua proveniente de las precipitaciones y la almacenan paulatinamente en los acuíferos, también Benítez (2000), establece que aunque en el estudio se observa un IPH medio éste tipo de vegetación suministra resistencia ante eventos climáticos adversos, como las sequías e inundaciones, ya que brindan estabilidad en los terrenos.

También se observa que la cobertura vegetal con menor calificación es la arboricultura tropical con un promedio de cobertura vegetal de 14,6 según Aguirre, Alvarado y Granda (2018), existe una relación estrecha entre las coberturas vegetales y la calidad del agua, éste tipo de vegetación permite que se regule el flujo del agua, mantiene el control de la calidad de ésta ya que la mayoría de la vegetación sirve como descontaminante del recurso hídrico.

Cuadro 4. 13. Tipos de coberturas vegetales y su cálculo del índice de Protección Hidrológico (IPH)

| #  | Cobertura vegetal                                | CRITERIOS  |          |                                    |                    |                        |                    |                       | TOTAL | PROMEDIO DE COBERTURA VEGETAL | IPH  |
|----|--|------------|----------|------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------|-------------------------------|------|
|    |  | Estructura | Densidad | Interceptación de la precipitación | Presencia de mulch | Ecosistemas especiales | Tipo de vegetación | Grado de intervención |       |                               |      |
| 1  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 3          | 1        | 3                                  | 2                  | 2                      | 3                  | 1                     | 15    | 14,80                         | 0,75 |
| 2  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 3          | 2        | 3                                  | 2                  | 2                      | 3                  | 2                     | 17    |                               | 0,74 |
| 3  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 2          | 2        | 3                                  | 3                  | 2                      | 2                  | 2                     | 16    |                               | 0,74 |
| 4  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 1          | 2        | 3                                  | 3                  | 1                      | 2                  | 1                     | 13    |                               | 0,65 |
| 5  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 2          | 2        | 3                                  | 3                  | 1                      | 2                  | 1                     | 14    |                               | 0,64 |
| 6  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 3          | 2        | 3                                  | 2                  | 2                      | 2                  | 2                     | 16    |                               | 0,74 |
| 7  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 3          | 1        | 3                                  | 2                  | 2                      | 2                  | 1                     | 14    |                               | 0,64 |
| 8  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 3          | 1        | 3                                  | 3                  | 2                      | 2                  | 2                     | 16    |                               | 0,74 |
| 9  | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 3          | 1        | 3                                  | 1                  | 1                      | 3                  | 1                     | 13    |                               | 0,65 |
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 2          | 2        | 3                                  | 1                  | 2                      | 3                  | 1                     | 14    |                               | 0,64 |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 3          | 1        | 2                                  | 2                  | 1                      | 2                  | 2                     | 13    | 14,67                         | 0,54 |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 3          | 1        | 3                                  | 3                  | 1                      | 3                  | 1                     | 15    |                               | 0,53 |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 2          | 2        | 3                                  | 2                  | 2                      | 3                  | 1                     | 15    |                               | 0,53 |
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 3          | 1        | 2                                  | 3                  | 2                      | 3                  | 2                     | 16    |                               | 0,74 |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 2          | 2        | 1                                  | 2                  | 1                      | 1                  | 2                     | 11    |                               | 0,44 |
| 16 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 3          | 2        | 3                                  | 3                  | 1                      | 3                  | 2                     | 17    |                               | 0,74 |
| 17 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 3          | 2        | 3                                  | 2                  | 2                      | 2                  | 2                     | 16    |                               | 0,74 |

|    |  |   |   |   |   |   |   |   |    |      |      |
|----|--|---|---|---|---|---|---|---|----|------|------|
| 18 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 15 |      | 0,53 |
| 19 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 14 |      | 0,54 |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 16 | 14,5 | 0,63 |
| 21 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 13 |      | 0,55 |
| 22 | Arboricultura tropical                           | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 13 |      | 0,65 |
| 23 | Arboricultura tropical                           | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 15 |      | 0,75 |
| 24 | Arboricultura tropical                           | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 15 | 14,6 | 0,75 |
| 25 | Arboricultura tropical                           | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 15 |      | 0,75 |
| 26 | Arboricultura tropical                           | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 15 |      | 0,75 |
| 27 | Bosque natural                                   | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 19 | 19   | 1    |
| 28 | Bosque natural                                   | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 19 |      | 1    |

Fuente: El autor

En la tabla 4.15 se observa el cálculo del IPH por unidad de vegetación, el cual se determinó de acuerdo a lo establecido por Coronel (2008), obteniendo así que las coberturas vegetales con menor IPH UV son las 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado y la cobertura de 70% pasto cultivado / 30% frutales con 0,59 cada una respectivamente, contrastándolo con los criterios de Bermeo (2006), comprende una protección hidrológica baja y la que mayor protección hidrológica brinda a la microcuenca Membrillo es el bosque natural con un IPH UV de 1, de acuerdo con Giraldo (2016) los bosques desempeñan un papel indispensable en la distribución del agua a través de la interceptación de las precipitaciones, evitando la erosión hídrica del suelo. Un área con bosque permite disminuir las precipitaciones que llegan al suelo por medio del proceso de interceptación.

Por su parte Blanco (2017) en su investigación describe que los niveles de erosión están relacionados directamente con el tipo y grado de cobertura vegetal, así como las actividades antropogénicas que se hayan realizado en ese suelo, tales como; actividades agrícolas, gestiones forestales y construcción de carreteras, entre otros. Para Echeverría *et al.*, (2020) la pérdida del suelo causado por la erosión del agua es de suma importancia, especialmente en zonas donde la capa de la superficie es poca profunda, tal es el caso, de los suelos con cobertura vegetal de pastos, los cuales se caracterizan por tener poca profundidad, disminuyendo la capacidad de interceptación de las precipitaciones, en otras palabras, es mayor el riesgo de erosión hídrica en suelos con pastos.

**Cuadro 4. 14. Índice de Protección Hidrológico por zona (IPH) y por unidad de vegetación (IPH UV).**

| Puntos | Tipos de coberturas vegetales      | Total | IPH  | IPH UV |
|--------|------------------------------------|-------|------|--------|
| 1      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 15    | 0,75 |        |
| 2      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 17    | 0,74 |        |
| 3      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 16    | 0,74 |        |
| 4      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 13    | 0,65 |        |
| 5      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 14    | 0,64 | 0,69   |
| 6      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 16    | 0,74 |        |
| 7      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 14    | 0,64 |        |
| 8      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 16    | 0,74 |        |
| 9      | 50% frutales - 50% pasto cultivado | 13    | 0,65 |        |

|    |  |    |      |      |
|----|--|----|------|------|
| 10 | 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 14 | 0,64 |      |
| 11 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 13 | 0,54 |      |
| 12 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 15 | 0,53 |      |
| 13 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 15 | 0,53 |      |
| 14 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 16 | 0,74 |      |
| 15 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 11 | 0,44 | 0,59 |
| 16 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 17 | 0,74 |      |
| 17 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 16 | 0,74 |      |
| 18 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 15 | 0,53 |      |
| 19 | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 14 | 0,54 |      |
| 20 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 16 | 0,63 |      |
| 21 | 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 13 | 0,55 | 0,59 |
| 22 | Arboricultura tropical                           | 13 | 0,65 |      |
| 23 | Arboricultura tropical                           | 15 | 0,75 |      |
| 24 | Arboricultura tropical                           | 15 | 0,75 | 0,73 |
| 25 | Arboricultura tropical                           | 15 | 0,75 |      |
| 26 | Arboricultura tropical                           | 15 | 0,75 |      |
| 27 | Bosque natural                                   | 19 | 1    |      |
| 28 | Bosque natural                                   | 19 | 1    | 1    |

Fuente: El autor

El cuadro 4.16 muestra la condición, importancia y aptitud de la cobertura vegetal de la microcuenca Membrillo, en el cual la cobertura vegetal de 50% frutales - 50% pasto cultivado mostraron una condición moderadamente buena, de importancia alta y de aptitud de protección. También las coberturas de vegetación con 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado y 70% pasto cultivado / 30% frutales mostraron una condición regular, importancia media y aptitud de protección. Ederra (1996), menciona que los suelos que se encuentran poblados por coberturas de pastos que han sido cultivados por el hombre, muestran dificultades para realizar los servicios ecosistémicos que éstos deberían de proveer como realizar la filtración del agua lluvias y almacenamiento de éstas en los acuíferos, el proceso se dificulta por el aumento del pastoreo, ya que los residuos orgánicos del ganado disminuye la porosidad de los suelos, sin embargo, en el estudio no se muestra un IPH bajo, por lo que se estima que en el lugar de estudio el pastoreo es limitado y al suelo se le otorga otros usos principales.

Por su parte la cobertura vegetal de Arboricultura tropical mostró una condición moderadamente buena, de importancia alta y aptitud de conservación. La cobertura vegetal de bosque natural mostró una condición muy buena, con importancia muy alta y aptitud de conservación, de acuerdo a Pérez *et al.*, (2012) afirman que los sistemas forestales reducen significativamente la erosión de la lluvia disminuyendo el lavado o pérdida de los suelos, una cobertura vegetal con un dosel amplio, alto y denso reduce la velocidad de caída de la precipitación disminuyendo el impacto, lo que permite proteger al suelo de forma efectiva del escurrimiento superficial.

**Cuadro 4. 15. Condición, importancia y aptitud de la cobertura vegetal microcuenca Membrillo**

| COBERTURA VEGETAL                                | CONDICIÓN           | IMPORTANCIA | APTITUD      |
|--|---------------------|-------------|--------------|
| 50% frutales - 50% pasto cultivado               | Moderadamente buena | Media       | Protección   |
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Regular             | Media       | Protección   |
| 70% pasto cultivado / 30% frutales               | Regular             | Media       | Protección   |
| Arboricultura tropical                           | Moderadamente buena | Alta        | Conservación |
| Bosque natural                                   | Muy buena           | Muy alta    | Conservación |

Fuente: El autor

Para calcular el Índice de Protección Hidrológico Parcial se multiplicó el índice de Protección Hidrológico de Unidad de Vegetación (IPH UV) por el porcentaje del área ocupada por cada tipo de cobertura vegetal. En el cuadro 4.17 se describen los resultados del cálculo del índice de Protección Hidrológico Parcial (IPP). De acuerdo a los datos obtenidos se determinó que el índice de Protección Hidrológico de la microcuenca Membrillo dando un total de  $0,67 \cong 0,7$  lo que indica que el IPH medio que favorece la protección del suelo de la unidad ecológica. Es así que se deduce que la microcuenca tiene una condición moderadamente buena, de importancia media, con una aptitud de conservación.

**Cuadro 4. 16. Cálculo del Índice de Protección Hidrológico Parcial (IPP) de la microcuenca Membrillo**

| Uso  | Área (ha) | IPH UV | %      | IPP              |
|--|-----------|--------|--------|------------------|
| 50% frutales - 50% pasto cultivado               | 5653,91   | 0,69   | 36,64% | 0,22             |
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 5510,38   | 0,59   | 35,71% | 0,25             |
| 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 340,62    | 0,59   | 2,21%  | 0,012            |
| Arboricultura tropical                           | 3065,44   | 0,73   | 19,86% | 0,14             |
| Bosque natural                                   | 513,69    | 1      | 3,33%  | 0,03             |
| Cuerpo de agua artificial                        | 347,46    | -      | 2,25%  | 0,02             |
| Total  | 15431,5   | 3,75   | 100%   | 0,67 $\cong$ 0,7 |

Fuente: El autor

Los resultados obtenidos ratificaron la hipótesis planteada en el estudio, debido a que la flora arbórea y el uso de suelo si intervienen en la protección hidrológica de la microcuenca Membrillo, cantón Bolívar – Manabí, ya que en la indagación efectuada representó que existe una protección hídrica total de  $0,67 \cong 0,7$  lo que hace visible que la cobertura vegetal tiene una condición moderadamente buena, de importancia media, con una aptitud de conservación, esto coincide con la investigación de Muñoz y Vera (2021), ya que en su zona de estudio indicó que la protección hídrica ofrecida por la cobertura vegetal del lugar Brisas – Quiroga era moderadamente buena con un IPH de 0,7 además la investigación de Lucas (2019), expuso que la subcuenca hidrográfica del río Carrizal denotó una protección hidrológica de  $IPH = 0,59$ . Esto exhibe que la utilización de las tierras de la microcuenca Membrillo intervienen en el flujo hídrico, debido a que esta es provocada por el tipo de cobertura vegetal que se encuentre en cada espacio de terreno, impidiendo la existencia de erosión en los suelos (FAO, 2010).

#### **4.3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN Y/O REPARACIÓN PARA LAS ÁREAS QUE PRESENTAN IPH BAJO**

El análisis de la relación entre la flora arbórea y la protección hidrológica de la microcuenca Membrillo del cantón Bolívar, provincia de Manabí, se efectuó para colaborar con la conservación y reparación de las áreas con estratos vegetales con un IPH bajo, con la finalidad de informar a la sociedad y prevenir los efectos negativos que se crean por la explotación de las coberturas vegetales. Según los resultados de la investigación se visualiza que en la microcuenca Membrillo exhibe una protección hídrica alta, no obstante, existen cobertura vegetal que

muestra una protección hídrica baja, las cuales son; el 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado y 70% pasto cultivado / 30% frutales, las mismas presentaron un IPH correspondiente a 0,59 por unidad de vegetación. Ante esto, se plantean alternativas de conservación y/o reparación para esta área de la Microcuenca Membrillo.

**Cuadro 4. 17. Cobertura vegetal con menor Índice de Protección por unidad de vegetación.**

| Cobertura vegetal                                | IPH UV | Protección |
|--|--------|------------|
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | 0,59   | Baja       |
| 70% pasto cultivado / 30% frutales               | 0,59   | Baja       |

Las unidades vegetales “70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado y 70% pasto cultivado / 30% frutales” comprenden el 37,92% de la superficie total de la Microcuenca Membrillo, por tal motivo, se consideró prudente establecer estrategias que permitan llevar una adecuada gestión de esta unidad ecológica.

Según la FAO (2014) la mayoría de las cuencas hidrográficas de Manabí incluyendo la Microcuenca Membrillo, presentan un alto nivel de intervención ocasionados por actividades de deforestación, incrementando la erosión del suelo y la pérdida de la biodiversidad inmersas en estos ecosistemas. La mayor parte de la Microcuenca Membrillo está destinada para actividades agrícolas y ganaderas, siendo parte de esto cultivos perennes como: café, cítricos, plátano, cacao, maní, arroz, maíz, y un menor porcentaje se destina en áreas para conservación de vegetación boscosa y especies maderables de producción como Balsa y Teca.

En el cuadro 4.19 se detallan las alternativas de conservación y reparación para las zonas afectadas:

**Cuadro 4. 18. Alternativas para la conservación y/o reparación**

| PROGRAMA DE ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN  |            |             |                       |               |
|--|------------|-------------|-----------------------|---------------|
| Objetivos: <b>Mejorar la Protección Hidrológica de la Microcuenca Membrillo</b>                              |            |             |                       |               |
| Lugar de aplicación: <b>microcuenca Membrillo</b>  |            |             |                       |               |
| Unidad vegetal: <b>70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado y 70% pasto cultivado / 30% frutales</b> |            |             |                       |               |
| Medida propuesta   | Beneficios | Indicadores | Medio de verificación | Plazo (meses) |

|  |  |  |   |          |
|--|--|--|---|----------|
| <p><b>Incorporación de mezclas fértiles orgánicas (abonos o fertilizantes)</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulación de nutrientes en el suelo</li> <li>• Aumento de la actividad microbiana del suelo</li> <li>• Recuperación de la materia orgánica del suelo</li> <li>• Fijación de carbono en el suelo</li> <li>• Aumento de la capacidad de absorción del agua.</li> </ul>  | <p>Cumplir con el 95% de la aplicación de la alternativa</p> | <p>Fichas de observación<br/>Registros fotográficos</p> | <p>5</p> |
| <p><b>Implementación de barreras vivas leñosas</b></p>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amortiguadores frente a condiciones climáticas y a los potenciales impactos negativos de la agricultura</li> <li>• Bancos de semilla que pueden regenerar la vegetación natural de áreas desprovistas de vegetación.</li> <li>• Constituyen hábitats para la biodiversidad.</li> <li>• Protegen los recursos inmersos en la microcuenca hidrográfica.</li> <li>• Retienen el suelo que arrastra el agua</li> <li>• Disminuye al largo plazo, la pérdida de fertilidad del suelo.</li> </ul> | <p>Cumplir con el 95% de la aplicación de la alternativa</p> | <p>Fichas de observación<br/>Registros fotográficos</p> | <p>5</p> |
| <p><b>Siembra de especies vegetales de sombra</b></p>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fijación de nitrógeno en el suelo</li> <li>• Disminución de la erosión causada por el aire y el agua.</li> <li>• Conservación de los recursos naturales inmersos en la microcuenca.</li> <li>• Protección del sol lo que permite mantener la temperatura baja y estable.</li> </ul>   | <p>Cumplir con el 95% de la aplicación de la alternativa</p> | <p>Fichas de observación<br/>Registros fotográficos</p> | <p>5</p> |

|  |  |  |   |          |
|--|--|--|---|----------|
| <p><b>Reintroducción de hierbas, arbusto o árboles</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fijación de nutrientes como fosfora, nitrógeno y potasio en el suelo.</li> <li>• Aportan materia orgánica al suelo.</li> <li>• Recuperación de microhábitats para la biodiversidad de la microcuenca.</li> <li>• Evita la perdida de suelo causado por las escorrentías superficiales.</li> </ul> | <p>Cumplir con el 95% de la aplicación de la alternativa</p> | <p>Fichas de observación<br/>Registros fotográficos</p> | <p>5</p> |
| <p><b>Implementación de biomantos</b></p>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección del suelo y control de erosión sobre taludes o sobres sin cobertura vegetal.</li> <li>• Mejora la calidad y temperatura de los suelos</li> <li>• Reducción de malezas en los alrededores de las plantas.</li> </ul>  | <p>Cumplir con el 95% de la aplicación de la alternativa</p> | <p>Fichas de observación<br/>Registros fotográficos</p> | <p>5</p> |

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la caracterización de la cobertura vegetal de la microcuenca Membrillo esta presenta una diversidad media con 5 tipos de coberturas vegetal determinadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, compuesta por 50% frutales - 50% pasto cultivado, 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado, 70% pasto cultivado / 30% frutales, arboricultura tropical y bosque natural, reflejando que en la zona intervienen varios factores antropogénicos como la ganadería y la agricultura.
- El índice de protección hidrológico de la microcuenca Membrillo es de 0,67  $\cong$  0,7 determinándola como una zona de protección media, debido a que tiene una condición moderadamente buena, de importancia media, con una aptitud de conservación, la cobertura vegetal bosque natural presentó un IPH zona de 1 lo que indica una protección alta que permite conservar a la microcuenca Membrillo, mientras que las coberturas vegetales 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado y 70% pasto cultivado / 30% frutales presentan un Índice de Protección Hidrológico bajo de 0,59 lo que comprende una protección hidrológica baja.
- Las alternativas propuestas en su mayoría contemplan la siembra de especies vegetales (arbórea, arbustiva, herbácea) y la aplicación de abonos y fertilizantes orgánicos, que permitirán la conservación y recuperación de las zonas afectadas por las actividades antropogénicas.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar una clasificación supervisada detallada de los tipos de cobertura vegetal mediante teledetección con la finalidad de obtener mejores resultados en la clasificación.
- Considerando que la Microcuenca Membrillo presenta un índice de Protección Hidrológico de  $0,68 \cong 0,7$  se recomienda aplicar la mayor cantidad de alternativas propuestas en la presente investigación para mejorar la protección hidrológica de esta unidad ecológica.
- Fomentar la aplicación de la presente investigación en la mayoría de las cuencas hidrográficas del Ecuador para proteger el suelo de los procesos erosivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, N., Alvarado, J., & Granda, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 118 - 130.
- Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Loja - Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Alcaldía Municipal de San Antonio. (2000). *Esquema de ordenamiento territorial Municipio San Antonio-Tolima*. Tolima: San Antonio.
- Alcaraz, F. (2013). *Formas vitales, estratificación y fenología*. España: Universidad de Murcia.
- Andrade, W., & Morales, G. (2013). *fortalecimiento de las capacidades locales a través de la educación ambiental para planes de reforestación en la microcuenca del río Membrillo*. Calceta: ESPAM "MFL".
- Armijo, J. (2015). *Influencia de la cobertura vegetal ribereña sobre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad hídrica en los ríos del bosque protector Murocomba en la estación lluviosa, cantón Valencia, Ecuador*. Quevedo: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
- Arriaza, J. (2018). *importancia del bosque natural*. Obtenido de <http://www.ipsuss.cl/ipsuss/columnas-de-opinion/jose-miguel-arriaza/cual-es-la-importancia-del-bosque-nativo/2018-08-19/224009.html>
- Benites, C. (2000). *Limitación del estrés de agua y mejoramiento de los recursos hídricos*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s08.htm>
- Blanco, J. (2017). Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones. *Ecosistemas*, 26(2), 1-9.

- Burkhard, B., Rodríguez, R., & Gajardo, P. (2013). Desarrollo de una guía de manejo de la densidad en bosques de segundo crecimiento de roble (*Nothofagus obliqua*) en la región del Biobío. *Corporación Nacional Forestal - CONAF*, 1 - 10.
- Condori, L., Loza, M., Mamani, P., & Valdivia, S. (2014). Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 – 2014. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 9(1), 25-44.
- Coronel, M. (2008). *Estudio de la sustentabilidad de la subcuenca aportante del río Palanda para el proyecto hidroeléctrico Fátima, sobre la base del estudio multitemporal, Zamora Chinchipe-Ecuador*. Loja: UNIVERSIDAD DEL AZUAY.
- Cortés, J. (2018). *Métodos de Estudio: Transectos Lineales*. Colombia: Asociación Primatológica Colombiana.
- Díaz, J., Castillo, O., & García, G. (2002). Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul. *Campeche, México. Universidad y Ciencia* , 11-28.
- Durán, R., & Gerardo, G. (2000). *Centro de Investigación Científica de Yucatán*. Recuperado el Junio 8, 2016, de Biodiversidad : <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/03%20Distribucion%20espacial.pdf>
- Echeverría, F., Medina, G., & Ruiz, J. (2020). Efecto en la erosión hídrica del suelo en pastizales y otros tipos de vegetación por cambios en el patrón

- de lluvias por el calentamiento global en Zacatecas, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(2), 1-8.
- Ederra, A. (1996). *Botánica Ambiental Aplicada. Las Plantas y el Equilibrio Ecológico de Nuestra Tierra*. España: EUNSA.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2008). *Apoyo a la rehabilitación productiva y el manejo sostenible de microcuencas*. Obtenido de <http://www.fao.org/climatechange/30329-07fbead2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>
- FAO. (2010). *Global Forest Assessment 2010*. Rome: FAO.
- FAO. (2014). *Plan de cogestion de la cicrocuenca Membrillo*. Manabí: Secretaria Nacional del Agua.
- FAO. (2014). *Plan de cogestión de la microcuenca Menbrilo*. Manabí: FAO.
- Fregoso, A., Velázquez, A., & Cortez, G. (2007). La vegetación, sus componentes y análisis jerárquico en el paisaje. *INECC*, 249-264.
- García, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PV Albeitar*, 45, 1-8.
- Giraldo, L. (2016). *Memorias: Hidrología forestal*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Gobierno Autonomo del cantón Bolívar. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Membrillo 2015 - 2019*. Membrillo.
- González, G. (2012). *Determinación del mulch*. España.
- Guimberteau, M., Ciais, P., Ducharne, A., Boisier, J., Dutra Aguiar, A., Biemans, H., . . . Verbeeck, H. (2017). Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon Basin: a multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios. *Hydrology Earth System Science*, 1455–1475.

- Gutiérrez, I., & Becerra, P. (2018). *Composición, diversidad y estructura de la vegetación de bosques ribereños en el centro sur de Chile*. Santiago - Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Hernández, J., García, J., Muñoz, H., García, X., Sáenz, T., Flores, C., & Hernández, C. (2013). GUÍA DE DENSIDAD PARA MANEJO DE BOSQUES NATURALES DE *Pinus teocote* Schlecht. et Cham. En Hidalgo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* , 33 (1):15-37.
- Horton, R. (1919). Intercepción de lluvia. *Clima mensual*. Revisión, 47 (9), 603-623.
- Huerta, P., & Loli, O. (2014). Erosión hídrica en la cuenca alta del río Moche. *Ecología Aplicada*, 13(1), 1-8.
- Isacás, F. (2014). *Alternativas de protección de suelos en la cuenca Yahuarcocha mediante la plantación de tres especies nativas*. Cotacachi: Universidad Técnica del Norte.
- Iza, A. (2015). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y estado de conservación de la microcuenca del río Pindo Mirador, sector estación biológica "Pindo Mirador (tesis de pregrado)*. Quito, Ecuador.: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Jimenez, E., Mena, M., & Wong, P. (2011). Diagnóstico de la cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica del río California – Valdivia. *escuela Superior Politecnica del Litoral (ESPOL)*, 1, 1-8.
- La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. (2018). *Perspectiva global de la tierra*. Obtenido de [https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20Spanish\\_Ch12.pdf](https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20Spanish_Ch12.pdf)

- López, A., Fuentes, C., González, E., & López, A. (2017). Pérdidas por intercepción de la vegetación y su efecto en la relación intensidad, duración y frecuencia (IDF) de la lluvia en una cuenca semiárida. *scielo.org*, 1 - 20.
- Lucas, K. (2019). RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL CARRIZAL. *Revista de Ciencias Agropecuarias "ALLPA": Vol. 2 (Núm. 3)*, 1 - 11.
- Ludeña, B. (2011). *Valoración Económica-Ambiental del recurso hídrico para Catamayo, Loja*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Mander, U., Kuusemets, V., & Hayakawa, Y. (2005). Purification processes, ecological functions, planning and design of buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 24(29), 421-432.
- Mármol, L. (2008). *Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas y Corrección de Torrentes*. Argentina: UNSA.
- Mármol, L. (2008). *Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas y Corrección de Torrentes*. Argentina: UNSA.
- Martella, B., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, F., Bazzano, G., & Gleiser, R. (2012). Manual de ecología. *REDUCA*, 1 - 31.
- Mendoza, M., Bocco, G., López, E., & Bravo, M. (2002). Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Investigaciones geográficas*, 49, 1-8.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio*. Perú: Ministerio de Ambiente .

- Morales, J. H. (2002). *Uso y cobertura actual del suelo, índice de protección hidrológica y flora*. Ibagué: Alcaldía Municipal de Ataco.
- Muñoz, D., & Vera, D. (2021, mayo 17). EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DEL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL. (J. Cabezas, Entrevistador)
- Muñoz, D., Rodríguez, M., & Romero, M. (2014). Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca Las Minas, corregimiento de la laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño. *Revista Nariño*, 1-10.
- Nearing, N., Pruski, F., & Neal, M. (2004). Expected climate change impacts on soil erosion rates. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59(1), 43-50.
- Ochoa, P., & Iñiguez, C. (2015). El papel de la cobertura vegetal en la generación de sedimentos y calidad de agua de los Andes Ecuatorianos. *IV Jornadas de Ingeniería del Agua*, 21, 1-8.
- Ordoñez, J. (2011). *¿Que es una cuenca Hidrográfica?* Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019). *Beneficios de los árboles* . Obtenido de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos>
- Organización de las Naciones Unidas. (2014). *Calidad del Agua*. Obtenido de <http://www.un.org>
- Oscanoa, L., & Flores, E. (2019). *EFFECTO DE LAS TÉCNICAS DE MEJORA ECOHIDROLÓGICA DEL PASTIZAL*. Lima – Perú: Ecología Aplicada, 18(1).

- Paredes, J. (2013). *Importancia del agua*. Obtenido de <http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Pastran, M. (2017). *evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macro invertebrados bentónicos, como bioindicadores: estudio de caso en el río Suárez (Chiquinquirá – Boyacá)*. Bogotá: Universidad Libre.
- Pereira, G. (2011). *Sistemas de producción vegetal*. Caldas - Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A.
- Pérez, B. (2015). *Ecosistemas y Cuidado del Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/asanramf/files/2015/10/ECOSISTEMAS-Y-EL-CUIDADO-DEL-MEDIO-AMBIENTE-largo-comprimido.pdf>
- Pérez, J., Valdés, E., & Ordaz, V. (2012). Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 1-8.
- Pontes, P., Cabalcante, R., Sahoo, P., Da Silva, R., Dall'Agnol, R., & Siqueira, J. (2019). The role of protected and deforested areas in the hydrological processes of Itacaiúnas River Basin, eastern Amazonia. *Journal of Environmental Management*, 489-499.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). (2020). *Regiones Naturales*. Obtenido de <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>
- Poole, G. (2002). Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwater Biology*, 2(47), 641-660.

- Prieto, M. (2017). *Evaluación de dos índices de diversidad para definir sustentabilidad biológica en una finca agrícola, del cantón Urdaneta (tesis de pregrado)*. . Babahoyo, Ecuador.: Universidad Técnica de Babahoyo,.
- Rodríguez, F. (2006). cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 7(12), 113-125.
- Rojas, J. (2003). *Valoración económica de agua de uso doméstico en Quilangua Loja*. Ibarra - Ecuador: PUCE.
- Romero, E. (2008). *Composición Florística, Índice de Protección Hidrológica y Diversidad de la Vegetación en la Cuenca del Río Potrero*. Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Romero, E., & Ferreira, S. (2010). Índices de Protección Hidrológica de la Vegetación en la Cuenca del Río Potrero (Provincia de Salta). *Revista Ciencia*, 5(16), 49.
- Romero, Y. (2020). *Caracterización de la composición florística y el suelo del bosque húmedo tropical*. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2053/1/UNESUM-ECU-FORESTAL-2020-02.pdf>
- Sahagún, F., & Reyes, A. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *CienciaUAT*, 2 - 21.
- Savenije, H. (2004). La importancia de la interceptación y por qué debería eliminar el término evapotranspiración del vocabulario. *Hydrol. Procesos*, 18 (8), 1507-1511.

- SEMARNAT. (2013). *CUENCAS HIDROGRÁFICAS*. Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación). (2013). *Evaluación del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*.
- Sheng, T. (1992). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. En *Estudio y planificación de cuencas hidrográficas*. Roma: FAO.
- Toasa, A. (2015). *VALORACION ECOLOGICA DEL RECURSO HIDRICO DE TRES VERTIENTES DE LA QUEBRADA OREJA DEL DIABLO DEL CANTON MOCHA*. AMBATO – ECUADOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Urbina, J., & Martínez, J. (2006). *Más allá del cambio climático: las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*. Mexico: SEMARNAT : Instituto Nacional de Ecología : UNAM, Facultad de Psicología.
- Viramontes, O. (2012). *Papel hidrológico-ambiental de pastizales* . Chiguagua - México: Tecnociencia.
- Wilkinson, B., & McElroy, B. (2007). The impact of humans on continental erosion and sedimentation. *GSA Bulletin*, 119, 140-156.

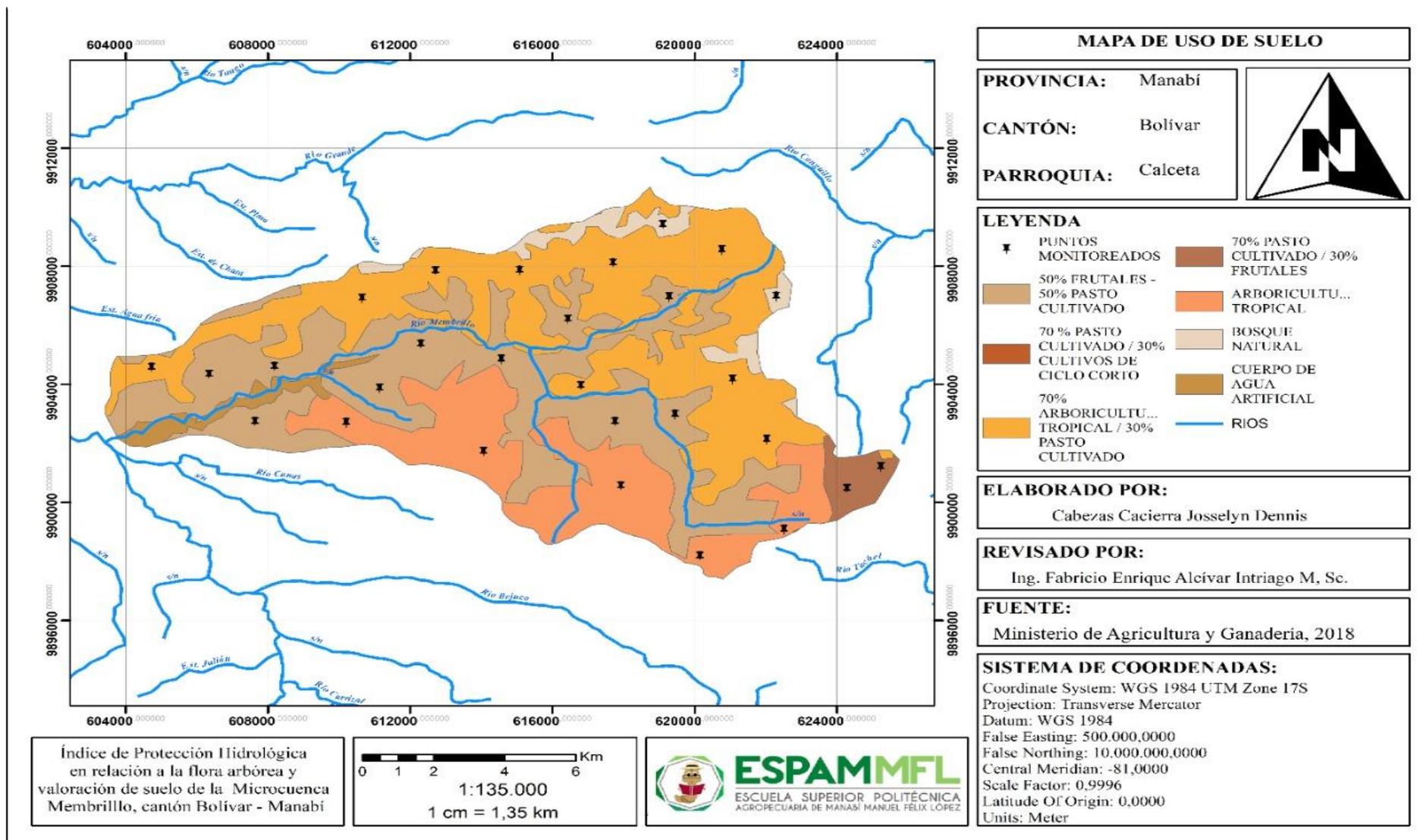
## **ANEXOS**

**Anexo 1. Selección de los puntos de muestreo****Anexo 2. Ejecución de visitas de campo****Anexo 3. Datos de estructura de los estratos**

## Anexo 4. Ficha de muestreo

|   |                                    |                  |  |
|---|------------------------------------|------------------|--|
| <br><b>ESPAMMFL</b><br>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA<br>AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ |                                    |                  |  |
| <b>FICHA DE MUESTREO</b>  |                                    |                  |  |
| TEMA DE INVESTIGACIÓN: ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA EN RELACIÓN A LA FLORA ARBÓREA Y VALORACIÓN DE SUELO DE LA MICROCUENCA MEMBRILLO, CANTÓN BOLÍVAR- MANABÍ                  |                                    |                  |  |
| <b>Fecha:</b>   |                                    | <b>N° ficha:</b> |  |
| <b>Localización</b>   |                                    |                  |  |
| <b>Coordenadas UTM</b>  |                                    | <b>X:</b>        |  |
|   |                                    | <b>Y:</b>        |  |
| Investigador:   |                                    |                  |  |
| Altura:   |                                    |                  |  |
| Utilización de suelo:   |                                    |                  |  |
| <b>Criterios:</b>   | <b>Estructura:</b>                 |                  |  |
|   | <b>Densidad:</b>                   |                  |  |
|   | <b>Intercepción de vegetación:</b> |                  |  |
|   | <b>Mulch:</b>                      |                  |  |
|   | <b>Ecosistemas especiales:</b>     |                  |  |
|   | <b>Tipo de vegetación:</b>         |                  |  |
|   | <b>Grado de intervención:</b>      |                  |  |
| <b>Actividades antropogénicas:</b>  | Si:                                |                  |  |
|   | No:                                |                  |  |
| <b>Infraestructuras humanas:</b>  | Si:                                |                  |  |
|   | No:                                |                  |  |

## Anexo 5. Mapa de uso de suelo de la microcuenca Membrillo



Anexo 6. Cobertura vegetal, promedio del CAP y DAP de los individuos identificados

| Cobertura vegetal                     | Nombre común             | Nombre científico                           | Promedio CAP (cm) | Promedio DAP (cm) | Nº Total de individuos |
|---------------------------------------|--------------------------|---|-------------------|-------------------|------------------------|
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado | Mango                    | <i>Mangifera indica</i>                     | 56                | 17,8              | 8                      |
|                                       | Ovo dulce                | <i>Spondia purpurea</i>                     | 35                | 11,1              | 4                      |
|                                       | Mandarina                | <i>Citrus reticulata</i>                    | 39                | 12,4              | 7                      |
|                                       | Naranja                  | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 25                | 8,0               | 9                      |
|                                       | Fernán Sánchez           | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 67                | 21,3              | 2                      |
|                                       | Guasmo                   | <i>Guazuma ulmifolia</i>                    | 58                | 18,5              | 1                      |
|                                       | Moral Fino               | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 46                | 14,6              | 2                      |
|                                       | Caucho                   | <i>Hevea brasiliensis</i>                   | 57                | 18,1              | 1                      |
|                                       | Membrillo                | <i>Cydonia oblonga</i>                      | 47                | 15,0              | 2                      |
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado | Beldaco                  | <i>Pseudobombax millei</i>                  | 44                | 14,0              | 2                      |
|                                       | Moral Fino               | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 21                | 6,7               | 2                      |
|                                       | Naranja                  | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 37                | 11,8              | 8                      |
|                                       | Mandarina                | <i>Citrus reticulata</i>                    | 48                | 15,3              | 9                      |
|                                       | Aguacate                 | <i>Persea americana</i>                     | 39                | 12,4              | 5                      |
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado | Beldaco                  | <i>Pseudobombax millei</i>                  | 23                | 7,3               | 2                      |
|                                       | Caucho                   | <i>Hevea brasiliensis</i>                   | 28                | 8,9               | 1                      |
|                                       | Mandarina                | <i>Citrus reticulata</i>                    | 36                | 11,5              | 13                     |
|                                       | Naranja                  | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 19                | 6,0               | 6                      |
|                                       | Guayaba                  | <i>Psidium guajava</i>                      | 18                | 5,7               | 4                      |
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado | Moral Fino               | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 20                | 6,4               | 2                      |
|                                       | Fernán Sánchez           | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 36                | 11,5              | 3                      |
|                                       | Naranja                  | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 41                | 13,1              | 9                      |
|                                       | Mandarina                | <i>Citrus reticulata</i>                    | 22                | 7,0               | 7                      |
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado | Mango                    | <i>Mangifera indica</i>                     | 64                | 20,4              | 3                      |
|                                       | Mandarina                | <i>Citrus reticulata</i>                    | 40                | 12,7              | 11                     |
|                                       | Naranja                  | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 37                | 11,8              | 7                      |
|                                       | Ovo dulce                | <i>Spondia purpurea</i>                     | 42                | 13,4              | 8                      |
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado | Membrillo                | <i>Cydonia oblonga</i>                      | 55                | 17,5              | 3                      |
|                                       | Beldaco                  | <i>Pseudobombax millei</i>                  | 32                | 10,2              | 2                      |
|                                       | Mango                    | <i>Mangifera indica</i>                     | 64                | 20,4              | 6                      |
|                                       | Ovo dulce                | <i>Spondia purpurea</i>                     | 47                | 15,0              | 8                      |
|                                       | Mandarina                | <i>Citrus reticulata</i>                    | 43                | 13,7              | 11                     |
|                                       | Naranja                  | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 38                | 12,1              | 13                     |
|                                       | Papaya                   | <i>Carica papaya</i>                        | 59                | 18,8              | 5                      |
| mandarina                             | <i>Citrus reticulata</i> | 45  | 14,3              | 2                 |                        |

|  |                 |   |     |      |    |
|--|-----------------|---|-----|------|----|
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado                  | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 47  | 15,0 | 7  |
|  | Papaya          | <i>Carica papaya</i>                        | 55  | 17,5 | 4  |
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado                  | Moral Fino      | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 68  | 21,6 | 3  |
|  | Guayaba         | <i>Psidium guajava</i>                      | 45  | 14,3 | 2  |
|  | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>                    | 43  | 13,7 | 9  |
|  | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 43  | 13,7 | 7  |
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado                  | Mango           | <i>Mangifera indica</i>                     | 38  | 12,1 | 5  |
|  | Ovo dulce       | <i>Spondia purpurea</i>                     | 41  | 13,1 | 6  |
|  | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>                    | 36  | 11,5 | 9  |
|  | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 38  | 12,1 | 10 |
|  | Fernán Sánchez  | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 47  | 15,0 | 3  |
|  | Guasmo          | <i>Guazuma ulmifolia</i>                    | 54  | 17,2 | 3  |
|  | Moral Fino      | <i>Maclura tinctoria</i>                    | 47  | 15,0 | 2  |
| 50% frutales - 50%<br>pasto cultivado                  | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>                    | 24  | 7,6  | 2  |
|  | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 45  | 14,3 | 9  |
|  | Papaya          | <i>Carica papaya</i>                        | 34  | 10,8 | 3  |
|  | Mango           | <i>Mangifera indica</i>                     | 27  | 8,6  | 4  |
| 70% arboricultura<br>tropical / 30% pasto<br>cultivado | Ceibo           | <i>Ceiba pentandra</i>                      | 103 | 32,8 | 3  |
|  | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>                    | 35  | 11,1 | 9  |
|  | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 22  | 7,0  | 2  |
|  | Caoba carmon    | <i>Platymiscium</i><br><i>pinnatum</i>      | 52  | 16,6 | 6  |
|  | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 49  | 15,6 | 4  |
|  | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>                   | 36  | 11,5 | 9  |
|  | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>                      | 41  | 13,1 | 6  |
|  | Mango           | <i>Mangifera indica</i>                     | 59  | 18,8 | 4  |
|  | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>                    | 42  | 13,4 | 6  |
| 70% arboricultura<br>tropical / 30% pasto<br>cultivado | Ceibo           | <i>Ceiba pentandra</i>                      | 159 | 50,6 | 4  |
|  | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>                    | 67  | 21,3 | 12 |
|  | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 56  | 17,8 | 3  |
|  | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>                   | 45  | 14,3 | 14 |
|  | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>                      | 31  | 9,9  | 5  |
|  | Mango           | <i>Mangifera indica</i>                     | 48  | 15,3 | 6  |
| 70% arboricultura<br>tropical / 30% pasto<br>cultivado | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>                    | 68  | 21,6 | 13 |
|  | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 54  | 17,2 | 2  |
|  | Caoba carmon    | <i>Platymiscium</i><br><i>pinnatum</i>      | 56  | 17,8 | 5  |
|  | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 65  | 20,7 | 4  |
|  | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>                   | 54  | 17,2 | 9  |
|  | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>                      | 65  | 20,7 | 5  |
|  | Caoba carmon    | <i>Platymiscium</i><br><i>pinnatum</i>      | 25  | 8,0  | 4  |

|  |  |   |                         |      |      |
|--|--|---|-------------------------|------|------|
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Guarumo  | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 54                      | 17,2 | 5    |
|  | Frutillo   | <i>Muntingia calabura</i>                   | 29                      | 9,2  | 3    |
|  | Caucho   | <i>Sapium marmieri</i>                      | 64                      | 20,4 | 9    |
|  | Mango  | <i>Mangifera indica</i>                     | 58                      | 18,5 | 11   |
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Mandarina  | <i>Citrus reticulata</i>                    | 64                      | 20,4 | 21   |
|  | Guarumo  | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 95                      | 30,2 | 3    |
|  | Frutillo   | <i>Muntingia calabura</i>                   | 71                      | 22,6 | 6    |
|  | Caucho   | <i>Sapium marmieri</i>                      | 64                      | 20,4 | 4    |
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Algarrobo  | <i>Prosopis julifera</i>                    | 56                      | 17,8 | 7    |
|  | Pepito colorado                                  | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 51                      | 16,2 | 4    |
|  | Caoba carmon                                     | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 65                      | 20,7 | 9    |
|  | Guarumo  | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 54                      | 17,2 | 11   |
|  | Frutillo   | <i>Muntingia calabura</i>                   | 74                      | 23,6 | 9    |
|  | Caucho   | <i>Sapium marmieri</i>                      | 54                      | 17,2 | 6    |
|  | Mango  | <i>Mangifera indica</i>                     | 62                      | 19,7 | 12   |
|  | 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Mango                                       | <i>Mangifera indica</i> | 92   | 29,3 |
| Ovo dulce  |  | <i>Spondia purpurea</i>                     | 65                      | 20,7 | 8    |
| Mandarina  |  | <i>Citrus reticulata</i>                    | 67                      | 21,3 | 13   |
| Naranja  |  | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 45                      | 14,3 | 16   |
| Fernán Sánchez                                   |  | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 35                      | 11,1 | 2    |
| Pepito colorado                                  |  | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 75                      | 23,9 | 5    |
| Caoba carmon                                     |  | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 65                      | 20,7 | 3    |
| Guarumo  |  | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 63                      | 20,1 | 1    |
| Frutillo   |  | <i>Muntingia calabura</i>                   | 87                      | 27,7 | 2    |
| Caucho   |  | <i>Sapium marmieri</i>                      | 97                      | 30,9 | 9    |
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Pepito colorado                                  | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 65                      | 20,7 | 2    |
|  | Caoba carmon                                     | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 75                      | 23,9 | 8    |
|  | Guarumo  | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 45                      | 14,3 | 2    |
|  | Frutillo   | <i>Muntingia calabura</i>                   | 63                      | 20,1 | 13   |
|  | Caucho   | <i>Sapium marmieri</i>                      | 71                      | 22,6 | 5    |
| 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado | Mandarina  | <i>Citrus reticulata</i>                    | 54                      | 17,2 | 4    |
|  | Naranja  | <i>Citrus X sinensis</i>                    | 34                      | 10,8 | 9    |
|  | Fernán Sánchez                                   | <i>Triplaris cumingiana</i><br><i>Fisch</i> | 57                      | 18,1 | 1    |
|  | Pepito colorado                                  | <i>Rauvolfia litorales</i>                  | 77                      | 24,5 | 4    |
|  | Caoba carmon                                     | <i>Platymiscium pinnatum</i>                | 84                      | 26,7 | 2    |
|  | Guarumo  | <i>Cecropia litoralis</i>                   | 24                      | 7,6  | 5    |
|  | Frutillo   | <i>Muntingia calabura</i>                   | 57                      | 18,1 | 3    |
|  | Mandarina  | <i>Citrus reticulata</i>                    | 64                      | 20,4 | 11   |

|                                       |                 |                              |     |      |    |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----|------|----|
| 70% pasto cultivado /<br>30% frutales | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>     | 45  | 14,3 | 8  |
|                                       | Papaya          | <i>Carica papaya</i>         | 68  | 21,6 | 1  |
|                                       | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 97  | 30,9 | 3  |
|                                       | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>    | 123 | 39,2 | 3  |
|                                       | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 95  | 30,2 | 6  |
| 70% pasto cultivado /<br>30% frutales | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>     | 75  | 23,9 | 12 |
|                                       | Papaya          | <i>Carica papaya</i>         | 82  | 26,1 | 6  |
|                                       | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>    | 58  | 18,5 | 2  |
|                                       | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 63  | 20,1 | 3  |
| Arboricultura tropical                | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 54  | 17,2 | 7  |
|                                       | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>    | 76  | 24,2 | 4  |
|                                       | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 73  | 23,2 | 6  |
|                                       | Papaya          | <i>Carica papaya</i>         | 52  | 16,6 | 7  |
| Arboricultura tropical                | Guarumo         | <i>Cecropia peltata</i>      | 46  | 14,6 | 5  |
|                                       | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 63  | 20,1 | 4  |
|                                       | Pela caballo    | <i>Leucaena trichoder</i>    | 64  | 20,4 | 6  |
|                                       | Beldaco         | <i>Pseudobombax millei</i>   | 74  | 23,6 | 4  |
|                                       | Zapote          | <i>Pouteria sapota</i>       | 63  | 20,1 | 5  |
|                                       | Limón           | <i>Citrus limon</i>          | 42  | 13,4 | 8  |
|                                       | Aguacate        | <i>Persea americana</i>      | 45  | 14,3 | 3  |
| Arboricultura tropical                | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 49  | 15,6 | 7  |
|                                       | Pela caballo    | <i>Leucaena trichoder</i>    | 83  | 26,4 | 4  |
|                                       | Beldaco         | <i>Pseudobombax millei</i>   | 56  | 17,8 | 3  |
|                                       | Zapote          | <i>Pouteria sapota</i>       | 74  | 23,6 | 8  |
|                                       | Limón           | <i>Citrus limon</i>          | 82  | 26,1 | 9  |
|                                       | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 91  | 29,0 | 1  |
|                                       | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>    | 121 | 38,5 | 1  |
| Arboricultura tropical                | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>     | 22  | 7,0  | 7  |
|                                       | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>   | 63  | 20,1 | 5  |
|                                       | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i> | 73  | 23,2 | 4  |
|                                       | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>    | 84  | 26,7 | 7  |
| Arboricultura tropical                | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>    | 91  | 29,0 | 3  |
|                                       | Pela caballo    | <i>Leucaena trichoder</i>    | 83  | 26,4 | 2  |
|                                       | Beldaco         | <i>Pseudobombax millei</i>   | 22  | 7,0  | 5  |
|                                       | Zapote          | <i>Pouteria sapota</i>       | 83  | 26,4 | 7  |
|                                       | Limón           | <i>Citrus limon</i>          | 93  | 29,6 | 12 |
|                                       | Aguacate        | <i>Persea americana</i>      | 73  | 23,2 | 2  |
| Bosque natural                        | Beldaco         | <i>Pseudobombax millei</i>   | 54  | 17,2 | 9  |

|                |                 |                                      |     |      |    |
|----------------|-----------------|--------------------------------------|-----|------|----|
|                | Zapote          | <i>Pouteria sapota</i>               | 65  | 20,7 | 3  |
|                | Limón           | <i>Citrus limon</i>                  | 82  | 26,1 | 9  |
|                | Aguacate        | <i>Persea americana</i>              | 91  | 29,0 | 7  |
|                | Ceibo           | <i>Ceiba pentandra</i>               | 154 | 49,0 | 5  |
|                | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>             | 65  | 20,7 | 9  |
|                | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>           | 74  | 23,6 | 6  |
|                | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i>         | 36  | 11,5 | 4  |
|                | Guarumo         | <i>Cecropia litoralis</i>            | 84  | 26,7 | 11 |
|                | Frutillo        | <i>Muntingia calabura</i>            | 96  | 30,6 | 12 |
|                | Caucho          | <i>Sapium marmieri</i>               | 164 | 52,2 | 9  |
|                | Mandarina       | <i>Citrus reticulata</i>             | 85  | 27,1 | 4  |
|                | Naranja         | <i>Citrus X sinensis</i>             | 76  | 24,2 | 6  |
| Bosque natural | Fernán Sánchez  | <i>Triplaris cumingiana</i><br>Fisch | 156 | 49,7 | 6  |
|                | Guasmo          | <i>Guazuma ulmifolia</i>             | 132 | 42,0 | 2  |
|                | Ceibo           | <i>Ceiba pentandra</i>               | 198 | 63,0 | 4  |
|                | Algarrobo       | <i>Prosopis julifera</i>             | 89  | 28,3 | 2  |
|                | Pepito colorado | <i>Rauvolfia litorales</i>           | 76  | 24,2 | 3  |
|                | Caoba carmon    | <i>Platymiscium pinnatum</i>         | 82  | 26,1 | 12 |
|                | <b>TOTAL</b>    |                                      |     |      |    |

**Anexo 7.** Otros estratos (Herbáceos, muscinal, escandente, arbustivo, epifítico)

| PUNTO | Nombre común            | Nombre científico            | Estrato       |
|-------|-------------------------|------------------------------|---------------|
| 1     | Uña de gato             | <i>Uncaria tomentosa</i>     | E. escandente |
|       | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>             | E. muscinal   |
|       | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>       | E. herbáceo   |
|       | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>          | E. epifítico  |
|       | Cordoncillo             | <i>Piper aduncum</i>         | E. arbustivo  |
|       | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>         | E. escandente |
|       | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>          | E. epifítico  |
| 2     | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>             | E. Muscinal   |
|       | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>       | E. arbustivo  |
|       | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>       | E. herbáceo   |
|       | Cordoncillo             | <i>Piper aduncum</i>         | E. arbustivo  |
| 3     | Liana común             | <i>Malpighiaceae</i>         | E. escandente |
|       | Caña de azúcar          | <i>Saccharum officinarum</i> | E. herbáceo   |
|       | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>       | E. herbáceo   |
|       | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i>  | E. herbáceo   |
| 4     | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>       | E. herbáceo   |
|       | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i>  | E. herbáceo   |

|    |                         |                             |               |
|----|-------------------------|-----------------------------|---------------|
| 5  | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Liana común             | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
| 6  | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>      | E. arbustivo  |
|    | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
| 7  | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Liana común             | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>      | E. arbustivo  |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
| 8  | Cordoncillo             | <i>Piper aduncum</i>        | E. arbustivo  |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. Muscinal   |
|    | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
| 9  | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
| 10 | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
| 11 | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>      | E. arbustivo  |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
| 12 | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
| 13 | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
| 14 | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>      | E. arbustivo  |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
| 15 | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
|    | Arroz                   | <i>Oryza sativa</i>         | E. herbáceo   |
|    | Fréjol                  | <i>Phaseolus vulgaris</i>   | E. herbácea   |
|    | Maíz                    | <i>Zea mays</i>             | E. herbáceo   |
|    | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
| 16 | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>      | E. arbustivo  |

|    |                         |                             |               |
|----|-------------------------|-----------------------------|---------------|
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
| 17 | Grosella espinosa       | <i>Ribes uva-crispa</i>     | E. arbustivo  |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Artemisa                | <i>Artemisia vulgaris</i>   | E. herbáceo   |
| 18 | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>      | E. arbustivo  |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
| 19 | Grosella espinosa       | <i>Ribes uva-crispa</i>     | E. arbustivo  |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Artemisa                | <i>Artemisia vulgaris</i>   | E. herbáceo   |
| 20 | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>      | E. arbustivo  |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
| 21 | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Liana común             | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Capulí                  | <i>Prunus serotina</i>      | E. arbustivo  |
| 22 | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Grosella espinosa       | <i>Ribes uva-crispa</i>     | E. arbustivo  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
|    | Arroz                   | <i>Oryza sativa</i>         | E. herbáceo   |
| 23 | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
| 24 | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Artemisa                | <i>Artemisia vulgaris</i>   | E. herbáceo   |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
| 25 | Uña de gato             | <i>Uncaria tomentosa</i>    | E. escandente |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
|    | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
|    | Cordoncillo             | <i>Piper aduncum</i>        | E. arbustivo  |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
| 26 | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Artemisa                | <i>Artemisia vulgaris</i>   | E. herbáceo   |

|    |                         |                             |               |
|----|-------------------------|-----------------------------|---------------|
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
|    | Pasto saboya            | <i>Panicum máximum</i>      | E. herbáceo   |
| 27 | Cordoncillo             | <i>Piper aduncum</i>        | E. arbustivo  |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Liana común (trepadora) | <i>Malpighiaceae</i>        | E. escandente |
|    | Musgos                  | <i>Bryophyta</i>            | E. muscinal   |
| 28 | Helechos                | <i>Tracheophyta</i>         | E. epifítico  |
|    | Pasto común             | <i>Brachiaria decumbens</i> | E. herbáceo   |
|    | Artemisa                | <i>Artemisia vulgaris</i>   | E. herbáceo   |
|    | Cordoncillo             | <i>Piper aduncum</i>        | E. arbustivo  |