

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y  
ENSEÑANZA**

**DIVISIÓN DE  
EDUCACIÓN ESCUELA DE  
POSGRADO**

**MAESTRÍA EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS  
HIDROGRÁFICAS**

**ESTUDIO DE LOS BENEFICIOS HIDROLÓGICOS EN FUNCIÓN DE LAS  
PRÁCTICAS DE REFORESTACIÓN Y FORESTACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS EN  
ZONA DE RECARGA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TEAONE EN ESMERALDAS-  
ECUADOR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN SOMETIDO A CONSIDERACIÓN DE LA  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN Y LA ESCUELA DE POSGRADO COMO  
REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE**

**MÁSTER EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**ISRAEL PATRICIO VEGA MACIAS**

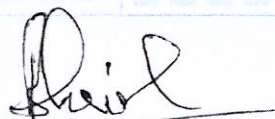
**TURRIALBA, COSTA RICA**

**2022**

Este trabajo de final de graduación ha sido aceptado en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobado por el Comité Examinador del estudiante, como requisito para optar por el grado de

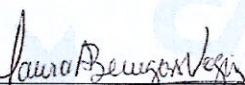
**MÁSTER EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**FIRMANTES:**



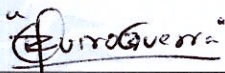
---

Bommāt Ramakrishna, Ph.D.  
**Coasesor del Trabajo de Graduación**



---

Laura Benegas Negri, Ph.D.  
**Coasesora del Trabajo de Graduación**



---

Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



---

Israel Patricio Vega Macías  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de graduación lo dedico principalmente a Dios por darme la vida, habilidades, inspiración, sabiduría, fuerza y clarividencia para poder entrar, desarrollar y salir de este difícil proceso que me dejó como lección que todo es posible, lo cual se fue convirtiendo en un anhelo deseado.

A mis padres con todo el corazón por su amor, trabajo y sacrificio en esta etapa. Siempre fue un orgullo y privilegio ser su hijo son los mejores.

Culminar este trabajo final de graduación no hubiera sido posible sin el apoyo profesional y experiencias de mis profesores coasesor gracias por sus correcciones.

Dedico este trabajo de graduación a todas las personas que ayudaron y confiaron en el proceso.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios y a la Pacha Mama por haberme bendecido y darme por gracia la existencia.

Gracias a mis padres: Pedro Vega y Mercedes Macias por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que han inculcado en mi ser.

Agradezco a todo el cuerpo de docentes de la escuela de posgrado de la maestría en manejo y gestión de cuencas hidrográficas del CATIE, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación en la maestría, de manera especial a Laura Benegas, PhD. y Bommat Ramakrishna, PhD. Coasesores de mi trabajo final de graduación quienes me han guiado con su paciencia y profesionalismo en sus retroalimentaciones y entusiasmo para conmigo.

**A los actores de gobierno locales y comunidad que participaron en las reuniones para el desarrollo de objetivos del presente trabajo de graduación.**

**Agradezco a cada una de las personas que formaron parte de toda esta etapa de educación y la hicieron posible.**

# INDICE

<b>1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Antecedentes .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivo general.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Cuencas hidrográficas y zonas de intervención .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Tecnologías seleccionadas para conservación del suelo y agua.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.</b>	<b>Forestación Y Reforestación .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Ubicación del área de estudio .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Descripción del área de estudio.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>Características Físico-Biológicas – Pisos Ecológicos.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Suelos.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Clima.....</b>	<b>16</b>
<b>4.</b>	<b>Procedimientos metodológicos .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Objetivo Específico 1: Determinar las especies vegetales nativas para prácticas de reforestación desde un enfoque de conservación de suelo y agua proponiendo su combinación con la tecnología Nendo Dango o Seedballs en áreas degradadas de la zona de alta .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Selección de especies vegetales para prácticas de reforestación “Nendo Dango o Seedballs”.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Objetivo Específico: Cuantificar y analizar los beneficios hídricos mediante la metodología CUBHIC de forestación y protección de bosques. ....</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Objetivo Específico: Elaborar un mapeo de las instituciones que forman parte de la actuación en la gobernanza de la subcuenca del río Teaone como potenciales promotores de estas técnicas de rehabilitación ecológica. ....</b>	<b>39</b>
<b>4.4</b>	<b>Objetivo Específico: Efectuar un taller participativo para sociabilizar los resultados del TDGF en la zona alta de la subcuenca del río Teaone. ....</b>	<b>43</b>
<b>5.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>44</b>
<b>6.</b>	<b>Análisis de los resultados y discusión.....</b>	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>60</b>
<b>8.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>60</b>
<b>9.</b>	<b>Literatura citada.....</b>	<b>63</b>
<b>9.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>68</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1</b> Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.....	9
<b>CUADRO 2</b> Caso en Kenia- Nairobi Seedballs bolas de semillas a partir de sustrato de carbón (Kenya, 2015). .....	10
<b>CUADRO 3</b> Caso microcuenca de las quebradas caracol y trapiche, san ramón de Alajuela, Costa rica regenerador puntual de horizontes A y 0 en base a método empírico de Yacouba Sawadogo (Fernández, 2020). .....	11
<b>CUADRO 4</b> Descripción general de la subcuenca del río Teaone .....	14
<b>CUADRO 5</b> Etapas para determinar las especies vegetales en la zona de recarga o parte alta de la subcuenca del río Teaone. ....	19
<b>CUADRO 6</b> Clasificación de la vegetación riparia identificada en la zona alta, media y baja de los ríos Atacames, Súa, Teaone y estero Sálima, con su respectiva forma de vida y origen. ....	20
<b>CUADRO 7</b> Especie forestal Codia Alliodora .....	24
<b>CUADRO 8</b> Especie forestal Zygia Longifolia.....	24
<b>CUADRO 9</b> Especie forestal Pseudosamanea guachapele .....	24
<b>CUADRO 10</b> Especie Forestal Psidium guajava.....	25
<b>CUADRO 11</b> Especie Forestal Cecropia Peltata.....	25
<b>CUADRO 12</b> Especie Arbustiva Tecoma Castanifolia .....	25
<b>CUADRO 13</b> Especie Arbustiva Turnera diffusa.....	26
<b>CUADRO 14</b> Especie Arbustiva Mimosa Pigra.....	26
<b>CUADRO 15</b> Especie Herbácea Centrosema molle.....	26
<b>CUADRO 16</b> Especie Herbácea Phaseolus vulgaris .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CUADRO 17</b> Costos de las prácticas por sector de reforestación “Nendo Dango o Seedball” para 20 hectáreas con 5000 unidades de bomba. Los costos totales serán multiplicados para cada sector. ....	31
<b>CUADRO 18</b> Datos de entrada para la cuantificación de los beneficios hidrológicos. ....	33
<b>CUADRO 19</b> Valores de cobertura vegetal en el suelo y diferentes parámetros para condiciones de vegetación y suelo. ....	35
<b>CUADRO 20</b> Texturas y condiciones del suelo .....	36
<b>CUADRO 21</b> Orden de los datos de entrada en los diferentes escenarios. ....	37
<b>CUADRO 22</b> Datos de Balance Hidrológico y Perdida de suelo CUBHIC .....	38
<b>CUADRO 23</b> Instituciones de gobernanza en la subcuenca del río Teaone. ....	39
<b>CUADRO 24</b> Pasos utilizados para el establecimiento del taller participativo. ....	43
<b>CUADRO 25</b> Especies seleccionadas para prácticas "Nendo Dango o Seedballs" .....	44
<b>CUADRO 26</b> Beneficios hidrológicos y de perdida de suelo.....	45
<b>CUADRO 27</b> Costos de implementación.....	45
<b>CUADRO 28</b> Preguntas para el análisis sobre incentivos económicos en la subcuenca del río Teaone.....	49
<b>CUADRO 29</b> Ficha técnica sobre la tecnología "Nendo dango" .....	50
<b>CUADRO 31</b> Tabla de datos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación sobre 365 días del año 2020-2021, para la cuantificación de los beneficios hidrológicos en la zona de recarga del río Teaone. .....	72

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> Partes de una subcuenca hidrográfica.....	6
<b>FIGURA 2</b> Ubicación de zonas de recarga y descarga en una cuenca hidrográfica. ....	7
<b>FIGURA 3</b> Sucesión ecológica.....	8
<b>FIGURA 4</b> Sucesión regresiva, sucesión progresiva.....	8
<b>FIGURA 5</b> Delimitación de la subcuenca del río Teaone en plano de ubicación del Ecuador. ....	13
<b>FIGURA 6</b> Perfil topográfico de la subcuenca del río Teaone.....	14
<b>FIGURA 7</b> Mapa de uso del suelo dentro del área de la cuenca. ....	15
<b>FIGURA 8</b> Mapa de áreas degradadas en la subcuenca del río Teaone 2000-2020. ....	17
<b>FIGURA 9</b> Mapa de áreas degradadas en la zona de recarga de la subcuenca del río Teaone 2000-2021. .	18
<b>FIGURA 10</b> Pasos para el establecimiento de la metodología “Nendo Dango”.....	27
<b>FIGURA 11.</b> Mapa de sectores de interés para propagación de los elementos de Seedball. ....	28
<b>FIGURA 12</b> Flujograma de la técnica que se emplearía en la restauración de los espacios degradados en la zona de recarga de la subcuenca del río Teaone.....	30
<b>FIGURA 13</b> Mapa de instituciones importantes de la subcuenca del Río Teaone. ....	46
<b>FIGURA 14</b> Foto del GAD parroquial rural de Carlos Concha y Tenencia Política.en zona de recarga de la subcuenca del río Teaone 2022.....	48
<b>FIGURA 15</b> Beneficios hidrológicos sobre percolación y escorrentía.....	54
<b>FIGURA 16</b> Beneficios hidrológicos sobre reducción de sedimentos. ....	54
<b>FIGURA 17</b> Seedballs en Kenya África. ....	58
<b>FIGURA 18</b> Seedballs en Kenya África propagación vía dron aéreo. ....	58
<b>FIGURA 19</b> Impartiendo el taller participativo en el GADPR de Carlos Concha en la mesa de trabajo junto a la presidenta del GAD, teniente político y representantes parroquiales del consejo de participación ciudadana. Indicando las especies seleccionadas y usos colectivos y su función con la tecnología “seedballs”. Caracterizada con fichas técnicas en la mesa. ....	68
<b>FIGURA 20</b> Taller: Explicando la dinámica para el balance hidrológico en lenguaje empírico para lograr crear mayor impacto hacia el entendimiento común y crear una antesala para explicar el proceso de cuantificación de los beneficios hidrológicos CUBHIC. Detrás representando el mapa de áreas degradadas de la zona de recarga en un plano tamaño A0. ....	68
<b>FIGURA 21</b> Explicando la metodología CUBHIC, las condiciones de vegetación y suelo adaptadas en la hoja de cálculo.....	69
<b>FIGURA 22</b> Explicando los beneficios hidrológicos obtenidos por prácticas de forestación y reforestación no convencional a bajo costo y la obtención de respuestas a la serie de preguntas por parte de las políticas ambientales de incentivo económico para fomentar las prácticas de captación de carbono. ....	69
<b>FIGURA 23</b> Áreas degradadas en la rivera del río Teaone. ....	70
<b>FIGURA 24</b> Áreas degradadas en la rivera del río Teaone foto 2.....	70
<b>FIGURA 25</b> Áreas degradadas en zona de recarga de la subcuenca del río Teaone.....	71
<b>FIGURA 26</b> Áreas degradadas en zona de recarga de la subcuenca del río Teaone foto 2. ....	71

## Lista de Acrónimos, Abreviaturas y Unidades

- ❖ INEC- Instituto Nacional de Estadística y Censos
- ❖ GAD- Gobierno Autónomo Descentralizado
- ❖ GADPVL- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia rural Vuelta Larga
- ❖ GADPTA- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia rural Tabiazo
- ❖ GADPCC- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia rural Carlos Concha
- ❖ GADMCE- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Esmeraldas
- ❖ PDOT- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
- ❖ HTP- Hidrocarburos Totales de Petróleo
- ❖ REMACH- Reserva Ecológica Mache-Chindul
- ❖ INAMHI- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
- ❖ CACE - Centro Agrícola Cantonal de Esmeraldas
- ❖ CELEC- Corporación Eléctrica Del Ecuador
- ❖ ODS - Objetivos de Desarrollo Sostenible (17) 2030
- ❖ ONU- Organización de Naciones Unidas
- ❖ ET- Evapotranspiración
- ❖ MAATEE - Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica del Ecuador
- ❖ MAG- Ministerio de agricultura y ganadería
- ❖ UTM - Universal Transverse Mercator
- ❖ WGS 84- World Geodetic System 1984
- ❖ CH- Cuenca hidrográfica
- ❖ BH- Balance hidrológico
- ❖ °C- Grados Centígrados
- ❖ mm- Milímetros
- ❖ m<sup>3</sup>- Metros Cúbicos
- ❖ ML- Millones de Litros
- ❖ CUBHIC- Cuantificación de Beneficios Hidrológicos de Intervenciones en Cuencas
- ❖ A.D. - Área Degradada



## RESUMEN

En este estudio se analizaron los beneficios hidrológicos y económicos de posibles escenarios de cambio de cobertura vegetal en áreas degradadas por medio de la tecnología Seedballs en las zonas altas de recarga de la subcuenca del río Teaone, Esmeraldas-Ecuador, sociabilizando los resultados a los actores locales de gobernanza.

Por lo que se propuso la selección de 10 especies vegetales en tres estratos: (5) forestales, (3) arbustivos, y (2) herbáceas. Las cuales se combinan con la metodología de reforestación no convencional eficaz y a bajo costo “Seedballs” o “Nendo Dango”, con la finalidad de cuantificar escenarios de superficies que presentan condiciones de vegetación y suelo diferentes, pasando de un escenario de línea base hacia un escenario con condiciones regulares y buenas, traduciéndolo a un cambio de cobertura vegetal eficaz.

La recopilación de la información climatológica referente a precipitación y temperaturas se extrajo de data satelital (TRMM), utilizándola como parte de los insumos clave de la calculadora de cuantificación de beneficios hidrológicos de intervenciones en cuencas. Se encontró que por cada 20 hectáreas de áreas degradadas intervenidas se generaría un cambio de escenarios con condiciones de vegetación y suelo mejores a la línea base.

Este cambio se ha cuantificado en la reducción de la escorrentía en 8.7 millones de litros al año para el “escenario 1”, para el “escenario 2”, 11 millones de litros al año, el aumento de la percolación para el “escenario 1” se dio en 8.5 millones de litros al año, mientras que para el “escenario 2”, el valor de percolación es de 10,9 millones de litros al año. En cuanto a la reducción de carga de sedimentos para el “escenario 1” se obtuvo 275.9 toneladas de sedimento al año y para el “escenario 2” se tendrían 320.30 toneladas de sedimento evitado al año. Valores que se multiplicarían por tres en el plan de trabajo de intervención “Seedballs” en 60 hectáreas.

Estos resultados se presentaron en un taller participativo, el cual se implementó en el gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Carlos Concha perteneciente a la zona de recarga de la subcuenca del río Teaone.

## ABSTRACT

In this study, the hydrological and economic benefits of possible scenarios of vegetation cover change in degraded areas were analyzed through Seedballs technology in the high recharge areas of the Teaone River sub-basin, Esmeraldas-Ecuador, sharing the results with the stakeholders. governance premises.

Therefore, the selection of 10 plant species in three strata was proposed: (1) forest, (2) shrubby, and (3) herbaceous. Which are combined with the effective and low-cost non-conventional reforestation methodology "Seedballs" or "Nendo Dango", in order to quantify surface scenarios that present different vegetation and soil conditions, moving from a baseline scenario to a scenario with regular and good conditions, translating it into a change of vegetation cover.

The compilation of climatological information regarding precipitation and temperatures was extracted from satellite data (TRMM), using it as part of the key inputs of the calculator for quantifying the hydrological benefits of interventions in basins. It was found that for every 20 hectares of degraded areas intervened, a change of scenarios with vegetation and soil conditions better than the baseline would be generated.

This change has been quantified in the reduction of runoff by 8.7 million liters per year for “scenario 1”, for “scenario 2”, 11 million liters per year, the increase in percolation for “scenario 1” occurred in 8.5 million liters per year, while for "scenario 2", the percolation value is 10.9 million liters per year. Regarding the reduction of sediment load for "scenario 1", 275.9 tons of sediment per year were obtained and for "scenario 2" there would be 320.30 tons of sediment avoided per year. Values that would be multiplied by three in the "Seedballs" intervention work plan on 60 hectares.

These results were presented in a participatory workshop, which was implemented in the decentralized autonomous government of the Carlos Concha parish belonging to the recharge zone of the Teaone river sub-basin.

# 1. Introducción

## 1.1 Antecedentes

La subcuenca del río Teaone en el cantón Esmeraldas al noroccidente del Ecuador, es un afluente del río Esmeraldas. En su zona baja se sitúa la segunda más grande refinería de hidrocarburos del país “Petroecuador”, junto con una industria termoeléctrica “CELEC”, cuyos desechos pobremente tratados son vertidos al río Teaone “cuenca baja”.

Según Prado (2015), con una investigación enfocada en la subcuenca baja del río Teaone, aplicando análisis de exámenes físicos, químicos y biológicos, se encontró que los valores de coliformes fecales, pH e hidrocarburos totales de petróleo en el agua (HTP), se incrementan río abajo conforme recibe la influencia urbana e industrial sobrepasando los límites permisibles propuestos por la autoridad nacional ambiental del país siendo todo esto relacionado directamente a la población, industria petrolera y termoeléctrica. También se determinó con el muestreo y análisis, la presencia de taxones específicos de macroinvertebrados que serían resistentes a la contaminación, representando una abundancia significativa en dicho tramo del río (subcuenca baja). A partir de una caracterización con bioindicadores como las diatomeas, para determinar la calidad del agua a lo largo de la subcuenca del río Teaone, desde la zona alta hasta la zona baja, en una serie de 7 estaciones de muestreo “aguas arriba”, se determinó que las cabeceras parroquiales en la zona alta y media pertenecen a la zona rural, en donde se utiliza letrinas y pozos sépticos lo cual evita que las descargas vayan directamente hacia el río. Además, se determinó que la capacidad de autodepuración del río es mayor al tamaño poblacional en esas zonas. Sin embargo, en la zona urbana el deterioro del río es mayor, la densidad poblacional es mayor y así mismo las cargas de contaminantes son mayores. Las actividades antropogénicas dentro de la subcuenca, como agricultura, ganadería y la silvicultura, determinan un papel fundamental en la calidad del agua del río (Ortiz, 2015).

La zona media comprendida por la parroquia rural de Tabiazo, es el comienzo de la zona rural dentro de la subcuenca, donde las actividades agropecuarias son más intensas. En la zona alta se establece la parroquia rural de Carlos Concha, esta zona también conocida como zona de recarga, donde en sus cotas más altas, nace el río proveniente del área de influencia de la Reserva Ecológica Mache- Chindul, el cual baja hacia el sur siendo afluente al gran Río de Esmeraldas. El control meteorológico en la subcuenca del río Teaone por parte de la red de estaciones meteorológicas del Ecuador INAMHI es paupérrimo e inexistente en la zona de Esmeraldas especialmente en el área de la subcuenca, sin embargo en la zona centro de la provincia se documentó 296 y 904 mm en un periodo de 2007-2014, con una temporada de invierno entre enero y mayo; y un verano entre junio y diciembre, sin embargo, en las cabeceras parroquiales de Tabiazo y Carlos Concha la precipitación media anual oscilaría entre los 1000 a 2000 mm. La descarga anual media del río Teaone como afluente del río Esmeraldas es de 5,99 m<sup>3</sup>/s y varía desde 4,00 a 9,62 m<sup>3</sup>/s durante el período 2007 a 2013 según los datos del INAMHI (Moliner et al, 2018).

El Gobierno Autónomo Descentralizado Rural de la parroquia Tabiazo (zona media de la subcuenca) establece que la categoría en materia de calidad de agua en su territorio es mala a regular por malas prácticas agrícolas, pecuarias y de deforestación específicamente en bosques riparios y lechos del río de modo que las practicas ejecutadas son antitécnicas, la contaminación por descargas de residuos sólidos, agroquímicos, el deterioro de los cauces y sobrepastoreo con ganado vacuno, caballar, caprino. Dentro de las alternativas como soluciones para la degradación de ecosistemas riparios, sería factible proyectar la aplicación de la tecnología seedballs, ya que esta tiene la ventaja de ajustarse de acorde a la combinación necesaria de especies a utilizarse y las condiciones de restauración por ejemplo en el estrato forestal aplicar especies con endemismo ripario (Chiparo “*Zygia longifolia*”, higuerón de río “*Ficus citrifolia*”, etc.), supone un mayor potencial de los servicios ambientales que poseen. Las cuales pasarían a mejorar también parte de la cobertura vegetal en estos ecosistemas específicos (riparios).

La geomorfología de la subcuenca media brinda los lineamientos topográficos necesarios para el desarrollo de la ganadería empírica (GADPT, 2015). En esta zona media la actividad pecuaria es más intensa.

Dentro de los factores de riesgo en la parroquia Carlos Concha (zona alta), se presentan problemas comunes como en la zona media o de transición, pero a menor escala e intensidad, a pesar de que en sus cotas más altas hacia el norte se encuentra el área de influencia de la reserva ecológica Mache-Chindul, la cual sufre la presión antrópica en el marco de su calidad como área protegida, esto se da por el crecimiento demográfico y la influencia que ejerce este en los ecosistemas, las densidades poblacionales son más evidentes al ver el subdesarrollo de sus comunidades y en los últimos años ya se estarían percibiendo los efectos de todas estas problemáticas acentuadas por el cambio climático como por ejemplo el riesgo de inundaciones por el crecimiento desmedido del río en la zona media y especialmente en la baja, mientras que los deslizamientos de tierra en la zona alta promueven el incremento abrupto de la sedimentación aguas abajo del río, mayormente en épocas invernales, lamentablemente esto ha causado muchas pérdidas humanas y materiales (GADPCC, 2019).

En este contexto el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Esmeraldas, generó políticas en su jurisdicción, una ordenanza que “Regula la protección y conservación de cuencas hidrográficas, el uso y reposición de especies forestales dentro del cantón Esmeraldas” que propone la conservación y protección de los recursos hídricos del cantón impartiendo sanciones y multas hacia su no acatamiento. Las personas naturales o jurídicas (dueños de finca, agricultores, ganaderos, empresarios, demandantes de los recursos suelo y agua, comunidad en general) que incumplan con la ordenanza municipal serán sancionados por la autoridad ambiental nacional (ministerio del ambiente), previo al informe técnico que sea emitido por la dirección de gestión ambiental del municipio de Esmeraldas.

Este mecanismo de gobernanza se apoya en la constitución de la república del Ecuador que en su artículo 411 dice “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda la actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los

ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua”, bajo el mando del ministerio del ambiente, agua y transición ecológica (GADMCE, 2016).

En 2016 el Centro Agrícola Cantonal de Esmeraldas (CACE) propuso una campaña de reforestación con el apoyo de instituciones como: el municipio del cantón, ministerios del ambiente y agricultura, además, las universidades, distrito de educación y gobiernos parroquiales alegando que tenían la capacidad de proporcionar entre 200.000 y un 1'000.000 de plantas de especies nativas como chíparo (*zygia longifolia*), mata palo (*ficus crocata*), caña guadúa (*guadua angustifolia*), higuieron (*ficus aurea*) y otros, la sostenibilidad del programa de reforestación estaba dada por los gobiernos parroquiales de Carlos Concha, Tabiazo y Vuelta Larga, quienes debían colaborar en el seguimiento, tratamientos y reemplazar las plantas que pudiesen, lastimosamente esa propuesta que se planteó en 2016 no se dio, donde las observaciones de los actores participantes habían recalado que la falta de éxito en los proyectos de reforestación anteriores, es decir, no lograron demostrar los resultados posteriores a las intervenciones. En consecuencia, se propuso un conjunto de incentivos para los dueños de los predios donde se plantaron las especies, para que fueran ellos quienes realicen la siembra, limpieza, poda y fertilización hasta que las plantas puedan desarrollarse solas, en este contexto los actores involucrados sostuvieron que los incentivos debían enfocarse en un salario mensual para las personas que se dedicarían a la sostenibilidad del proyecto con las actividades mencionadas, por lo que el tema se volvió más utópico por falta de recursos, impidiendo su concreción (Flores, 2016).

## 1.2 Problema

Los problemas suscitados dentro de la subcuenca conllevaron a tomar medidas por parte de las autoridades en pro de las mejoras donde se ha llevado proyectos de reforestación; sin embargo estos no han dado sus resultados, por ejemplo los proyectos de reforestación de la manera como se han planteado no se han podido consolidar y no tuvieron la sostenibilidad en el tiempo, por lo tanto la desconfianza juega un papel fundamental hacia los futuros programas y proyectos vinculados a la reforestación en la zona. Desde el punto de vista de la gobernabilidad se denota muchas leyes, políticas, ordenanzas municipales, pero con falta de compromisos y acuerdos de forma conjunta, olvidando en su planificación de gobernanza los objetivos de desarrollo sustentable de la agenda 2030 de las Naciones Unidas (ODS- ONU).

Los recursos naturales permiten el desarrollo y la manufactura en todos los sectores productivos que ocupan materias primas para satisfacer las necesidades de la sociedad. Estas actividades generan una gran demanda de recursos, y el darles una trazabilidad y uso adecuado “racional”, permitirá un equilibrio entre la sociedad, el ambiente y la economía. Las malas prácticas, agrícolas, pecuarias, la deforestación y la contaminación industrial son los principales ejes perturbadores dentro de la subcuenca del río Teaone, afectando de manera directa ese equilibrio entre los principios, criterios e indicadores de la sustentabilidad.

Los estudios demuestran que la calidad del agua es afectada con mayor intensidad en la subcuenca baja entre la parroquia urbana “Simón Plata Torres” y la parroquia rural “Vuelta Larga”, en este tramo del río desde donde drena hasta donde termina la parroquia rural se encuentra

contaminado con altos porcentajes de coliformes fecales (descargas de desagüe directo al río), existe mayor densidad poblacional y los residuos provenientes de la industria petrolera y termoeléctrica que agravan la calidad del agua del río. Además, la cercanía de la subcuenca a la ciudad, cuya característica de paisaje de transición urbano a rural genera puntos de turismo cercanos lo que intensifica el potencial de afectación directa a la salud de la población (balnearios). Desde el punto de vista de riesgo, en etapa invernal esta zona sufre embates por crecidas del río, generando pérdidas económicas y en vidas humanas, esto debido a los fuertes eventos de precipitación, la deforestación y la expansión agrícola y pecuaria en la zona media (PR. Tabiazo) y alta (PR. Carlos Concha) de la subcuenca.

La preservación de la subcuenca hidrográfica del río Teaone es un tema emergente ya que ésta es una fuente de abastecimiento de agua con fines de consumo, turístico, agropecuario e industrial en la subregión del cantón del Esmeraldas. Con la falta de acuerdos, compromisos y planificación sustentable se crea evidencia tangible del riesgo en el que se encuentran las fuentes hídricas a corto y mediano plazo.

Este estudio se enfoca en la zona alta o de recarga de la cuenca del río Teaone, donde se encuentra la zona rural. Estudios precedentes indican que la calidad del agua en esta zona es buena, ya que las descargas hacia el río en la cabecera parroquial en la mayoría de las viviendas van hacia pozos sépticos elaborados como sistemas de deposición final, por lo que las aguas negras y grises van directamente hacia estos sistemas (Ortiz, 2015). Específicamente en sus laderas y cotas altas el expansionismo de la zona agrícola ha aumentado debido al mayor ritmo de crecimiento de la densidad poblacional, las actividades antrópicas como la deforestación están afectando al recurso agua, suelo y poniendo en riesgo la zona de influencia de la Reserva Ecológica Mache-Chindul.

### **1.1 Justificación e Importancia.**

Este trabajo de graduación (TdG) pretende proponer el establecimiento de prácticas de rehabilitación ecológica de los estratos fitosociológicos dentro de las zonas de bosques que han sido degradados, potencializando los procesos de sucesión vegetal con el manejo de la regeneración natural, a través de prácticas de “Nendo Dango o Seedballs” (forestación y reforestación) que consisten en hacer “bombas o bolas de sustrato preparado mayormente de arcilla” donde se introduce las semillas en varios estratos, herbáceos, arbustivos y forestales. Los tipos esféricos son aplicados para las zonas bajas llanas y para las zonas con pendientes se hacen tipo platillo (Bueno 2015). Estas especies serán nativas y su desarrollo en fuentes de recarga hídrica fomentará un potencial proceso de “siembra y cosecha de agua”. De esta manera al cuantificar los beneficios hidrológicos comparando dos escenarios (con y sin intervención) por medio de la herramienta CUBHIC, se contribuirá con mejores argumentos en favor de dichas prácticas de rehabilitación ecológica. Articulando el proceso, se generará un mapeo para analizar la influencia geográfica de las instituciones que actúan en la gobernanza en la subcuenca y finalmente se establecerá un taller participativo para socializar la información de resultados obtenidos en este TdG.

Este estudio se enmarca al cumplimiento de las metas de los objetivos de desarrollo sustentable ODS en Ecuador, particularmente al número 6 en su contexto de agua limpia y saneamiento, y el 15 sobre vida de ecosistemas terrestres. Los análisis que se realizarán con este estudio proveerán datos que sustenten los beneficios que trae la reducción del uso irracional de los recursos como suelo, agua en la zona alta de la subcuenca del río Teaone, fomentando la rehabilitación y protección de los ecosistemas forestales adoptando tecnologías adecuadas para la regulación, posible incremento hídrico (cosecha de agua), restauración ecológica de los ecosistemas forestales degradados. La identificación de prácticas que beneficien hidrológicamente a la cuenca requiere para su implementación el apoyo de un marco legal y gobernanza conjunta que funcione y se ejecute mediante acuerdos y compromisos dentro de la subcuenca del río Teaone.

Desarrollar procesos participativos como parte del análisis es fundamental para contribuir con estrategias de aprendizaje aplicables a subcuencas similares a las del Teaone en la región provincial. De esta manera será posible enfocar las políticas y fortalecer las herramientas de organización como son los planes de desarrollo y ordenamiento territorial (PDOT) a escala cantonal y parroquial en materia de manejo, gestión, conservación y uso racional de los recursos naturales fomentando las buenas prácticas e involucrando de manera conexas a las autoridades con poder descentralizado en la subcuenca y a las industrias.

## **1.2 Objetivo general.**

Analizar los beneficios hidrológicos y económicos de posibles escenarios de cambio de cobertura vegetal en áreas degradadas por medio de la tecnología Seedballs en la zona alta o zonas de recargas de la subcuenca del río Teaone, Esmeraldas-Ecuador, sociabilizando los resultados a los actores locales de gobernanza.

## **1.3 Objetivos específicos.**

- 1.3.1 Determinar las especies vegetales nativas para prácticas de reforestación desde un enfoque de conservación de suelo y agua proponiendo su combinación con la tecnología Nendo Dango o Seedballs en áreas degradadas.
- 1.3.2 Cuantificar y analizar los beneficios hidrológicos mediante la metodología CUBHIC (Cuantificación de Beneficios Hídricos en Intervención de Cuencas) en su variable de forestación y protección de bosques.
- 1.3.3 Elaborar un mapeo de las instituciones que forman parte de la actuación en la gobernanza de la subcuenca del río Teaone.
- 1.3.4 Socializar los resultados del TDGF en la zona alta de la subcuenca del río Teaone (Parroquia rural Carlos Concha).

## 2. Revisión de literatura.

### 2.1 Cuencas hidrográficas y zonas de intervención

Las cuencas hidrográficas constituyen un sistema donde específicamente ocurre el ciclo hidrológico el cual interactuara de manera directa con los factores socioeconómicos de manera integral ocupando recursos naturales para los procesos antrópicos. En este sistema cuenca, las tierras medianamente planas y onduladas sirven para desarrollar el sector agropecuario, en las zonas bajas generalmente se sitúa la urbanización e industria, mientras que las laderas y montañas están siendo desforestadas creando perturbaciones estratégicas en el ciclo hidrológico (Figura 1). Para poder gestionar este territorio desde la gobernanza, indispensablemente se debe contar con herramientas de cogestión que conduzcan a implementar acciones planificadas a corto, mediano y largo plazo. Comúnmente las intervenciones rurales se plantean en la zona media y alta, siendo estas intervenciones fundamentales para reducir la susceptibilidad a inundaciones y deslaves en tiempos de invierno, es decir, para disminuir su vulnerabilidad, actualmente incrementada debido cambio climático (Cáceres et al 2000).

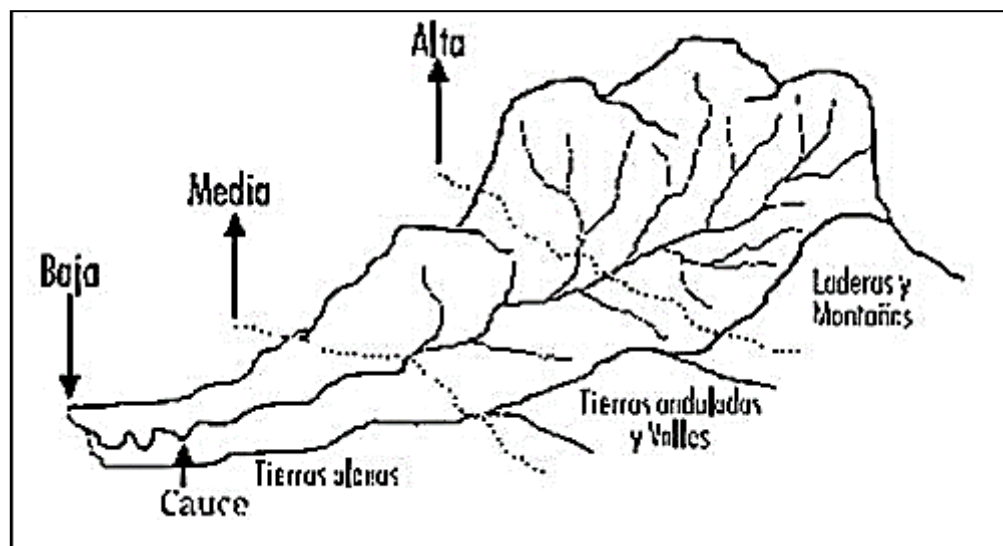
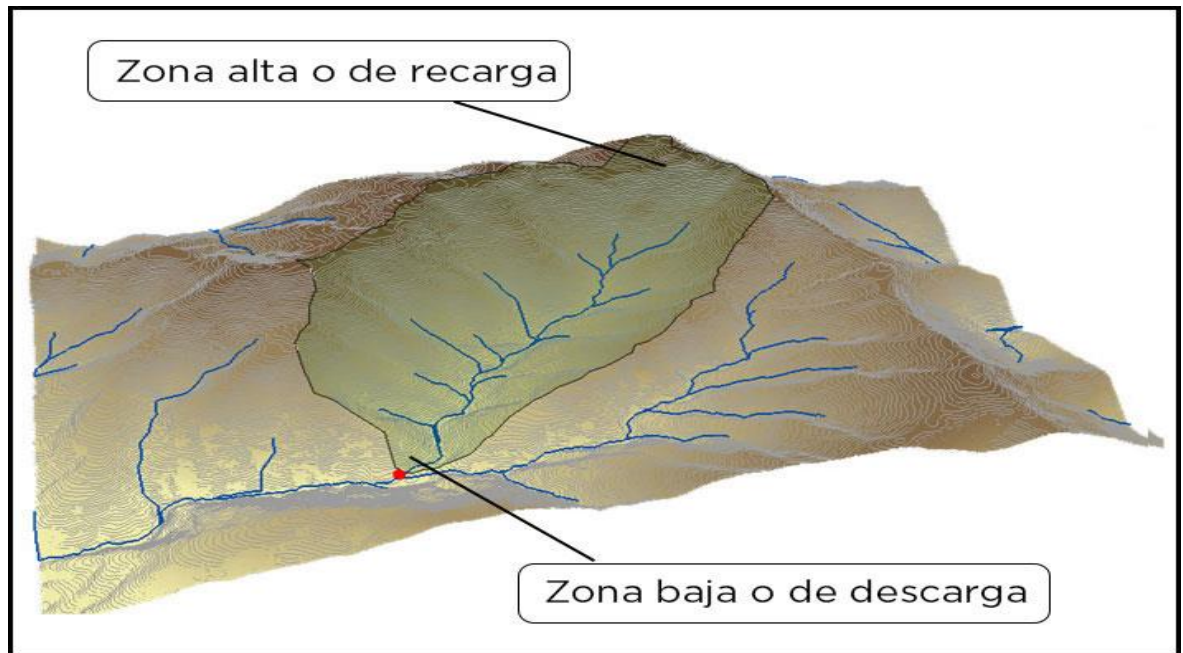


FIGURA 1 Partes de una subcuenca hidrográfica.

Fuente Salazar (2016).

La zona alta o de recarga es donde “nace” la escorrentía. Al considerar las zonas de intervención en una cuenca, el relieve, la orografía y el agua superficial definen las condiciones ambientales, sociales y económicas en estos territorios (Molinero et al, 2018).





**FIGURA 2** Ubicación de zonas de recarga y descarga en una cuenca hidrográfica.

Fuente *Camino et al (2018)*.

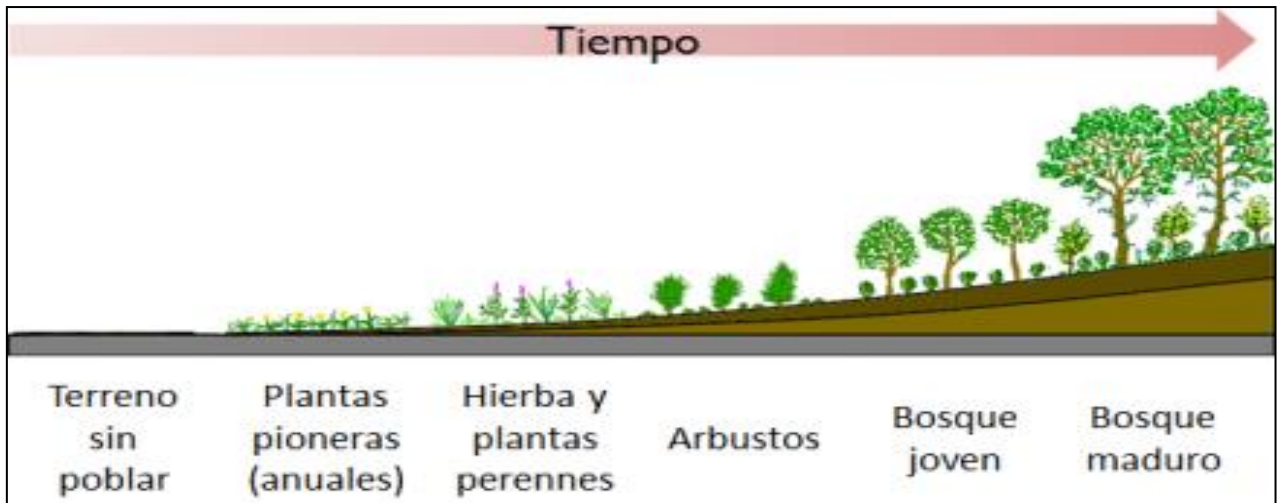
## 2.2 Tecnologías seleccionadas para conservación del suelo y agua

### 1.1. Forestación Y Reforestación

La forestación se define como el establecimiento de cobertura forestal en forma de plantaciones o mediante la regeneración natural en zonas que en el pasado tuvieron, o no, bosques. (Bonnesoeur et al 2019). El reforestar la subcuenca creará una serie de impactos hasta llegar a la cuenca, contribuyendo a la retención y regulación de la escorrentía e infiltración para ganar más en la recarga hídrica o bien para mantener la humedad el suelo aguas abajo que puede ser aprovechado por un cultivo productivo. Es importante que las especies que se tomen en consideración sean de raíces pivotantes y de poca demanda de agua (Ramakrishna, 2019).

Es significativo también entender que la cobertura vegetal es importante en los ciclos dentro de la cuenca, ya que su rol como transpiración y evaporación del suelo determina una variable indispensable ETP (evapotranspiración) a la hora del manejo del recurso hídrico, y también influye de manera determinante a la hora de detener los suelos en escenarios potenciales de erosión e influye en la capacidad que tiene la cuenca de retener el agua por medio de factores de infiltración y percolación que son claves en puntos de marchitez del suelo y puntos de saturación (Cajamarca, 2017).

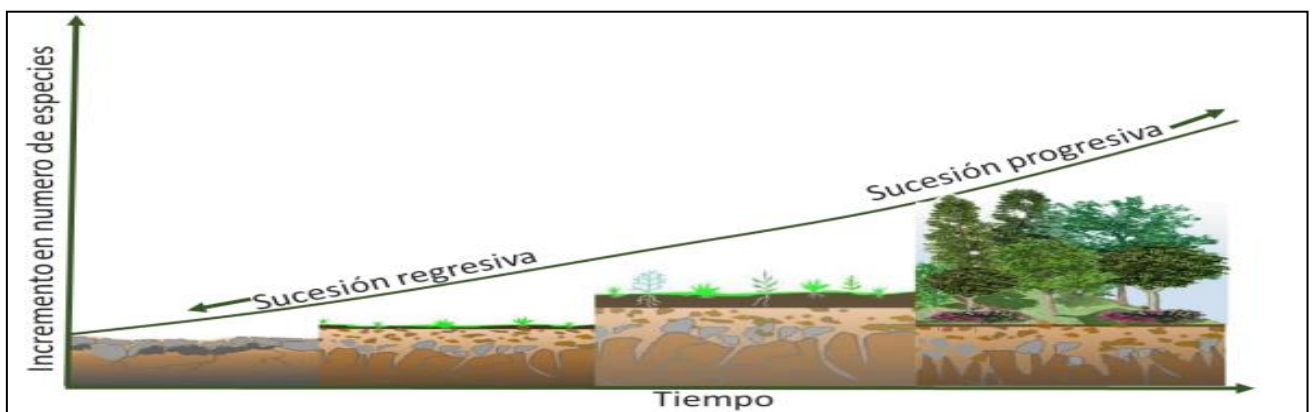
Después de perturbaciones (antrópicas o naturales) en los ecosistemas donde confluyen las dinámicas de los estratos herbáceos, arbustos y arbóreos, suelen formarse claros, los cuales dan paso a una serie de procesos ecológicos como la sucesión, las especies pioneras comienzan a desarrollarse en todos los estratos fitosociológicos.



**FIGURA 3** Sucesión ecológica

Fuente Holdridge (1987)

La regeneración natural se da a partir del efecto de los claros (por perturbación natural o antrópica) donde los rayos del sol penetran con mayor intensidad activando la dinámica de los ecosistemas forestales, permitiendo la germinación de nuevos individuos. De esta manera se quiere potencializar este proceso con metodologías de prácticas de forestación “Nendo Dango” que consisten en generar bolas o bombas de arcilla en las cuales se les introduce las semillas necesarias para fomentar la forestación de zonas impactadas a nivel de todos los estratos de vegetación (Bueno 2015).



Fuente Holdridge (1987).

**FIGURA 4** Sucesión regresiva, sucesión progresiva.

Tanto las especies arbóreas, herbáceas, arbustivas son necesarias para determinar la infiltración y posterior percolación de la precipitación en el suelo, como se muestra en el (cuadro 1).

**CUADRO 1** Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.

Porcentaje	Posibilidad de recarga	Ponderación	Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
> 80 %	Muy alta	5	Bosque donde se dan los tres estratos: árboles, arbustos y hierbas o zacate denso	Muy alta	5
70 - 80 %	Alta	4	Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Alta	4
50 - 70 %	Moderada	3	Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo y agua	Regular	3
30 - 50 %	Baja	2	Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	Baja	2
< 30 %	Muy baja	1	Terrenos agropecuarios con manejo intensivo	Muy baja	1

*Fuente FOCARD-APS (2018).*

- **Protección y el encerrado**

La protección de bosques hace referencia a las prácticas de evitar la degradación o la deforestación de los bosques y así conservar los servicios ecosistémicos hídricos brindados por los bosques (Quispe, 2018).

Para este estudio se propone la protección como una medida factible, estableciendo un encerrado en base a la normativa municipal vigentes para cuencas hidrográficas.

- **Zonas de protección permanente de agua en zona de recarga hídrica**

Según la ordenanza que regula la protección y conservación de cuencas hidrográficas el uso y reposición de plantaciones forestales en el cantón Esmeraldas, en las zonas de protección permanente no se permitirán la tala de bosque, quema, destrucción y extracción maderera en los siguientes casos:

A cada lado de las fuentes de Agua y Cuencas Hidrográficas que tengan de 5 a 30 metros en función del ancho del río se prohíbe la tala y extracción maderera que afecte el bosque nativo, así como alrededor de lagos, lagunas, fuentes, incluso las intermitentes y de los llamados ojos de agua, cualquiera que sea su situación geográfica y aquellas áreas que han sido reforestadas a través del Programa Nacional de Reforestación impulsado por la SENAGUA (norma 039, capítulo I, Título 11 Artículo 7, literal b); numeral 1, 2, y 3 del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica del Ecuador -MAATE (Ordenanza N26 del Municipio de Esmeraldas, 2016).

Para contextualizar es recomendable entender que para tal fin, el presente trabajo propone establecer una metodología de reforestación a bajo costos (barato) “Nendo Dango”, efectiva en términos de reforestación, aumentando los procesos de regeneración y sucesión ecológica en la zona de recarga, para así de esta manera lograr cuantificar mediante la calculadora de

beneficios hidrológicos (CUBICH) con el fin de obtener una relevancia a la hora de tomar decisión y acompañar de manera técnico-científica la regeneración de los espacios degradados, entrando a la parte de sociabilización del trabajo de investigación, se pretende establecer un taller participativo para detallar la investigación.

- **Metodologías de siembra no convencionales**

Se presentan dos tipos de metodología de siembra no convencionales para conjeturar el tema al trabajo final de graduación.

**CUADRO 2** Caso en Kenia- Nairobi Seedballs bolas de semillas a partir de sustrato de carbón (Kenya, 2015).

<b>Eficiencia</b>	<b>Costos</b>	<b>Mantenimiento</b>
<p>Cerca de 750.000 kg de carbón de madera en bruto sin procesar se consumen diariamente en Nairobi, por lo que existe una alta demanda de materia prima en todo el país de Kenia, los residuos de carbón sobrantes, estos son vendido a la empresa “Seedballs Kenya”.</p> <p>Esta empresa ha desarrollado un método simple, de bajo costo, altamente eficiente de plantación de árboles y regeneración de bosques.</p> <p>Utiliza los principios del “Nendo Dango” ocupando un sustrato sostenible compuesto por polvo de carbón (proveniente del acopio de varios productores en la región) y aglutinante nutritivo, la cual forma una capsula protectora para la semilla.</p> <p>Las semillas que se utilizan no tienen tratamiento</p>	<p>Tiene un costo bajo ya que no requiere de grandes infraestructuras (Viveros-Invernaderos) para su producción, utiliza polvo de carbón como principal materia prima para las Seedballs.</p> <p>El costo es de 250 unidades (bolas de semillas) que tendría un peso de 1,5 Kg en 400 ksh (El chelín keniano), a un valor aprox. de USD\$4.31 (Reforestation Seedballs Kenya, 2015).</p>	<p>Los proyectos de reforestación a cargo de ONG, organizaciones locales, y otras instituciones que utilizan las seedballs promueven su producción sostenible, por lo que vuelve rentable y crea varias fuentes de empleo desde la obtención de la materia prima hasta la producción y propagación de la seedballs (Reforestation Seedballs Kenya, 2015).</p>

Eficiencia	Costos	Mantenimiento
<p>pre-germinativo, pero se someten a pruebas de clasificación y germinación realizadas por el Kenya Forestry Research Institute-KEFRI.</p> <p>Hoy en día, el carbón vegetal sigue siendo un recurso bioenergético clave en Kenia el 82% de los hogares urbanos y al 34% de los hogares rurales lo utilizan como energía.</p> <p>Los seedballs se pueden propagar en cualquier época del año, pero se activa la germinación con las primeras lluvias (Reforestation Seedballs Kenya, 2015).</p>		

*Fuente* Elaboración propia

**CUADRO 3** Caso microcuenca de las quebradas caracol y trapiche, san ramón de Alajuela, Costa rica regenerador puntual de horizontes A y 0 en base a método empírico de Yacouba Sawadogo (Fernández, 2020).

Eficiencia	Costos	Mantenimiento
<p>En el sector de las microcuencas de caracol y trapiche en Costa Rica se constató que no existe un mecanismo de gestión del suelo, por lo que los dueños de los sistemas productivos en el sector consideran como “solo tierra” a este recurso, en ese marco se decidió entablar mecanismos con actores de gestión para difundir los conceptos básicos sobre las estructuras del suelo,</p>	<p>Los costos de la metodología se imparten a través de los materiales tareas y actividades utilizados e implementadas para el regenerador puntual, para la obtención de abono orgánico, microorganismo, enmiendas y arboles nativos no se costearon ya que se pudieron conseguir en el área de estudio.</p> <p>Por cada establecimiento de plántula con el hoyo con el recipiente colector de precipitación y las</p>	<p>A modo de proyecto piloto se obtuvo buenos resultados a corto plazo en la supervivencia de los árboles plantados con esta metodología, sin embargo, a largo plazo se esperó que estos materiales se incorporen al suelo en una etapa de mayor edad dependiendo exclusivamente de los procesos de sucesión ecológica del bosque, el autor recomienda establecer un análisis más detallado en</p>

<b>Eficiencia</b>	<b>Costos</b>	<b>Mantenimiento</b>
<p>describiendo el método empírico Yacouba Sawadogo que se utiliza en la lucha para la desertificación en Burkina Faso en África occidental para tener una base técnica comprobable como estructura medular.</p> <p>En este contexto se pudo diseñar y probar una técnica de renovación puntual de las capas A y O del suelo para que facilite un mejoramiento en el abastecimiento de agua a los acuíferos locales para su posterior manejo integrado que además de eso también es barato y puede aumentar las posibilidades de que los árboles de especies seleccionadas sobrevivan en proyectos de reforestación utilizando microorganismos y controlando la retención de humedad en el suelo (Fernández, 2020).</p>	<p>enmiendas orgánicas (microorganismos eficientes) se calculó un valor de 1,90 USD (Fernández, 2020).</p>	<p>costos por mantenimiento, tomándolo factibilidad para futuros proyectos de reforestación (Fernández, 2020).</p>

**Fuente** *Elaboración propia*

### 3. Metodología.

#### 3.1 Ubicación del área de estudio

La subcuenca del río Teaone se encuentra situada en el país Ecuador, provincia de Esmeraldas, cantón Esmeraldas, conformado por las parroquias Simón Plata Torres urbana, Vuelta Larga rural, Tabiazo rural y Carlos Concha rural, Los límites cardinales son al norte con la ciudad de Esmeraldas, al sur con el cantón Quinindé, al Este con la parroquia rural San Mateo y al Oeste con el cantón Atacames.

En la parte baja de la subcuenca también se encuentra la zona urbana comprendiendo toda la parroquia urbana Simón Plata Torres con una población de 49.000 habitantes, seguida de la transición urbano-rural de la parroquia Vuelta Larga con 3.259 habitantes, entrando en la zona media que se encuentra la parroquia rural de Tabiazo con 2.928 habitantes y en su zona alta o de recarga se encuentra la parroquia rural de Carlos Concha con 2.717 habitantes según el censo poblacional registrado en los planes de ordenamiento territorial (PDOT) de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales y Municipal “GADs” (INEC, 2010).

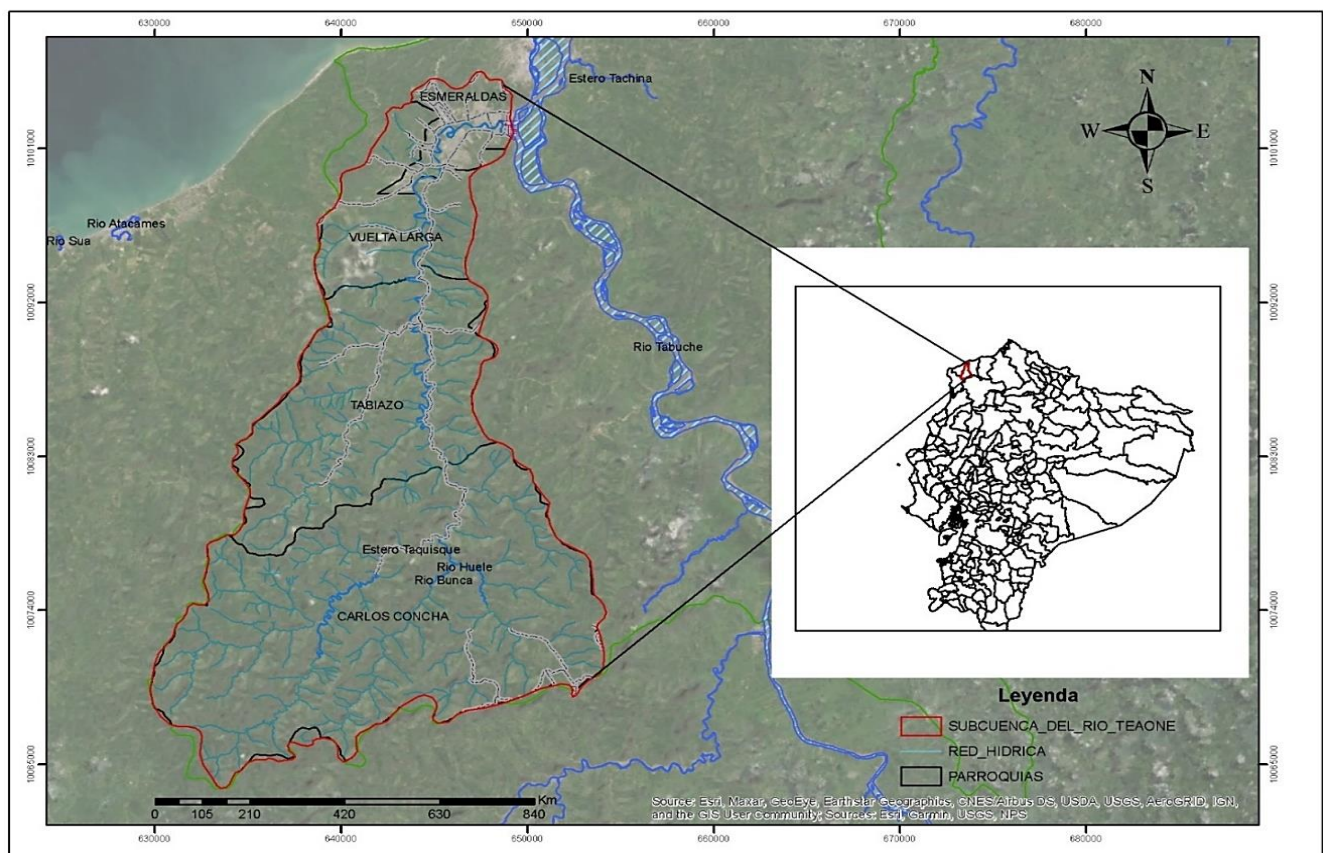


FIGURA 5 Delimitación de la subcuenca del río Teaone en plano de ubicación del Ecuador.

Fuente: Elaboración propia usando metodología Pfafstetter para demarcación hidrográfica utilizando el software ArcMap.



### 3.2 Descripción del área de estudio

El cuadro 2 describe generalidades de la cuenca como la superficie, perímetro, número de población, la longitud del río, el idioma que predomina y los tipos de localidades existentes.

**CUADRO 4** Descripción general de la subcuenca del río Teaone

SUPERFICIE DE LA CUENCA	PERÍMETRO	POBLACIÓN	LONGITUD DEL RÍO	IDIOMA	LOCALIDADES
511,09 Km <sup>2</sup>	127,09 km	57.95 K habitantes	67.42 Km	Español es la lengua nativa	Urbano- Rural

Fuente *Elaboración propia*

#### 3.2.1. Características Físico-Biológicas – Pisos Ecológicos.

Los pisos altitudinales dentro de la subcuenca van desde los 0 msnm hasta los 466 msnm y pendiente máxima de 37.3% según el relieve topográfico trazado a partir de una ruta propuesta en google earth pro.

La geomorfología de la cuenca mayoritariamente corresponde a colinas altas y muy altas, y en una baja proporción a terrazas aluviales. El 83% del territorio tiene pendientes de tipo fuerte a muy fuerte, tal como se muestra en el perfil. (PDOTME, 2022)

**FIGURA 6** Perfil topográfico de la subcuenca del río Teaone.



Fuente *Elaboración propia a partir de Google Earth 2021*

El cantón Esmeraldas posee áreas especiales como la Reserva Ecológica Mache Chindul (REMACH), cuya área de influencia se ubica en la parroquia Carlos Concha, donde se encuentra la zona de recarga del Río Teaone. Es una subcuenca costera, considera por el municipio como un valle donde se desarrolla la actividad agrícola del cantón, con un solo piso ecológico ideal para el desarrollo de las actividades agrícolas como cultivos de cacao, plátano, yuca, maracuyá, etc., plantaciones forestales comerciales de teca, balsa, melina, pachaco y el desarrollo de las actividades pecuarias. También existe un remanente de bosque secundario tipo rastrojo y las áreas más densas de bosque se



encuentran en la zona alta o de recarga. En su área de influencia con la REMACH, esta reserva ecológica se considera como un hotspot del Ecuador en términos de biodiversidad (GADMCE, 2016).

### 3.2.2 Suelos

Los suelos tienen profundidades considerables, hay tiempos periódicos en que sus suelos atraviesan por inundaciones inminentes (época de invierno y verano) en perfiles planos, la textura de los suelos es arcilloso y arenosa. Estos suelos son aptos para el riego con cultivos de alta rentabilidad donde se aplican prácticas de manejo intensivo. Los Suelos en los sectores altos de la parroquia rural Carlos Concha tienen relieves montañosos aptos para fines forestales y no aptos para cultivos, con excepción del café y cacao en zonas de menor pendiente. Estos suelos están fuertemente erosionados, ya que tienen drenaje excesivo, un perfil profundo, relieves muy accidentados y la textura media (Careaga 2005).

En el siguiente mapa se presenta el uso de suelo con datos de MAG del año 2015.

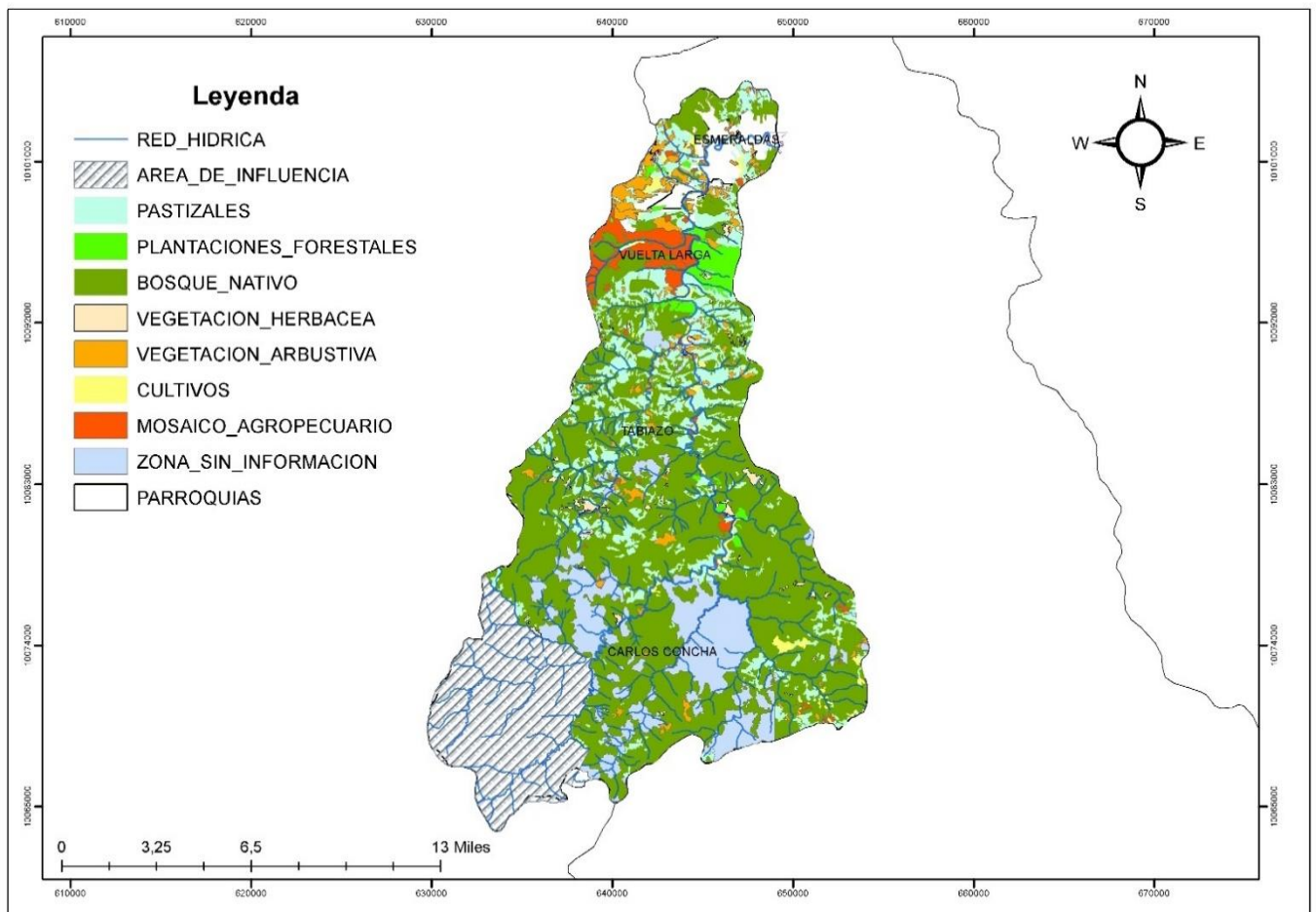


FIGURA 7 Mapa de uso del suelo dentro del área de la cuenca.

Fuente Datos obtenidos de la metadata del ministerio de agricultura y ganadería 2015

### 3.2.3 Clima

La temperatura en la subcuenca oscila entre los 25° a 27° C. La precipitación promedio anual oscila entre 296 y 904 mm en (período 2007-2014) con una temporada de lluvias (invierno) entre enero y mayo y una estación seca (verano) entre junio y diciembre, que provoca dos períodos de alta y bajos niveles de agua en el río Teaone mientras que la precipitación anual en las cabeceras puede alcanzar hasta más de 2500-3000 mm. (Molinero et al. 2018)

## 4. Procedimientos metodológicos

A continuación, se presentan los pasos, herramientas y metodologías que se ejecutaron para el cumplimiento de cada objetivo específico planteado en la investigación.

### 4.1 Objetivo Específico 1: Determinar las especies vegetales nativas para prácticas de reforestación desde un enfoque de conservación de suelo y agua proponiendo su combinación con la tecnología Nendo Dango o Seedballs en áreas degradadas de la zona de alta.

Para antes de desarrollar este objetivo, en el marco de la investigación fue necesario conocer la situación en base a las áreas degradadas entendiéndose este término como el cambio (perturbaciones) en la superficie de cobertura vegetal a no vegetal dentro de la subcuenca del río Teaone. (Hansen et al. 2013)

La información requerida por entidades que manejan esta temática y datos fue nula o escasa, sin embargo, para determinar el alcance de la investigación fue preciso conocer este antecedente de área degradada.

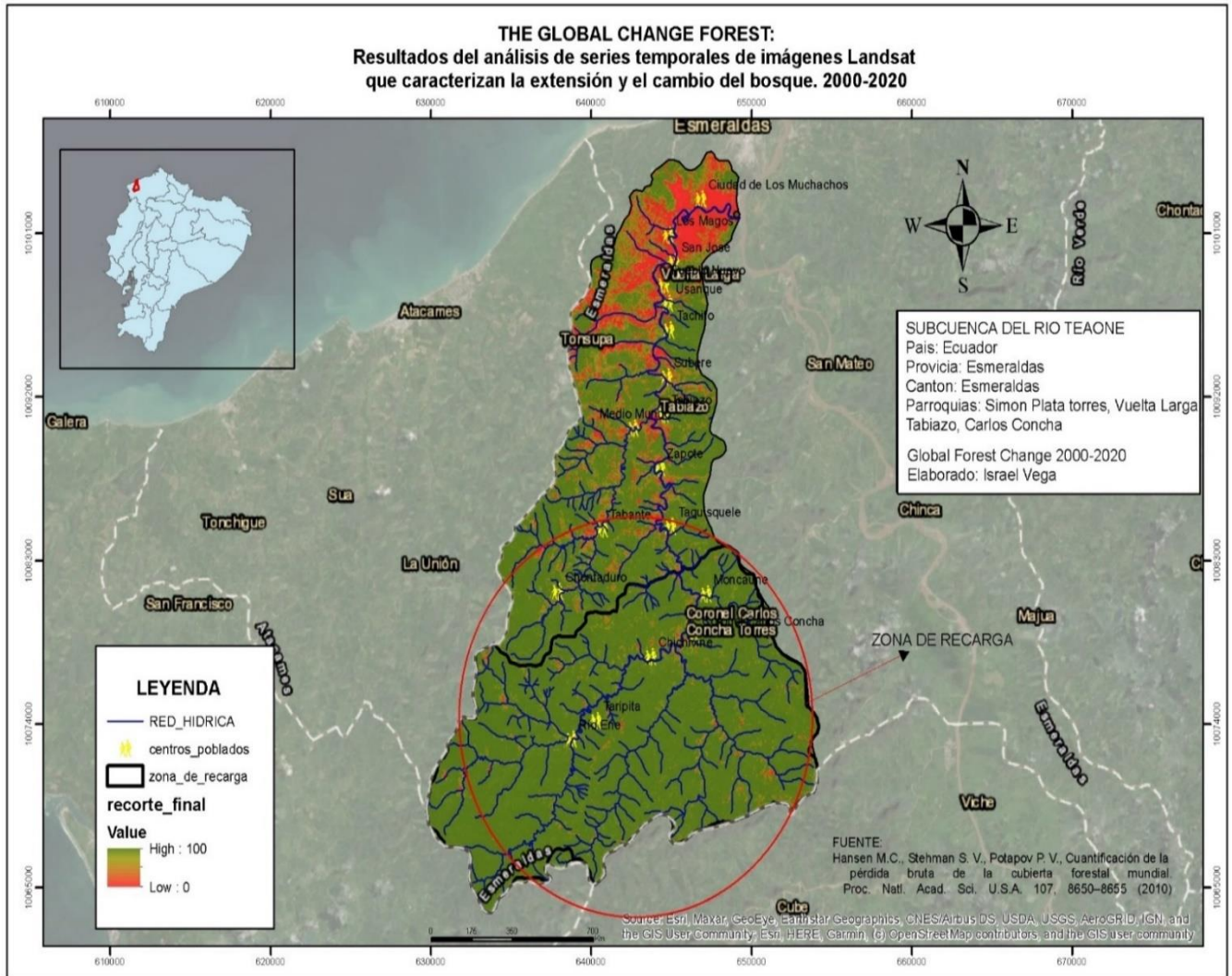
En el contexto de subcuenca Teaone se analizaron datos de la plataforma “Global Forest Change” del laboratorio “Global Land Analysis and Discovery” (GLAD) de la Universidad de Maryland, en asociación con “Global Forest Watch” (GFW) que procesaron datos obteniendo resultado sobre estudios de series temporales de imágenes Landsat que se caracterizan por la extensión y cambio de la cobertura vegetal lo que resulta indicado para evaluar los posibles sitios potenciales a aplicar prácticas de reforestación.

Los árboles se definen como vegetación de más de 5 m de altura y se expresan como un porcentaje por celda de la cuadrícula de salida. La "pérdida de cobertura vegetal" se define como una perturbación por reemplazo de rodales, o un cambio de un estado cobertura vegetal a no vegetal, durante una sucesión estacional de 2000-2020. (Hansen et al. 2013)

En el mapa a continuación se presentan plasmados a primera vista los niveles de áreas degradadas donde el “color rojo” básicamente representa zonas altamente degradadas.

Desde la subcuenca media hasta la subcuenca baja se logra apreciar que son las zonas con mayor afectación, debido a que las densidades poblacionales (zona urbana con 50k de habitantes) son mayores y esto conlleva a una mayor actividad antrópica (industrias, actividad agropecuaria), como se evidencia en la zona baja por el urbanismo. (Hansen et al. 2013).

El círculo rojo indica que es allí donde se sitúa la zona de recarga o subcuenca alta (Carlos Concha), donde se calculó el tamaño de áreas degradadas ya que esto representa el enfoque del estudio.



**FIGURA 8** Mapa de áreas degradadas en la subcuenca del río Teaone 2000-2020.

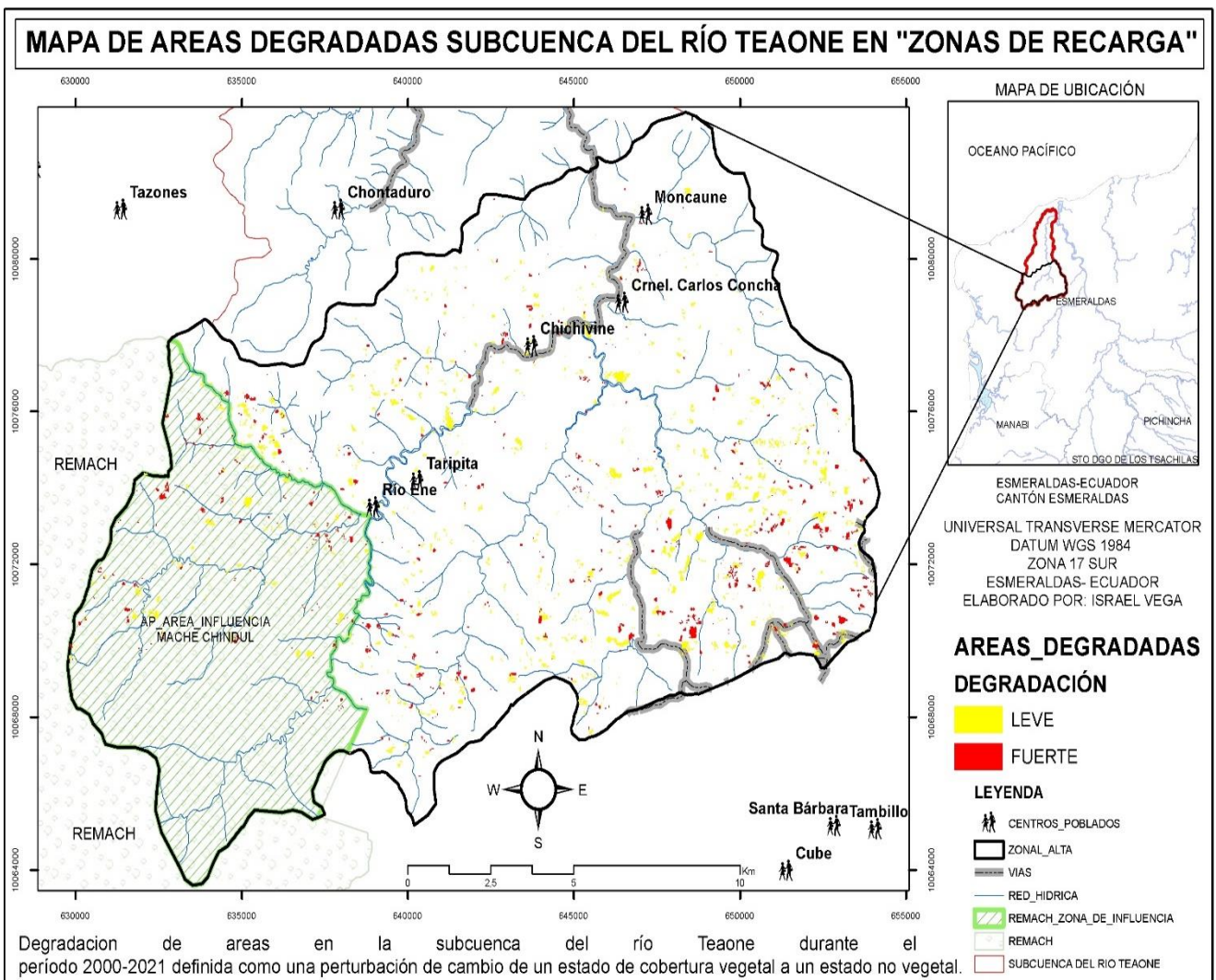
**Fuente** Hansen et al. (2013)

Vectorizando los resultados ráster de la metodología (Hansen et al, 2013). Se pudo analizar la superficie de 637,24 hectáreas de áreas degradadas, indicando en colores rojos como degradación

“fuerte” y amarillo como degradación “leve” cuya información corresponde a la data y posterior análisis de imágenes satelitales “Landsat” en un lapso de 20 años (2000 a 2020) (Hansen et al., 2013).

Convirtiendo la información ráster a vector UTM WGS84 con el fin de manejar superficies, ajustando el enfoque hacia la zona de recarga. Se reclasifico los datos por medio de los valores en la tabla de atributo del software GIS aplicado, teniendo como resultado dos tipos de degradación entre leve y fuerte.

Donde los rojos representan las perturbaciones más intensas “fuertes”, esto es debido a que en esta área se establece la cabecera parroquial rural de Carlos Concha lo que corresponde a mayor concentración de actividad antrópica, trayendo consigo un incremento en la actividad agropecuaria y sus malas prácticas, la población en esta zona alcanza las 3000 personas. (INEC, 2010)



**FIGURA 9** Mapa de áreas degradadas en la zona de recarga de la subcuenca del río Teañone 2000-2021.

Fuente Hansen et al. (2013)



El área de influencia de la REMACH cuenta con una superficie de 72,89 km<sup>2</sup> como se presenta en el mapa con el contorno color verde, esta se encuentra al oeste y representa el 25,7% del total de la superficie de la zona de alta de la subcuenca del río Teaone. Se identificaron 5 centros poblados tomando como relevancia la cabecera parroquial “Cnel. Carlos Concha” como base para la planificación de todos los objetivos del TDG.

Teniendo el alcance de la investigación se procedió a planificar en dos etapas lo referente a la selección de especies.

La primera etapa de este objetivo consistió en la identificación de las especies adecuadas para la reforestación y la segunda etapa sobre el recorrido en los puntos de muestreos en la zona de recarga del río Teaone.

**CUADRO 5** Etapas para determinar las especies vegetales en la zona de recarga o parte alta de la subcuenca del río Teaone.

<b>ETAPAS PARA LA SELECCIÓN DE ESPECIES VEGETALES</b>	
<b>ETAPA DE GABINETE I</b>	<b>ETAPA DE CAMPO II</b>
<p>Como estructura medular en la identificación de especies se utilizó la tabla de levantamientos de individuos de bosques riparios denominada como “Caracterización de la calidad ecológica del bosque de ribera de los ríos Teaone, Atacames, Súa y estero Sálima.” Se ejecutó un análisis preliminar de la tabla de clasificación de la vegetación riparia (tabla 1). (Martínez 2018).</p> <p>Las especies se seleccionaron de acuerdo con las formas de vidas requeridas como A: Árbol; a: Arbusto; H: Planta herbácea. (Martínez 2018).</p>	<p>Se recorrió las coordenadas de las estaciones de muestreo en la zona alta de la cuenca del río Teaone denominado “T6 X=0645653 Y=10078790” “T7 X=0640947 Y=10075365”, siguiendo las coordenadas UTM del trabajo de investigación en bosques riparios de la subcuenca del río Teaone, para la posterior identificación de las especies de interés, donde se ubicó sitios potenciales en términos de recolección de semillas. (Martínez 2018).</p>
<b>CONSECUENCIAS ETAPA I</b>	<b>CONSECUENCIAS ETAPA II</b>
<p>Se seleccionaron 5 especies forestales, 3 especies arbustivas y 2 herbáceas precisas en materia de recarga hídrica, conservación del suelo, biodiversidad y la cuales serían usadas en las practicas a bajo costo de reforestación “Nendo Dango o Seedballs”.</p> <p>Estas especies se describen individualmente en el apartado de selección de especies.</p> <p>El enfoque de conservación de suelo y regulación hídrica se estructuro en la selección de varias familias.</p>	<p>En el recorrido por los puntos “T6” y “T7” demostraron la existencia de las especies nativas seleccionas, también se determinaron potenciales sitios para recolectar semillas esto dado por la presencia de árboles con características plus.</p>

**Fuente** *Elaboración propia*

La tabla a continuación fue utilizada como guía para la selección de especies vegetales, especies que fueron identificadas en los muestreos dentro de las subcuencas del Teaone, Atacames, Súa, Salima (Martínez 2018).

CUADRO 6 Clasificación de la vegetación riparia identificada en la zona alta, media y baja de los ríos Atacames, Súa, Teaone y estero Sálima, con su respectiva forma de vida y origen.

CLASE	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	SUBCUENCAS				FORMAS DE VIDA	ORIGEN
				Teaone	Atacames	Súa	Salima		
Magnolisida	Acanthaceae	<i>Ruellia</i>	<i>Ruellia coerulea</i>			X		H	NA
	Aizoaceae	<i>Trianthema</i>	<i>Trianthema portulacastrum</i>	X				H	NA
	Amaranthaceae	<i>Achyranthes</i>	<i>Achyranthes aspera</i>				X	H	NA
			<i>Amarantus</i>	<i>Amarantus dubius</i>	X			H	NA, NZR
			<i>Amarantus hybridus</i>			X		H	NA
	Amaryllidaceae	<i>Crinum</i>	<i>Crinum americanum</i>				X	H	IP, NZR
	Anacardiaceae	<i>Mangifera</i>	<i>Mangifera indica</i>		X	X	X	A	IP, IZR
		<i>Spondias</i>	<i>Spondias purpurea</i>			X	X	A	IP, IZR
	Apocynaceae	<i>Asclepias</i>	<i>Asclepias curassavica</i>	X	X	X	X	H	NA, NZR
	Asteraceae	<i>Eclipta</i>	<i>Eclipta prostrata</i>			X		H	NA, NZR
		<i>Parthenium</i>	<i>Parthenium hysterophorus</i>	X		X	X	H	NA
		<i>Sphagneticola</i>	<i>Sphagneticola trilobata</i>	X				H	NA
		<i>Tagetes</i>	<i>Tagetes erecta</i>	X				H	NA
		<i>Tilesia</i>	<i>Tilesia baccata</i>	X				H	NA
	Bignoniaceae	<i>Tecoma</i>	<i>Tecoma castanifolia</i>				X	a	NA
	Boraginaceae	<i>Cordia</i>	<i>Cordia alliodora</i>			X	X	A	NA
			<i>Cordia lutea</i>		X	X		a	NA

CLASE	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	SUBCUENCAS				FORMAS DE VIDA	ORIGEN
				Teaone	Atacames	Súa	Salima		
		<i>Heliotropium</i>	<i>Heliotropium angiospermum</i>				X	H	NA
	Campanulaceae	<i>Hippobroma</i>	<i>Hippobroma longiflora</i>		X	X	X	H	IP, NZR
	Celastraceae	<i>Hippocratea</i>	<i>Hippocratea volubilis</i>	X			X	H	NA
	Commelinaceae	<i>Commelina</i>	<i>Commelina diffusa</i>	X				H	NA
	Convolvulaceae	<i>Convolvulus</i>	<i>Convolvulus siculus</i>	X				H	IP, NZR
		<i>Dichondra</i>	<i>Dichondra micrantha</i>	X				H	NA, NZR
		<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea batatas</i>	X				H	NA
			<i>Ipomoea ochracea</i>	X				H	IP, NZR
		<i>Merremia</i>	<i>Merremia macrocalyx</i>	X				H	NA
		<i>Turbina</i>	<i>Turbina abutiloides</i>		X		X	H	NA
	Cucurbitaceae	<i>Momordica</i>	<i>Momordica charantia</i>	X		X	X	H	IP, NZR
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>Euphorbia cyathophora</i>	X				H	NA
		<i>Ricinus</i>	<i>Ricinus communis</i>	X		X	X	a	IP, NZR
	Fabaceae	<i>Centrosema</i>	<i>Centrosema molle</i>		X			H	NA
		<i>Inga</i>	<i>Inga edulis</i>		X	X		A	NA, NZR
		<i>Phaseolus</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	X	X	X		H	NA
		<i>Zygia</i>	<i>Zygia longifolia</i>	X	X	X		A	NA, NZR
	Flacourtiaceae	<i>Muntingia</i>	<i>Muntingia calabura</i>	X	X	X	X	A	NA
	Lamiaceae	<i>Hyptis</i>	<i>Hyptis capitata</i>	X	X	X		H	NA
		<i>Ocimum</i>	<i>Ocimum basilicum</i>				X	H	IP, IZR
	Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>Persea americana</i>	X	X		X	H	NA, IZR
	Malpighiaceae	<i>Hiraea</i>	<i>Hiraea sp</i>			X		H	NA
	Malvaceae	<i>Malvastrum</i>	<i>Malvastrum</i>				X	H	NA
		<i>Theobroma</i>	<i>Theobroma cacao</i>		X	X	X	A	NA, IZR
		<i>Albizia</i>	<i>Albizia multiflora</i>		X			A	NA, IZR
		<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa pigra</i>	X	X		X	a	NA
		<i>Pseudosamanea</i>	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	X				A	NA, NZR

CLASE	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	SUBCUENCAS				FORMAS DE VIDA	ORIGEN
				Teaone	Atacames	Súa	Salima		
	Moraceae	<i>Artocarpus</i>	<i>Artocarpus altilis</i>	X		X		A	IP, IZR
		<i>Maclura</i>	<i>Maclura tinctoria</i>	X		X		A	NA
		<i>Morus</i>	<i>Morus alba</i>		X			A	IP, IZR
	Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>Psidium guajava</i>				X	A	
	Onagraceae	<i>Ludwigia</i>	<i>Ludwigia peploides</i>	X				H	NA
	Passifloraceae	<i>Passiflora</i>	<i>Passiflora edulis</i>		X			H	NA, IZR
	Petiveriaceae	<i>Petiveria</i>	<i>Petiveria alliacea</i>			X		H	NA
	Piperaceae	<i>Peperomia</i>	<i>Peperomia pellucida</i>				X	H	NA
		<i>Piper</i>	<i>Piper umbellatum</i>	X	X	X	X	H	NA, NZR
	Plantaginaceae	<i>Scoparia</i>	<i>Scoparia dulcis</i>	X			X	H	NA
	Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>Polygonum acuminatum</i>	X				H	NA
	Rubiaceae	<i>Geophila</i>	<i>Geophila macropoda</i>			X		H	NA
		<i>Mitracarpus</i>	<i>Mitracarpus hirtus</i>	X				H	NA
		<i>Citrus</i>	<i>Citrus limon</i>			X		A	IP, IZR
			<i>Citrus paradisi</i>		X	X		A	IP, IZR
	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum</i>			X	X	a	NA, NZR
	Sterculiaceae	<i>Guazuma</i>	<i>Guazuma ulmiflora</i>		X		X	A	NA
	Turneraceae	<i>Turnera</i>	<i>Turnera diffusa</i>	X				a	NA
	Urticaceae	<i>Laportea</i>	<i>Laportea aestuans</i>	X		X		H	IP, NZR
	Verbenaceae	<i>Priva</i>	<i>Priva lappulacea</i>				X	H	NA
<i>Verbena</i>		<i>Verbena litoralis</i>			X		H	NA, NZR	
Liliopsida	Araceae	<i>Xanthosoma</i>	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>		X	X		H	NA
	Cyclanthaceae	<i>Carludovica</i>	<i>Carludovica palmata</i>		X	X		H	NA
	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus luzulae</i>		X	X			NA, NZR
			<i>Cyperus odoratus</i>	X	X		H	D, AD, NZR	
	Heliconiaceae	<i>Heliconia</i>	<i>Heliconia latispatha</i>			X		H	NA, NZR
	Marantaceae	<i>Thalia</i>	<i>Thalia geniculata</i>		X	X		H	NA, NZR
	Musaceae	<i>Musa</i>	<i>Musa paradisiaca</i>	X	X	X	X	H	IP, IZR
	Poaceae	<i>Brachiaria</i>	<i>Brachiaria humidicola</i>		X	X		H	IP, IZR
<i>Cynodon</i>		<i>Cynodon dactylon</i>	X			X	H	IP, IZR	



CLASE	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	SUBCUENCAS				FORMAS DE VIDA	ORIGEN
				Teaone	Atacames	Súa	Salima		
		<i>Panicum</i>	<i>Panicum maximum Jacq.</i>	X	X	X		H	IP, IZR
		<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>		X	X	X	H	IP, IZR
	Zingiberaceae	<i>Hedychium</i>	<i>Hedychium coronarium</i>				X	H	IP, NZR
Polypodiales	Davalliaceae	<i>Nephrolepis</i>	<i>Nephrolepis pendula</i>			X		H	NA
	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>		X	X	X	H	D, AD, IZR
	Tectariaceae	<i>Tectaria</i>	<i>Tectaria polymorpha</i>			X		H	IP, NZR
Forma de vida: A: Árbol; a: Arbusto; H: Planta herbácea; Origen: NA: Nativa del continente americano; IP: Introducida al país; NZR: Nativa de zonas de ribera; IZR: Introducida de zonas de ribera; D: Desconocido; AD: Amplia Distribución									

Fuente Martínez (2018).

#### 4.1.1 Selección de especies vegetales para prácticas de reforestación “Nendo Dango o Seedballs”.

Se seleccionaron 10 especies en total, 5 especies forestales (A), 3 arbustivas (a) y 2 herbáceas (H), a las cuales se les describe brevemente características de interés para la práctica de restauración.

**Nombre Científico:** *Cordia Alliodora* (A)

**Nombre común:** Laurel

**CUADRO 7** Especie forestal *Cordia Alliodora*

Características	Descripción
<b>Distribución</b>	Desde México hasta Bolivia y en las Antillas. En América del Sur se desarrolla tanto en la costa como en la región amazónica. Se desarrolla en 0 a 1000 msnm. Llega a medir hasta los 30 metros.
<b>Generalidades</b>	De uso maderable, es una especie pionera en términos de sucesión ecológica.

**Fuente** Lajones et. al (2018)

**Nombre Científico:** *Zygia Longifolia* (A)

**Nombre común:** Chiparo

**CUADRO 8** Especie forestal *Zygia Longifolia*

Características	Descripción
<b>Distribución</b>	Se encuentra en regiones de Suramérica entre los 0 a 1400 msnm, además crece rápidamente en suelos arenosos y limosos, es decir, que se encuentra en bosques húmedos y muy húmedos. Llegando a medir 25m de altura.
<b>Generalidades</b>	Es muy útil en materia ecológica por restaura los cauces fluviales. Al ser una especie fijadora de nitrógeno, contribuye en la recuperación de suelos. Contribuye de manera positiva en procesos hidrológicos.

**Fuente** González et. al (2006)

**Nombre Científico:** *Pseudosamanea Guachapele* (A)

**Nombre común:** Guachapeli

**CUADRO 9** Especie forestal *Pseudosamanea guachapele*

Características	Descripción
<b>Distribución</b>	Especie de planta arbórea nativa, se encuentra entre los 30-1500 metros de altitud.
<b>Generalidades</b>	Es usada comúnmente en procesos de restauración ecológica como especie pionera intermedia, para alimento y hábitat de fauna silvestre y recuperación de suelos y/o áreas degradadas.

**Fuente** Balieiro et. al (2004)

**Nombre Científico:** *Psidium Guajava* (A)

**Nombre común:** Guayaba

**CUADRO 10** Especie Forestal *Psidium guajava*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Distribución</b>	Es un árbol pequeño natural de América tropical que se ha asilvestrado en otras zonas tropicales del planeta desde los 100 hasta los 1500 msnm.
<b>Generalidades</b>	Ideal como un producto forestal no maderable por su fruto servible para garantizar la presencia de biodiversidad en aves y mamíferos y aportar en parte a la seguridad alimentaria del sitio.

**Fuente** Figueroa et. al (2010)

**Nombre Científico:** *Cecropia Peltata* (A)

**Nombre común:** Yarumo

**CUADRO 11** Especie Forestal *Cecropia Peltata*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Distribución</b>	De 0 a 2000 msnm es muy común en climas cálidos y laderas montañosas.
<b>Generalidades</b>	Presenta simbiosis con unas agresivas hormigas arborícolas, que se alojan en sus ramas huecas. Es de crecimiento rápido, sus raíces son superficiales y su vida es corta. Es un árbol típico de la vegetación pionera, crece en los rastrojos, por lo que es ideal para proyectos de reforestación.

**Fuente** Toapanta et. al (2019)

**Nombre Científico:** *Tecoma castanifolia* (a)

**Nombre común:** Tecoma amarilla

**CUADRO 12** Especie Arbustiva *Tecoma Castanifolia*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Distribución</b>	Por las costas de países centro y sur americanos y bajo la falda de las cordilleras de los andes, es de tipo arbustivo, se desarrolla de 0 a 1600 msnm.
<b>Generalidades</b>	Arbustiva es muy importante en el nicho ecológico de varios insectos polinizadores especialmente de especies de abejas atraídas por sus flores. Siendo una melífera importante.

**Fuente** Dalio (2021)

**Nombre Científico:** *Turnera diffusa* (a)

**Nombre común:** Damiana

**CUADRO 13** Especie Arbustiva *Turnera diffusa*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Distribución</b>	Se extiende desde California a México hasta América del Sur, de 0 a 1500 msnm. Es un arbusto aromático perenne, caracterizado por presentar una altura máxima de 2 metros.
<b>Generalidades</b>	Tiene particularidades sobre su uso en medicina en varias regiones de América del sur. Se vende a nivel comercialmente para infusiones de té.

**Fuente** Camargo & Vilegas (2008)

**Nombre Científico:** *Mimosa Pigra* (a)

**Nombre común:** Mimosa

**CUADRO 14** Especie Arbustiva *Mimosa Pigra*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Distribución</b>	Arbusto leguminoso, que puede alcanzar más de 6 m de altura. En las costas por debajo de los 1200 msnm.
<b>Generalidades</b>	Se usa como abono verde, cobertura de cultivos y delimitación de linderos. Contribuye a la conservación y recuperación de suelos.

**Fuente** Gómez (2002)

**Nombre Científico:** *Centrosema molle* (H)

**Nombre común:** Campanilla

**CUADRO 15** Especie Herbácea *Centrosema molle*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Distribución</b>	Planta herbácea se establece de los 200 a los 1600 msnm en países del neotrópico.
<b>Generalidades</b>	Leguminosa nativa y atractiva es una forrajera importante.

**Fuente** Guenni (2017)

**Nombre Científico:** *Phaseolus vulgaris* (H)

**Nombre común:** Frijol silvestre

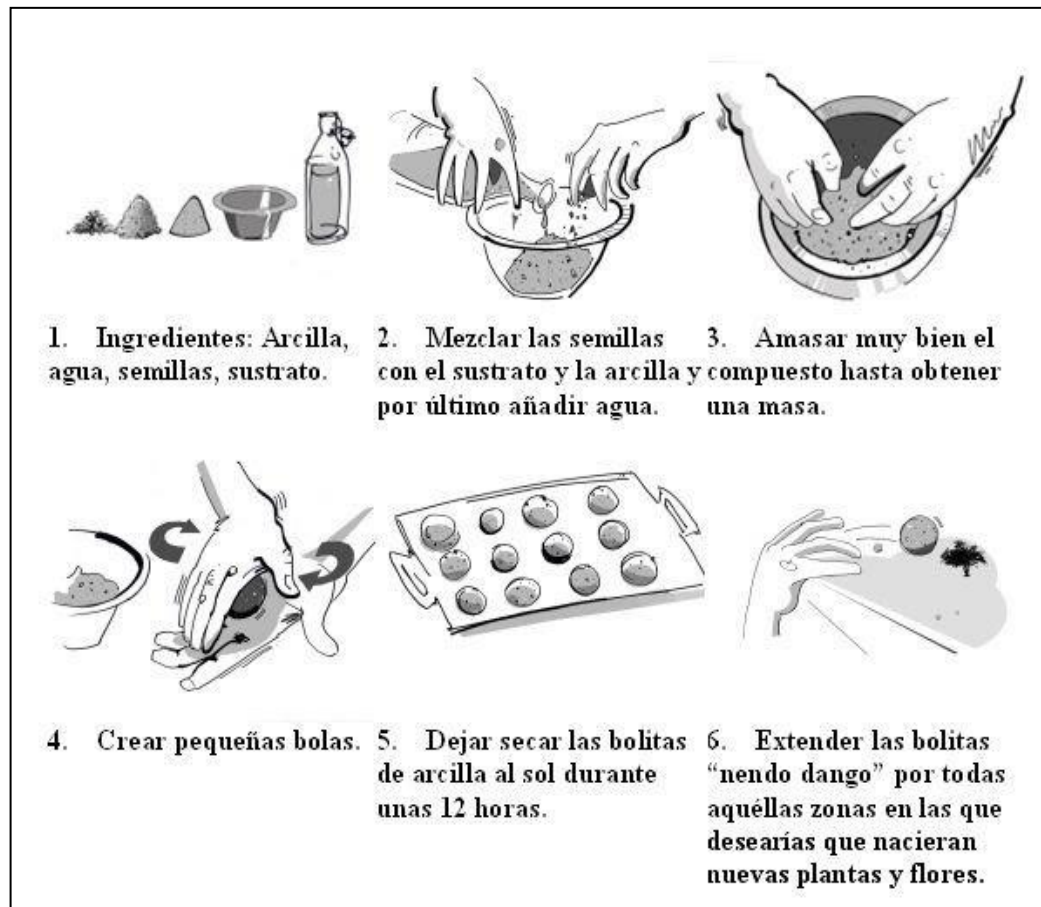
**CUADRO 16** Especie Herbácea *Phaseolus vulgaris*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Distribución</b>	Planta herbácea que presenta sus legumbres diversos tamaños y colores originaria de América central y América del Sur.
<b>Generalidades</b>	Su ciclo de vida silvestre será corto en un promedio de 170 días, durante este tiempo habrá fertilizado de forma natural el suelo por su alta capacidad de simbiosis con bacterias y hongos fijadores de nitrógeno preparándolo para los estratos arbustivos y forestales. Mayormente el aprovechamiento del fruto atraerá a fauna entre mamíferos y aves. Se propagará con el plan de trabajo de la metodología seedballs para generar el cambio de cobertura vegetal en áreas degradadas. Genera retención de humedad por su forraje y también el mejoramiento del suelo.

**Fuente** Erazo (2005)

- **Tecnología de reforestación “Seedballs” o “Nendo Dango” y su aplicación en la zona de recarga de la subcuenca del río Teaone.**

Posterior a la selección de especies, se pretende establecer su propagación mediante la metodología “Nendo Dango o Seedballs” la cual consiste en el preparado de sustrato mayormente suelo arcilloso, tipo lodo humedecido con agua introduciendo las semillas requeridas (A-a-H), como se muestra en la siguiente imagen (Bueno 2015).



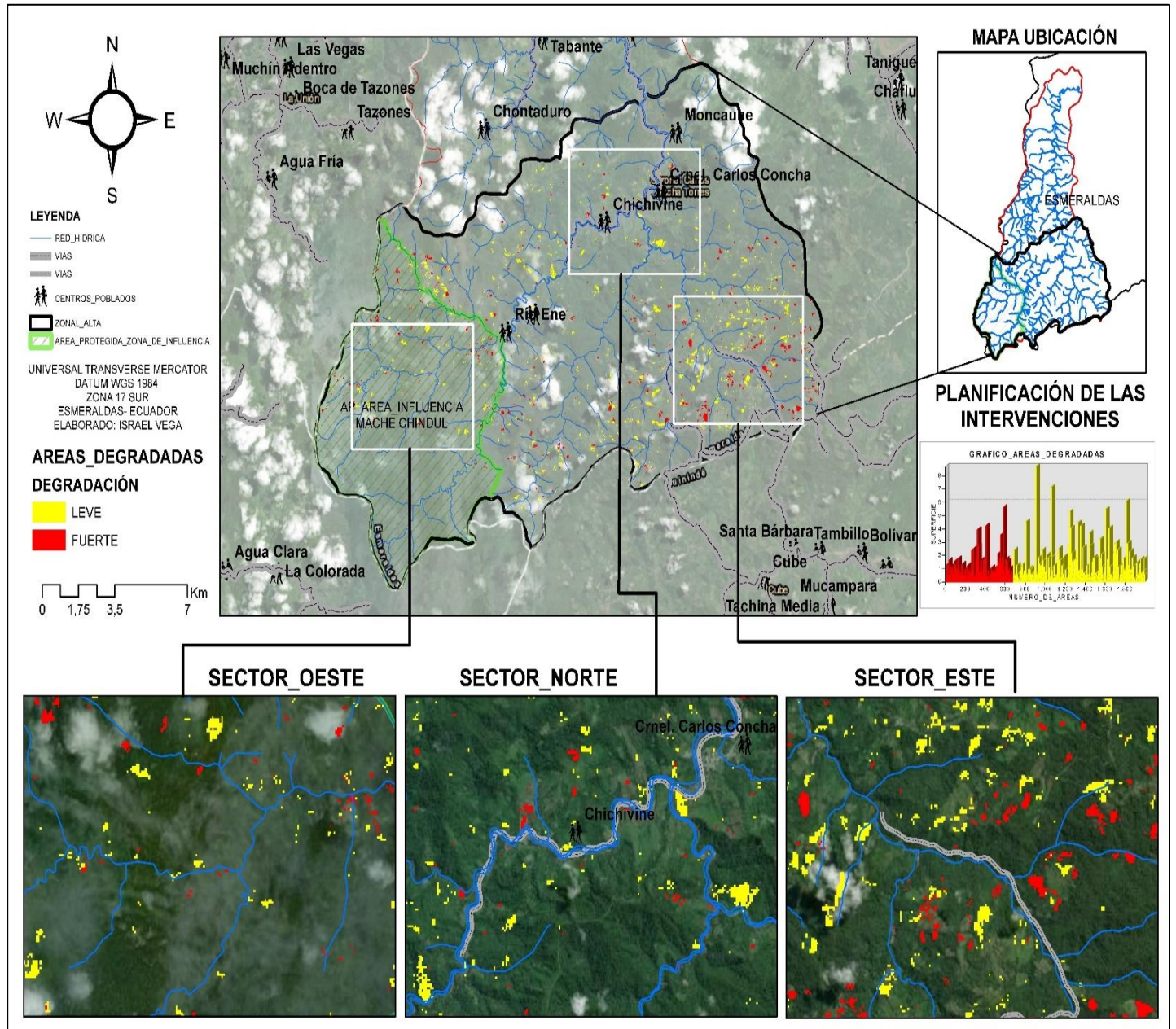
**FIGURA 10** Pasos para el establecimiento de la metodología “Nendo Dango”

**Fuente** Bueno (2015)

Estas bolas Nendo Dango, serían esparcidas en el área de recarga donde se determinaron sitios mayormente afectados por perturbaciones antrópicas que tienden hacia la degradación o erosión del suelo como se presenta en la (Figura 9), mayormente en áreas señaladas por la ley como “zonas de

protección permanente” de la subcuenca del río Teaone. Con el fin de aumentar la cobertura vegetal y los beneficios hídricos y aportar en la restauración de esas áreas.

Se eligieron tres sectores estratégicos de la zona de recarga que se denominaron sector Oeste, sector Norte y sector Este. Cuya intención es poder abordar la problemática en términos más integrales.



**FIGURA 11.** Mapa de sectores de interés para propagación de los elementos de Seedball.

El sector oeste, es el sector con menos afectación en el marco de áreas degradadas ya que se encuentra dentro de la zona de influencia que posee el estatus de reserva ecológica por lo que los efectos de la presión demográfica son menores. En el sector Norte se ubica la cabecera parroquial de

Carlos Concha, tiene presencia de áreas degradadas en cantidades significativas y con leves afectaciones hacia ecosistemas riparios es un sector importante en materia hídrica formándose el río de primer orden, en el sector Este existe mayor densidad de áreas degradadas debido a que la mayoría de los sistemas productivos en consecuencia actividad agrícola y pecuaria se sitúan en el Este teniendo mayor accesibilidad e infraestructura vial desde el cantón Quinindé donde se comercializan mayormente los productos, sin embargo en dicho sector no hay que interferir con los cultivos alimentarios esparciendo Bolas de Semillas a través de los campos agrícolas.

**•Flujograma, costos de implementación y cronograma de la metodología Nendo Dango o Seedball en escenarios de intervención.**

Las bombas y discos de Nendo Dango o seedballs son baratas, estarían dimensionadas de 3 a 3,5 cm de diámetro también estarían compuestas de 75% arcilla (suelo fino cernido) y 25% humus (sustrato orgánico tierra negra), por una hectárea de área degradada la densidad de bombas y discos estaría dada en 250/Ha, representada en un distanciamiento de 5m de largo \* 8m de ancho = 40m<sup>2</sup> por bomba o disco esto con tal de evitar la superposición de plantas al momento de la germinación y posterior crecimiento de estas. El recubrimiento de arcilla como bola o platillo ayuda a proteger las semillas de depredadores como aves, roedores e insectos también de temperaturas extremas hasta que llegan las precipitaciones, una vez empapadas, la bola o platillo de arcilla ayudará a retener y prolongar un ambiente húmedo alrededor de la semilla para fomentar la germinación.

Esta actividad tiene que ser realizada en etapa invernal preferiblemente ya que la humedad sería la causa de la germinación de las semillas a partir del aprovechamiento de las primeras precipitaciones esto sería el activador para que las bombas cumplan con su objetivo de cambiar las condiciones de suelo y vegetación en el sitio donde se propagan.

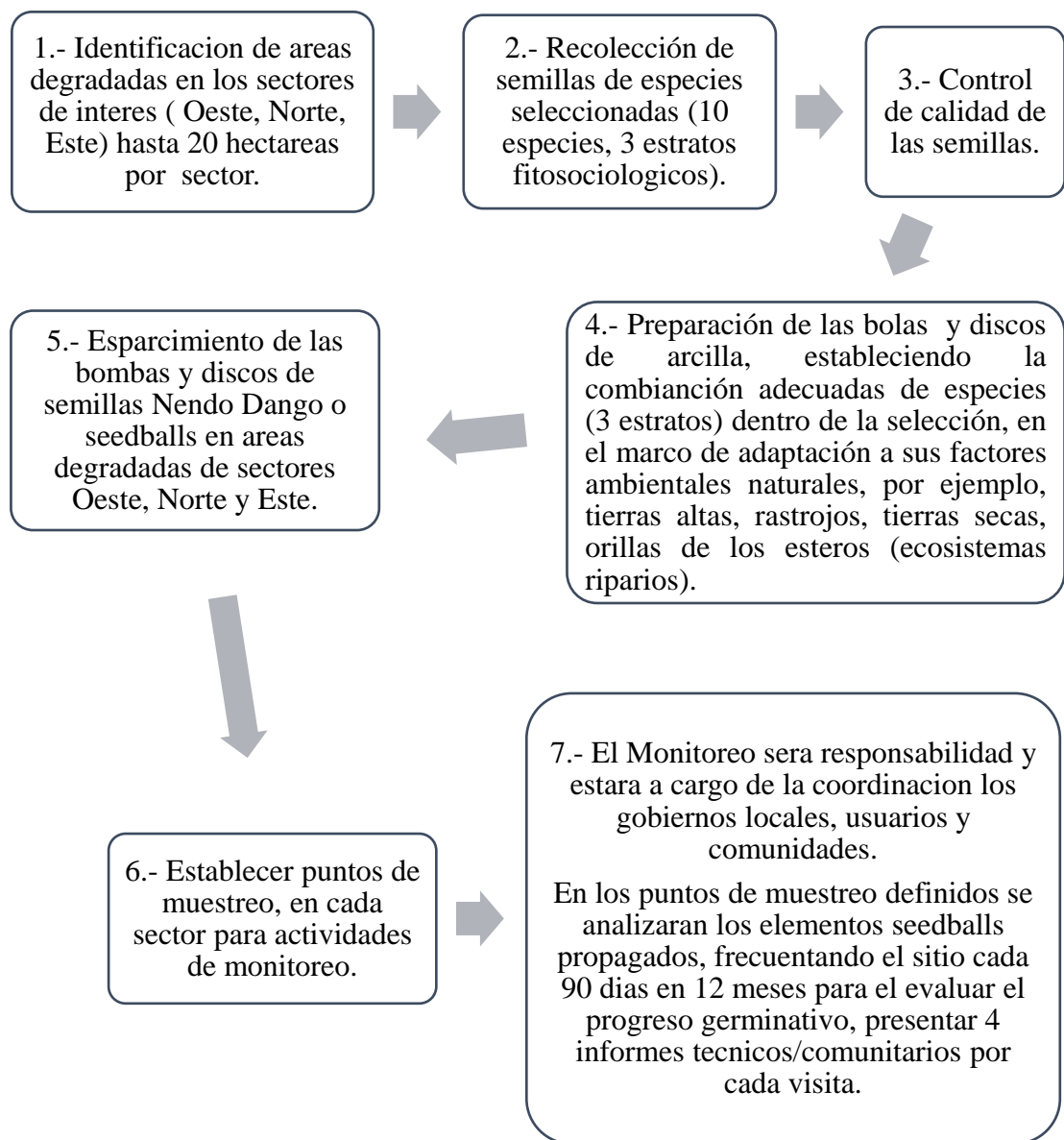
Se organizarían 20 hectáreas de intervención con Seedball por cada sector, en total 60 Ha a intervenir (Oeste, Norte, Este).

Esta metodología no requiere de trabajos de labranzas previos o preparación del terreno antes de la propagación, tampoco requiere de labores culturales en el tiempo una vez que se hayan propagado, en el futuro no se necesitara raleos ya que el objetivo de esta siembra no convencional es potencializar los procesos de sucesión del bosque para garantizar el aumento de la cobertura vegetal en las áreas degradadas identificadas. Estos sitios de propagación dentro de los sectores tienen que ser adecuados para que después de la germinación las plántulas puedan prosperar y desarrollarse. No hay que propagarlas en áreas con condiciones obvias de crecimiento inadecuado es decir si no hay suficiente agua, luz y no hay suelos obvios (condiciones apropiadas) para que las plantas se enraícen, lo más probable es que eventualmente mueran es un punto muy importante a tener en cuenta.

Una vez propagada los elementos de Seedball en los sectores se tomarían puntos georreferenciados para establecerlos como sitios de muestreo que sirvan como herramienta para monitorear el proceso cada 90 días durante 12 meses (4 veces al año).



Tratando de incorporar ideas principales fundamentales de la experiencia del caso en Kenya-África donde ya se utiliza este mecanismo, con la diferencia en la base de sustrato en carbón reciclado (elemento que vuelve el proyecto sustentable) para que las seedballs propagadas en cualquier época estacional puedan estar sin sufrir daño ya que este material es rechazado por la fauna que tiene en su dieta semillas, aguardan hasta aprovechar las precipitaciones y germinar logrando así reforestar y forestar miles de hectáreas erosionadas en Kenya.



**FIGURA 12** Flujograma de la técnica que se emplearía en la restauración de los espacios degradados en la zona de recarga de la subcuenca del río Teane.



**CUADRO 17** Costos de las prácticas por sector de reforestación “Nendo Dango o Seedball” para 20 hectáreas con 5000 unidades de bomba.  
Los costos totales serán multiplicados para cada sector.

<b>Materiales /Tareas /Actividades</b>	<b>Cantidades/ Unidades</b>	<b>Mano de obra</b>
<b>Fase 1:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración, identificación y georreferenciación de áreas degradadas abarcando una superficie de 20 hectáreas fomentando el área vacante degradada .<sup>1</sup></li> </ul>	1 personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$15 dólares el jornal/ 1 día de trabajo.</li> </ul>
<b>Fase 2:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de semillas de árboles, arbustos y plantas herbáceas. Seleccionas.<sup>2</sup></li> </ul>	3 personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$15 dólares el jornal/ 2 día de trabajo.</li> </ul>
<b>Fase 3:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo arcilloso. (suelo fino) 75%.<sup>3</sup></li> </ul>	<b>1m<sup>3</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$15 dólares el jornal/ 1 día de trabajo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo orgánico (sustrato orgánico) 25%<sup>3</sup></li> </ul>	1 persona <b>1/2m<sup>3</sup></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de la masa para obtener las “bombas (partes planas) y discos (partes pendientes)”<sup>4</sup></li> </ul>	3 personas	
<b>Fase 4:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traspotación de las “bombas” Nendo dango” hacia el sitio.<sup>5</sup></li> </ul>	3 personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$15 dólares el jornal/ 1 día de trabajo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propagación de las seedballs en sitios de interés y establecer sitios de muestreo para futuro monitoreo.<sup>5</sup></li> </ul>		

<b>Fase 5:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo de los puntos de muestreo cada 90 días por 12 meses.<sup>6</sup></li> </ul>	4 personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$75 dólares el día de trabajo de 1 técnico/ \$15 el jornal del día para 3 trabajadores (comunidad) / 4 veces al año.</li> </ul>
<b>Total</b>		<b>USD\$ 690</b>

<sup>1</sup>Una personas se encargarán de identificar las 20 Ha de áreas degradadas, cada sector tiene costos independientes por lo que el costo total se multiplicaría para tres sectores.

<sup>2</sup>Tres personas que trabajaran 2 días en la recolección de semillas. Recolectando hasta medio kilo por especie.

<sup>3</sup>Una persona se encargará de producir la arcilla cerniendo la tierra hasta obtener material fino y el sustrato orgánico en la “tierra de sembrado o tierra oscura que se obtendrá del horizonte O del suelo del bosque aledaño en la cabecera parroquial de Carlos Concha”.

<sup>4</sup>Tres personas trabajaran en la fase de vivero para elaborar las bolas y discos Nendo dango y producir hasta 2500 bombas y 2500 discos. 5000 unidades en total. Con la cantidad de materiales que se presentan para 20 hectáreas de área degradada.

<sup>5</sup>Tres personas trasportaran las bombas y discos hacia el lugar de propagación en los diferentes sectores, para su esparcimiento, lo que corresponden a 5000 unidades presupuestadas para intervenir 20 hectáreas por cada \$690. A partir de esta actividad también ir establecimiento puntos de muestreo con receptores GPS para futuro monitoreo, que serán cada 90 días después propagar los elementos Seedball.

<sup>6</sup>Tres personas de la comunidad adyacente al sector, se encargarán de recorrer los sectores en los puntos de muestreos que se establezcan en la propagación de los elementos Seedball donde anteriormente se entablaron puntos de muestreo, por lo que esta actividad se realizara 4 veces en 1 año, un técnico analizara, procesara y presentara la información técnica/comunitaria recopilada en los tres sectores (Oeste, Norte, Este).

<sup>6</sup>Esperando tener un informe técnico/comunitario cada 90 días, para evidenciar el proceso.

- Las tareas y actividades para la práctica de reforestación propuesta vía seedballs estaría dada por miembros de la comunidad aledaña a cada sector propuesto en la metodología.

**Fuente** *Elaboración propia*

#### 4.2 Objetivo Específico 2: Cuantificar y analizar los beneficios hídricos mediante la metodología CUBHIC de forestación y protección de bosques.

Para este objetivo se utilizó la Metodología de cuantificación de beneficios hidrológicos de intervenciones en cuencas (CUBHIC) sobre forestación y protección de bosques. Donde se aplican fórmulas estandarizadas de la metodología sobre el balance hidrológico (entrada y salida de agua en la subcuenca hidrográfica) y también de la pérdida de suelo.

El primer escenario representa el antes o la línea base actual y el segundo representa las condiciones después del establecimiento o implementación de las prácticas de reforestación (Michael *et al.* 2020).

Los datos de entrada para la metodología CUBHIC sobre forestación y protección se clasifican de la siguiente manera:

**CUADRO 18** Datos de entrada para la cuantificación de los beneficios hidrológicos.

DATOS DE ENTRADA PARA LA METODOLOGÍA CUBHIC SOBRE FORESTACIÓN Y PROTECCIÓN CUBHIC	
Datos de entrada, específicos del sitio Vegetación y Suelo	Datos de entrada específicos del intervalo de tiempo, Clima
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Las características del suelo:</b> Entre las opciones de suelo presentes en la metodología están: arena, arena arcillosa, franco arenoso, franco arcilloso arenoso, marga, arcilla arenosa, franco limoso, limo, franco arcilloso, franco arcillo limoso, arcilla limosa, arcilla (Michael <i>et al.</i> 2020).</li> <li>• <b>Las características de la vegetación:</b> Entre las opciones de vegetación que brinda la metodología están presentes, pradera, matorral, pastizales arbolados, Bosque (Michael <i>et al.</i> 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasas de precipitación (mm)</li> <li>• Datos de temperatura (C) (máximos y mínimos o promedio en grados centígrados).</li> <li>• Estos datos se recopilarán de 365 días.</li> </ul>

Fuente *Elaboración propia*

En la subcuenca del río Teaone no se cuenta con estación meteorológica (red del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador no tiene cobertura en la zona centro del cantón Esmeraldas), por lo que, los datos de intervalo de tiempo se obtendrán a partir de información de sensores remotos de plataforma satelitales en su defecto la misión de la NASA “The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)”, cuya metadata se almacenada en servidores Power de la NASA (Stackhouse, 2022) y Giovanni de la NASA (Giovanni, 2022) en intervalo de tiempo 01/01/2021-31/12/2021 (P, T+, T-).

- **Análisis de los beneficios hídricos:**

El resultado final es el análisis de los beneficios hídricos, con el fin de dar una propuesta técnica hacia la implementación de un proyecto de reforestación, forestación o arbolado en función de los beneficios hídricos. Este análisis incluye los siguientes elementos:

**a. Diferencias de reducción de escorrentías entre escenarios.**

- Esto implica diferenciar como disminuye las corrientes de aguas superficiales dentro del área de estudio desde un escenario de **línea base** como un **antes**, la intervención (Seedball) crearía un **después** dando como resultados el **escenario 1** con condiciones de vegetación y suelo “regulares”, **escenario 2** con condiciones de vegetación y suelo “buenas”. (Michael *et al.* 2020).

**b. Diferencias del aumento de la percolación entre escenarios.**

- Esto implica diferenciar como aumenta el agua que se percola, es decir cuánta agua se introduce hacia la recarga de acuíferos presentando un escenario de **línea base** como un **antes**, la intervención (Seedball) crearía un **después** dando como resultados el **escenario 1** con condiciones de vegetación y suelo “regulares”, **escenario 2** con condiciones de vegetación y suelo “buenas”. (Michael *et al.* 2020).

**c. Diferencias de reducción en la carga de sedimentos entre escenario.**

- Esto implica diferenciar como disminuye la pérdida de suelo asociado a la erosión hídrica desde un escenario de **línea base** como un **antes**, la intervención (Seedball) crearía un **después** dando como resultados **escenario 1** con condiciones de vegetación y suelo “regulares”, **escenario 2** con condiciones de vegetación y suelo “buenas”. (Michael *et al.* 2020).

Según (Michael *et al.* 2020) estos 3 elementos (a, b, c) son el resultado de un escenario que representa la línea base actual y el otro que representa el escenario intervenido. Los beneficios específicos para el área intervenida suponen una menor escorrentía, reducción en la pérdida de suelos a través de la erosión y un incremento en la infiltración que se expresa como millones de litros por año.

Entre los tipos de vegetación que forman parte de la metodología CUBHIC, procedente de la calculadora en la herramienta de Excel. En el escenario que representa la línea base, esta trata sobre ecosistemas de vegetación de bosque pobre “Poor” es decir un ecosistema de bosque degradado, el cual tendrá una intervención de reforestación en 20 ha en tres sectores (Oeste, Norte, Este) que son básicamente sitios de interés en spot de áreas degradadas en la zona de recarga de la subcuenca del río Teaone.

La metodología CUBHIC con su variable de forestación y conservación brinda diferentes tipos de vegetación las cuales vienen condicionados a parámetros de cobertura del suelo como el número de curva (CN) sobre el tipo de suelo (A, C), el índice de área foliar (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), el albedo y el factor C de USLE con valores estandarizados de acorde a los ecosistemas de vegetación propuestos. La instancia para la cuantificación se basó en el tipo de vegetación y suelo procedente de la flora compuesta por “Bosque”, como un antes con vegetación “pobre” simulando una degradación, y un después de la intervención suponiendo mejoras en la vegetación calificadas como “regular” y “buena”.

**CUADRO 19** Valores de cobertura vegetal en el suelo y diferentes parámetros para condiciones de vegetación y suelo.

Valores para diferentes usos/condiciones de cobertura de suelo						
Vegetación	Condición de la vegetación	Número de curva		LAI (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Albedo (fracción)	Factor C de USLE
		Suelo tipo B	Suelo tipo C			
Pradera	Poor	77	85	1	0,21	0,1
	Fair	73	81	1,5	0,18	0,042
	Good	61	73	2	0,16	0,013
Matorral	Poor	70	79	2	0,2	0,072
	Fair	59	70	2,5	0,17	0,024
	Good	47	62	3	0,15	0,006
Pastizales arbolados	Poor	74	82	1,5	0,18	0,09
	Fair	66	76	2	0,16	0,035
	Good	57	69	2,5	0,14	0,011
<b>Bosque</b>	<b>Poor</b>	<b>70</b>	<b>79</b>	<b>2,5</b>	<b>0,13</b>	<b>0,08</b>
	<b>Fair</b>	<b>58</b>	<b>70</b>	<b>3</b>	<b>0,12</b>	<b>0,029</b>
	<b>Good</b>	<b>51</b>	<b>66</b>	<b>3,5</b>	<b>0,11</b>	<b>0,008</b>

Fuente Adaptado de CUBHIC

Para la representación de los tres escenarios en cuantificación se tomaron las condiciones de vegetación de Bosque (POOR “Pobre”, FAIR “Regular”, GOOD “Buena”) presentadas en el (cuadro 19), las cuales son ajustadas por la metodología CUBHIC, en base a las condiciones específicas de vegetación y suelos.

En el (cuadro 19), el color amarillo representa el escenario como línea base (sin intervención-áreas degradadas) lo que significa que se parte de un escenario con vegetación pobre (Poor) que se establecen como áreas degradadas, una vez que se implementan las prácticas de reforestación y protección en estas áreas, a mediano y largo plazo se crea el escenario 1 de color naranja (con intervención) lo que promueve a su vez a un cambio de vegetación a condiciones de regular (FAIR) dado por la acción de la intervención, el color verde representa el escenario 2 de intervención el cual está sujeto a mostrar una condición de vegetación de bosque buena (Good) es decir con mayores capacidades en función de la cobertura vegetal mayormente establecida en el suelo del área intervenida por las prácticas de forestación y protección.

Entre las condiciones de suelo, se eligió la arcilla-limosa el cual es el mayormente representativo en la parroquia Carlos Concha según el plan de ordenamiento territorial.

CUADRO 20 Texturas y condiciones del suelo

Valores para diferentes texturas de suelo				
Textura del suelo	Capacidad de campo (mm/mm)	Capacidad de campo (mm/mm)	Punto de marchitez (mm/mm)	Factor K de USLE
Arena	0,1		0,05	0,02
Arena arcillosa	0,12		0,05	0,04
Franco arenoso	0,18		0,08	0,13
Franco arcilloso arenoso	0,27		0,17	0,2
Marga	0,28		0,14	0,3
Arcilla arenosa	0,36		0,25	0,2
Franco limosa	0,31		0,11	0,38
Limo	0,3		0,06	0,33
Franco arcilloso	0,36		0,22	0,3
Franco arcillo limoso	0,38		0,22	0,32
<b>Arcilla limosa</b>	0,41	<b>0,3</b>	<b>0,27</b>	<b>0,26</b>
Arcilla	0,42		0,3	0,22

Fuente Adaptado de CUBHIC

En el (cuadro 20), el color verde representa la selección del tipo de suelo que mayormente posee la parroquia rural Carlos Concha. (GADPCC, 2019)

Sin embargo, como referencia de un estudio edáfico por su similitud en cuanto a las texturas de suelo y su sensibilidad al producto de la percolación que se obtiene en el procedimiento, se utilizaron los datos de capacidad de campo procedente de la investigación que corresponde a la provincia de Manabí como parte del régimen de riego para cultivos, la cual expresa un valor de Capacidad de Campo de 0,30 mm en promedio, por lo tanto se utilizó este valor en la cuantificación de escenarios de intervención en la zona de recarga de la subcuenca del Teaone en Esmeraldas. (Pérez et al, 2018)

El punto de marchitez y el factor K de USLE se utiliza de las texturas de suelo estandarizadas de la metodología presentes en color verde.

Los datos de precipitación, temperaturas máximas y mínimas se obtuvo de la plataforma Giovanni-Nasa en el sensor de tasa de precipitación y temperatura casi en tiempo real (TRMM\_3B42RT\_Diario\_v7) P/mm/día y T°C+/día T°C-/día en un periodo de tiempo (01/01/2021-31/12/2021) de 365 días, para el sector de la parroquia Carlos Concha lo que representa la zona de recarga en la subcuenca del río Teaone.

Lo valores de entrada se ordenan de acorde al cuadro 19 y el cuadro 20, instaurando 3 colores para su identificación:

- Color amarillo que es la representación de la línea base, es decir un antes de la intervención (prácticas de forestación) con condiciones de vegetación y de suelo pobres haciendo relación a un área degradada.
- El color anaranjado que es la representación del escenario 1, es decir es el cambio que modela un después con la intervención que da como resultado un área con cobertura vegetal “regular”.
- El color verde que es la representación del escenario 2, es decir es el cambio que modela un después más abrupto después de la intervención dando como resultado un área con cobertura vegetal “buena”

Las hectáreas en intervención para los dos escenarios son de 20.

**CUADRO 21** Orden de los datos de entrada en los diferentes escenarios.

Entradas	Línea base	Escenario 1	Escenario 2
Número de curva (sin unidades)	70	58	51
Índice de área foliar LAI (m2/m2)	2,5	3	3,5
Factor USLE C (sin unidades)	0,08	0,029	0,008
Albedo (fracción)	0,13	0,12	0,11
Área de Intervención (ha)		20	20

Fuente Adaptado de CUBHIC

Aplicando las fórmulas ajustadas a la metodología del balance hidrológico y de la pérdida de suelo como procedimiento de CUBHIC e incorporando los datos de 365 días (P, T+, T-) de la zona de recarga de la subcuenca del río Teaone lo cuales son:

- Precipitación (mm)
- Temperatura máxima (C)
- Temperatura mínima (C)

Se obtuvieron los productos como datos de salidas. El cuadro de datos que se utilizó será adjuntando en el apartado de anexos.

Los datos de salida se expresan como los componentes del balance hidrológico en milímetros y de pérdida de suelo en toneladas sobre hectáreas.

**CUADRO 22** Datos de Balance Hidrológico y Perdida de suelo CUBHIC

Salidas	Línea base	Escenario 1	Escenario 2
Precipitación (mm)	1660,33	1660,33	1660,33
Escorrentía (mm)	66,9	23,7	11,7
Evapotranspiración (mm)	801,0	801,8	801,8
Percolación (mm)	796,0	838,4	850,4
Pérdida de sedimentos (t/ha)	16,43	2,64	0,42

Fuente Adaptado de CUBHIC

En el cuadro 22, la precipitación es la misma para todos los escenarios, la escorrentía disminuye por lo que se vuelve más manejable en los escenarios de intervención, la evapotranspiración aumenta por la cobertura vegetal, la percolación aumenta en los escenarios con mayor cobertura vegetal como son en los escenarios 1,2 (fair, Good), la pérdida sedimentación (suelo) se reduce por mejora en las condiciones de vegetación mitigando la erosión hídrica.

En el apartado de resultados se analizan los beneficios hídricos como parte del producto en el desarrollo de la metodología de cuantificación en cada escenario y sus cotos/eficiencia. Hectárea.



### 4.3 Objetivo Específico: Elaborar un mapeo de las instituciones que forman parte de la actuación en la gobernanza de la subcuenca del río Teaone como potenciales promotores de estas técnicas de rehabilitación ecológica.

Uno de los usuarios más importantes y con mayor demanda de agua del río Teaone se ubica en la subcuenca baja, en la parroquia rural Vuelta Larga y parte de la parroquia urbana Simón Plata Torres, esta es la industria termoeléctrica la cual abastece de energía eléctrica y agua a la refinería estatal “Petroecuador” que queda a su costado, lo que necesita para garantizar su funcionamiento. Se logro un acercamiento hacia esta unidad de negocios para indagar información acerca de las labores en pro del medio ambiente realizadas en la actualidad en su zona de influencia de manera directa e indirecta en las centrales térmicas de esmeraldas I, esmeraldas II y La propicia, establecidas en el mismo sector.

Dentro de las instituciones importantes que forman parte de la gobernanza de la subcuenca del río Teaone, se logró mapear los establecimientos que toman jurisdicción y competencias en la toma de decisiones dentro y fuera de la subcuenca.

A continuación, se presentan las instituciones con sus coordenadas UTM y generalidades:

**CUADRO 23** Instituciones importantes de gobernanza en la subcuenca del río Teaone.

Instituciones	Coordenadas UTM_X	Coordenadas UTM_Y	Jurisdicción	Descripción
Dirección de gestión de cuencas, riego y drenaje del Gobierno autónomo descentralizado de la Provincia de Esmeraldas.	649994	10106926	Provincial	Denominada como Prefectura de Esmeraldas sus competencias son a nivel de la provincia por lo que cubre la totalidad de la subcuenca.
Gobernación de la provincia de Esmeraldas	650057	10106662	Provincial - Estatal	Se limita como la presencia del estado central en la provincia.
Dirección de gestión ambiental del Gobierno autónomo descentralizado municipal del	649986	10106832	Municipal	Con autonomía política, administrativa y financiera, dentro del cantón de Esmeraldas. Lo que cubre la totalidad de la subcuenca del río Teaone, tiene

<b>Instituciones</b>	<b>Coordenadas UTM_X</b>	<b>Coordenadas UTM_Y</b>	<b>Jurisdicción</b>	<b>Descripción</b>
Cantón Esmeraldas.				ordenanzas específicas en el manejo de cuencas hidrográficas.
Dirección Distrital Zonal de Esmeraldas del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (MAATE)	650480	10108698	Distrito-Provincial	Tiene sus leyes-reglamentos y disposiciones sobre zonas de recargas, y manejo de los recursos naturales como agua, suelo y biodiversidad.
Dirección Distrital de Esmeraldas del Ministerio de Agricultura y Ganadería. (MAG)	650036	10106253	Distrito-Provincial	Tiene sus leyes-reglamentos y disposiciones sobre el uso del suelo y sector productivo agrícola, pecuario y silvicultural.
Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP), a través de la Unidad de Negocios Termoesmeraldas	646112	10102417	Cantonal-Subcuenca baja del río Teaone	Esta empresa se encarga de dar energía eléctrica a la refinería de hidrocarburos. Cuenta con tres centrales eléctricas y es uno de los principales demandantes de agua proveniente del río Teaone.
Petroecuador Empresa pública Refinería Esmeraldas	645553	10103029	Estatal-Subcuenca baja del río Teaone	Empresa que se encarga de refinar petróleo crudo proveniente de varios pozos petroleros en la amazonia para ser exportados hacia otros países. Es un usuario importante del recurso agua en la subcuenca del río Teaone.
Gobierno autónomo	644590	10099124	Parroquial	Con autonomía política, administrativa

<b>Instituciones</b>	<b>Coordenadas UTM_X</b>	<b>Coordenadas UTM_Y</b>	<b>Jurisdicción</b>	<b>Descripción</b>
descentralizado parroquial rural de Vuelta Larga.				y financiera, dentro de la parroquia rural de Vuelta Larga. Lo que comprende la zona de descarga o zona baja de la subcuenca del río Teaone.
Tenencia política de la parroquia rural Vuelta Larga.	644590	10099124	Parroquial -Estatal	Sus mayores competencias radican en las bases legales para apoyar la seguridad ciudadana, junto con la policía nacional. Dentro de la parroquia rural de Vuelta larga
Gobierno autónomo descentralizado parroquial rural de Tabiazo.	644265	10090840	Parroquial	Con autonomía política, administrativa y financiera, dentro de la parroquia rural de Tabiazo. Lo que comprende la zona media de la subcuenca del río Teaone.
Tenencia política de la parroquia rural Tabiazo.	644304	10090742	Parroquial -Estatal	Sus mayores competencias radican en las bases legales para apoyar la seguridad ciudadana, junto con la policía nacional. Dentro de la parroquia rural de Tabiazo.
Gobierno autónomo descentralizado parroquial rural de Carlos Concha.	645900	10078676	Parroquial	Con autonomía política, administrativa y financiera, dentro de la parroquia rural de Carlos Concha. Lo que comprende la zona de recarga o zona alta de la subcuenca del río Teaone.

<b>Instituciones</b>	<b>Coordenadas UTM_X</b>	<b>Coordenadas UTM_Y</b>	<b>Jurisdicción</b>	<b>Descripción</b>
Tenencia política de la parroquia rural Carlos Concha.	645900	10078676	Parroquial -Estatal	Sus mayores competencias radican en las bases legales para apoyar la seguridad ciudadana, junto con la policía nacional. Dentro de la parroquia rural de Carlos Concha.

**Fuente** *Elaboración propia*

Dentro de la subcuenca baja la influencia en materia de gobernanza política-administrativa corresponde al GAD de la parroquia rural Vuelta Larga y también se encuentran las industrias de centrales térmicas y refinería, así mismo sucede en la zona media que corresponde a la parroquia rural Tabiazo y la zona de recarga o alta a la parroquia rural Carlos Concha, como demuestra la (figura 13), en las mismas instalaciones de los GADs se encuentran las tenencias políticas que se definen como la representación del gobierno central y esta cumple el rol de garantizar el orden social en base a las leyes en lo que corresponde los territorios de las parroquias rurales .

Al ser una subcuenca tipo valle rural esta cuenta con poca infraestructura en termino de instituciones u organizaciones sociales lo que implica la existencia de diversos actores locales que miden su influencia valorada en el nivel de toma de decisión, entre estos tenemos a las asociaciones agrícolas y ganaderas, juntas de aguas, concejo de participación ciudadana rurales, varios actores sociales como son dirigentes barriales, etc. Con lo que corresponde a la parroquia rural de Carlos Concha (zona de recarga) y el resto de la subcuenca los actores sociales tradicionalmente hacen uso del salón de actos y toman como sede las instalaciones de la junta parroquial (GAD) para coordinar las reuniones dada por la carencia de infraestructura propia.

La importancia de involucrar a las tenencias políticas es por su factor de ubicación dentro de los estratos de la subcuenca y la capacidad que tiene para poder coordinar con los diferentes agentes gubernamentales que figuran entre los, ministerio del ambiente, agua y transición ecológica y entes estatales.

La relación de este objetivo específico con el resto es que trata sobre el mapeo de las instituciones y su influencia dentro y fuera de la subcuenca, esto trajo consigo el acompañamiento de aproximaciones hacia los establecimientos (juntas parroquiales, CELEC, Petroecuador, gobiernos locales y direcciones ministeriales) donde se pudo constatar lo que se viene realizando en temas de prácticas de reforestación y el potencial que existe dado por la gobernanza que en sí permitiría se aplique las herramientas y técnicas articuladas en el TdG. De esta manera se divisó que, si es factible

la gobernanza para la aplicación de esta propuesta, ya que existen 13 instituciones importantes que pueden tomar como responsabilidad la cogestión para coordinar todo el proceso en proposición.

**4.4 Objetivo Específico: Efectuar un taller participativo para sociabilizar los resultados del TDGF en la zona alta de la subcuenca del río Teaone.**

Se plantearon 6 pasos para implementar el taller en la zona de recarga o Carlos Concha de la subcuenca del río Teaone.

**CUADRO 24** Pasos utilizados para el establecimiento del taller participativo.

Paso 1	Reuniones individualizadas donde se buscó contacto con los representantes de gobernanza en la subcuenca explicando brevemente el contexto de la investigación, lo que factibilizo el desarrollo del taller.
Paso 2	Socialización de los beneficios de especies asociadas a la selección, su uso colectivo y su influencia en el ciclo hídrico en la zona de recarga y su fusión con la tecnología “Nendo Dango o Seedballs”.
Paso 3	Socialización de los resultados sobre la cuantificación de los beneficios hidrológicos obtenidos de posibles cambios de escenarios por prácticas de forestación o reforestación con la herramienta CUBHIC.
Paso 4	Análisis de las percepciones que tienen los participantes sobre los incentivos para cuidar/establecer zona de recarga a través de prácticas para captura de carbono y bosques.
Paso 5	Presentación del mapa de gobernanza para conocer cómo se distribuyen las instituciones en la subcuenca.
Paso 6	Elaborar y entregar una ficha técnica que caracterice las actividades de Reforestación “Nendo Dango o Seedballs”, implementando los pasos a seguirse para su cumplimiento.

FUENTE *Elaboración propia*

## 5. Resultados.

Se propone la selección de 10 especies basándose en su existencia, presentada en la tabla de clasificación de especies riparias por medio de un inventario florístico en la zona. (Martínez, 2018) Dichas especies se corroboraron en un recorrido por los puntos de muestreo en el territorio del estudio. Esta selección de especies herbáceas, arbustivas y forestales se las pretende utilizar en la metodología de reforestación de bajo costo y eficiente denominada “Nendo dango” o “Seedballs”. La cual en su práctica va enfocada a la restauración del suelo y conservación del agua esencialmente en áreas degradadas dentro de la zona de recarga de la subcuenca del río Teaone.

**CUADRO 25** Especies seleccionadas para prácticas "Nendo Dango o Seedballs"

<b>Forma de Vida</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Árbol	<i>Cordia Alliodora</i>	Laurel
Árbol	<i>Zygia Longifolia</i>	Chiparo
Árbol	<i>Pseudosamanea Guachapele</i>	Guachapeli
Árbol	<i>Psidium Guajava</i>	Guayaba
Árbol	<i>Cecropia Peltata</i>	Yarumo
Arbusto	<i>TeOcoma castanifolia</i>	Tecoma amarilla
Arbusto	<i>Turnera diffusa</i>	Damiana
Arbusto	<i>Mimosa Pigra</i>	Mimosa
Herbácea	<i>Centrosema molle</i>	Campanilla
Herbácea	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frejol

**FUENTE** *Elaboración propia*

Esta metodología de reforestación que se pretende emplear es a bajo costo, eficaz dependiendo el desarrollo, monitoreo, mantenimiento y haciendo las cosas que se tienen que hacer y las que no se tiene que hacer, desde la obtención de la semilla hasta la puesta de las “seedballs” en el área degradada se podría lograr crear un escenario de intervención favorable en términos de cobertura vegetal y suelo.

Para el análisis de los beneficios hidrológicos se supone un escenario intervenido por prácticas de “Seedballs” que hacen efecto mediano y largo plazo asociándola a la calculadora de beneficios hidrológicos de intervenciones en cuencas en su variable de “Forestación y protección de bosques” se obtuvo los siguientes resultados en cuanto a los beneficios calculados, presentes en el cuadro 26.

Los beneficios hidrológicos presentados parten de un cambio de un cambio de condiciones de cobertura vegetal y de suelo por lo que se indican implicancia en un después de la intervención en lo que supone son favorables para obtener este tipo de bienes.

**CUADRO 26** Beneficios hidrológicos y de pérdida de suelo.

Beneficios calculados	Escenario 1	Escenario 2
Reducción de escorrentía (ML/año)	8,7	11,0
Aumento de percolación (ML/año)	8,5	10,9
Reducción de carga de sedimentos (T/año)	275,9	320,3

FUENTE Adaptado de CUBHIC

Siguiendo la lógica de los colores dados anteriormente:

Naranja (Regular), verde (Buena).

Para el escenario 1 (Fair) la reducción de escorrentía por 20 hectáreas de área degradada intervenida se cuantifico en 8,7 millones de litros de agua al año, en el escenario 2 que representan condiciones de vegetación y suelo buenas (Good) se obtuvo 11 millones de litros de agua al año es importante entender este beneficio, ya que al caer precipitación en un evento de creciente este crea caudales de pico teniendo un gran impacto para la zona media y baja de la subcuenca el aumento de la reducción de la variable escorrentía presume ralentizar y reducir el flujo de agua y las probabilidades de inundaciones en sectores vulnerables de la subcuenca.

El aumento de la percolación en el escenario 1 se calculó en 8,5 millones de agua por cada 20 hectáreas de área degradada intervenida en condiciones de vegetación y suelo regular asociado al color naranja en el cuadro 24 y para el escenario 2 se tuvo una estimación de 10,9 millones de litros de agua al año lo que favorece en gran parte a la recarga de acuíferos en la subcuenca alta.

La reducción de carga de sedimentos se da a partir de las fórmulas de pérdida de suelo por cada 20 hectáreas de intervención, lo que expone al escenario 1 con 275,9 toneladas de sedimentos reducido al año y en el escenario 2 de condiciones buenas representado en cuadro 24 sobre color verde se tiene 320,3 toneladas de sedimentos reducidos.

Los valores del cuadro 26 hacen referencia a lo obtenido solo por 20ha, por lo que la planificación para las practicas Seedball, se planifican en la intervención de tres sectores (Oeste, Norte, Este), el total de superficie estaría dada en 60 Ha por ente multiplicar los beneficios refiriéndose a los tres sectores seleccionados.

**CUADRO 27** Costos de implementación

Costos	Escenario 1	Escenario 2
Costos de implementación (USD/ha)	34,5	34,5
Costo total (USD)	<b>\$690,00</b>	<b>\$690,00</b>

FUENTE: Adaptado de CUBHIC

Los costos de implementación son basados en las tareas y actividades que se dan para poder cumplir con las prácticas de Nendo Dango como una acción de intervención, por cada hectárea que

se intervenga tendrá un costo de USD\$34,5. Al costo de 20 Ha intervenida tendría un costo total de USD\$690.

Con el objetivo de identificar las instituciones que basan las tomas de decisiones en la influencia del territorio ocupando un espacio en la gobernanza de la subcuenca, se logró mapear los diferentes gobiernos autónomos descentralizados y tenencias políticas, zona industrial y ministerio del ambiente agua y transición ecológica.

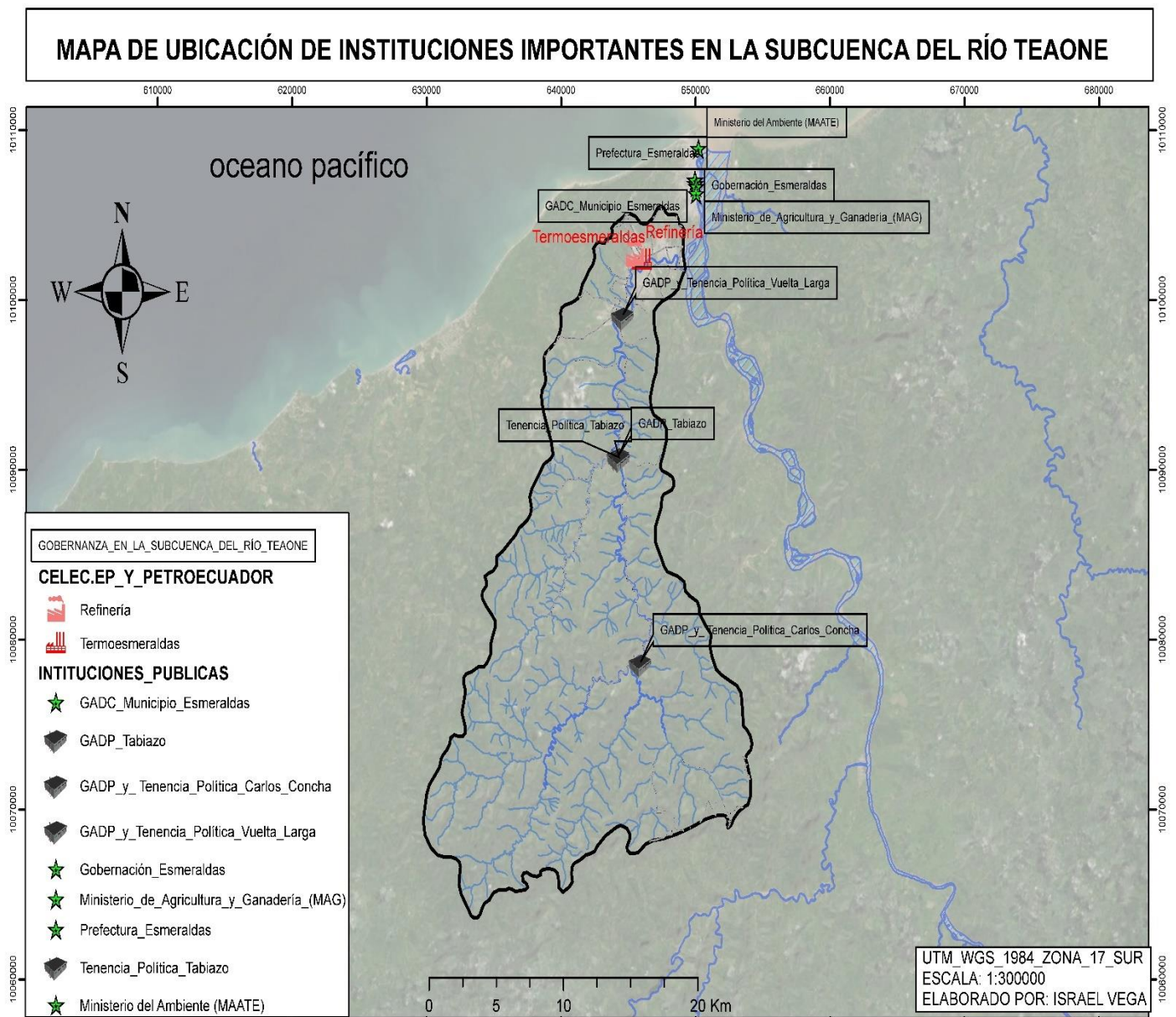


FIGURA 13 Mapa de instituciones importantes de la subcuenca del Río Teaone.

Para el taller se establecieron 6 pasos expresados en el cuadro 24, como medida de planificación.



Para el paso 1 en el establecimiento del taller:

Se realizó un acercamiento al usuario que supone una mayor demanda y es Termoesmeraldas (la cual abastece de energía eléctrica y agua con tuberías hacia refinería estatal) por lo tanto se hizo una aproximación al lugar para comprobar el estado de compromisos que puedan tener con el medio ambiente donde se le explico en 15min al gerente general sobre el marco de la investigación del TDG. En lo que supo expresar que en febrero del 2022 se firmaron acuerdos con Ministerio del ambiente agua y transición ecológica, Dirección ambiental de la municipalidad de Esmeraldas, GAD parroquiales y dirigencias barriales.

Donde para el MAATE se tendría previsto adjudicar 10500 plantas con fines de restauración y 12000 plantas con fines de reactivación del sector agroproductivo, para el municipio y GAD parroquiales 28500 la cuales buscan la conservación de la subcuenca del río Teaone.

Esta adjudicación de plántulas obedece a la suscripción del convenio firmado entre las instituciones mencionadas, convenio que cumple con los objetivos de restaurar el paisaje y los bosques adyacente a la zona de las centrales térmicas la suscripción del convenio tiene una duración de 2022-2027 (5 años).

Se lograron identificar los diferentes gobiernos autónomos descentralizados (3), tenencias políticas (3), Gobierno municipal (1), Gobiernos provinciales (2), direcciones ministeriales (2) e industrias (2) termoeléctrica y petrolera como principales instituciones de gobernanza dentro de la subcuenca, estableciendo reuniones individuales explicando brevemente el contexto de la investigación.

La alcaldía, gobernación y prefectura se encuentran fuera de los territorios naturales de la subcuenca hidrográfica, pero mantienen jurisdicción político-administrativa, también la industria forma parte de la influencia en la subcuenca baja, con lo que corresponde a las parroquias rurales de Vuelta larga, Tabiazo y Carlos Concha estas se ubican en cada estrato de la subcuenca.

Para la ejecución del taller participativo se tomó en cuenta realizarlo en las instalaciones del GAD parroquial rural de Carlos Concha.

En la zona alta o de recarga, se ubica en la parroquia Carlos Concha en las infraestructuras del GAD parroquial se impartió la sociabilización de los resultados a modo de taller el lunes 09/05/2022 a las 10:00 horas de la mañana con una duración de aproximadamente 90 minutos.

Se utilizó: Computador portátil, proyector de imágenes, marcadores, esferos gráficos, planos impresos en tamaño A0 como material didáctico, entrevistas y entrega de fichas técnicas.



**FIGURA 14** Foto del GAD parroquial rural de Carlos Concha y Tenencia Política en zona de recarga de la subcuenca del río Teañe 2022.

Para el paso 2 se pudo explicar los beneficios de lo que implica cambiar la cobertura vegetal a condiciones buenas en espacios degradados, con metodologías eficientes y abajo costo como la aplicada “Seedballs” o “Nendo dango” en Kenia África, También se proyectó un time-lapse de lo que sucede con las bolas de semillas en 60 días después de ser sembradas en un tiempo de 15 segundos para demostrar una suposición de la dinámica de germinación. Haciendo relevancia en que la germinación de cada especie dependerá de su tipo fenológico previsto ya que algunas solo germinaran después de varios eventos de precipitación. Básicamente en el primer informe sobre el progreso del primer monitoreo se espera que muchas semillas pueden tener la capacidad de responder a las primeras señales de humedad en el entorno, otras pueden ser susceptibles a cambios mecánicos como ser pisoteadas o digeridas y posterior excretadas por la vida silvestre para dar paso a su germinación, otras simplemente pueden esperar una larga temporada para activarse (Figuroa et. al, 2004). La ventaja de la bola de arcilla es que retiene y prolonga un ambiente húmedo luego de las primeras lluvias lo que fomentara en gran medida la germinación, lo que vuelve aún más rentable en términos de mano de obra es la no preparación del terreno y la no necesidad de prácticas de raleos a futuro.

Sobre la selección de especies, se presentaron el conglomerado de 10 especies indicando los aspectos básicos en función de sus usos colectivos, con el fin de adoptar a futuro una decisión de común acuerdo a la edición de esta selección presente en el cuadro 25, para ajustarla y brindar un análisis más

específico a las realidades socioambientales y económicas de la zona de recarga en términos más selectivos.

Para el paso 3, se logró sociabilizar los beneficios hidrológicos cuantificados en el objetivo específico número 2 del TDGF a partir de la metodología con la calculadora de beneficios hidrológicos en intervenciones de cuencas CUBHIC, donde se explicó lo que implican los beneficios hidrológicos (Disminución de la escorrentía, Aumento de la percolación y Disminución de la carga sedimentaria) dentro de la subcuenca del río Teaone.

Para el paso 4 se implementó una serie de 3 preguntas que testificaron el análisis de las percepciones sobre incentivos por actividades de reforestación en la zona de recarga.

**CUADRO 28** Preguntas para el análisis sobre incentivos económicos en la subcuenca del río Teaone.

POLITICA AMBIENTAL MUNICIPAL PDOT-2022	PREGUNTAS	ANÁLISIS-Respuestas obtenidas
	¿Qué opina Ud. sobre la política ambiental municipal de promoción del manejo integral e integrado de las cuencas hidrográficas que permitan el aprovechamiento sustentable del recurso hídrico cantonal?	Los participantes respondieron, que no están seguros, si se estuvieran cumpliendo por parte del municipio estas políticas. Toman a estas políticas como una iniciativa que de darse serviría para recuperar áreas degradadas dentro de las cuencas hidrográficas.
	¿Cómo comprende Ud. los incentivos económicos por realizar prácticas de captación de carbono (forestación y reforestación en la zona de influencia del cantón de la subcuenca hidrográfica del río Teaone y cuenca hidrográfica del rio Esmeraldas)?	Los participantes creen que estas iniciativas son buenas para el medio ambiente, pero tienen la percepción de que no se cumplen, en cuanto la presidenta del GAD menciona que cubren estas políticas ambientales en el marco de la planificación anual por medio de material vegetativo proveniente de la prefectura provincial parcialmente se percibe como practicas empíricas.
	¿Como percibe Ud. la articulación de los incentivos productivos por políticas municipal y el programa Socio-bosque?	Los participantes ven con buena perspectiva la coyuntura de estas políticas ambientales de incentivo desde la parte municipal y estatal, en lo que se ha promovido proyectos de reforestación, pero la carencia de recursos económicos causa la insostenibilidad de estos proyectos a mediano y largo plazo. Por lo que no se logran los objetivos.

FUENTE *Elaboración propia*

Para el paso número 5 se presentó el mapa de las instituciones relevantes en el contexto de la subcuenca del río Teaone las cuales muestran su influencia en todos los estratos. Lo que las hace participe de manera directa o indirecta en promover el desarrollo de esta propuesta a modo de trabajo de graduación. Esto con el fin de mostrar el área de atribución de las 13 instituciones importantes y de qué manera se involucran en el marco de sus responsabilidades socioambientales.

Para el paso 6 se realizó una ficha técnica de caracterización para la tecnología Nendo dango o Seedballs.

**CUADRO 29** Ficha técnica sobre la tecnología "Nendo dango"

<b><u>FICHA TECNICA-METODOLOGIA SEEDBALLS</u></b>
<b><u>Título de la Tecnología seleccionada:</u></b>
Seedballs o Nendo dango, bolas de semillas
<b><u>Los problemas de degradación de suelos y agua que responde la tecnología son:</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Suelos deforestados</li> <li>-Claros en bosque</li> <li>-Áreas riparias afectadas por cambio de la cobertura vegetal</li> </ul>
<b><u>Características de la tecnología Seedballs o Nendo Dango:</u></b>
<p>Recolección de semillas autóctonas de especies seleccionadas con fines de restauración, las cuales se introducen en bolas y platillos compuesto por sustrato de 75% arcilla y 25% suelo orgánico (humus), se esparcirá en lugares adecuados mayormente establecidos por áreas degradadas. El tipo estructural de esta tecnología es vegetal.</p>
<b><u>Los principales efectos o resultados que se podrá esperar en corto, mediano y largo plazo son:</u></b>

Las Seedballs o bombas de semillas inciden de manera activa y directa en el cambio de cobertura vegetal en el área degradada donde posteriormente se haya definido el sitio para ser propagadas (claros, deforestación, ecosistemas riparios). Se supone beneficios socioambientales y económico a mediano y largo plazo, como regulación del ciclo hidrológico, captación de carbono, incentivos económicos, proveer de materia prima (productos forestales y no forestales), apoyo significativo en materia de seguridad alimentaria.

**Planificación e implementación de la tecnología:**

Las semillas son de árboles, arbustos y plantas herbáceas autóctonas de la zona, las tareas y actividades van desde su recolección y puesta de semillas en sustrato tipo bola y platillo donde se propagarán en sitios de interés (áreas degradadas), estas áreas en las que se intervengan deberán ser sujetas a monitoreo (2 veces al año) para determinar la evolución y resultados esperados.

**Barrera que influenciaría en la implementación de la tecnología:**

Escaso o nulo presupuesto, pero al ser una metodología de repoblación vegetal a bajo costo y eficiente su desarrollo se vuelve más manejable, en cuando al desarrollo no es tan complejo a diferencia de otras técnicas que implican establecimiento de infraestructura y prelabores al suelo antes de la implementación.

**La tecnología funciona por si sola, pero puede ser necesario que se combine con otras tecnologías para mejores resultados:**

El recubrimiento de arcilla y materia orgánica protege las semillas de los depredadores, como animales, aves y las temperaturas extremas. El recubrimiento protege la semilla hasta las primeras lluvias y luego proporciona un ambiente húmedo para fomentar la germinación. Las bolas de semilla se pueden distribuir en cualquier época del año y esperarán hasta las primeras lluvias para comenzar la germinación. Coordinar de manera eficaz la logística de la propagación de los seedballs garantiza el éxito de la repoblación vegetal. Grandes cantidades de bolas de semillas se pueden dispersar fácilmente en áreas amplias que a menudo son difíciles de alcanzar.

Se puede combinar con drones aéreos y vuelos tripulados para propagar las seedballs en mayor cantidad y rapidez.

Pero a un costo considerable ya sea comprando el dron o alquilando, más el costo por el operador o piloto. Por lo que la estimación de propagar de los elementos seedballs por vía aérea sería más costoso con relación al área de intervención por lo que no es recomendable su uso para alcances pequeños en términos de superficie.

**Fuente** *Elaboración propia*

La ficha aportó a comprender más a fondo la metodología seedballs y logró generar preguntas como metodología de siembra no convencional. En el documento entregado a los participantes, también se ilustró un paso a paso tipo diagrama sobre la metodología “Nendo dango” relacionado a la (figura 10).

## **6. Análisis de los resultados y discusión.**

El estudio de beneficios hidrológicos en función de las prácticas de reforestación en la subcuenca del río Teaone se esquematizó en la selección de las especies vegetales en su mayoría pertenecientes a las fabáceas (leguminosas) en los estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos, cuyas características tienen un enfoque a la restauración de los ecosistemas degradados, esta selección se basó en un inventario florístico realizado en la zona de recarga de la subcuenca (Martínez, 2018).

En el objetivo 1 lo que se propone es una selección de especies adecuadas para restauración de áreas degradadas, seleccionando un conglomerado de 10 especies vegetales divididas en 3 estratos fitosociológicos como:

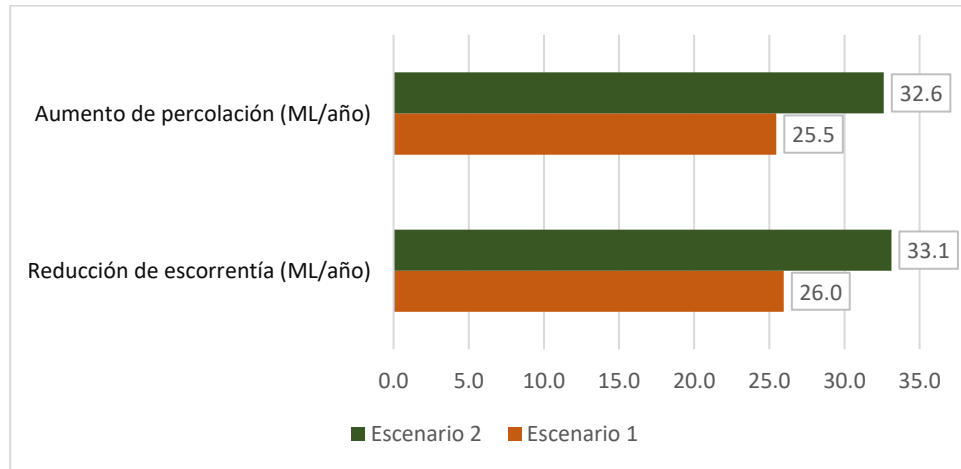
- Forestal (5)
- Arbustivo (3)
- Herbáceas (2)

Su propagación sería a partir de prácticas de Nendo Dango o Seedballs donde se propone forestar y reforestar áreas con vacantes de degradación.

Para una intervención mayormente integral se establecieron 3 sectores, el sector Oeste en el cual se encuentra la zona de influencia de la REMACH, el sector Norte donde se establece la cabecera parroquial de Carlos Concha y el sector Este donde hay mayor densidad de áreas degradadas como se explica en la figura 11.

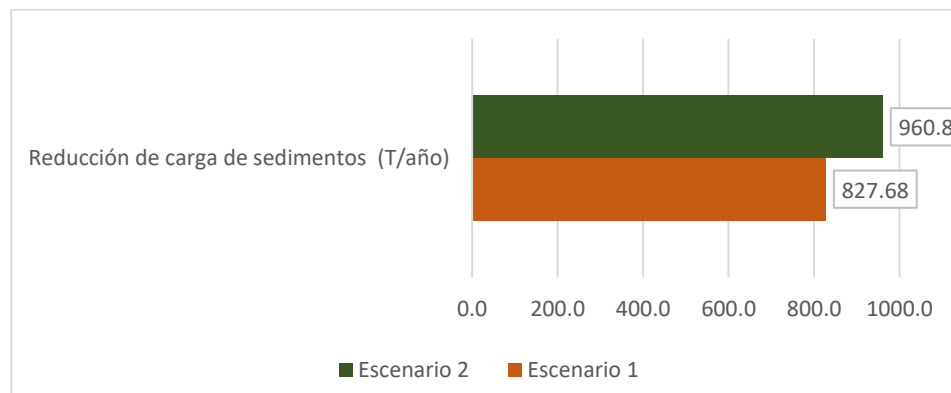
La idea de fusionar la herramienta CUBHIC junto con todo el proceso de selección de especies para la metodología Nendo Dango o Seedballs, permitió evaluar los beneficios hidrológicos en el sitio de recarga en lo que acarrea a las prácticas de reforestación. En el marco del proceso de cuantificación para la zona de recarga de la subcuenca fue necesario adquirir datos climatológicos como precipitación, temperaturas máximas y mínimas de 365 días estos datos se obtuvieron desde las plataformas como Power de la NASA (Stackhouse, 2022) y Giovanni de la NASA (Giovanni, 2022) lo que sirvió para la cuantificación de los beneficios hidrológicos basados en fórmulas estandarizadas para el balance hidrológico y fórmula para la pérdida de sedimentos, aportando información de referencia importante para las intervenciones de reforestación futuras, esto como alternativa dado que en la subcuenca y en el cantón no existen estaciones meteorológicas establecidas como tales.

Por lo tanto, los valores sobre los beneficios hidrológicos presentados en el apartado de resultados se escatimarían para 60 ha como un total de todas las intervenciones en los tres sectores quedando como:



**FIGURA 15** Beneficios hidrológicos sobre percolación y escorrentía

- La percolación aumentaría para el escenario 1 de condiciones de (suelo y vegetación) regulares en 25,5 millones de litros al año y para el escenario 2 con condiciones buenas 32,6 millones de litros al año.
- La escorrentía disminuye para el escenario 1 de condiciones (suelo y vegetación) regulares en 26 millones de litros al año y para el escenario 2 de condiciones buenas 33.1 millones de litros al año.



**FIGURA 16** Beneficios hidrológicos sobre reducción de sedimentos.

- La sedimentación se reduciría para el escenario 1 con condiciones de (suelo y vegetación) regulares 827,7 toneladas de sedimento al año, mientras que para el escenario 2 con condiciones buenas 960,8 toneladas de sedimento al año.

De esta manera los beneficios hidrológicos obtenidos ya presentan valores más representativos y considerables para ser tomados en cuenta.



Por cada 20 hectáreas de A.D intervenidas con la metodología “Nendo Dango”, se puede lograr cambiar un escenario de línea base (A.D) a escenarios de condiciones de suelo y vegetación, 1 (regular) y 2 (buena) con un costo de intervención de USD \$34,5 por hectárea y USD\$690.00 por cada 20 Ha, el costo de las tres intervenciones en los 3 sectores se estima en USD\$2070.00 por cada 60 Ha lo que la hace eficaz y a bajo costo.

Las fórmulas ajustadas del balance hidrológico y pérdida de sedimento analizadas con la herramienta CUBHIC arrojaron valores estimados sobre cuánta agua se percola, cuanta se disminuye en términos de escorrentía y cuanto de suelo se retiene para evitar que el sedimento sea arrastrado por precipitación en forma de erosión hídrica, la cubierta vegetal consigue retirar la suspensión de sedimentos que enturbian el agua y densifican la corriente, lo que conlleva a la reducción del peso específico del agua.

Teniendo claro que el control que la vegetación tiene sobre la erosión superficial es significativo, pero no es absoluto ya que dependiendo de la cuenca esta podría auspiciar escorrentías muy importantes que conllevan a tener caudales máximos de mucha consideración que poco o nada puede hacer la vegetación ante esos eventos.

En cuanto a la ubicación geográfica de las instituciones públicas, industrias petrolera y termoeléctrica, direcciones ministeriales, direcciones ambientales, que figuran como parte de la gobernanza en los territorios de la subcuenca del río Teaone.

- **El mapeo institucional**

El mapeo consistió en localizar y exponer de manera más práctica las instituciones importantes tienen influencia dentro y fuera de la subcuenca y como estas pueden de alguna forma tomar relación o acción en propuestas de mejora para el medio ambiente y así también explorar que prácticas o proyectos de reforestación se estarían implementando.

Se determinó la ubicación de áreas de influencias de los GAD sustentada en la fase para socializar los resultados del presente TDG con autoridades locales y actores sociales, priorizando el sitio de establecimiento del taller en el GAD de la parroquia rural Carlos Concha por su ubicación en la zona de recarga e infraestructura adecuada para los equipos audiovisuales para la exposición.

Con este mapeo de 13 instituciones y por proyectos de reforestación activos, se puede evaluar y estimar que las prácticas propuestas pueden ir por buen camino asociándolo a la factibilidad de conseguir presupuesto para su desarrollo.

Fue importante socializar y reunir actores importantes explicándoles su influencia en el área no solo política si no como demarcación hidrológica y contengan otra perspectiva geográfica a nivel de cuenca hidrográfica y también mostrar el proceso de articulación de metodología que dieron como resultados, los usos colectivos de las diferentes especies vegetales seleccionadas y su fusión con la tecnología “Seedballs o Nendo Dango”, junto con los valores de la cuantificación CUBHIC que se obtuvieron a partir de la reseña climática en el área de estudio (subcuenca del río Teaone- zona de recarga). Donde se explicó en términos generales que lo que se hace en zona alta de la subcuenca (intervenciones proambiente, deforestación, malas prácticas agropecuarias), tendría una repercusión en

zona baja, vinculando esencialmente beneficios hidrológicos y económicos a partir de la cuantificación.

- **Retroalimentación obtenida del taller**

Se tomo como retroalimentación del taller el análisis hacia las respuestas obtenidas de los participantes sobre las leyes y políticas de cuencas e incentivos sobre reforestación y protección de bosques para entender de qué manera ellos perciben el querer fomentar estas prácticas en mejora del medio ambiente y de esta manera poder lograr activar el estímulo que de paso en el futuro a los actores que estuvieron presentes en el taller a tomar acción en la toma de decisión y planificación para aplicar medidas que estén en sus funciones, donde involucren intervenciones no convencionales de siembra para la rehabilitación de espacios degradados esencialmente en las zonas de recargas hidrológicas.

Bajo las herramientas de mapas de (área de la subcuenca, áreas degradadas y de gobernanza), esto permitió ser más pedagógico y didáctico y dar un enfoque más amplio a los participantes de cómo se sitúa la subcuenca. Logrando aportar bases de ideas y articulando metodologías que acarreen una solución hacia problemáticas de áreas degradadas. Para un futuro puedan lograr ejecutar proyectos de forestación, reforestación o arbolado tomando como hoja de ruta la articulación de varios procesos ejecutados en este trabajo de investigación.

Se estimo un alto grado de interés por parte de las autoridades presentes del querer programar y reprogramar estas metodológicas articuladas hacia sus futuros proyectos de reforestación en el siguiente año 2023.

- **Seguimiento del TdG**

- Las comunidades junto con gobiernos locales se deben empoderar de crear y adoptar prácticas para tomar responsabilidades en la parte ambiental y el tema de recarga acuífera, que este TdG se pueda usar como plan de trabajo y como guía para la organización de la negociación en búsqueda de recursos económicos por parte de usuarios demandantes importantes.
- Esta propuesta en general queda abierta para que las diferentes instituciones esencialmente las mencionadas en el cuadro 23 u otras puedan hacerse cargo y puedan añadir a su presupuesto anual la planificación con el uso de herramientas de esta metodología, y que sirva como guía en sus futuros proyectos de intervención, para que puedan aplicarse a subcuencas hidrográficas en contexto cantonal, provincial o país.
- Esta propuesta incentiva también a las instituciones que realizan o se plantean intervenciones de reforestación, forestación y arbolado a que se abran paso al uso de prácticas de siembra no convencionales como la “Seedballs o Nendo Dango”.
- Esta propuesta también se enfoca para que se adapte a un proceso de transición en mutualidad con proyectos de reforestación que están activos o en planificaciones en la subcuenca para ayudar a ajustarse a la aplicación de la metodología de cuantificación de los beneficios hidrológicos CUBHIC que acarreen dichas intervenciones en la subcuenca.

- La estructura del TdG se socializó en la subcuenca alta para lograr un nivel de conciencia en pro de los beneficios hidrológicos que pueden traer prácticas de rehabilitación de áreas degradadas en zonas de recargas.
- Las instituciones de gobernanza que tienen compromiso socioambiental en el contexto de la subcuenca hidrográfica del río Teaone pueden tomar como guía la articulación de estas metodologías para implementar proyectos de reforestación, forestación o arbolado.
- Una de las etapas importantes de la propuesta es el monitoreo pospráctica seedballs, ya que esto reflejará el involucramiento de las comunidades y los GAD fortaleciendo la responsabilidad que puedan adoptar.
- Es posible llevar estas metodologías a unidades hidrográficas de la región.

- **Experiencia de seedballs en Kenia- África**

Con relación a la experiencia en Kenia, hay diferencias en las estructuras del seedballs ya que son a base de carbón procesado el cual proviene del reciclaje. Ya que en el país su población mayormente cocina con combustibles tradicionales como la leña y el carbón siendo este un recurso bioenergético clave para Kenia, por lo que es mayormente factible obtener del desperdicio de estos procesos domésticos para utilizar como materia prima en las estructuras de los seedballs.

Este biocarbón es importante ya que cumple la función de protección para las semillas de depredadores, altas temperaturas y en las primeras lluvias absorbe la humedad para brindar un ecosistema apropiado para la germinación, al igual que el recubrimiento total o parcial con arcilla como se requiere implementar en esta propuesta de TdG la similitud es que tiene como objetivo proteger y dar paso a la germinación de las semillas.

Es importante afirmar que la tecnología planteada en la latitud africana es de alto impacto ya que llevan cambiando miles de hectáreas donde se han fomentado inversiones significativas y se han llevado proyectos a gran escala y hasta implementando medios aéreos contando con el apoyo del estado y organizaciones no gubernamentales.

De esta manera la tecnología seedballs que se pretende aplicar en la subcuenca del río Teaone en Esmeraldas Ecuador, prefiere adoptar varios procesos positivos que se aplican en África con un contexto local, para potencializar de la mejor manera y tomar como evidencia de que si funciona y es factible en un marco de rehabilitación ecológica.



**FIGURA 17** Seedballs en Kenya África.

Fuente: Reforestation Seedballs Kenya (2015)



**FIGURA 18** Seedballs en Kenya África propagación vía dron *aéreo*.

Fuente: Reforestation Seedballs Kenya (2015)

- **Experiencia sobre la calculadora de beneficios hidrológicos en intervención en cuencas CUBHIC.**

El adaptar esta metodología a proyectos de reforestación, forestación y arbolado, proporciona un criterio más crítico en manejo hidrológico en función de los beneficios que estas prácticas pueden ejercer, enfocándolas hacia sus demandantes (comunidad, sector agropecuario, industrias, etc.) y también que medidas y decisiones serían necesarias tomar al evaluar, el riesgo (inundaciones, crecidas máximas, sequías ), saneamiento (menor turbiedad del agua, reducción en la sedimentación, erosión hídrica).

Dentro del marco del TdG se trató como caso el cambio de cobertura vegetal en áreas degradadas dentro de las zonas de recargas o zona alta de la subcuenca del río Teaone las cuales se planificaron bajo sistemas de información geográfica y teledetección combinando la intervención como metodología Seedballs. Este cambio de cobertura consistió ir de degradación como línea base-regular (escenario 1)-bueno (escenario 2) lo cual se traduce a formar un contexto de condiciones de vegetación y suelo diferentes.

La acción de repoblar con especies forestales, arbustivas y herbáceas áreas que hayan sufrido degradación presenta darle una solución en un concepto de bajo costo aplicando la técnica definiendo tecnologías como la de “Nendo Dango o seedballs” la cual se apoya en su manejo como se da en otros países y el éxito que ha tenido por lo que se procura adoptar la suposición en ese cambio de escenarios que se plantea el CUBHIC hacia el caso subcuenca río Teaone.

## **7. Conclusiones.**

- La articulación de los procesos y elección de especies adecuadas para la siembra no convencional logrando mitigar la degradación de áreas específicas en la zona de recarga, junto con la cuantificación de bienes hidrológicos en esos terrenos y poder tomar decisiones en el accionar de la planificación, es indispensable a la hora de demostrar valores que suponen mejoras en beneficios socioambientales y económicos
- La selección de especies que se estableció va hacia un enfoque generalizado de restauración, sin embargo, esta selección también se puede ajustar hacia las necesidades socioambientales y económicas de cada sector de la zona de recarga.
- Esta metodología de siembra Seedballs o Nendo Dango, resulta ser eficaz y a bajo costo, lo que hace que sea factible para ejecutar proyectos con presupuesto limitado. Haciendo posible tener un gran alcance para zonas degradadas de difícil acceso o acceso hostil. El valor agregado de esta investigación radica en la cuantificación de beneficios hidrológicos a partir de intervenciones (reforestación o forestación) en el área de la subcuenca.
- El lograr socializar particularidades de los resultados de la investigación con los actores importantes ubicados en la zona de recarga a modo de taller participativo, fue clave para añadir e indicar las posibles opciones y opiniones que puedan implementar en base a estos instrumentos en futuros proyectos de forestación, reforestación y arbolado dentro de sus planificaciones anuales y también dentro de las actualizaciones correspondientes de los PDOT parroquiales.
- La sociabilización de los resultados en zona alta de la subcuenca, brindo a las autoridades presentes la preposición de agendar a futuro la adopción de estas metodologías en el marco de promover prácticas para la conservación de la zona de influencia de la REMACH, la recarga acuífera y rehabilitación de áreas degradadas mostrando un plus de beneficios que se pueden obtener con relación al número de hectáreas intervenidas.

## **8. Recomendaciones.**

- Hay que profundizar la recarga acuífera a través de aportes de las instituciones que aparecen en la figura 13, que manejan un compromiso al ser usuarios (demandantes de agua) prácticamente sin este recurso de la subcuenca no podrían realizar sus actividades especialmente la industria petrolera y termoeléctrica que los convierte en usuarios importantes.
- Las comunidades y gobiernos locales toman la responsabilidad en la búsqueda de financiamientos, deben organizarse para exigir a usuarios importantes la negociación para la implementación de regímenes de prácticas en la mejora hidrológico forestal de las zonas de recargas así asegurando la seguridad hídrica, biológica de la subcuenca por lo tanto el autor del TdG aporta con su disponibilidad como facilitador del proceso.
- En futuras investigaciones que den seguimiento a este estudio se recomienda plantear un ítem de preguntas enfocadas a establecer una hoja de ruta para crear una propuesta técnico-financiera que le de viabilidad a proyectos en el futuro en cuestiones de reforestación basados en estas

metodologías articuladas para la zona de recarga de la subcuenca del río Teaone o cuencas de la región. Esas preguntas tendrían que ir de la mano con reuniones en las diferentes comunidades identificando comunidades aledañas a zonas de recargas.

- Es necesario profundizar en el análisis de datos espaciales, datos climáticos, datos hidrológicos y su manejo en SIG con el fin de generar mapeo temático útil para la lógica de la planificación de intervenciones forestales en cuencas.
- Entre los actores es importante involucrar a dos de los mayores demandantes de agua como es la industria de hidrocarburos y termoeléctrica, para que conozcan los beneficios que se lograrían con intervenciones de forestación y reforestación en la subcuenca del río Teaone con metodologías eficaces convencionales o no convencionales para.
- Es preciso juntar las diferentes instituciones que tienen labores específicas y forman parte de la gobernanza en la subcuenca a manera recomendable de comité de cuencas pero actualmente la corte constitucional del Ecuador declaró inconstitucional tres cuerpos normativos, 1 ley de aguas aprobado en el 2014, 2 reglamentos a la ley de aguas 2015 y 3 instructivos a las juntas de aguas 2016, esto se da ya que no se cumplió con el artículo 57 numeral 17 de la constitución de la república del Ecuador, que manda a desarrollar una consulta prelegislativa junto con las comunidades, comunas, pueblos y diferentes nacionalidades. Sin embargo, se va construyendo en la nueva ley de aguas y los cimientos para establecer los consejos de demarcación hidrográficas y de cuencas para la gestión del territorio.
- Mediante programas y proyectos que se puedan generar por acuerdos y compromisos para resolver problemáticas entendiendo que lo que pasa en la zona alta de la subcuenca va a tener repercusiones tanto positivas como negativas en la zona media y baja, una de las claves indispensables es lograr que el conjunto de actores conozca en gran medida esta dinámica.
- Es necesario profundizar en la obtención de datos para la cuantificación proveniente de estudios en el campo, para analizar las condiciones de vegetación y suelos específicos del sitio. Eso radica en la necesidad de establecer estaciones meteorológicas y climáticas dentro de la subcuenca del río Teaone.
- Existe necesidad para que a nivel provincial se ejecuten planes de manejo de cuencas hidrográficas que busquen recuperar los recursos del agua y el suelo en subcuencas con características similares a la del río Teaone.
- Es necesario que varias instituciones mencionadas en el presente TdG capten la implementación de estas herramientas utilizadas en esta propuesta para sus planes de ordenamiento territorial
- Bajo el marco de la sociabilización es importante que los GAD puedan coordinar talleres para reconocimiento de esta metodología utilizada en los varios centros poblados en zonas de recarga.
- La propuesta de este TdG da la capacidad para que se establezca en una propuesta para pago por servicios ambientales por lo que queda abierta a su implementación por parte de las instituciones que están inmersas en proyectos de reforestación actuales o futuros.
- A nivel de consultoría privada sería interesante y factible proponer esta metodología y la articulación de información a modo de propuesta para lograr buscar el financiamiento que serviría

en el desarrollo socioambiental, buscando acuerdos junto con las instituciones y ONG importantes que establecen proyectos de restauración.

- En el ámbito climatológico es necesario que se logren expandir el número de estaciones dentro de la subcuenca, lo que ayudara a una mayor relatividad en los datos para estudios que se puedan implementar a futuro.



## 9. Literatura citada.

- Balieiro, F. D. C., Franco, A. A., Pereira, M. G., Campello, E. F. C., Dias, L. E., Faria, S. M. D., & Alves, B. J. R., 2004. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasil. 597p - 601p.
- Bonnesoeur, V., Locatelli, B., & Ochoa-Tocachi, B., 2019. Impactos de la Forestación en el Agua y los Suelos de los Andes: ¿Qué sabemos? Lima, Perú. 5p
- Bueno, M., 2015. El huerto familiar ecológico. RBA Libros, Barcelona, España. 45p
- Cáceres, L., Mejía, R., & Ontaneda, G., 1998. Evidencias del cambio climático en Ecuador. Bulletin de l'Institut français d'études andines. Francia. 27p.
- Cajamarca, R. E., 2017. Estudio del balance hídrico superficial de las cuencas hidrográficas, sector Jadán y Zhidmad en el área de interceptación con el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA) (Bachelor's thesis).
- Camargo, E.E.S, Vilegas, W. 2008. Controle de qualidade dos extratos polares de *Turnera difusa* Willd. Ex Schult. Turneraceae. Br. J. Pharmacogl. 228p-232p.
- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., López de Armentia, A., Del Río, J. L., & De Marco, S. G., 2018. Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Revista Universitaria de Geografía, 73p-97p.
- Careaga, J. R., 2005. Zonificación agroecológica de la sierra norte de Puebla. Buap. primera edición. Puebla, Mexico 189p
- Dalio, J. S., 2021. Insect fauna visiting *Tecoma castanifolia*. Frontiers in Science and Technology in India: An Overview, 93p.

- Erazo, F., 2005. Evaluación de once variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) durante la época seca del año 2004 en la zona de Quevedo. Tesis ingeniería agronómica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador. 50-60 p
- Fernández, O. F., 2020. Propuesta de técnica de bajo costo para regeneración de los horizontes a y o, en los suelos de interés en zonas potenciales de conservación y recarga hídrica de la micro-cuenca de las quebradas Caracol y Trapiche, san ramón de Alajuela, costa rica. Trabajo de Graduación de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 31p- 40 p.
- Flores Y., 2016. La reforestación como medida de protección ambiental en el proceso educativo de los estudiantes del 6to año básico de la escuela José Martínez Queirolo de la ciudad de Guayaquil. Guayaquil- Ecuador. 14 p–15 p.
- Figuroa J., Sanoja, E., & Delgado, L., 2010. Árboles utilizados como productos forestales no maderables en la cuenca alta del río botanamo, estado bolívar, venezuela/Trees useful as non timber forest products in the Botanamo upper river basin, Bolívar State, Venezuela. Acta Botánica Venezuelica, 119 p-135 p.
- Figuroa J. Jaksic F., 2004. Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. Revista chilena de historia natural, 201p - 215p.
- FOCARD-APS, 2018. Guía para elaborar e implementar planes modelos para la protección de fuentes y áreas de recarga para operadores comunitarios, FOCARD-APS, República Dominicana, 2018. 19 p.
- GADMCE, 2021. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Esmeraldas. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón. Esmeraldas, Ecuador.

- GADPCC, 2019. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Carlos Concha. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia rural Carlos Concha. Esmeraldas, Ecuador.
- GADPT, 2015. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Tabiazo. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia rural Tabiazo. Esmeraldas, Ecuador.
- Giovanni, 2022. Nasa.gov. disponible en: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>
- González, G., Erica. L., López Zamora, Adannia. J., 2006. Estudio del crecimiento y sobrevivencia de cinco especies forestales en la finca El Plantel (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Gómez, M. H., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C. I., Rosales Méndez, M., Molina, C. H., ... & Molina, J. P., 2002. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica: Matarratón (*Gliricidia sepium*), Nacedero (*Trichantheragigantea*), Pízano (*Erythrinagusca*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria-CIPAV. Cali, Colombia, 23 p
- Guenni, O., Romero, E., Guédez, Y., Macías, M. P., & Infante, D., 2017. Estrategias de supervivencia de *Centrosema molle* y *C. macrocarpum* en respuesta a la sequía. Pastizales Tropicales-Forrajeros Tropicales, Maracay, Venezuela. 18 p.
- Hansen, M.C., Stehman S. V., Potapov P. V., 2013. Cuantificación de la pérdida bruta de la cubierta forestal mundial. Proc. Natl. Acad. Sci. Estados Unidos de América. 107p
- Holdridge, L. R., 2000. Ecología basada en zonas de vida No. 83. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San Jose, Costa Rica. Agroamérica. 216p

- INATEC, et al., 2016. Prácticas de conservación de suelos y agua: manual del protagonista, INATEC, Managua, Nicaragua, 2016. Unidad III
- INEC, 2010. Instituto Nacional de Estadísticas, Censo poblacional nacional Ecuador en cifras, Cantón Esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador
- Michael E. Foster, Chen D., Kieser M.S., Kieser & Associates, 2020. CUBHIC, Metodología de cuantificación de beneficios hidrológicos de intervenciones en cuencas. Restauración y conservación de pastizales altoandinos: Cuantificación de mejoras potenciales en el caudal base. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y el Gobierno de Canadá.
- Molinero J., Barrado M., Guijarro M, Ortiz M., Carnicer O., and Zuazagoitia D., 2018. The Teaone River: a snapshot of a tropical river from the coastal region of Ecuador. Escuela de Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Departamento de Química Aplicada, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, España. 589p-591p.
- Pérez R., Cabrera E., Cedeño G., Delgado H., Mendoza R., & Chávez E., 2018. Irrigation Regime for Crops in Manabí, Ecuador: Edaphic Study. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Manabí, Ecuador. 4 p
- Musy A., 2001. Cours "Hydrologie générale". Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement. Capítulo 1, 2, 3, 4 y 5. Francia.
- Ordenanza N26, 2016. Ordenanza que regula la protección y conservación de cuencas hidrográficas, el uso y reposición de plantaciones forestales en el cantón Esmeraldas. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador. 2 p

- Ortiz M., 2015. Caracterización de diatomeas como herramienta para el estudio de la calidad del agua del río Teaone. Escuela de Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, disertación de pregrado, Esmeraldas, Ecuador.
- Quispe J. M., 2018. Valorización económica de los servicios ecosistémicos de almacenamiento de agua y carbono en los Bosques de Queñua (*Polylepis*) del Distrito de Chiguata de la Provincia de Arequipa. Arequipa, Perú.
- Ramakrishna B., 2019. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas, Conservación de suelos y tecnologías para la cosecha de agua, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2019. UNIDAD 4, 6 p
- Reforestation Seedballs Kenya, 2015. Seedballskenya. Disponible en: <https://www.seedballskenya.com/>
- Salazar I., 2016. Análisis de proyectos hidroeléctricos, mediante técnicas geoespaciales con enfoque integral, en la microcuenca del Río Bonito, Izabal (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Stackhouse P., 2022. NASA POWER. Data Access Viewer. Nasa.gov. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Toapanta C., 2019. Análisis Bromatológico de Semillas de Guarumo, (*cecropia sp*) en el tercer piso (bsbno4) del Bosque Siempre Verde Montano Bajo de la Cordillera Occidental de los Andes, Provincia de Cotopaxi, 2019 (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

## 9. Anexos.

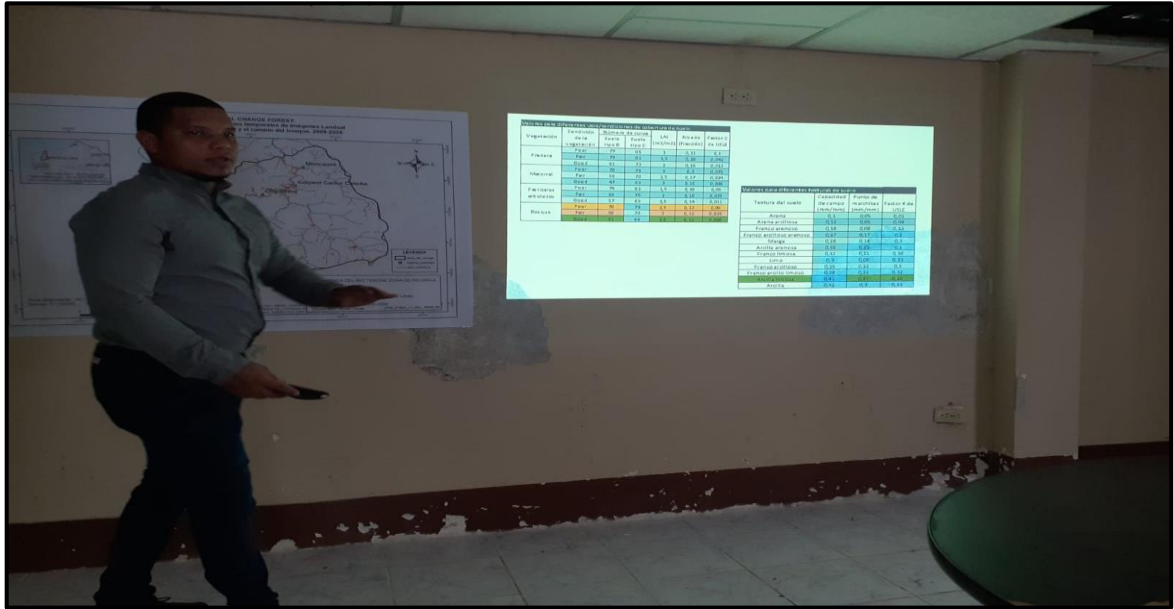
### 10.1 Fotos y Datos



**FIGURA 19** Impartiendo el taller participativo en el GADPR de Carlos Concha en la mesa de trabajo junto a la presidenta del GAD, teniente político y representantes parroquiales del consejo de participación ciudadana. Indicando las especies seleccionadas y usos colectivos y su función con la tecnología “seedballs”. Caracterizada con fichas técnicas en la mesa.



**FIGURA 20** Taller: Explicando la dinámica para el balance hidrológico en lenguaje empírico para lograr crear mayor impacto hacia el entendimiento común y crear una antesala para explicar el proceso de cuantificación de los beneficios hidrológicos CUBHIC. Detrás representando el mapa de áreas degradadas de la zona de recarga en un plano tamaño A0.



**FIGURA 21** Explicando la metodología CUBHIC, las condiciones de vegetación y suelo adaptadas en la hoja de cálculo.



**FIGURA 22** Explicando los beneficios hidrológicos obtenidos por prácticas de forestación y reforestación no convencional a bajo costo y la obtención de respuestas a la serie de preguntas por parte de las políticas ambientales de incentivo económico para fomentar las prácticas de captación de carbono.





**FIGURA 23** Áreas degradadas en la ribera del río Teaone.



**FIGURA 24** Áreas degradadas en la ribera del río Teaone foto 2.





**FIGURA 25** Áreas degradadas en zona de recarga de la subcuenca del río Teaone.



**FIGURA 26** Áreas degradadas en zona de recarga de la subcuenca del río Teaone foto 2.

**CUADRO 30** Tabla de datos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación sobre 365 días del año 2020-2021, para la cuantificación de los beneficios hidrológicos en la zona de recarga del río Teaone.

<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
1	28,22	23,4	2,77
2	27,04	23,58	3,81
3	27,83	23,42	3,11
4	28,47	23,65	2,29
5	28,36	23,42	9,62
6	28,67	23,36	4,68
7	28,95	23,51	5,2
8	27,33	23,9	25,43
9	26,75	23,42	49,08
10	27,43	23,71	17,66
11	27,99	24,19	8,82
12	27,76	24,08	3,57
13	27,33	24,22	7,13
14	26,44	23,98	10,63
15	26,26	23,88	11,39
16	26,24	23,65	9,3
17	27,7	23,59	8,69
18	26,78	24,12	9,85
19	26,52	24,08	13,09
20	26,23	24,33	13,99
21	26,73	24,25	18,87
22	27,14	23,86	4,04
23	28,08	23,9	1,01
24	27,33	24,39	12,32
25	26,66	24,08	9,59
26	26,87	23,64	5,58
27	28,04	23,91	13,75
28	26,63	24,3	14,84
29	27,34	24,14	11,5
30	26,82	24,59	12,75
31	28,13	24,3	2,22
32	27,65	24,75	4,95
33	27,98	24,72	3,81
34	28,44	24,73	3,93
35	27,31	24,3	3,58
36	27,98	24,52	5,18

<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
37	28,69	24,71	5,02
38	28,06	24,72	7,94
39	27,58	24,73	17,03
40	27,57	24,37	3,35
41	27,11	24,14	9,83
42	27,42	24,32	10,98
43	27,76	24,62	6,93
44	27,58	24,78	6,33
45	27,75	24,74	5,48
46	27,58	24,1	1,26
47	28,4	24,45	2,7
48	28,56	24,48	17,25
49	27,67	24,62	1,02
50	27,68	24,42	1,4
51	27,86	24,78	1,53
52	27,62	24,26	4,63
53	26,85	24,66	11,65
54	28,34	24,55	1,19
55	27,55	25,29	3,11
56	26,35	24,49	7,91
57	27,33	24,69	4,61
58	28,55	24,59	6,22
59	27,8	24,58	16,96
60	25,8	24,48	19,23
61	28,2	24,36	4,5
62	28	24,79	5,77
63	27,64	24,85	11,96
64	27,58	25,12	6,41
65	28,15	25,11	3,44
66	27,02	24,73	19,92
67	26,15	24,53	22,45
68	27,54	24,58	15
69	27,17	24,23	11,94
70	26,48	24,23	16,07
71	28,5	24,4	4,5
72	27,5	24,88	4,76
73	27,8	24,63	4,97
74	28,37	25,08	7,59

<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
75	27,63	25,01	7,27
76	27,51	24,81	2,56
77	27,15	24,44	13,89
78	28	24,03	0,9
79	28,06	24,51	0,53
80	27,18	24,3	1,94
81	27,6	24,27	1,92
82	27,43	24,09	0,7
83	27,09	23,82	1,33
84	27,03	23,72	0,88
85	27,18	23,9	9,93
86	28,05	24,02	3,46
87	27,53	24,32	14,54
88	26,44	24,19	7,17
89	28,55	23,7	9,47
90	28,02	24,49	3,96
91	28,26	23,86	7,71
92	28,01	24,04	21,08
93	26	23,5	14,58
94	27,99	24,57	5,07
95	26,01	24,29	18,91
96	27,65	23,93	2,7
97	26,26	24,64	10,92
98	27,8	24,3	4,56
99	26,94	24,48	3,95
100	28,08	24,04	1,8
101	27,23	24,54	5,11
102	27,79	24,73	3,47
103	27,58	24,39	0,34
104	27,01	23,87	8,78
105	26,05	23,45	23,9
106	27,45	23,46	6,35
107	27,59	23,72	1,9
108	27,05	23,9	2,51
109	27,37	24,19	1,86
110	27,45	24,24	3,66
111	28,78	23,61	2,81
112	27,78	24,26	1,71

<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
113	25,62	24,3	12,51
114	28,38	24,16	0,31
115	26,52	24,58	4,42
116	26,87	24,17	13,28
117	26,55	24,39	21,42
118	27,12	24,02	9,91
119	26,56	24,2	7,56
120	26,9	23,64	8,66
121	27,48	24,19	1,66
122	26,55	24,48	10,43
123	27,31	23,88	5,32
124	27,74	23,89	0,7
125	27,26	24,12	4,43
126	26,03	24,23	5,88
127	26,8	23,55	1,77
128	26,85	23,23	0,45
129	26,95	23,39	0,93
130	26,74	23,74	3,79
131	26,87	23,08	0,41
132	27,4	23,42	0,26
133	27,08	23,45	0,16
134	26,3	23,19	0,28
135	26,21	22,85	1,38
136	26,51	22,89	3,51
137	26,96	23,2	18,45
138	25,83	23,12	9,69
139	27,23	23,73	3,07
140	27,71	24,06	3,58
141	27,1	23,98	2,81
142	26,46	23,01	6,38
143	26,55	23,12	2,46
144	26,67	23,19	1,26
145	27,08	23,29	0,65
146	26,87	23,58	0,84
147	26,87	23,77	0,39
148	27,07	23,03	0,34
149	26,9	23,36	0,54
150	27,12	23,37	0,58

<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
151	27,03	24,13	0,97
152	27,48	23,66	2,84
153	26,58	23,9	1,64
154	27,51	23,83	1,48
155	27,5	24,05	2,61
156	27,53	24,3	11,17
157	26,32	22,96	11,51
158	25,99	22,97	2,88
159	26,65	23,12	2,71
160	27,2	23,48	0,18
161	27,48	23,33	1,29
162	27,15	22,98	0,95
163	26,81	23,37	0,89
164	26,27	23,05	4,04
165	26,47	23,19	2,31
166	25,34	22,94	3,27
167	27,46	23,25	0,81
168	26,97	23,69	0,68
169	26,88	23,48	1,01
170	26,79	23,37	0,7
171	27,27	23,33	3,31
172	27	23,74	7,19
173	27,14	23,14	0,69
174	27,85	23,62	1,31
175	26,48	23,62	1,34
176	26,73	22,77	1,37
177	26,42	22,75	0,34
178	26,85	22,45	2,92
179	27,49	23,37	3,11
180	27,09	23,26	0,23
181	26,76	23,47	0,51
182	27,23	23,23	0,45
183	27,13	23,27	0,28
184	27,24	22,88	0,09
185	27,07	22,91	0,07
186	27,15	22,6	0,12
187	27,4	22,23	0,24
188	27,08	22,9	0,28



<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
189	27,19	22,69	0,21
190	27,07	22,45	0,05
191	26,68	22,64	0,17
192	27,04	22,69	0,09
193	27,94	22,8	0,1
194	28,48	22,96	0,08
195	27,78	22,8	0,12
196	27,81	23,25	0,21
197	26,93	23,1	0,41
198	27,98	22,64	0,5
199	27,8	22,87	1,49
200	28,23	22,95	0,97
201	28,55	23,47	0,44
202	28,47	23,37	0,68
203	28,69	23,02	0,37
204	28,18	22,73	0,08
205	27,31	22,8	0,25
206	27,62	22,92	0,79
207	27,89	22,76	0,75
208	28,45	22,71	0,38
209	28,8	23,02	0,36
210	28,33	23,42	0,97
211	28,53	23,1	0,46
212	28,94	23,52	0,68
213	28,69	22,94	0,43
214	28,12	23,03	0,17
215	28,73	22,93	0,14
216	29,17	23,37	0,43
217	29,29	23,49	0,44
218	28,94	22,68	0,02
219	27,93	22,23	0,03
220	28,03	22,3	0,08
221	27,63	22,86	0,47
222	27,91	22,65	1,61
223	27,79	22,06	0,23
224	27,65	21,92	0,88
225	28,77	22,29	1,78
226	28,53	22,69	0,27

<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
227	27,22	23,3	1,36
228	27,2	22,8	4,96
229	28,43	22,71	1,82
230	28,87	23,48	0,74
231	27,53	23,22	0,74
232	28,19	22,57	0,9
233	28,54	23,27	0,54
234	28,24	23,02	0,56
235	27,98	22,59	0,58
236	27,51	22,34	0,62
237	28,69	22,41	1,46
238	26,73	22,03	0,78
239	29,21	22,69	3,47
240	28,83	23,14	1,75
241	27,62	23,63	0,33
242	28,19	23,13	0,42
243	28,81	22,83	1,02
244	28,51	23,4	3,49
245	28,51	23,68	2,06
246	28,48	23,59	1,41
247	28,25	23,33	0,87
248	28,57	23,12	1,41
249	29,07	23,4	1,23
250	28,11	23,79	1,2
251	28,18	23,24	0,66
252	28,83	23,15	0,53
253	28,67	23,08	0,69
254	27,49	23,01	0,66
255	28,84	22,37	0,94
256	28,39	23,42	1,43
257	28,58	22,85	0,33
258	29,35	23,26	0,08
259	28,74	23,13	0,12
260	29,75	23,57	0,1
261	28,58	23,7	0,5
262	29,25	22,87	0,49
263	29,53	23,36	0,22
264	28,47	23,05	1,64



<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
265	28,85	22,72	0,96
266	29,14	22,76	0,54
267	29,65	23,15	1,12
268	29,45	23,33	4,49
269	28,52	22,89	3,59
270	28,6	22,87	1,02
271	28,49	23,19	0,84
272	27,91	23,39	1,3
273	28,56	22,46	0,65
274	29,47	23,01	0,54
275	28,78	23,31	2,26
276	28,14	22,55	2,33
277	28,19	22,69	0,41
278	27,44	22,4	0,45
279	27,65	22,39	0,57
280	28,63	22,19	0,89
281	28,24	22,15	0,32
282	27,81	22,18	0,84
283	26,35	22,19	2,93
284	27,78	21,94	0,58
285	28,08	22,34	0,48
286	28,32	23,05	0,84
287	27,39	22,51	0,64
288	27,06	22,51	1,92
289	28,12	22,76	0,28
290	28,23	23,1	3,35
291	28,74	23,08	1,31
292	27,96	23,1	5,28
293	27,64	23,51	1,72
294	27,32	23,21	2,16
295	28,34	22,88	1,01
296	28,94	23,3	0,95
297	28,69	23,42	1,72
298	28,33	23,62	1,74
299	28,1	23,79	0,78
300	29,05	23,94	1,28
301	29	23,48	1,17
302	28,23	23,01	2,03

<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
303	27,76	22,69	2,61
304	28,62	22,83	6,25
305	27,5	23,19	19,61
306	27,31	22,98	1,15
307	26,51	22,52	1,35
308	27,24	22,29	1,63
309	26,26	22,69	3,81
310	26,37	22,49	3,38
311	26,3	21,94	4,11
312	25,5	22,22	8,83
313	25,03	22,33	3,22
314	26,45	22,15	0,97
315	24,96	22,01	1,36
316	25,72	21,96	1,6
317	24,92	21,78	3,84
318	26,24	22,01	5,47
319	26,07	22,09	6,89
320	26,18	21,55	3
321	26,01	21,94	5,35
322	23,92	21,69	18,15
323	25,73	21,73	7,73
324	26,8	21,91	0,38
325	25,62	21,76	2,01
326	25,17	21,7	1,85
327	25,91	21,63	3,79
328	26,03	22,57	4,38
329	25,8	22,27	0,74
330	26,33	22,35	2,21
331	26,92	22,73	2,87
332	26,41	23,09	13,56
333	25,13	22,59	11,82
334	25,35	22,45	5,51
335	27,13	22,98	7,57
336	27,33	22,7	9,16
337	26,08	22,86	4,24
338	26,12	22,9	1,68
339	26,04	22,78	4,42
340	26,09	22,73	2,26

<b>Día</b>	<b>Temperatura máxima (C)</b>	<b>Temperatura mínima (C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
341	26,76	23,33	3,53
342	27,18	23,2	12,97
343	25,08	23,09	32,79
344	25,73	23,08	9,44
345	25,37	22,26	8,31
346	25,6	22,55	12,04
347	26,29	22,57	5,37
348	25,97	22,72	3,5
349	25,17	22,55	6,96
350	25,07	22,86	14,24
351	25,19	22,3	7,76
352	24,8	22,69	8,46
353	25,4	22,91	9,85
354	26,03	22,74	12,96
355	26,33	23,25	6,93
356	26,77	22,83	1,36
357	26,68	23,15	3,09
358	26,76	22,78	1,98
359	26,61	22,95	2,1
360	26,79	22,84	1,79
361	27,02	23,07	4,66
362	26,46	22,95	2,38
363	25,98	22,85	10,52
364	26,38	22,87	1,53
365	26,74	23,12	28,8

**Fuente** Adaptado de CUBHIC, datos obtenidos de *Giovanny-Nasa en el sensor de tasa de precipitación y temperatura casi en tiempo real (TRMM\_3B42RT\_Diario\_v7) P/mm/día y T°C+/día T°C-/día en un periodo de tiempo (01/01/2021-31/12/2021).*