

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**“DETERMINACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA LA RESTAURACIÓN DE  
BOSQUE DE RIBERA DE LA PARTE BAJA DEL RÍO NAHUALATE”**

**POR**

**LINDA MARÍA MAZARIEGOS GUARCHAJ**

**CARNÉ: 2015 42657**

**MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, ENERO DE 2,020.**

Universidad San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Suroccidente  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



### **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**“Determinación de áreas potenciales para la restauración de bosque de ribera de la parte baja del río Nahualate”**

Por:

Linda María Mazariegos Guarchaj

Carné: 2015 42657

Asesora:

MSc. Sharon Ivelisse Frisselene Quiñónez Melgar

Presentado ante las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente –CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a conferírsele el título que le acredita como Ingeniera en Gestión Ambiental Local en el grado académico de Licenciada.

Mazatenango, Suchitepéquez, enero de 2,020.

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE**

**AUTORIDADES**

MSc. Murphy Olympo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE  
SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

**REPRESENTANTES DE PROFESORES**

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Secretario

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE Rony Roderíco Alonzo Solíz

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

### **Coordinador Académico**

M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

### **Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas**

M.Sc. Rafael Armando Fonseca Ralda

### **Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social**

Lic. Edín Aníbal Ortíz Lara

### **Coordinador de las Carreras de Pedagogía**

Dr. René Humberto López Cotí

### **Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos**

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

### **Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical**

M.Sc. Erick Alexander España Miranda

### **Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local**

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

### **Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,**

#### **Abogado y Notario**

M.Sc. José David Barillas Chang

### **Coordinador de Área Social Humanista**

Lic. José Martínez Domínguez

### **Carreras Plan Fin de Semana del –CUNSUROC–**

#### **Coordinadora de las Carreras de Pedagogía**

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

#### **Coordinador Carrera de Periodista Profesional y**

#### **Licenciatura en Ciencias de la Comunicación**

M.Sc. Heirinch Herman León

## DEDICATORIA

A mi Dios	Por amarme como a la niña de sus ojos, otorgándome sabiduría y gracia.
A mi papá	Quien es mi mejor amigo y a quien amo con todo mi corazón; gracias a su esfuerzo y consejos he logrado todos mis triunfos.
A mi hermosa mamá	A quien amaré eternamente por su amor incondicional, protección, esfuerzo y paciencia para guiarme por el camino correcto.
A mis hermanos	Lulú y Danielito, por ser las personas más importantes de mi vida y reflejar el amor de Dios en ellos.
A mi familia	Mi abuelita por sus sabios consejos, Brenda y Tito gracias por ser mis segundos padres, Nancy por encontrar la complicidad de hermanas, Tía Mina gracias por cuidarme y, a Natalia por escucharme y darme ánimos para alcanzar mis metas.
A mis amigos	Catherin, José María, Ana e Ivonne por luchar en todo momento para cumplir nuestros sueños.
A la familia	Samayoa Gaitán por creer en mí y darme la oportunidad de iniciar una experiencia profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesora MSc. Sharon Quiñonez Melgar por brindarme su apoyo, conocimiento, tiempo y amistad, guiándome en el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-.

A la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, especialmente a mis catedráticos por formarme académicamente, compartir sus conocimientos y experiencias profesionales.

Al Centro Universitario del Suroccidente –CUNSUROC-, de la Universidad San Carlos de Guatemala, por darme la oportunidad de ser una profesional.

Al Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-, por permitir que realizará el EPS dentro del programa Manejo Integrado de Cuencas, especialmente al Ing. Juan Andrés Nelson por brindarme su apoyo y confianza y, al Ing. Oscar Morales por compartirme de sus conocimientos.

Aldea Bolivia, por recibirme y colaborar para realizar está investigación, especialmente a Sergio y Tonito.

A Victor Cal, Alejandro Mancio, Cesar Zacarías y al Ing. Bryan Cucuj por su apoyo en todo el proceso del EPS.

## Índice General

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
I. Introducción .....	1
II. Revisión de literatura .....	3
2.1 Marco Referencial .....	3
2.1.1 Cuenca del río Nahualate .....	3
2.1.2 Parte baja de la corriente del río Nahualate .....	7
2.2 Marco Conceptual .....	10
2.2.1 Zonas de ribera .....	10
2.2.2 Bosques de ribera .....	11
2.2.3 Corredores de ribera .....	11
2.2.4 Ecología del bosque de ribera .....	12
2.2.5 Factores que influyen en los bosques de ribera .....	12
2.2.6 Servicios y beneficios ecosistémicos de los bosques de ribera .....	13
2.2.7 Bosque .....	13
2.2.8 Cobertura forestal .....	14
2.2.9 Cauce .....	14
2.2.10 Restauración .....	15
2.2.11 Restauración del paisaje forestal .....	15
2.2.12 Características para considerar las áreas potenciales de restauración .....	16
2.2.13 Metodología para la evaluación de áreas potenciales de restauración del paisaje forestal .....	17
2.2.14 Metodología de implementación de bosques de ribera del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC- .....	18
2.2.15 Dron .....	18
2.2.16 Fotogrametría .....	18
2.2.17 Fotografías aéreas .....	19
2.2.18 Formato KML (Keyhole Markup Language) .....	19
2.2.19 Formato KMZ (Keyhole Markup Zip) .....	19
2.3 Marco Legal .....	19

2.3.1 Legislación relacionada con bosques de ribera.....	19
III. Objetivos.....	21
3.1 Objetivo general .....	21
3.2 Objetivos específicos .....	21
IV. Materiales y métodos .....	22
4.1 Materiales y equipo .....	22
4.2 Métodos .....	23
4.2.1 Delimitación de área en estudio.....	23
4.2.2 Determinación del uso actual del suelo en la ribera del río. ....	23
4.2.3 Identificación de áreas potenciales de restauración forestal. ....	31
4.2.4 Elaboración de una propuesta de plan de restauración de bosques de ribera para la parte baja del río Nahualate. ....	33
V. Resultados y discusión.....	37
5.1 Determinación del uso actual del área ribereña del río Nahualate. ....	37
5.2 Identificación de áreas potenciales para la restauración forestal. ....	38
5.3 Propuesta de plan para la restauración de bosques de ribera .....	40
VI. Conclusiones.....	42
VII. Recomendaciones.....	43
VIII. Referencias .....	44
IX. Anexos .....	54



## Índice de Tablas

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Especies arbóreas dominantes en la ribera del río Acomé .....	09
2. Materiales y equipo .....	22
3. Resumen de error de puntos de control .....	28

## Índice de Figuras

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Ubicación de la cuenca de río Nahualate.....	03
2. Zonas susceptibles a inundaciones cuenca baja río Nahualate .....	08
3. Ubicación de río Nahualate, parte baja .....	23
4. Delimitación de cauce mayor y buffer a 100 metros .....	24
5. Plan de vuelo río Nahualate, parte baja .....	25
6. Polígono 1, plan de vuelo.....	26
7. Fotografía río Nahualate, parte baja .....	27
8. Orientación de fotografías .....	28
9. Modelo digital de elevaciones .....	29
10. Ortomosaico .....	30
11. Ejemplo de zona con cultivo, río Nahualate, parte baja .....	32
12. Ejemplo zona dispersa, río Nahualate, parte baja .....	32
13. Ejemplo zona con cobertura forestal, río Nahualate, parte baja .....	33
14. Gráfica de porcentaje de área de uso del suelo .....	37
15. Áreas potenciales de restauración forestal y áreas con cobertura forestal .....	39
16. Usos del suelo de la ribera de río Nahualate .....	57
17. Áreas potenciales de restauración forestal de la parte baja de río Nahualate .....	58
18. Área potencial con árboles dispersos de la parte baja de río Nahualate .....	59
19. Área con cobertura de la ribera de la parte baja de río Nahualate .....	60
20. Vista a detalle fracción 1 .....	61
21. Vista a detalle fracción 2 .....	62
22. Vista a detalle fracción 3 .....	63
23. Vista a detalle fracción 4 .....	64
24. Vista a detalle fracción 5 .....	65
25. Vista a detalle fracción 6 .....	66

## Resumen

La presente investigación se realizó en la parte baja del río Nahualate, la zona de estudio cuenta con 23.49 km de longitud del cauce del río, inicia desde el último río tributario (río Siguacán) en las coordenadas 14°12'83" latitud norte y 91°26'74" longitud oeste; hasta la desembocadura del cauce principal, al litoral del Pacífico en las coordenadas 14°2'72" latitud norte y 91°32'14" longitud oeste.

La finalidad fue determinar áreas potenciales para la restauración forestal de la zona ribereña a 35 metros de cada lado del río desde el límite del cauce mayor, utilizando un dron y aplicando la técnica de la fotogrametría, se generó un ortomapa para la medición de áreas.

Los resultados obtenidos demuestran que el mayor uso del suelo en la ribera del río corresponde a cultivos permanentes, los cuales representan 97.79 hectáreas (ha) de 170.86 ha delimitadas como ribera del río Nahualate, el resto corresponde a cultivos anuales (1.78 ha), urbano (3.47 ha), área de arena (0.2 ha), árboles dispersos (1.77 ha), vegetación baja arbustiva (25.78 ha), cuerpos de agua (0.13 ha) y zona con cobertura boscosa (39.94 ha).

La clasificación del uso del suelo determinó que existen 39.94 ha de cobertura forestal, 125.55 ha potenciales para restauración y 1.77 ha potenciales de árboles dispersos para la restauración del paisaje forestal en la ribera del río Nahualate.

Se estableció un plan de restauración, que incluye especies forestales aptas para el propósito, actividades de implementación y mantenimiento de la cobertura forestal por un tiempo de tres años, presupuestando un costo de Q 7,210.74 por hectárea durante tres años para el establecimiento de 71,250 plantas. Se recomienda iniciar la restauración del paisaje forestal en las zonas arbustivas bajas o de guamil y en las zonas sin uso.

## Abstract

The present investigation was carried out in the lower part of the Nahualate river, the study area has a length of 23.49 km from of the riverbed, starts from the last tributary river (Siguacán river) at the coordinates 14°12'83" north latitude and 91°26'74" west longitude; to the mouth of the main channel, to the Pacific coast at coordinates 14°2'72" north latitude and 91°32'14 " west longitude coordinates.

The purpose of the investigation was to determine potential areas for forest restoration of the riparian zone 35 meters from each side of the river from the limit of the main channel, using a drone and applying the photogrametry technique, an orthomap was generated for the measurement of the areas.

The results obtained show that the greatest land use on the river bank corresponds to permanent crops, which represent 97.79 hectares of 170.86 hectares (ha) delimited as the Nahualate riverbank, the rest corresponds to annual crops (1.78 ha) urban crops (3.47 ha), sand area (0.2 ha), scattered trees (1.77 ha), low shrub vegetation (25.78 ha), bodies of water (0.13 ha) and area with forest cover (39.94 ha).

The land use classification determined that there are 39.94 hectares of forest cover, 125.55 hectares potential for restoration and 1.77 hectares of dispersed trees for the restoration of the forest landscape on the banks of the Nahualate River.

A restoration plan was established, which includes forest species suitable for the purpose, implementation activities and maintenance of forest cover for a period of three years, budgeting a cost of Q 7,210.74 per hectare for three years, to establish 71,250 plants. It is recommended to start the restoration of the forest landscape in the low bush or guamil areas and in the unused areas.

## I. Introducción

Los bosques de ribera se localizan en los márgenes de los ríos o en las llanuras de inundación, son zonas de amortiguamiento, transición del medio acuático con el medio terrestre, unifican y promueven la biodiversidad de las partes altas hasta las partes bajas de una cuenca hidrográfica (Bennett, 2004, p. 55; Elosegui, 2009, p. 29; Magdaleno, 2013, p. 90; Sabogal et al., 2015, p. 4; Reglamento PROBOSQUE, 2015, p. 5, Sánchez et al., 2003, p.23).

La presente investigación tuvo la finalidad de determinar áreas potenciales de restauración de bosque de ribera en la parte baja del cauce del río Nahualate, específicamente consistió en la determinación del uso actual del suelo del área ribereña, identificación de áreas potenciales y elaboración de un plan para la restauración de bosque de ribera.

El río Nahualate tiene una corriente principal de 132.15 km de longitud, el cual nace en el departamento de Totonicapán y se extiende hasta desembocar al Océano Pacífico, en el departamento de Suchitepéquez; el área de estudio inicia en la parte baja del cauce del río Nahualate con una longitud de 23.49 km la cual es considerada una zona vulnerable a inundaciones debido a las características biofísicas de la cuenca y acciones antrópicas (Pellecer, 2017, p. 38; ICC, 2015, p. 16).

Para realizar la investigación se utilizó la técnica de la fotogrametría a través de la interpretación de datos espaciales con fotografías aéreas de la zona de estudio en un área de 2,110 hectáreas, delimitando en la ribera del cauce mayor del río Nahualate un área de influencia de 35 metros, según metodología del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) y generación de mapas temáticos.

Los usos del suelo de la ribera del río Nahualate, cuya área es de 170.86 ha, corresponden en 1.04% a cultivos anuales, el 57.24% a cultivos permanentes, el 2.03% a zona urbanizada, el 23.37% a zona con cobertura forestal, el 0.12% área sin uso o

arena, el 1.03% área con árboles dispersos, el 15.09% a vegetación arbustiva baja y el 0.08% a cuerpos de agua (derivaciones).

Con base a esto, se determinó que el área potencial de restauración es de 125.55 ha, equivalentes al 75% del total del área de estudio.

Proponiéndose como respuesta, un plan de restauración que incluye acciones para la conservación de la biodiversidad de las zonas de amortiguamiento en la ribera del río, estableciendo mosaicos biológicos que en un futuro sean corredores que unifiquen la parte alta, media y baja de la cuenca río Nahualate. Requiriéndose para restaurar el área potencial de al menos un total de 62,775 plantas en los primeros dos años y calculándose un costo de implementación y mantenimiento de Q7,210.74 por hectárea.

## II. Revisión de literatura

### 2.1 Marco Referencial

#### 2.1.1 Cuenca del río Nahualate

La cuenca de río Nahualate se encuentra ubicada en los departamentos de Escuintla, Quetzaltenango, Sololá, Suchitepéquez y Totonicapán entre las coordenadas 14°00'32" y 14°54'26" latitud norte y las coordenadas 91°09'20" y 91°38'05" longitud oeste. Colinda al norte con la cuenca del río Motagua, al este con las cuencas del río Madre Vieja y Atitlán, al oeste con las cuencas del río Samalá y Sis-Icán y al sur con el Océano Pacífico (Oliva, 1982, p. 7; Pellecer, 2017, p. 38).

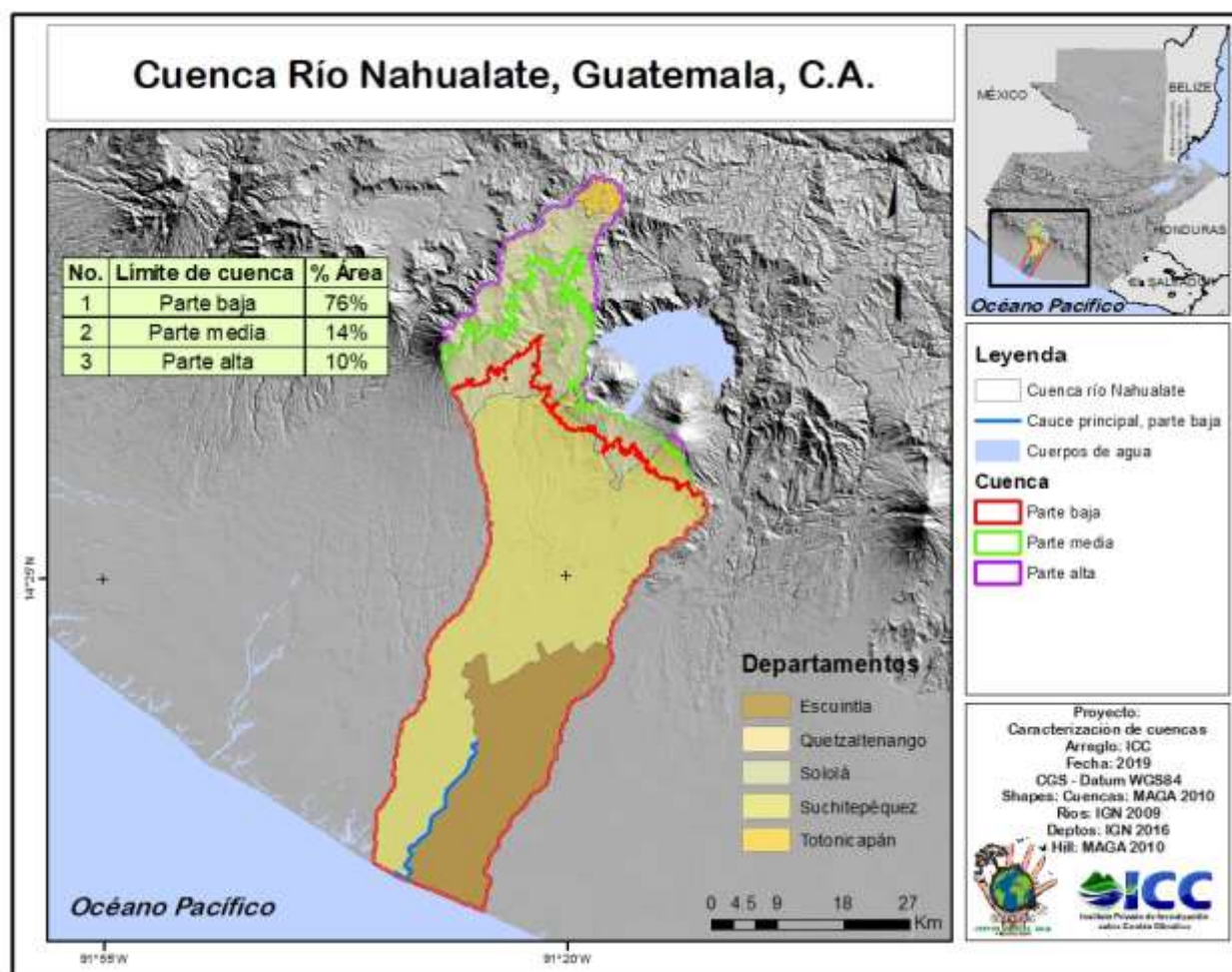


Figura 1. Ubicación de la cuenca de río Nahualate.

La corriente principal de la cuenca es de 132.15 km de longitud (Pellecer F., 2017, p. 39) con una elevación en el punto más alto de 3,300 metros sobre el nivel del mar (msnm). Entre los principales ríos que tributan al río Nahualate se mencionan: Nicá, Tzojoná, San Francisco, Uigualco, Chegüez, Masá, Yatzá, Cutzán, Tarro, Bravo, Ixtacapa, Sigucán y Mico (Oliva, 1982, p.7).

La extensión territorial de la cuenca Nahualate es de 1930.33 km<sup>2</sup>; la parte alta representa el 10%, la parte media el 14% y la parte baja 76%; la cuenca tiene una forma alargada, con una línea divisoria de 268.90 km de longitud, el punto más alto tiene una elevación mayor a 3,537 msnm, con una elevación media de 1,766 msnm y pendiente media de 16.84% (Oliva, 1982 p. 7; Pellecer, 2017, p. 38).

En la parte alta de la cuenca de río Nahualate se mantiene una temperatura promedio de 4° C a 18° C y una precipitación pluvial de 1,500 mm; la parte media presenta una temperatura promedio de 17° C a 20° C y una precipitación pluvial de 3,000 mm y la parte baja presenta una temperatura promedio de 22° C a 25° C y una precipitación pluvial de 500 mm a 1000 mm (ICC, 2015, p. 12 ).

En la cuenca de río Nahualate se encuentran las zonas de vida de 11.57% de bosque seco tropical, 45.58% de bosque húmedo tropical, 9.78% de bosque muy húmedo tropical, 15.14% de bosque muy húmedo premontano tropical, 11.67% de bosque húmedo montano bajo tropical, 0.93% de bosque húmedo premontano tropical, 0.01% de bosque muy húmedo montano bajo tropical y 5.32% de bosque muy húmedo montano tropical de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (IARNA, 2012, p. 33).

La clasificación del shape<sup>1</sup> de GIMBOT (2012), para usos del suelo define que los suelos de la cuenca del río Nahualate son aprovechados para diversas actividades productivas y sociales; se identifica los usos del suelo como asentamientos humanos o

---

<sup>1</sup> Forma o contorno.



paisajes artificiosos 1.67%, actividades agrícolas 71.98%, bosques y medios seminaturales 24.36%, zonas húmedas 0.68% y cuerpos de agua 1.40%.

Con respecto a la intensidad de uso del suelo: el 26.27% se encuentra en uso correcto, el 51.31% en uso sub utilizado, el 22.18% sobre utilizado y el 0.23% en áreas urbanas (MAGA, 2005, p. 53).

Según la capacidad de uso de la tierra (USDA), el 12.56% de la cuenca representa la clase I, indicando terrenos adecuados para cultivos agrícolas, pastos y bosques; el 25.60% de clase II, representa suelos con algunas limitantes que reducen la elección de plantas o requieren prácticas ligeras de conservación de suelos; el 19.22% de clase III, representa suelos con severas limitaciones que reducen la selección de plantas o requieren prácticas especializadas de conservación o ambas; el 7.05% de clase IV, representa suelos con limitantes muy severas que restringen la elección de cultivos o requieren de un manejo muy cuidadoso o ambos; el 0.35% de clase V, representa terrenos para pastos y bosques, no aptos para cultivos; el 2.65% de clase VI, representa suelos con limitaciones severas no aptos para su aprovechamiento en cultivos, el 21.45% de clase VII, representa suelos con limitaciones severas restringiendo su uso a la producción de pastos, árboles o vida silvestre y el 11.13% de clase VIII, representa suelos que solo pueden ser utilizados para recreación, vida silvestre o propósitos estéticos (Klingebiel et al. 1961, párr. 3).

Según la clasificación realizada por el Instituto Nacional de Bosques –INAB-, la capacidad de uso de la tierra en categoría A corresponde agricultura sin limitaciones lo cual representa el mayor porcentaje de la cuenca con el 40.52%, la categoría Aa corresponde agroforestería con cultivos anuales lo que representa el 20.04%, la categoría Am corresponde agricultura con mejoras lo que representa el 11.60%, la categoría Ap corresponde agroforestería con cultivos permanentes lo que representa el 1.53%, la categoría App corresponde áreas protegidas de protección lo que representa el 1.54%, la categoría F corresponde a tierras forestales de producción lo que representa el 12.09%, la categoría Fp corresponde a tierras forestales de protección lo

que representa el 9.78% y la categoría Ss corresponde a sistemas silvopastoriles lo que representa el 2.89%.

Los órdenes del suelo según la clasificación de MAGA 2000, para la cuenca de río Nahualate el alfisol ocupa el 1.51% indica que son suelos maduros con alto contenido de arcilla, el andisol ocupa el 47.55% lo que indica que son suelos desarrollados sobre ceniza volcánica ubicados en las regiones húmedas y subhúmedas, entisol ocupa el 7.28% lo que indica que son suelos presentes en áreas muy accidentadas pobres en materia orgánica, inceptisol ocupa el 14.01% lo que indica que son suelos jóvenes que no presentan acumulación de arcilla, molisol ocupa el 23.01% lo que indica que son suelos con alto contenido de materia orgánica y con estructura laminar con características adecuadas para la circulación de agua y aire y vertisol ocupa el 6.64% lo que indica que son suelos con altos contenidos de arcillas formando grietas en la época seca (MAGA, 2000, p. 6).

Para la parte alta de la cuenca, según el shape generado por MAGA (2002), sobre serie de suelos clasifica con mayor porcentaje que ocupa el territorio está Camanchá Erosionada con un 12.06%, para la parte media la serie de Suchitepéquez ocupa el 8.61% y para la parte baja la serie de suelos Tiquisate Franco ocupa el 21.53% de la cuenca.

La geología de la cuenca de río Nahualate representada en CPsr e I, indica rocas sedimentarias y plutónicas de la era Paleozoica del periodo pérmico-carbonífero; la geología Ksd indica rocas plutónicas, carbonatos de cretácico de la era Mesozoica del período cretácico-jurásico y la geología Qa, Qp, Qv, Tv indica rocas de tipo aluvión, cenizas volcánicas, rocas volcánicas y rocas volcánicas sin dividir de la era Cenozoica del período cuaternario-terciario (Chupina A., 2015, p. 24).

De acuerdo, con el shape de fisiografía de MAGA (2010), la cuenca de río Nahualate está dividida en tres regiones fisiográficas, el 54.85% corresponde a llanura costera del Pacífico principalmente en la parte baja de la cuenca, el 17.27 corresponde a la

pendiente volcánica reciente ubicada en la parte media-alta de la cuenca y el 27.88% corresponde a tierras altas volcánicas en la parte alta de la cuenca.

## **2.1.2 Parte baja de la corriente del río Nahualate**

### **A. Información general**

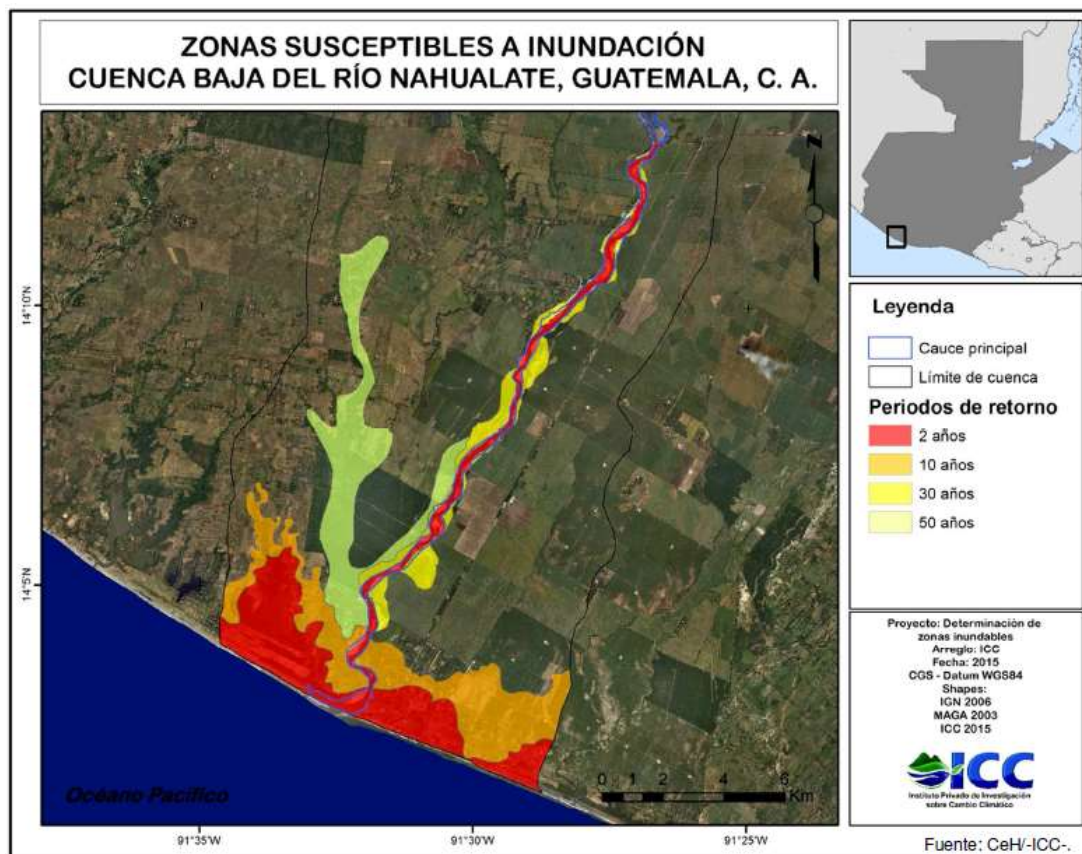
Las zonas de vida para la parte baja de la corriente principal del río Nahualate, según el sistema de Holdridge se clasifican en Bosque Húmedo Tropical Cálido con un área de 45.58% en toda la cuenca y Bosque Seco Tropical con un área de 11.57% en toda la cuenca (IARNA, 2012, pág. 33).

De acuerdo a Pellecer (2017), para la parte baja de la cuenca de río Nahualate las actividades productivas agrícolas corresponden a 90.84% de la superficie, para lo cual el cultivo de la caña de azúcar ocupa 36.41% de área, granos básicos 12.13%, musáceas 7.26%, hule 6.81% y palma africana 3%. La corriente principal del río Nahualate desde la desembocadura del río Sigüacán (último río tributario) hasta la desembocadura del mar posee 23.49 km de longitud, presenta un relieve suave y una pendiente baja (p. 39 y 42).

La parte baja de la corriente principal del río Nahualate se localiza entre las coordenadas 14°2'43.69" y 14°12'49.95" latitud norte y las coordenadas 91°32'8.55" y 91°26'44.56" longitud oeste, entre los límites de San Lorenzo y Santo Domingo Suchitepéquez y Tiquisate, Escuintla.

### **B. Estudios realizados en la parte baja de la cuenca de río Nahualate**

En el 2015 se realizó un mapeo sobre las zonas críticas de inundaciones en la cuenca baja del río Nahualate con la finalidad de realizar un análisis de percepción local de vulnerabilidad ante inundaciones en la cuenca baja del río Nahualate (ICC, 2015, p. 16); el estudio permitió identificar que restaurar el bosque en la zona ribereña es importante para disminuir los impactos negativos.



**Figura 2. Zonas susceptibles a inundaciones cuenca baja río Nahualate.**  
**Fuente: ICC, 2015**

la cuenca de río Nahualate, se han identificado 152 poblados con riesgo a inundación, donde el 44% de los poblados se localizan en el municipio de Tiquisate, Escuintla y el 56% poblados en riesgo se localizan entre los municipios de San Lorenzo y Santo Domingo Suchitepéquez, departamento de Suchitepéquez y existen 2 poblados categorizados en riesgo medio en Suchitepéquez (ICC, 2015, p. 17, Arce et al., 2006, p. 128; López, 2018, párr. 2; Domínguez, 2017, párr.2).

### **C. Estudios realizados sobre bosque de ribera.**

En 2015, se creó una mesa técnica de restauración del paisaje forestal en Guatemala, impulsado por iniciativas internacionales como el Desafío Bonn Challenge, Global Restoration Initiative 2011 y nacionales como INAB, en la que se elaboró un mapa de áreas potenciales para la restauración del paisaje forestal de la República de

Guatemala con el fin de implementar la estrategia de restauración del paisaje forestal nacional; lo que incluye actividades de restauración en áreas protegidas, áreas de manglares, sistemas silvopastoriles, agroforestería, tierras forestales y bosques riparios (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal Guatemala, 2015, p. 8).

En el 2016 se realizó una caracterización de las comunidades arbóreas en la ribera del río Acomé, Escuintla, Guatemala, C.A. en la que se determinaron especies dominantes por pisos altitudinales.

**Tabla 1.**

**Especies arbóreas dominantes (mayor valor de importancia) en la ribera del río Acomé.**

Piso altitudinal (m s. n. m.)	Especie	Familia	Nombre vernáculo	VI (%)
0 - 15	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Rhizophoraceae	Mangle rojo	41.64
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	Acanthaceae	Mangle negro	22.66
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Mimosaceae	Guachimol	6.81
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F.Gaertn.	Combretaceae	Mangle blanco	5.57
	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) DC.	Fabaceae	Matabuey	4.56
	15 -50	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Caulote
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.		Bombacaceae	Ceiba	13.00
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.		Mimosaceae	Conacaste	11.95
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.		Salicaceae	Sauce	10.21
<i>Ficus insipida</i> Willd.		Moraceae	Amate	7.40
50 - 200	<i>Brosimum costaricanum</i> Liebm.	Moraceae	Ramón	12.01
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Bombacaceae	Ceiba	9.50
	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Mimosaceae	Alacrán	8.20
	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cecropiaceae	Guarumo	7.78
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Caulote	4.91
200 - 546	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cecropiaceae	Guarumo	13.49
	<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	Fabaceae	Almendro cimarrón	7.05
	<i>Inga edulis</i> Mart.	Mimosaceae	Cuje	7.00
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Caulote	6.92
	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Araliaceae	Mano de león	5.96

Fuente: Alfaro, 2016, pág. 35.

El cuadro anterior define las especies arbóreas más importantes en la ribera del río Acomé (Alfaro, 2016, pág. 35).

En 2016, se estableció un plan de reforestación para la cuenca de río Madre Vieja, con la finalidad de contribuir a la recuperación de la zona ribereña del río con la reforestación de especies de árboles nativos, se determinó a través de la técnica de fotointerpretación en total 201.78 ha potenciales para la restauración forestal y se inició a ejecutar dicho plan por un período de 3 años, desde 2017 hasta 2019 (ICC, 2016, p.8).

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 Zonas de ribera**

Las zonas de ribera son comunidades bióticas dependientes a cursos de agua, establecen un espacio de transición entre el ecosistema acuático y el ecosistema terrestre, su extensión está relacionada al tamaño de la corriente, relieve, riesgo de inundación e intervenciones antrópicas (Celis, 2008, p. 4). Fisiológicamente se define como el espacio en la cual la influencia de las aguas determina cambios ambientales perceptibles en la flora y fauna (Lastra, 2001, p. 35; Méndez et al., 2008, p. 24).

Según Lastra (2001, p. 35) se reconocen zonas ribereñas en función del nivel de agua, tales como:

- Lecho o canal de estiaje: zona que ocupa el río cuando su caudal es mínimo. Solo algunas plantas acuáticas consiguen instalarse en esas áreas.
- Lecho menor u ordinario: zona ocupada por las aguas en tiempo normal. Es una zona ideal para la vegetación leñosa. Esta zona es muy variada por lo que las especies que se instalen en ella deben presentar buena adaptabilidad a condiciones ambientales drásticas.

- Lecho mayor o de inundación: zona cubierta de aguas durante el aumento del caudal lo que provoca una inundación.

Malanson (1993, p. 64), clasifica los paisajes de ribera tropicales en bosques de galería, bosques tropicales, bosques subtropicales, bosques caducifolios húmedos y montañas; y Lamprecht (1990, p. 22) los clasifica en bosques inundados, bosques de ribera o de galería, bosques de pantano con suelos ricos en nutrientes y bosques de turbera con suelos pobres en nutrientes.

### **2.2.2 Bosques de ribera**

Los bosques de ribera se definen como la vegetación que se encuentra en el entrecruce de ambientes acuáticos y terrestres, presentan una biodiversidad elevada de hábitats (Bennett, 2004, p. 55); según Pozo et al. (2008, p. 12), los bosques riparios son sectores de vegetación ubicados en la orilla de los ríos albergando diversidad florística y faunística. Los bosques de ribera son muy amplios y complejos en cuanto a sus características físicas y en la dinámica de sus paisajes, su conservación es fundamental para el manejo integral de cuencas hidrográficas en Guatemala.

La vegetación ribereña sujeta el suelo mediante su potente entramado radicular y se desarrolla a través de una sucesión ecológica (Lastra, 2001, p. 38; Elliott, 2010, p. 45).

### **2.2.3 Corredores de ribera**

Los corredores de ribera representan una vía de comunicación longitudinal y transversal del medio ripario (Magdaleno, 2013, p. 90), funcionan como vía de desplazamiento de un mosaico de vegetación a otro (Torres, 2005, p. 17). “Las formaciones boscosas de las riberas de un río le proporcionan a éste gran cantidad de energía a través de las hojas, frutos y otros detritos, que caen al agua y al ser descompuestos por microorganismos en el río liberan gran cantidad de nutrientes al medio”. (Vicuña et al., 1983, p.12).

Entre mayor es la conectividad entre los mosaicos ribereños será mejor el desplazamiento de las especies faunísticas y florísticas (Naiman et al., 2000, p.33). Debido a la degradación de este tipo de bosques se constituyen mosaicos de forma irregular lo que provoca que las comunidades difieran a lo largo del río (Gamarra et al., 2018, p. 654).

#### **2.2.4 Ecología del bosque de ribera**

La vegetación ribereña es el hábitat de especies y comunidades ribereñas que migran a través del corredor ribereño, por lo que es un eje de ordenamiento ambiental de vital importancia para el equilibrio ecosistémico (Elliott, 2010, p. 54; Romero et al., 2014, párr. 5).

El bosque de ribera es un hábitat favorable para anfibios, aves y algunos mamíferos pequeños particulares o aledaños al sitio y en la flora se definen bandas sucesivas de vegetación conforme a la topografía del área, (Granados y Hernández G., 2006, p. 56).

#### **2.2.5 Factores que influyen en los bosques de ribera**

Los ecosistemas riparios tienen muchos factores que enriquecen su diversidad biológica entre ellos: límites, patrones sucesionales, disposición vertical en estratos y microhábitats especiales definidos por rasgos físicos; estos son condicionados por la dinámica del agua fluvial, intensidad del estiaje, magnitud y constancias de crecidas, calidad del agua, macroclima y microclima. (Granados y Hernández, 2006, p. 56).

La naturalidad de los bosques de ribera ha sufrido modificaciones principalmente por actividades humanas que aumentan la sinuosidad del cauce y pendiente, entre ellas es la tala inmoderada de las especies forestales, construcción de poblados cerca de los márgenes fluviales, extracción de fragmentos de rocas y arenas, actividades agrícolas, modificación de efluente del cuerpo de agua (Freshwater Ecology and Management, Research Group, s.f. p. 33; Lastra, 2001, p. 39; Piña, 1990, p. 31).



La deforestación de la ribera del río para proceder a cambios de uso del suelo o causa de incendios forestales, cambian la resistencia a la erosión del cauce al no existir la cobertura vegetal (Vicuña et al. 1983, p. 11).

### **2.2.6 Servicios y beneficios ecosistémicos de los bosques de ribera**

Los bosques de ribera ayudan a la morfología del cauce ya que estimula el estrechamiento del cauce y aumenta la sedimentación (Elliott S., 2010, p. 261).

Las bandas de vegetación de ribera proporcionan sombra al agua y reducen la temperatura, estabilizan las orillas del cauce, reducen los riesgos de erosión y proporcionan un hábitat a muchas especies vegetales y animales (Granados y Hernández, 2006, p. 57).

La vegetación ribereña contribuye a regular el microclima del río suavizando la temperatura durante la evaporación lo cual aumenta la humedad ambiental y edáfica; regula la forma y dinámica del río por el efecto radicular y de propagación de las especies vegetales; fijador de materia y energía; aporta y retiene nutrientes; es un hábitat ideal para la fauna y flora; actúa como filtro para la escorrentía superficial y subterránea; funciona como zona de recarga hídrica y presenta importantes valores paisajísticos (Lastra, 2001, p. 39; Magdaleno, 2013, p. 91; Martínez, 2003, p. 17; Romero et al., 2014, párra. 7).

Los bosques ribereños ayudan al control y manejo de plagas por medio de las aves que anidan dentro de estos ecosistemas ya que depredan de roedores e insectos que atacan los cultivos cercanos (Granados y Hernández, 2006, pág. 57).

### **2.2.7 Bosque**

Se les define bosque a las tierras de más de 0.5 hectáreas, con una cubierta de copa de más del 10%, que no son principalmente aprovechadas bajo uso agrícola (plantaciones de frutales, plantaciones de palmas aceiteras y los sistemas

agroforestales con cultivos bajo una cubierta de árboles) o urbano (FRA, 2015, p.3; Nájera et al., 2010, p. 19).

### **2.2.8 Cobertura forestal**

Según FRA (2015), define cobertura forestal como “zonas cuyo porcentaje de la superficie de terreno cubierta por una proyección vertical arbórea varían ascendentemente a partir de un 10% o 20%, sobre una extensión mínima de aproximadamente una hectárea” (pág. 6).

Se refiere a la vegetación arbórea (en ocasiones; incluye porciones mínimas de matorrales, arbustos o árboles pequeños) fotosintéticamente activa en la época de evaluación y no hace referencia alguna al tipo de uso de cobertura vegetal (plantaciones, forestales bajo manejo, otros), ni al estado sucesional de la misma (diferenciación entre vegetación primaria o secundaria) (FRA, 2015 p. 6; Nájera et al., 2010, p. 19).

### **2.2.9 Cauce**

También denominado lecho, conducto o acequía por donde corren las aguas que pueden utilizarse para riego y otras actividades (Ordoñez, 2011; Senciales, 1998). El cauce de un río es el lugar concreto por el que transcurre sus aguas superficiales y subterráneas (Santiago, 2008, párr. 1).

Es un canal alargado que ha sido modelado por la acción del agua (Vicuña et al., 1983, p.12).

Según Santiago (2008, párr. 3), en el lecho del río se distinguen cuatro elementos:

- El canal: es la incisión más profunda del río, la última en desaparecer por las aguas cuando el río se seca.
- El lecho menor: es el que cubren las aguas entre las épocas de caudal intermedio.

- El lecho mayor: es el que cubren las aguas durante las épocas de máximo caudal anual. Esta zona se inunda todos los años, pero durante unas pocas semanas, ocupado en los periodos de crecidas.
- El lecho mayor esporádico: zona que se inunda en las grandes crecidas, se dan con ciclos de varios años entre una y otra, y en son ocasiones seculares.

### **2.2.10 Restauración**

La restauración ecológica depende del nivel de degradación o perturbación de la vegetación y del suelo; se define como toda actividad intencional que pretende iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema (Sabogal, Besacier, y McGuire, 2015, p. 4).

La restauración debe estar dirigida de acuerdo a los patrones naturales de perturbación, sucesión ecológica, composición y estructura de la vegetación característica de cada localidad y acorde con los diferentes usos del suelo. (Romero et al. 2014, párr. 8).

Para iniciar con los procesos de restauración, primero se debe evaluar el estado actual del ecosistema (Vargas, 2007, p. 4), tener la certeza de que es una actividad de largo plazo, que debe garantizar la continuidad de los proyectos a nivel local o según los actores que influyen dentro de la zona de estudio (Vargas et al., 2012, p. 12).

Las especies seleccionadas para la restauración esencialmente deben tener carácter autóctono, ya que con ello se minimiza el efecto de intervención humana y asegura una adecuada variabilidad y, mezcla genética local de las especies, estas también podrán adaptarse fácilmente a las condiciones climáticas y geológicas de la zona de ribera (Magdaleno, 2013, p. 92).

### **2.2.11 Restauración del paisaje forestal**

“Proceso orientado a recuperar, mantener y optimizar la diversidad biológica y el flujo de bienes y servicios ecosistémicos para el desarrollo, ajustado al sistema de valores y

creencias locales e implementadas con un enfoque intersectorial” (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal, 2015, p. 9).

Es un proceso a largo plazo, prioriza la participación de las personas en la toma de decisiones para identificar, negociar e implementar prácticas que restauren los beneficios ecológicos, sociales y económicos de los bosques, refiriéndose al uso de los suelos (Asociación Global sobre Restauración del Paisaje, s.f.; Mesa de Restauración del Paisaje Forestal, 2015; UICN y WRI, 2014) la restauración del paisaje forestal busca equilibrar la reposición de los servicios del ecosistema y los usos productivos de la tierra (Sabogal et al., 2015, p. 5; Newton et al., 2011, p. 1).

La restauración del paisaje forestal integra los bosques porque involucra el incremento en número y salud de los árboles; integra el termino paisajes porque involucra cuencas, jurisdicciones o países enteros en los que interactúan varios usos diversos de la tierra; integra el termino restauración porque involucra recobrar la productividad biológica de un área, con el fin de lograr una variedad de beneficios para las personas y el planeta. (UICN y WRI, 2014, p. 15).

#### **2.2.12 Características para considerar las áreas potenciales de restauración.**

La Mesa de Restauración Forestal en Guatemala es la instancia integrada por varios actores del sector forestal y ambiental de Guatemala, con la participación gubernamental de INAB, CONAP, MAGA y MARN, se considera la restauración del paisaje forestal en zonas altamente vulnerables, centrando las acciones de restauración en las áreas de pastos naturales, vegetación arbustiva baja (guamil) y cultivo de granos básicos (maíz y frijol) (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal, 2015, p. 16).

Las zonas prioritarias para la restauración de paisajes forestales incluyen tierras agrícolas improductivas, abandonadas o de pastoreo, sabanas arbustivas, zonas con malezas o zonas yermas, áreas forestadas convertidas en pastizales y bosques degradados (Sabogal et al., 2015, p. 5; UICN y WRI, 2014, p. 15; Torres, 2005, p. 12).

### **2.2.13 Metodología para la evaluación de áreas potenciales de restauración del paisaje forestal.**

La Mesa de Restauración del Paisaje Forestal, define acciones de restauración tales como: sistemas agroforestales, plantaciones forestales, sistemas silvopastoriles y bosques ribereños.

Según UICN y WRI, (2014, p. 23) la identificación y establecimiento de áreas potenciales para la restauración del paisaje forestal son las siguientes:

1. Identificación de los objetivos de restauración y sus vínculos a las prioridades/metas nacionales y legislación.
2. Identificación de las opciones de restauración.
  - Recolección de datos:
    - ✓ Establecimiento de prioridades entre participantes para las intervenciones de restauración.
    - ✓ Ubicación de oportunidades de restauración (cartografía).
    - ✓ Modelación y validación económica de la restauración.
    - ✓ Modelaje del costo-beneficio-carbono de la restauración.
    - ✓ Diagnóstico de la restauración sobre la presencia de factores claves del éxito.
    - ✓ Finanzas de la restauración y análisis de los recursos.
3. Discusión y retroalimentación sobre los resultados de la evaluación.
4. Validación de recomendaciones estratégicas.
5. Seguimiento para la asimilación de políticas.

### **2.2.14 Metodología de implementación de bosques de ribera del ICC**

El ICC determinó en el 2012 una metodología para el establecimiento de bosques de ribera, la cual consiste en realizar franjas a orilla de cada lado del cauce del río, con un ancho de 35 m para cada lado, distribuidos en 9 hileras de árboles nativos con un distanciamiento de 4\*4 metros al tresbolillo, se plantea una separación de 2 metros para no desestabilizar los taludes naturales del cauce y una brecha cortafuego de 5 metros de ancho para evitar daños durante las actividades de quema de la caña (ICC, 2012, p. 12).

### **2.2.15 Dron**

Se define dron a cualquier máquina piloteada por control remoto que pueda sustentarse en la atmósfera (Merino et al., 2015, p.3) este tipo de dispositivo supone una topografía específica, cierta manera de pensar y organizar el espacio para lo cual resulta ser eficiente y exacto en la toma de datos espaciales. (Chamayou, 2013, p.16).

Actualmente, existen diferentes tipos de drones (vehículos aéreos no tripulados), entre ellos el Mavic 2 zoom, el cual tiene una dimensión de 91\*214\*84 mm, un peso de 970 gr, alcanza una altura máxima de vuelo de 500 m y a una altitud máxima de 6000 msnm, sobrevuela a una velocidad máxima de 72 km/h en modo sport, la batería tiene una autonomía máxima de 31 minutos según el recorrido de vuelo, el dron cuenta con una cámara L1D-20C de Hasselblad, sensor 1" CMOS y 20 megapixeles (Mpx) en fotografías; con una resolución máxima de 5472 x 3648 (JPG y DNG) y una distancia focal doble de 24mm y 48mm; tiene desarrollado modos de detección de obstáculos para vuelos inteligentes y piloto de asistencia. (Santamaria, 2018, párr. 3).

### **2.2.16 Fotogrametría**

Es una técnica que se emplea en la medición de superficie terrestre a través de fotografías y en la representación misma mediante planos y cartas topográficas, lo cual

propone estudiar y definir con precisión las dimensiones y la posición en el espacio de un objeto cualquiera. (Lehmann, 1975, p. 29; Carretero et al., 2001, p. 1).

### **2.2.17 Fotografías aéreas**

Es una presentación exhaustiva y de todos los objetos en su forma original de la superficie topográfica, dando una visión global; capta parte del espectro electromagnético no captado por ojo humano (Rodríguez, 2007, p. 28).

La fotografía aérea es una representación fiel del terreno en el momento de la exposición y contiene una gran cantidad de información proporcionándola de una manera sencilla (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de México, 2005, p. 2; Benoit, 2017, p.9).

### **2.2.18 Formato KML (Keyhole Markup Language)**

Es un fichero que contiene datos geográficos, puede representar una solución para la georreferenciación de datos espaciales (Fuentes, 2012, p. 1); se utiliza para mostrar datos geográficos en un navegador terrestre (Abargues et al., 2010, p. 5).

### **2.2.19 Formato KMZ (Keyhole Markup Zip)**

Permite el empaquetado de varios archivos juntos y comprimen el contenido para que sean más fáciles de descargar y unir metadatos al formato KML (Fuentes, 2012, p. 2; Abargues et al., 2010, p. 5).

## **2.3 Marco Legal**

### **2.3.1 Legislación relacionada con bosques de ribera.**

Para la protección y conservación de bosques riparios en Guatemala, la Constitución Política de la República de Guatemala establece como bienes del Estado a los cuerpos

de agua y sus riberas; (Art. 121 y 122), y declara de urgencia nacional la reforestación y conservación de bosques; gozando de especial atención los bosques ribereños (Art. 126).

Según el Código de Salud, Decreto 90-1997, se prohíbe talar árboles, en las riberas de los ríos, riachuelos, lagos, lagunas y fuentes de agua, hasta 25 metros de sus riberas (art. 84).

La ley Forestal, Decreto 101-1996, establece que los recursos forestales pueden y deben constituirse en la base fundamental del desarrollo económico y social de Guatemala; hace referencia a la protección de los bosques y de los suelos con vocación forestal (art. 46). Se estimó que para el año 1950 la cobertura forestal en el país era 6,973,924 ha, lo cual se redujo para el año 2010 a 3,722,595 ha, calculándose una tasa de deforestación de 1.04% según el periodo mencionado (GCI, 2018).

La ley de Áreas Protegidas Decreto 4-1989, establece que son áreas protegidas, incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre (art. 7).

El Código Municipal Decreto 12-2002, regula que la municipalidad está obligada a formular y ejecutar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral del municipio lo que incluye temas de bosques y cambio de uso de la tierra (art. 142, 143 y 144).



### **III. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar áreas potenciales para la restauración de bosque de ribera en la parte baja del cauce del río Nahualate.

#### **3.2 Objetivos específicos**

3.2.1 Determinar el uso actual del área ribereña del río.

3.2.2 Identificar las áreas potenciales para la restauración forestal.

3.2.3 Elaborar una propuesta de plan para la restauración de bosques de ribera.

#### IV. Materiales y métodos

##### 4.1 Materiales y equipo

**Tabla 2. Materiales y equipo utilizados para la investigación.**

No.	Descripción	Cantidad	Costo Q.	Colaboradores
01	Computadora	1	3,500.00	Estudiante EPS
02	Programa ArcGIS 10.5®	1	1,500.00	ICC
03	Programa Agisoft PhotoScan® <sup>2</sup>	1	00.00	Estudiante EPS
04	Dron Mavic 2 zoom®	1	2,000.00	ICC
05	GPS	1	1,500.00	ICC
06	Tarjeta microSD	1	150.00	ICC
07	Celular HUAWEI Y9®	1	2,000.00	Estudiante EPS
08	Software DroneDeploy® <sup>3</sup>	1	00.00	Estudiante EPS
09	Agenda	1	20.00	Estudiante EPS
10	Lápices	2	5.00	Estudiante EPS
11	Combustible	6	150	ICC
<b>Total</b>			10,825.00	

**Nota: Con base a cotizaciones realizadas en comercios locales, 2019.**

<sup>2</sup> El programa Agisoft PhotoScan®, es un software que tiene licencia para estudiantes sin ningún costo.

<sup>3</sup> El software DroneDeploy®, es de uso libre por lo que no tiene ningún costo.

## 4.2 Métodos

A continuación, se detalla la metodología en que se basó la investigación:

### 4.2.1 Delimitación de área en estudio

El área de estudio la constituyó la parte baja del cauce del río Nahualate, con una longitud de 23.49 km que inicia desde el último río tributario (río Siguacán), en las coordenadas  $14^{\circ}12'83''$  latitud norte y  $91^{\circ}26'74''$  longitud oeste; hasta la desembocadura del cauce principal, al litoral del Pacífico en las coordenadas  $14^{\circ}2'72''$  latitud norte y  $91^{\circ}32'14''$  longitud oeste.



**Figura 3. Ubicación de río Nahualate, parte baja.**

**Nota: con base a Google Earth pro® (2019).**

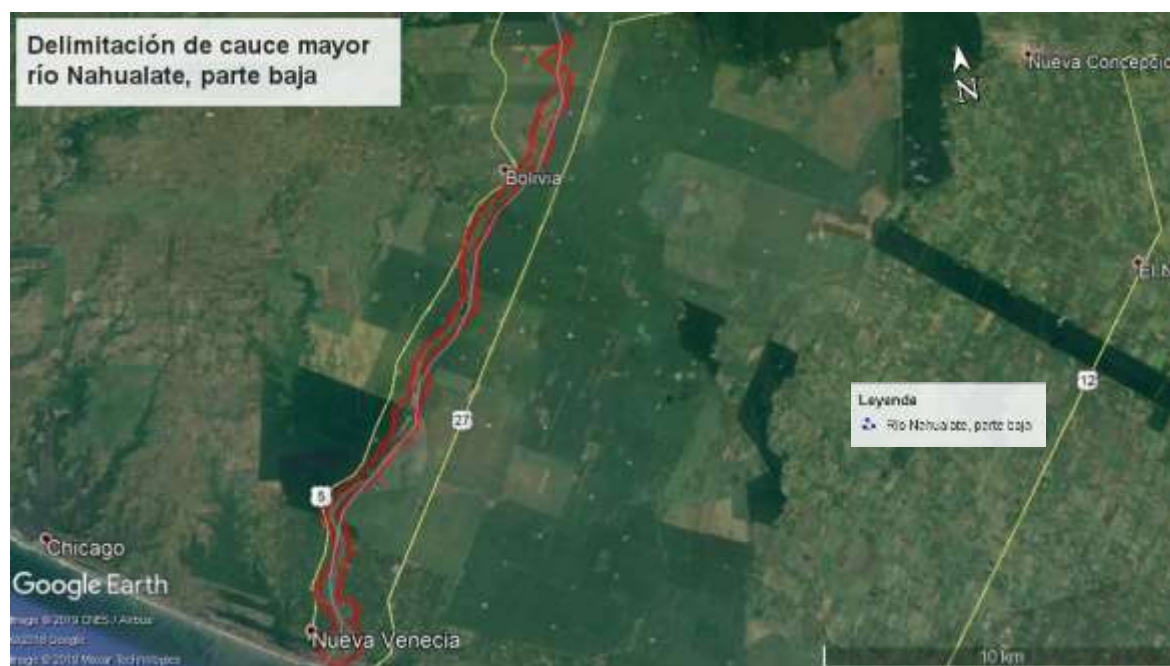
### 4.2.2 Determinación del uso actual del suelo en la ribera del río.

A continuación, se describen los pasos realizados para el alcance de este objetivo:

#### **A. Primera determinación del cauce mayor del río Nahualate, parte baja:**

La determinación del cauce mayor del río en el área de estudio, se llevó a cabo a través de la fotointerpretación de datos espaciales desde la aplicación Google Earth pro®,

conforme al satélite Landsat 8, con una retrospectiva de imágenes satelitales de la variación del lecho del río desde los años 1969, 2003, 2011, 2013, 2016, 2017, 2018 y 2019; digitalizándose un polígono sobre las imágenes espaciales, indicándose el cauce mayor con una área de influencia de 100 metros a la orilla del perímetro del polígono en formato kmz.



**Figura 4. Delimitación cauce mayor y buffer a 100 metros.**  
**Nota: con base a Google Earth Pro® (2019).**

## **B. Captura de fotografías aéreas con dron Mavic 2 zoom.**

La determinación de los usos del suelo en la ribera del río, se identificaron a través de la captura de fotografías aéreas utilizando el dron MAVIC 2 zoom®, para obtener información clara y precisa del área de estudio.

El dron Mavic 2 zoom®, tiene la capacidad de cubrir aproximadamente 101 ha por batería, con una duración de 15 minutos máximo de vuelo por batería, estableciendo para el plan de vuelo doce polígonos a fin de cubrir toda el área de estudio, utilizando 2 baterías por vuelo en 9 polígonos y en 3 polígonos únicamente una batería por cada vuelo, lo que corresponde en total a 5.25 horas de vuelo.

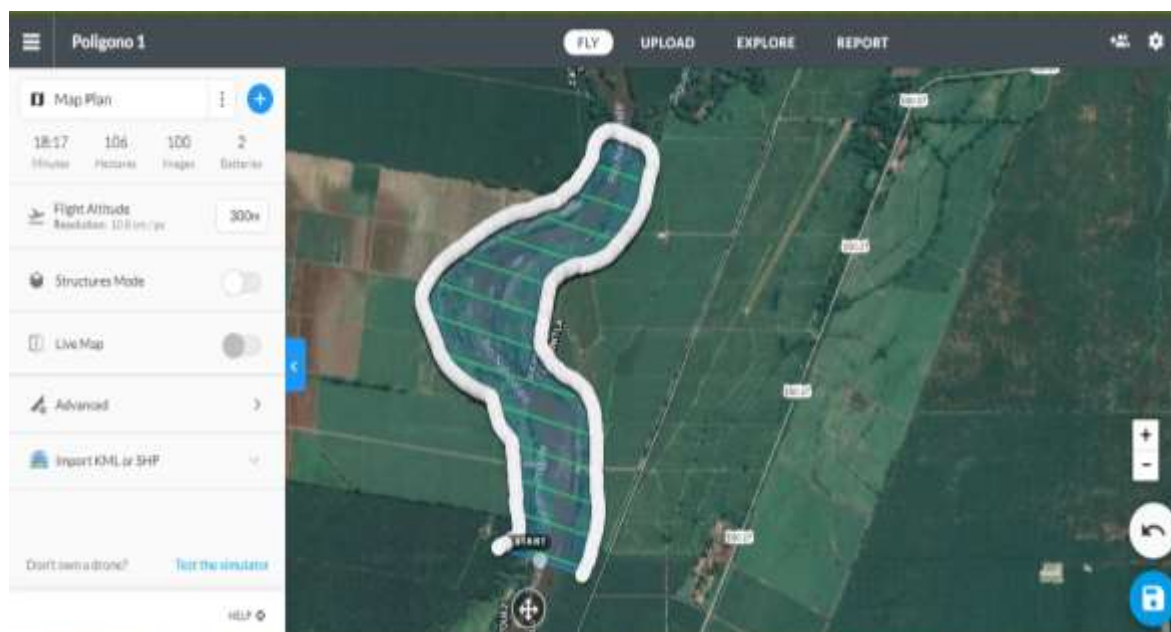


**Figura 5. Plan de vuelo río Nahualate, parte baja.**  
**Nota: con base a Google Eart Pro® (2019).**

Determinándose las condiciones de vuelo según las características de Mavic 2 zoom®, el dron voló a una velocidad del viento entre 12 km/h a 28 km/h y una temperatura entre 28°C y 33°C, apoyándose en la información meteorológica de los datos diarios proporcionados de la estación meteorológica Irlanda del ICC, ubicada en las coordenadas 14°9'0" latitud norte y 91°25'48" longitud oeste la cual está cerca del área de estudio.

Programándose el sobrevuelo del dron Mavic 2 zoom® en el software DroneDeploy®, en donde se cargaron los 12 polígonos del plan de vuelo establecidos en Google Earth Pro®.

La captura de fotos cubrió un área de 2,110 ha, con una altura de vuelo a 300 m y una velocidad del dron de 15 m/s, la cámara fue configurada a una vista de 87°; la resolución de imagen desde esa altura fue de 9.0 cm por pixel, con un traslape fotográfico automatizado del 75% longitudinal y 65% lateral según el software DroneDeploy®.



**Figura 6. Polígono 1, plan de vuelo.**

**Fuente: DroneDeploy (2019), <https://support.dronedeploy.com/docs/projects-interface-overview>**

La escala de las fotografías obtenidas es de 1/8,571; determinada por la siguiente ecuación Benoit (2017, p. 4):

$$E = \frac{h}{f}$$

E= escala

h= altura de vuelo (300 metros)

f= distancia focal (35 mm "Cámara Hasselblad")

$$E = \frac{300 \text{ m}}{0.035 \text{ m}} = 8,571$$

Escala 1/8,571

Cada fotografía tomada por el Mavic 2 zoom está geotiquetada con alta precisión y cubre un área de 8.3 ha según la estabilidad del dron. Durante el desarrollo de los vuelos se establecieron 5 puntos de control, los cuales consistieron en tomar coordenadas para auto rectificar el ortomosaico (agrupación de fotografías en las que

se ha corregido todos los errores geométricos para ser observada verticalmente) a la posición real del terreno en el programa Agisoft Photoscan®.



**Figura 7. Fotografía río Nahualate, parte baja.**  
**Nota: con base a Google Earth Pro® (2019).**

### **C. Post-procesamiento de fotografías aéreas.**

Al finalizar los 12 vuelos con el dron Mavic 2 zoom, continuo el procesamiento de las fotografías en el programa Agisoft Photoscan®.

Las fotografías fueron cargadas a la computadora la cual tiene una capacidad de tarjeta madre de última generación ASUS Maximus XI code, Intel i9; tarjeta de video dedicada de 8 GB, tarjeta RAM de 24 GB a 2,600 ciclos/segundo, dispositivo de estado sólido de 450 GB, disco duro de 1 TB y sistema de enfriamiento líquido para el procesador.

En el programa Agisoft Photoscan®, al cargar todas las fotografías en la herramienta flujo de trabajo se orientó a nivel alto las cámaras para obtener la nube de puntos.



**Figura 8. Orientación de fotografías.**  
**Nota: con base a Agisoft Photoscan (2019).**

Después de orientar las fotografías, fueron marcados los cinco puntos de control para actualizar las coordenadas de los marcadores, estableciendo un error total entre X,Y y Z de 5.25 cm.

**Tabla 3**  
**Resumen de error de puntos de control.**

<b>Nombre</b>	<b>Error X (cm)</b>	<b>Error Y (cm)</b>	<b>Error Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Imagen (pix)</b>
point 1	2.8185	-2.1285	7.24901	8.06365	3.238 (13)
point 2	3.0254	0.545581	5.1341	5.98412	0.167 (3)
point 3	-1.45761	-0.995319	2.37009	2.9551	0.199 (16)
point 4	0.83509	2.48311	-3.84957	4.65643	0.323 (13)
point 5	1.29475	0.975275	2.05413	2.61668	0.184 (12)
<b>Total</b>	<b>2.07824</b>	<b>1.60847</b>	<b>4.55111</b>	<b>5.25536</b>	<b>1.560</b>

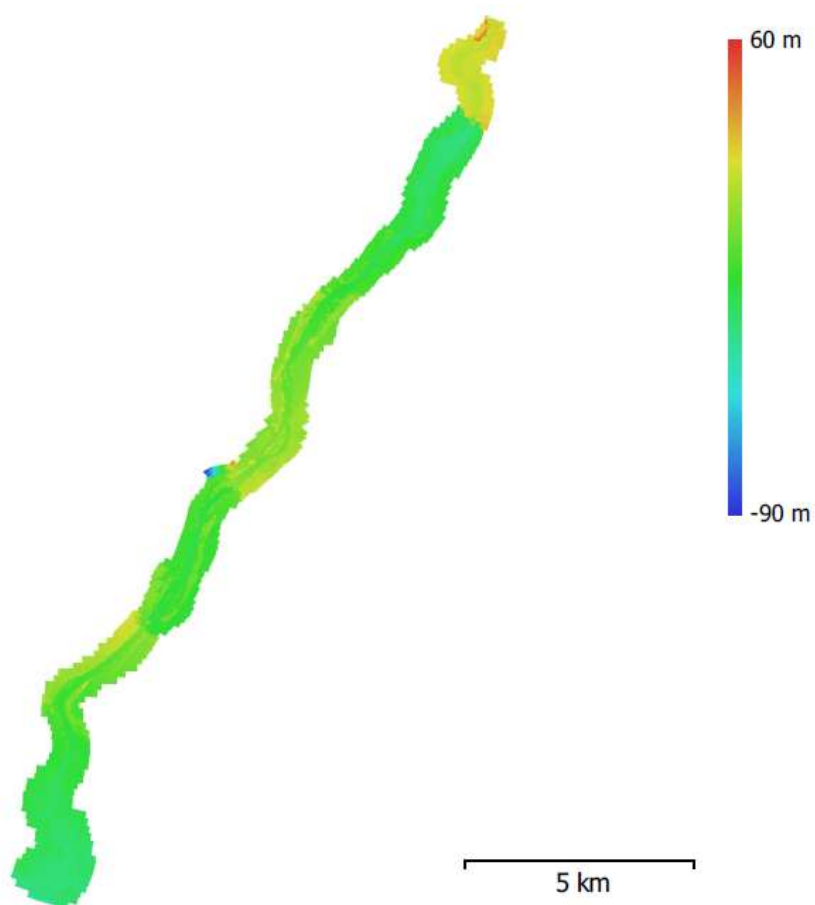
X: longitud

Y: latitud

Z: altitud

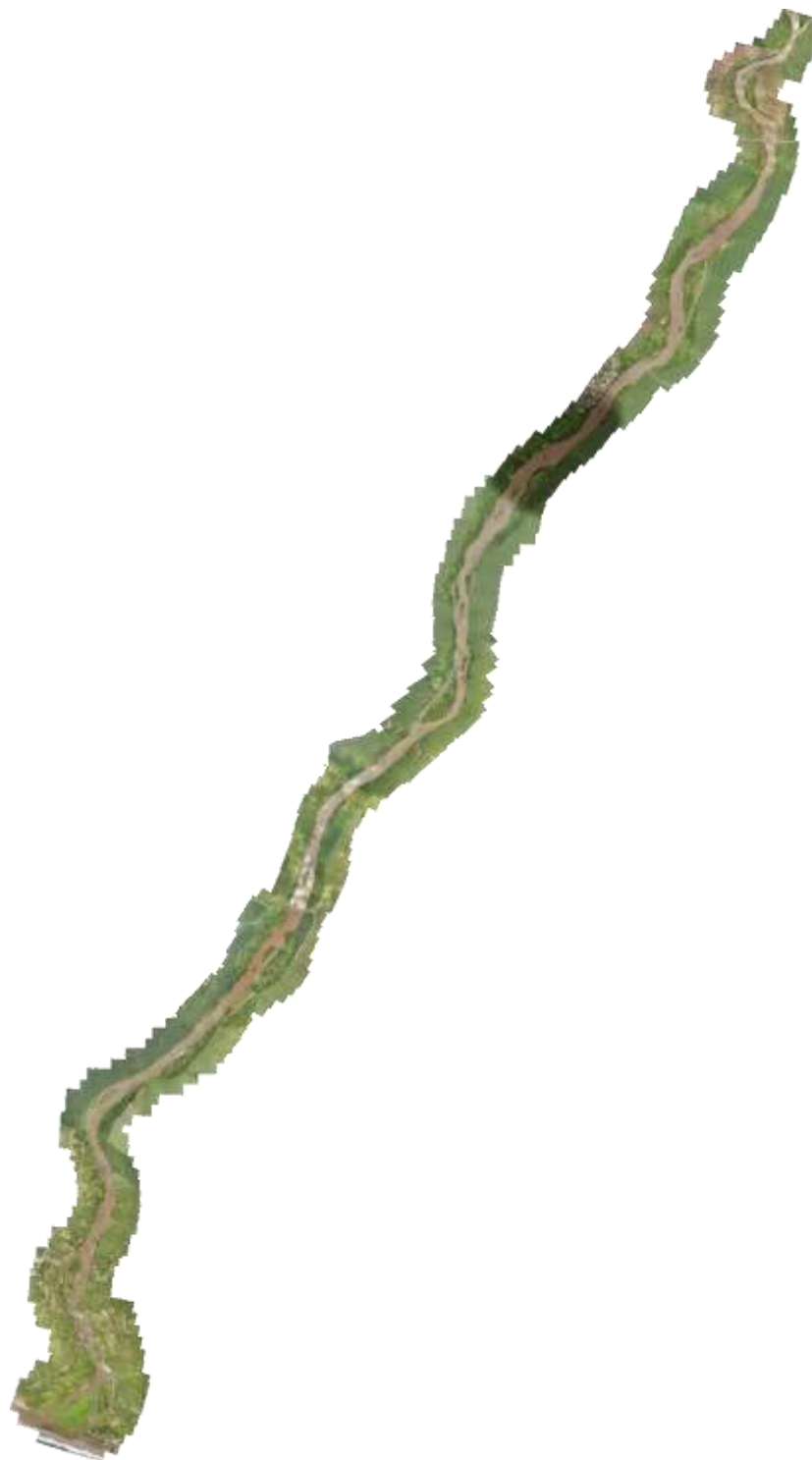


Generando la capa de Nube de Puntos Densa en calidad media, se creó la capa de malla a nivel medio y el Modelo Digital de Elevaciones -DEM- de la zona de estudio.



**Figura 9. Modelo digital de elevaciones**  
**Nota: con base a Agisoft Photoscan (2019)**

Por último, se procesó y exportó el ortomosaico a formato kmz para analizarlo en el software de Google Earth Pro® y ArcGIS 10.5 con una resolución de 2 metros por pixel.



**Figura 10. Ortomosaico**  
**Fuente: con base a Agisoft Photoscan (2019)**

#### **D. Generación de buffer o zona de influencia.**

El ortomosaico fue subido a Google Earth pro®, en donde delimitándose nuevamente el cauce menor del río Nahualate (área de recorrido actual del caudal del río) y el cauce mayor (área donde el caudal del río recorre cuando aumenta el volumen de agua en la temporada lluviosa) de la parte baja (Santiago, 2008, párra.3).

Finalmente, el cauce mayor fue delimitado con la retrospectiva de imágenes satelitales de la variación del lecho del río desde los años 1969, 2003, 2011, 2013, 2016, 2017, 2018 y 2019; modelación de zonas susceptibles a inundación elaborada por ICC en el 2015, para la parte baja de la cuenca de río Nahualate, en un tiempo de retorno de 2 años y finalmente validación en campo del cauce mayor.

Con la delimitación del cauce mayor nuevamente se creó un buffer o zona de influencia de 35 metros a cada lado del río, según la metodología de implementación de bosques de ribera del ICC (2012, p. 12), para determinar los usos actuales del suelo de la ribera del río.

#### **E. Clasificación del uso del suelo.**

Los usos del suelo fueron clasificados en cultivos anuales (maíz), cultivos permanentes (palma africana, caña de azúcar, banano-plátano y cítricos), zona urbanizada (asentamientos humanos), zona boscosa (tierras con cubierta de más de 0.5 ha), vegetación arbustiva baja (arbustos, árboles, guamil), cuerpos de agua (derivaciones) y arena (zona sin uso).

##### **4.2.3 Identificación de áreas potenciales de restauración forestal.**

Con el archivo kmz del ortomosaico se creó un shape del área de estudio en el programa ArcGIS 10.5® a través de la caja de herramientas de conversión de kml a capa vectorial (contienen información espacial geométrica y atributos).

Clasificándose la zona ribereña en tres categorías: área potencial, área potencial con árboles dispersos y área con cobertura forestal según ICC (2016, p. 5).

- ✓ **Área potencial:** representa las zonas con cultivo o sin uso.



**Figura 11. Ejemplo de zona con cultivo, río Nahualate, parte baja.**  
**Nota: con base a ArcGIS 10.5 (2019).**

- ✓ **Área potencial con árboles dispersos:** representa zonas con árboles dispersos o separados.



**Figura 12. Ejemplo de zona dispersa, río Nahualate, parte baja.**  
**Nota: con base a ArcGIS 10.5 (2019).**

- ✓ **Área con cobertura forestal:** representa zonas con árboles que proporcionan cobertura a la ribera del río Nahualate.



**Figura 13. Ejemplo zona con cobertura forestal, río Nahualate, parte baja.**  
**Nota: con base a ArcGIS 10.5 (2019).**

Realizándose los mapas temáticos a través de la carga de datos shapes en el programa de ArcGIS 10.5 y de la creación de datos vectoriales (polígono), delimitando una zona de influencia a 35m de la ribera de cada lado del río para clasificar cada uso del suelo (área potencial, área potencial con árboles dispersos y área con cobertura).

Generándose cinco modalidades de mapas temáticos en el programa ArcGIS 10.5®, tales como: tres que representan las clasificaciones de uso del suelo según el interés de esta investigación, una versión que proporciona una vista general de todas las clasificaciones y una versión a detalle de la zona de estudio con el ortomosaico.

#### **4.2.4 Elaboración de una propuesta de plan de restauración de bosques de ribera para la parte baja del río Nahualate.**

Para la elaboración del plan de restauración de áreas potenciales y dispersas se tomó como base la metodología de ICC, planificándose las siguientes actividades.

#### 4.2.4.1 Identificación de las especies arbóreas de la zona de estudio.

Para determinar las especies endémicas se entrevistó a los habitantes (ver cuestionario de entrevista cerrada en anexo p. 54) de los poblados aledaños a la zona de estudio: aldea Bolivia y caserío El Jardín, Santo Domingo, Suchitepéquez; considerando dos modalidades: especies forestales presentes, especies forestales ausentes y usos del suelo de la ribera del río.

Visitándose cada lugar poblado para dialogar con el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), acerca de la cantidad de población adulta mayor a 50 años que reside en el área y así estimar una muestra.

Se utilizó la siguiente ecuación, según Zamora (2003), p. 4.

$$n = z^2 \left( \frac{N * p * q}{e^2 (N-1) + z^2 * p * q} \right)$$

Dónde:

n: número de muestra

p: probabilidad de éxito

q: probabilidad de fracaso

z: confiabilidad estadística al 95%

e: error máximo admisible del 0.05

N: población total o universo

Registrándose en aldea Bolivia 283 personas y 37 en caserío El Jardín, la ecuación indica los siguientes resultados:

$$n = 1.96^2 \left( \frac{320 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 (320-1) + (0.95)^2 * 0.5 * 0.5} \right)$$

n= 301 personas

Realizándose la selección de habitantes por el método al azar entrevistando a 275 en aldea Bolivia y 26 en caserío El Jardín.

Tomando como base la información obtenida, para conocer las especies arbóreas endémicas de la ribera del río Nahualate en la parte baja y para la elaboración del plan de restauración.

#### **4.2.4.2 Plan de restauración**

Con base a la identificación de áreas potenciales de restauración se propuso un plan que incluye las siguientes actividades:

- Identificación de posibles actores para la restauración forestal del bosque de ribera.
- Diseño y tipo de arreglo de reforestación según la metodología de establecimiento de bosques de ribera del ICC.
- Tipo de especies forestales: considerándose cuatro aspectos importantes para la selección de especies de árboles tales como: árboles nativos, que tengan características de adaptabilidad, facilidad de producción en los viveros forestales y procedencia de plantas.
- Descripción y calendarización anual de las actividades de implementación: establecimiento y mantenimiento de vivero forestal; limpieza del área de reforestación; trazado; ahoyado; transporte de plantas y siembra; control de malezas; prevención, control de plagas y enfermedades y prevención de incendios forestales.
- Descripción y calendarización anual de actividades de mantenimiento después de un año de implementación: monitoreo de plantaciones (prendimiento, resiembra, por si disminuyo la densidad de plantas); control de malezas; prevención, control de

plagas y enfermedades; prevención de incendios forestales y monitoreo de áreas en restauración del paisaje forestal.

No se tomó en cuenta en la calendarización el aspecto de riego pues los árboles serán sembrados en época de lluvia durante los meses de mayo, junio, julio y agosto.

#### **4.2.4.3 Presupuesto del plan de restauración.**

La valoración de costos monetarios es una fase determinante para la restauración de bosques de ribera, efectuándose las siguientes actividades:

- Cálculo del presupuesto general: llevándose a cabo la suma de todos los gastos necesarios para la implementación (primer año) y actividades de seguimiento (durante el segundo y tercer año) de la reforestación de la ribera del río.



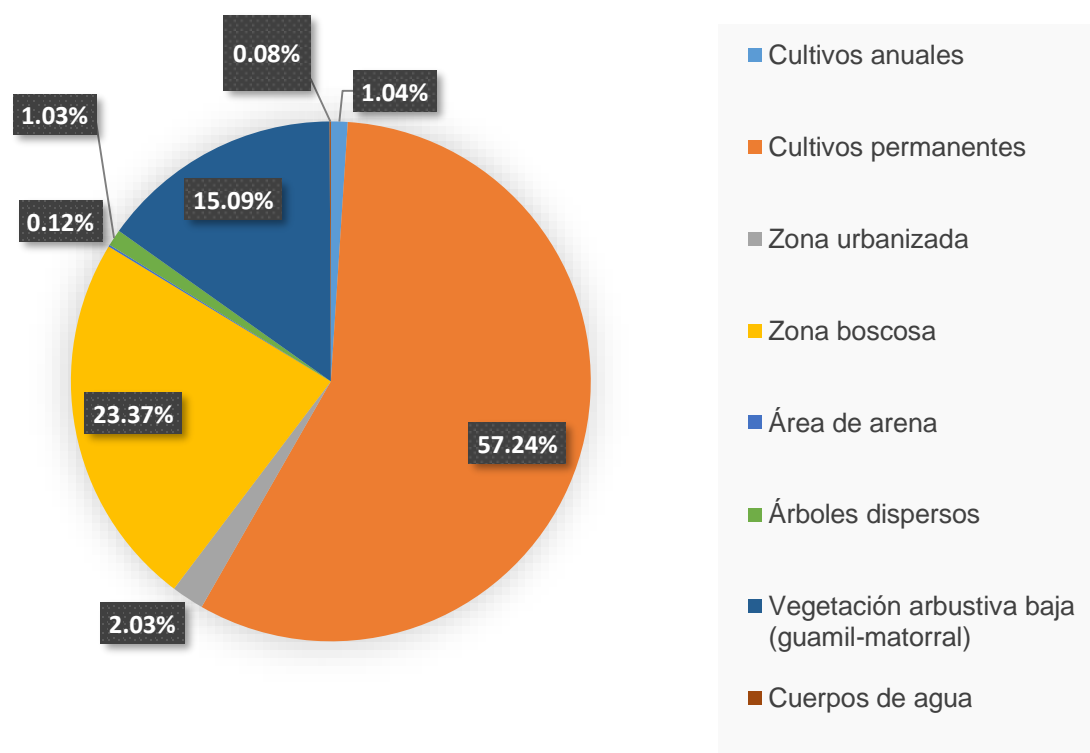
## V. Resultados y discusión

### 5.1 Determinación del uso actual del área ribereña del río Nahualate.

Con la generación del ortomosaico se delimitó un área de influencia a 35 metros de ancho en cada lado de la ribera del río Nahualate, tomando en cuenta 24.41 km de longitud del río a cada lado, siendo en total 170.86 ha para la determinación de los usos del suelo.

Describiéndose a continuación, los usos del suelo identificados en la ribera del río.

### Porcentaje de área de uso del suelo



**Figura 14. Porcentaje de área de uso del suelo.**

De la figura anterior, los cultivos anuales (maíz) ocupan 1.78 ha, los cultivos permanentes (palma africana, caña de azúcar, banano-plátano y cítricos) el 97.79 ha, las zonas urbanizadas (asentamientos humanos) 3.47 ha, la zona boscosa 39.94 ha, el

área de arena (sin uso) 0.2 ha, los árboles dispersos 1.77 ha, la vegetación arbustiva baja (guamil-matorral, arbustos) 25.78 ha y los cuerpos de agua (derivaciones) 0.13 ha.

Los cultivos permanentes son los que mayor incidencia tienen sobre la ribera del río Nahualate, de acuerdo a lo analizado en la parte baja definido en el cauce mayor que determinó en el ortomosaico y de las visitas en campo realizadas (ver anexo 3, pág. 62); en las áreas en donde no hay cultivo permanente es porque son zonas no aptas para cultivo por ser humedales (tierra que se inunda de forma intermitente en temporada de lluvia), donde predomina la especie forestal de sauce (*Salix humboldtiana*) o están muy cercanas al cauce del río.

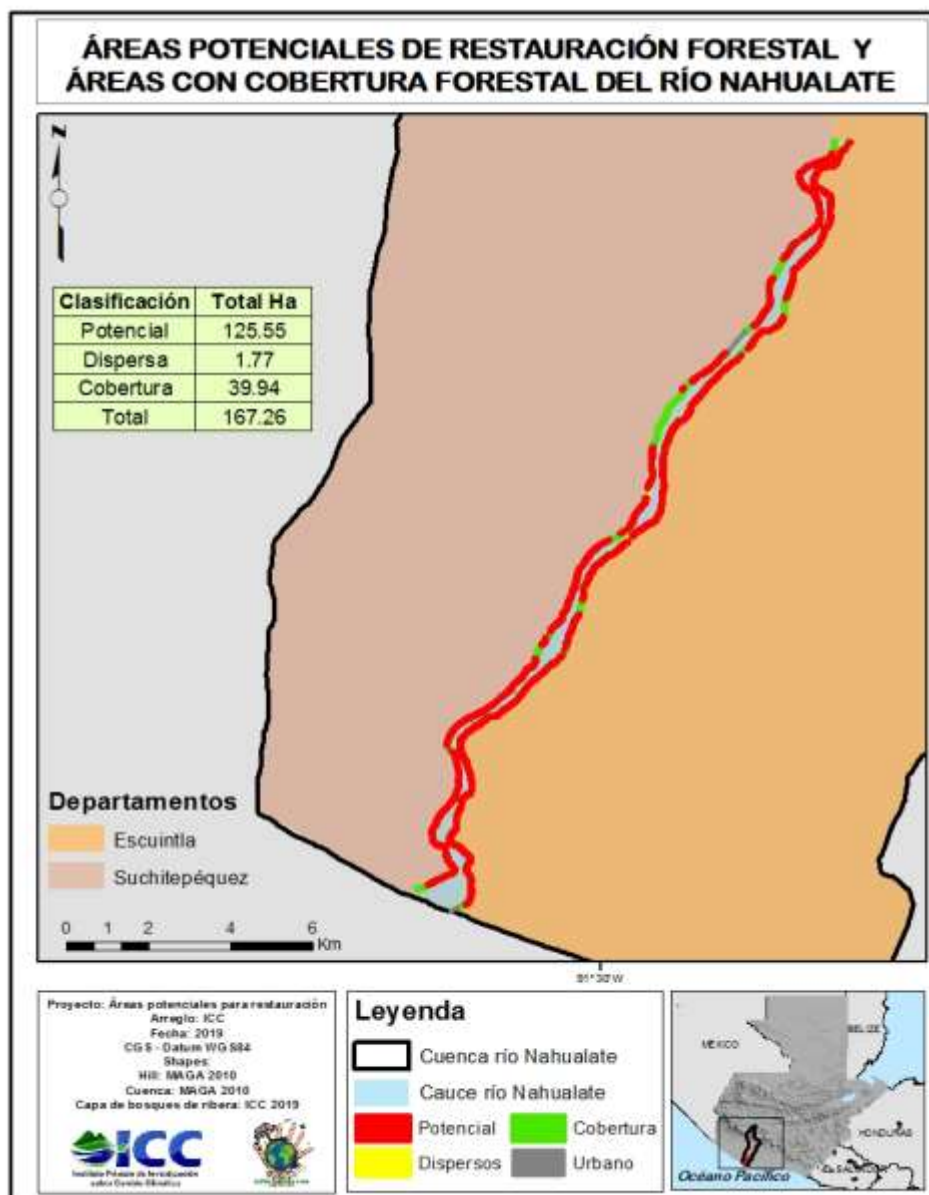
En la delimitación del cauce menor del río se encuentran mayormente cultivos anuales (maíz), aun con riesgo de que el río durante época de lluvia inunde ese tipo de cultivo, ya que los pobladores aprovechan cada parte de la ribera para la siembra de cultivos. Según lo definido por Pellecer (2017, pág. 42), efectivamente las actividades productivas agrícolas tienen mayor incidencia en la cuenca de río Nahualate, en el área ribereña ocupan el 57.24% representando más de la mitad de la zona delimita.

## **5.2 Identificación de áreas potenciales para la restauración forestal.**

Con base a la clasificación de usos del suelo en la ribera del río, según el cauce mayor delimitado el cual tiene un área de 739.99 ha, se determinó que de 170.86 ha, clasificadas, 39.94 ha tienen cobertura forestal, 1.77 ha de área potencial con árboles dispersos y 125.55 ha de área potencial para la restauración del paisaje forestal en la parte baja.

Las áreas potenciales para la restauración del paisaje forestal de la ribera del río Nahualate, están clasificadas en actividades de producción agrícola, áreas sin cobertura y sin uso; la zona que está clasificada como áreas potenciales de árboles dispersos fueron consideradas según FRA (2015, p. 6), tomando en cuenta árboles dispersos, quienes presentan una separación de copa de más del 50% entre sí.

A continuación, se presenta un mapa general de las áreas potenciales de restauración forestal y áreas con cobertura forestal del río Nahualate, así mismo; la descripción a detalle cada zona clasificada (ver anexo p. 57).



**Figura 15. Áreas potenciales de restauración forestal y áreas con cobertura forestal de la parte baja de río Nahualate.**

Encontrándose en la ribera del río especies de árboles forestales tales como caulote (*Guazuma ulmifolia*), papaturro (*Coccoloba barbadensis*), zapotón (*Pachira aquatica*), hule silvestre (*Castilla elastica*), cenicero (*Albizia saman*), sauce (*Salix humboldtiana*), amate (*Ficus insipida*), cordoncillo (*Piper tuberculatum*), ceiba (*Ceiba pentandra*),

guarumo (*Cecropia obtusifolia*), palo de pito (*Erythrina fusta*), conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), madre cacao (*Gliricidia sepium*), mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.). Según las encuestas realizadas a los pobladores de aldea Bolivia y caserío El Jardín, algunas de las especies ausentes en la ribera están guachimol (*Pithecellobium dulce*), matiliguatate (*Tabebuia rosea*) y palo blanco (*Roseodendron donnell-smithii*), siendo la especie sauce (*Salix humboldtiana*) la que más predomina por regeneración natural.

En las áreas donde se delimitó cobertura forestal predomina mayormente la especie de sauce (*Salix humboldtiana*) ya que son zonas húmedas inundables en época de lluvia, así mismo, tienen presencia especies de palo de pito (*Erythrina fusta*), hule silvestre (*Castilla elástica*), cenicero (*Albizia saman*), zapotón (*Pachira aquatica*) y otras.

### **5.3 Propuesta de plan para la restauración de bosques de ribera**

Efectuándose una propuesta de plan para la restauración de bosques de ribera del río Nahualate, parte baja, donde se definieron 15 especies forestales para iniciar los procesos de restauración, en la que participen los usuarios que aprovechan la zona ribereña, pobladores aledaños, autoridades municipales y autoridades gubernamentales como INAB.

Definiéndose actividades para el establecimiento de viveros forestales, siembra de las plantas en campo definitivo, actividades culturales de implementación y mantenimiento. Determinando que es necesario aproximadamente de Q 7,210.74 por hectárea, para el establecimiento y mantenimiento de la plantación de especies forestales por un período de 3 años.

Dicho plan contiene lo siguiente:

- Índice
- Introducción
- Objetivos

- Determinación de especies arbóreas para la restauración.
- Identificación de posibles actores para participar en la restauración del bosque de ribera.
- Actividades para la restauración del paisaje forestal.
  - ✓ Establecimiento de vivero forestal.
  - ✓ Siembra en campo definitivo.
- Diseño y arreglo de reforestación.
- Calendarización de actividades de establecimiento y mantenimiento.
- Presupuesto.
- Conclusiones
- Recomendaciones

Ver documento en anexo, página 67.

## VI. Conclusiones

1. Se clasificaron 11 usos del suelo en el área ribereña tales como el cultivo de caña de azúcar (6.44%), banano-plátano (32.98%), palma africana (16.93%), maíz (1.04%), bosque (23.37%), árboles dispersos (1.03%), vegetación arbustiva baja-guamil (15.09%), cítricos (1.17%), cuerpos de agua (0.08%), arena (0.12%) y urbano (2.03%).
2. Los cultivos permanentes representan el 57.24% de uso de la ribera de río Nahualate en la parte baja.
3. Se determinaron 125.55 ha de área potencial y 1.77 ha área potencial con árboles dispersos para la restauración forestal de la ribera del río Nahualate.
4. La propuesta de plan para la restauración de la ribera del río Nahualate está dirigida para un período de 3 años, lo que incluye actividades para la producción y siembra de 65,914 plantas y actividades de establecimiento como limpieza, fertilización, control de incendios y monitoreo de las áreas reforestadas; donde los que hacen uso del suelo de la zona ribereña, comunidades aledañas, gobierno local e instituciones gubernamentales son los principales actores para participar en la restauración de la ribera.
5. El presupuesto necesario para iniciar las actividades de restauración para la ribera del río Nahualate es de Q 7,210.74 por hectárea incluyendo costo de establecimiento (producción de plantas, mano de obra, siembra) y mantenimiento (fertilización, control de plagas y enfermedades, actividades culturales) de las áreas restauradas; dicho presupuesto puede ser financiado por el gobierno municipal, instituciones gubernamentales y entidades privadas.

## VII. Recomendaciones

1. Dar prioridad a la reforestación de áreas con zona arbustiva baja o de guamil, porque no son áreas que están siendo aprovechadas económicamente lo que facilita la gestión de la restauración.
2. Hacer viveros forestales en las comunidades y entidades privadas, que estén cerca de las áreas que serán reforestadas para reducir costos y daño en el traslado de plantas.
3. Utilizar plántulas de regeneración natural de la especie Sauce para reforestar la ribera del río, especialmente en las áreas más húmedas en época de invierno.
4. Conservar la cobertura arbórea que aún está presente en la ribera del río Nahualate.
5. Llevar a cabo acuerdos interinstitucionales con las entidades privadas y poblaciones aledañas de la zona ribereña, para priorizar áreas de restauración del paisaje forestal del bosque de ribera.

## VIII. Referencias

- Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal (2006). *Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal*. Recuperado el 21 de abril de 2019 de <http://www.forestlandscaperestoration.org/>.
- Abargues, C., Beltrán, A. & Granell, C. (2010). *Extensión y uso de KML para la anotación, georreferenciación y distribución de recursos de tipo MIME*. Servicios de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Universidad Girona. España.
- Alfaro, M. (2016). *Caracterización de las comunidades arbóreas en la ribera del río Acomé, Escuintla, Guatemala C.A.* (Tesis de pregrado de Licenciatura en Agronomía en Recursos Naturales Renovables). Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala.
- Arce, R.; Birkel, C., Durán, D. & Samudio, M. (2006). *Metodologías fotogramétricas e hidrológicas para estimar la amenaza y vulnerabilidad de inundación en la cuenca del río Purires, Cartago, Costa Rica*. (Revista). Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- Asamblea Nacional Constituyente. (1993). *Constitución Política de la República de Guatemala*. [Cons]. Guatemala: Piedra Santa.
- Bennett, A. (2004). *Enlazando el paisaje. El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*. (1ª ed.). UICN – Unión Mundial para la Naturaleza. San José, Costa Rica: Page Bros (Norwich) Ltd, RU.
- Benoit. (2017). *Módulo de fotografías aéreas*. Froment. DOCPLAYER. Recuperado el 21 de abril de 2019 de <https://docplayer.es/18282685-Ing-benoit-froment-modulo-4-4-2-fotografias-aereas.html>



- Carretero, A., Pérez C., Timón M. & Iglesias, J. (2001). *Cursos sobre el Patrimonio Histórico*. Universidad de Cantabria. Ayuntamiento de Reinosa. Iglesias Gil. España.
- Celis, J. (2008). *Caracterización del bosque de ribera de las subcuencas del río Uyús, El Progreso y río Hondo Zacapa en la región semiárida del Valle del Motagua*. (Tesis de pregrado de Licenciatura en Agronomía en Recursos Naturales Renovables). Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala.
- Chamayou, G. (2013). *Teoría del Dron, nuevos paradigmas de los conflictos del siglo XXI*. España: Service, S.L.
- Chupina, A. (2015). *Susceptibilidad de la licuefacción en la planicie costera del Pacífico de Guatemala*. (Tesis de pregrado de Licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala.
- Congreso de La República. (2015). *Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques de Guatemala –PROBOSQUE-*. [Decreto No. 2-15]. Guatemala: Serviprensa S.A.
- Congreso de la República. (2013). *Ley de Áreas Protegidas*. [Decreto No. 4-89]. Guatemala: OIMT.
- Congreso de la República. (1997). *Código de Salud*. [Decreto No. 90-97]. Guatemala: Biblioteca digital para la administración financiera.
- Congreso de la República. (2013). *Ley Forestal*. [Decreto No. 101-96]. Guatemala: OIMT.
- Congreso de la República. (2002). *Código Municipal*. [Decreto No. 12-02].

Guatemala: TECNOS.

Domínguez, R. (2017, 08 de octubre). 2005. Tormenta Stan , peor que el Mith. Recuperado el 21 de abril de 2019 de <https://www.prensalibre.com/hemeroteca/huracan-stan-en-guatemala-2005/>

Elliott, S. (2010). *El río y la forma. Introducción a la geomorfología fluvial*. (1ª. Ed.). Santiago, Chile: RIL, editores.

Elosegui, A. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. (1ª. Ed). Fundación BBVA. España.

Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales -FRA-. (2015). *Términos y definiciones*. Documento de trabajo de la evaluación de los recursos forestales. Italia: FAO

Freshwater Ecology and Management, Research Group. (2009). *Índice de calidad del bosque de ribera*. Universidad de Barcelona. España.

Fuentes, C. (2012). *Guía rápida para utilizar archivos KMZ*. Ayuntamiento de Caravana de la Cruz. España.

Gamarra, O., Barrera, M., Ramírez C., Castillo, E., Leiva, D., Barrios, J... & Taramona, L. (2018). *Calidad del bosque de ribera en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas, Perú*. Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú.

Granados, S., Hernández, G. & López, R. (2006). *Ecología de las zonas ribereñas*.

División de Ciencias Forestales. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 12. (1); 55-69. México: Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

Grupo de Coordinación Interinstitucional –GCI- (2018). *Evaluación preliminar de factores del uso de la tierra, causas y agentes de deforestación y degradación de bosques en Guatemala*. Estrategia Nacional de Reducción de la Deforestación y Degradación de Bosques en Guatemala (ENDDBG) bajo mecanismos REDD+. Grupo de coordinación (MARN, MAGA, INAB y CONAP). FCPF.Guatemala.

Ingram, V., Haverhals, M., Petersen, S., Elias, M. & Basnett, B. (2015). *XIV Congreso Mundial Forestal*. Unasylva. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Italia.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar –IARNA, URL-. (2012). *Análisis sistémico de la deforestación en Guatemala y propuestas de políticas para revertirla*. IARNA. Guatemala.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar –IARNA, URL-. (2018). *Ecosistemas de Guatemala, basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida*. IARNA. Guatemala.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, -IARNA, URL-, Instituto Nacional de Bosques INAB. (2012). *Primer Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en Guatemala*: Serviprensa. Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática –INEGI-. (2005). *Guía para la interpretación de cartografía aérea*. México: INEGI.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-. (2012). *Propuesta, diseño e implementación de bosques de ribera como primer paso para la restauración de corredores biológicos en las cuencas de los ríos Coyolate, Achiguate y Acomé en la costa sur de Guatemala*. Guatemala.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-. (2015). *Mapeo de zonas críticas de inundaciones en la cuenca del río Nahualate*. Guatemala.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC- (2016). *Plan de reforestación de la cuenca del río Madre Vieja*. Programa Manejo Integrado de Cuencas. Guatemala.

Klingebiel & Montgomery. (1961). *Clases de capacidad de uso del USDA*. Recuperado el 01 de agosto de 2019 de [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/clases de capacidad de uso del usda .pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/clases%20de%20capacidad%20de%20uso%20del%20usda.pdf)

Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Alemania.

Lastra, J. (2001). *Bosques Naturales de Asturias*. (1ª ed.). Universidad de Oviedo. España.

Lehmann, G., (1975). *Fotogrametría*. España: Editores Técnicos Asociados Barcelona.

López, D. (2018, 29 de mayo). 2010. Tormenta Ágata causa muerte y

destrucción. Recuperado el 21 de abril de 2019 de <https://www.prensalibre.com/hemeroteca/tormenta-agatha-entra-a-guatemala-en-2010/>

Magdaleno, F. (2013). *Las riberas fluviales*. Universidad Técnica de Madrid. España.

Malanson (1993). *Riparian landscapes*. Cambridge, UK: Oxford University Press.

Martínez, E. (2003). *Ríos, lagos, lagunas y marismas: ecoguía para descubrir la naturaleza*. (4ª ed.). Francia: H. Blume.

Méndez, A., Arizpe, D. & Rabaca, J. (2008). *Sustainable Riparian Zones. A Management Guide*. Gráfica Vimar. Generalitat Valenciana. Portugal.

Merino, R., Hernández, A., Virués, D., Sanz, B., Ramos, D., García, J. (2015). *Piloto de DRON (RPAS)*. España: Paraninfo, S.A.

Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala (2015). *Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal Nacional: Mecanismos para el desarrollo rural sostenible de Guatemala*. Guatemala: Editorial Serviprensa.

Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala (2018). *Oportunidades de restauración del paisaje forestal en Guatemala*. Guatemala: Editorial Serviprensa.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, -MAGA-, (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000*. Memoria técnica. Guatemala.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA, (2005). *Atlas temático de la República de Guatemala. (Serie de recursos naturales, sociales, productivos, amenazas y vulnerabilidad)*. Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo –UPGGR-. Guatemala.
- Naiman, R., Bilby, R. & Bisson, P. (2000). *Riparia Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest*. BioScience. Inglaterra.
- Nájera, M., Mohar, P. & Quiroz, G. (2010). *Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del distrito federal*. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento territorial del Distrito Federal, México. México: Centro GEO.
- Newton, A. & Tejedor, N. (2011). *Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina*. Gland, Suiza, UICN y Madrid: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas.
- Oliva, E. (1982). *Estimación de los parámetros Hidrológicos de la cuenca del río Nahualate hasta la estación San Mauricio*. (Tesis de pregrado de Licenciatura en Ciencias Agrícolas). Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala.
- Ordoñez, J. (2011). *¿Qué es una cuenca hidrográfica?* Cartilla Técnica. Sociedad Geográfica de Lima. Perú.
- Pellecer, F. (2017). *Determinación de las Zonas Susceptibles a Inundaciones en la Parte Baja de la Cuenca del Río Nahualate*. (Tesis de pregrado de Licenciatura en Agronomía en Recursos Naturales Renovables). Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala.

Piña, I. (1990). *Recursos bióticos de la cuenca San Juan-Montezuma en el Estado de Querétaro. H. Ayuntamiento de San Juan del Río, Querétaro México*. México: Limusa.

Pozo, W., Cárdenas, A. & Burneo, S. (2008). *Uso etnobiológico de flora, aves y mamíferos de bosques riparios de fincas ganaderas presentes en Santo Domingo de los Tsáchilas*. Informe inédito. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.

Programa de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales –FRA- (2010). *Términos y definiciones*. Departamento forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Italia.

Rodríguez, V. (2007). *La fotografía como fuente para el estudio de las actividades humanas en el territorio*. Medio Ambiente y Sociedad. Universidad de Alcalá. España.

Romero, F. Cozano, M. Gangas, R. & Naulin, P. (2014). *Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile*. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Chile.

Sabogal, C. Besacier, C. y McGuire, D. (2015). *Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución*. Unasylva. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Italia.

Sánchez, A., García, R. & Palma, A. (2003). *La Cuenca Hidrográfica: Unidad básica de planeación y manejo de los recursos naturales*. (1ª. ed.). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Santamaria, P. (2018). Xataca. *DJI Mavic 2 Pro, análisis: un nuevo nivel en calidad*

de vídeo y foto con dron. Recuperado el 21 de marzo de 2019 de <https://www.xataka.com/analisis/dji-mavic-2-pro-analisis-nuevo-nivel-calidad-video-foto-dron>

Santiago, (2008). *El estudio del río: el cauce*. La guía. Geografía. Recuperado el 21 abril de 2019 de <https://geografia.laguia2000.com/hidrografia/el-estudio-de-los-rios-el-cauce>

Senciales, (1998). *El análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio hidrográfico*. Depto. De Geografía. Universidad de Malaga. España.

Torres, I. (2005). *Efecto del ancho de los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad de la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras*. (Tesis de posgrado). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE-, Costa Rica.

UICN y WRI (2014). *Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional*. Documento de trabajo (edición de prueba). UICN. Suiza.

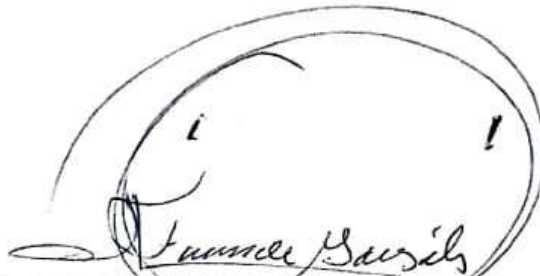
Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S. & Gómez, P. (2012). *Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*. (1ª. ed.). Grupo de Restauración Ecológica GREUNAL. Colombia.

Vicuña, B., Morales, A. & Escudero, A. (1983). *El río. Aspectos limnológicos*. Centro de edafología y biología aplicada EXCMA. Diputación oficial. Salamanca, España.



Zamora, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial*. San Martín de Porras –  
Lima, Perú. MOSHERA S.R.L. Recuperado el  
[https://es.slideshare.net/jhonyfern/estadistica-descriptiva-e-inferencial-  
manuel-cordova-zamora-1](https://es.slideshare.net/jhonyfern/estadistica-descriptiva-e-inferencial-manuel-cordova-zamora-1)



Licda. Ana Teresa de González  
Vo. Bo. Bibliotecaria CUNSUROC



## IX. Anexo

### 9.1 ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS HABITANTES DE ALDEA BOLIVIA Y CASERÍO EL JARDÍN

Lea detenidamente las siguientes preguntas al entrevistado.

- 1) ¿Usted ha recorrido el cauce de río Nahualate?

---

- 2) ¿Considera que hay especies de árboles que han desaparecido en la orilla del río? Si su respuesta es sí, ¿Cuáles?

---

- 3) ¿Qué especies de árboles se encuentran presentes aún en la orilla del río?

---

- 4) ¿Obtiene bienes de los árboles que se encuentran en la orilla del río?

Leña: \_\_\_\_\_

Frutos: \_\_\_\_\_

Medicina natural: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

- 5) ¿Ha observado regeneración natural de los árboles en la orilla del río? ¿Qué especies?

---

- 6) ¿Qué cultivos se encuentran en la orilla del río?

---

## 9.2 Parámetros de procesamiento de ortomosaico

### Generales

Cámaras	1493
Cámaras orientadas	1493
Marcadores	5
Formas	
Polígonos	1
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

### Nube de puntos

Puntos	1,624,150 de 1,735,226
RMS error de reproyección	0.136132 (0.663818 pix)
Error de reproyección máximo	0.414223 (32.8573 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	3.75965 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos claves	No
Multiplicidad media de puntos de paso	2.76387

### Parámetros de orientación

Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de enlace por foto	4,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de puntos homólogos	1 hora 4 minutos
Tiempo de orientación	23 minutos 35 segundos

### Parámetros de optimización

Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	9 segundos

### Nube de puntos densa

Puntos	140,498,255
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Calidad	Media
Filtrado de profundidad	Agresivo
Tiempo de generación de mapas de profundidad	2 horas 18 minutos
Tiempo de generación de nube de puntos densa	25 minutos 43 segundos

**Modelo**

Caras	27,774,389
Vértices	13,913,208
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajorrelieve / terreno
Datos fuente	Densa
Interpolación	Habilitada
Calidad	Media
Filtrado de profundidad	Agresivo
Número de caras	28,099,651
Duración del procesamiento	9 minutos 10 segundos

**DEM**

Tamaño	44,864 x 67,153
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Parámetros de reconstrucción	
Datos fuente	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Duración del procesamiento	3 minutos 18 segundos

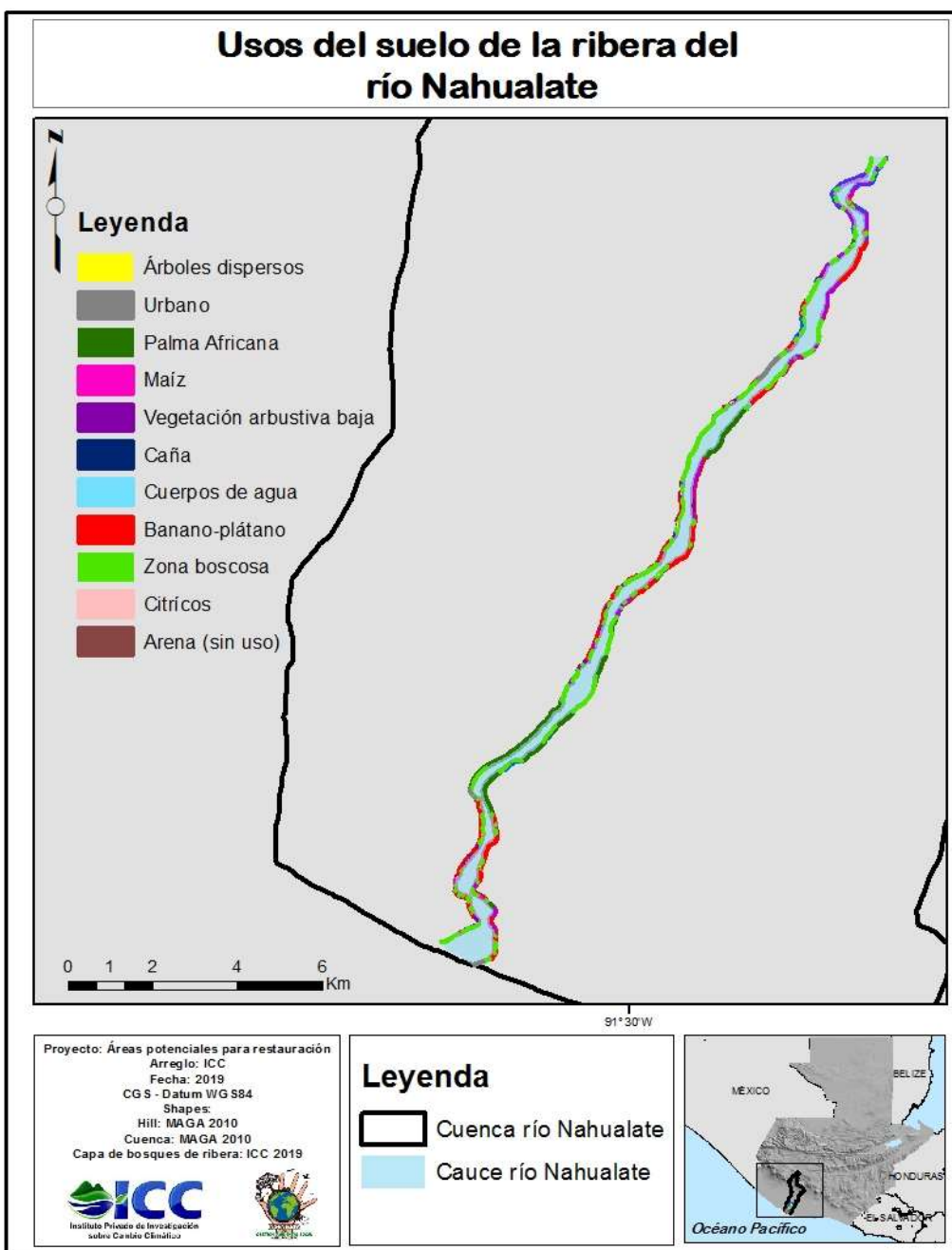
**Ortomosaico**

Tamaño	100,923 x 181,296
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie Modelo digital de elevaciones	
Realizar el relleno de agujeros	Sí
Duración del procesamiento	28 minutos 12 segundos

**Software**

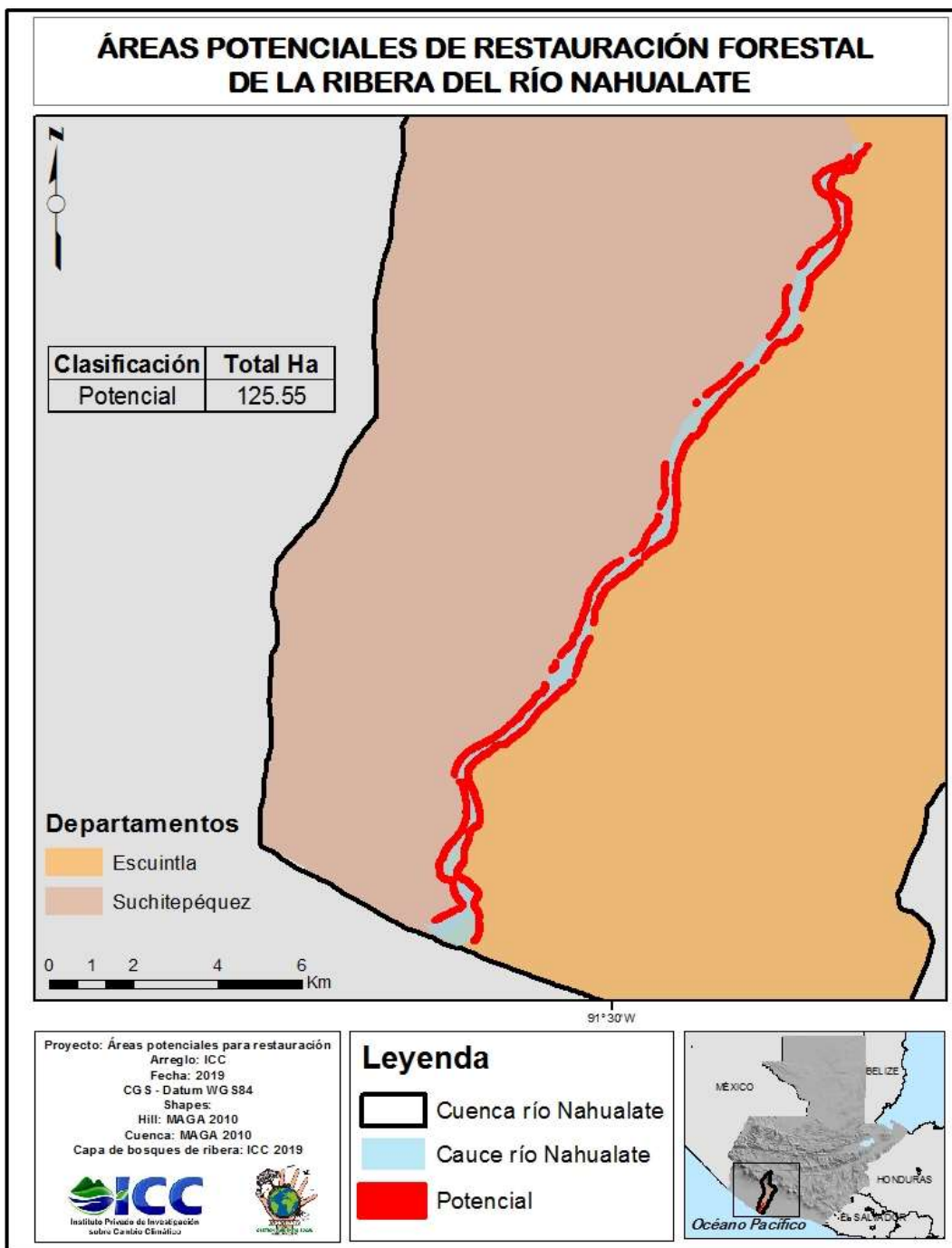
Versión 1.4.5 build 7354  
Plataforma Windows 64

### 9.3 Mapas de la ribera del río Nahualate, parte baja sobre usos del suelo, áreas potenciales para la restauración forestal y áreas con cobertura forestal.

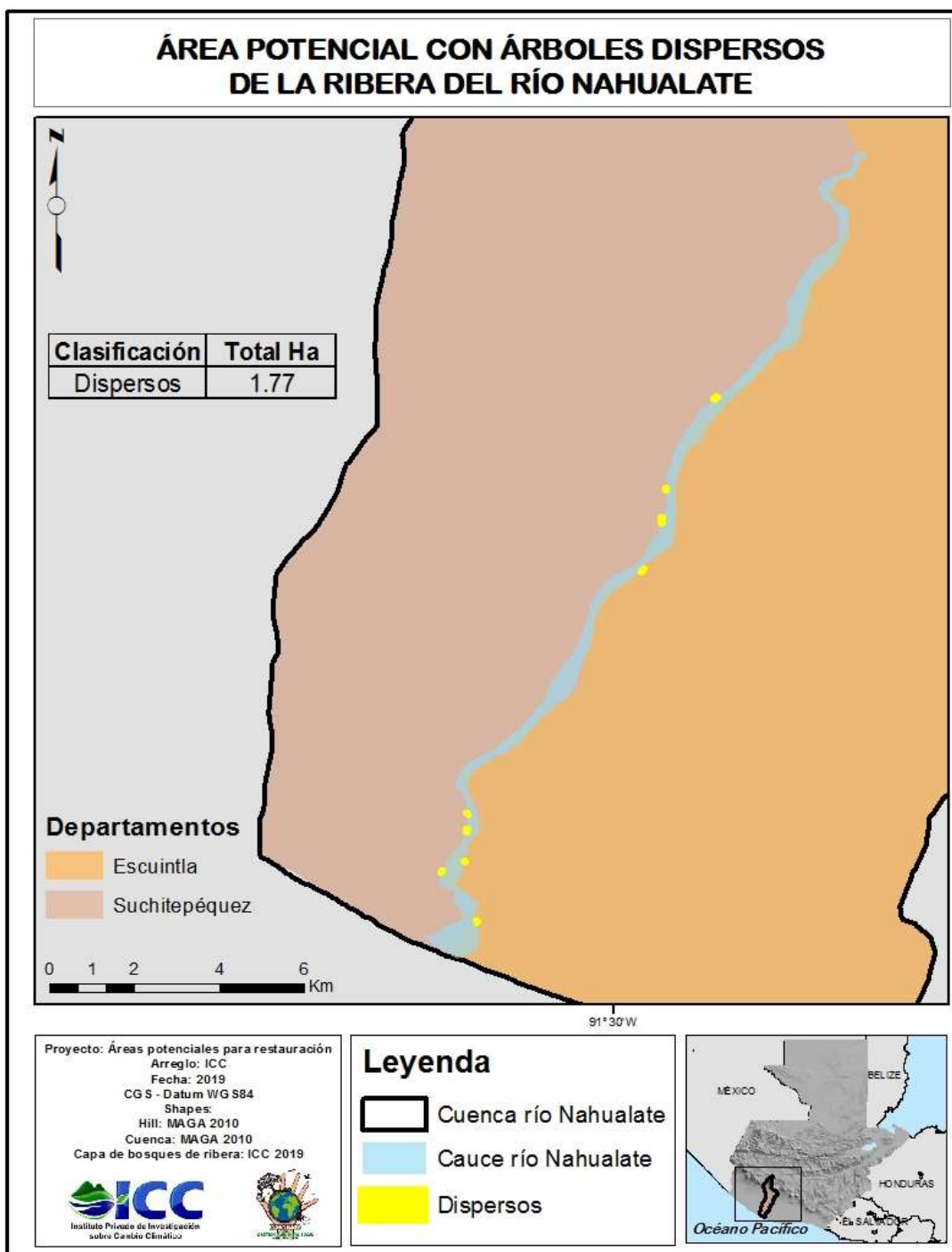


**Figura 16. Usos del suelo de la ribera de río Nahualate.**

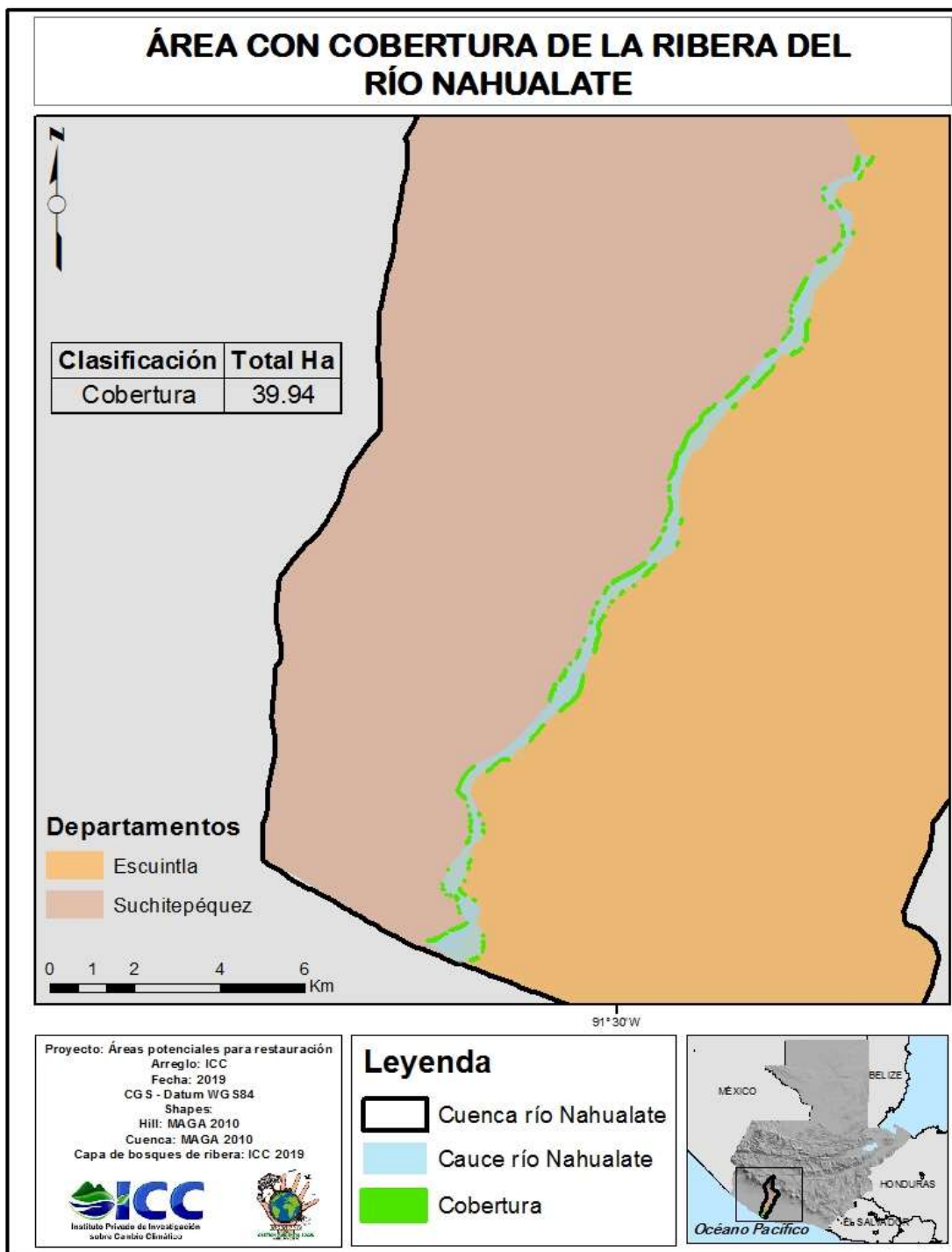
**Nota:** con base a ArcGIS 10.5.



**Figura 17. Áreas potenciales de restauración forestal la ribera de río Nahualate.**  
 Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019)

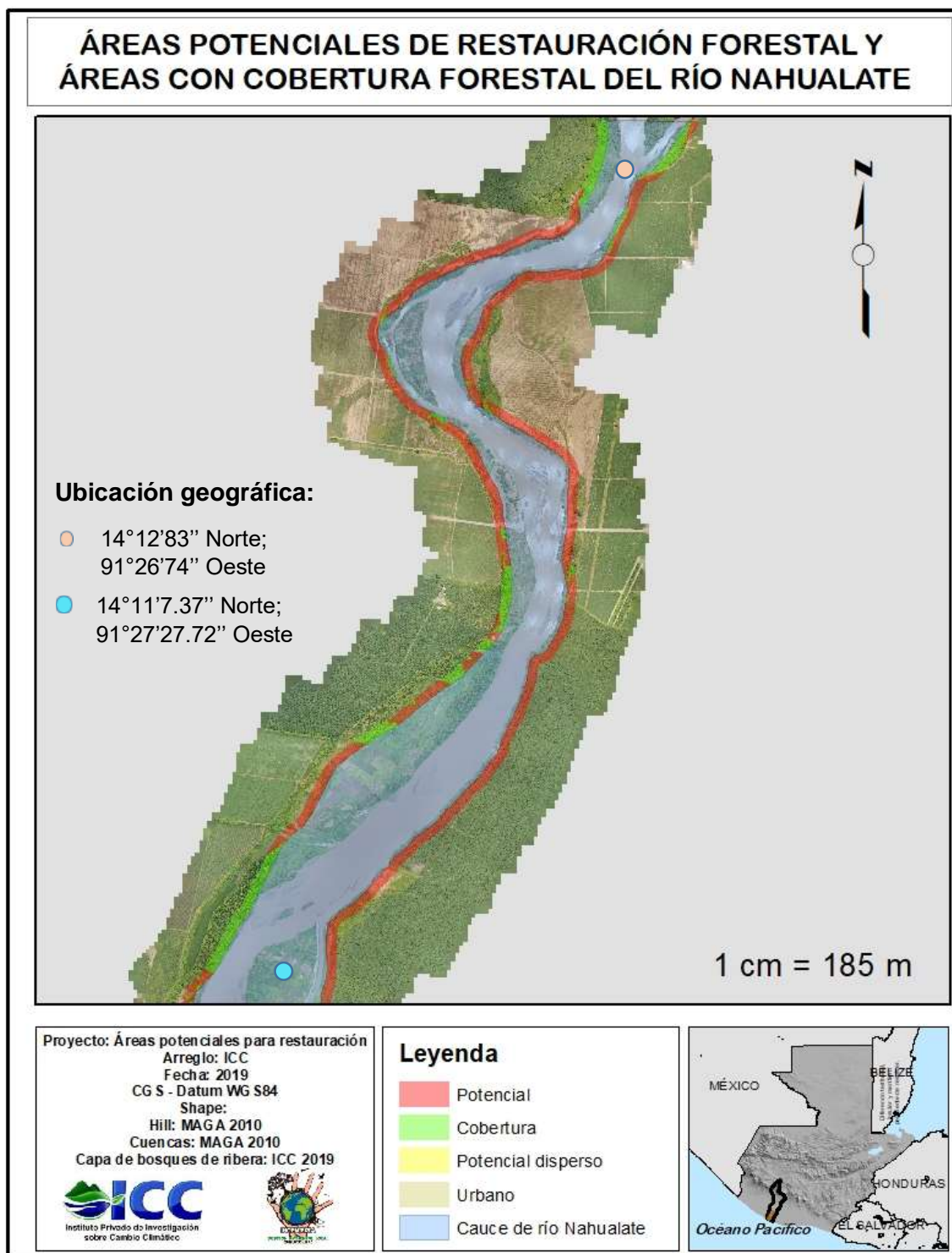


**Figura 18. Áreas potenciales con árboles dispersos de la ribera de río Nahualate. Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019).**

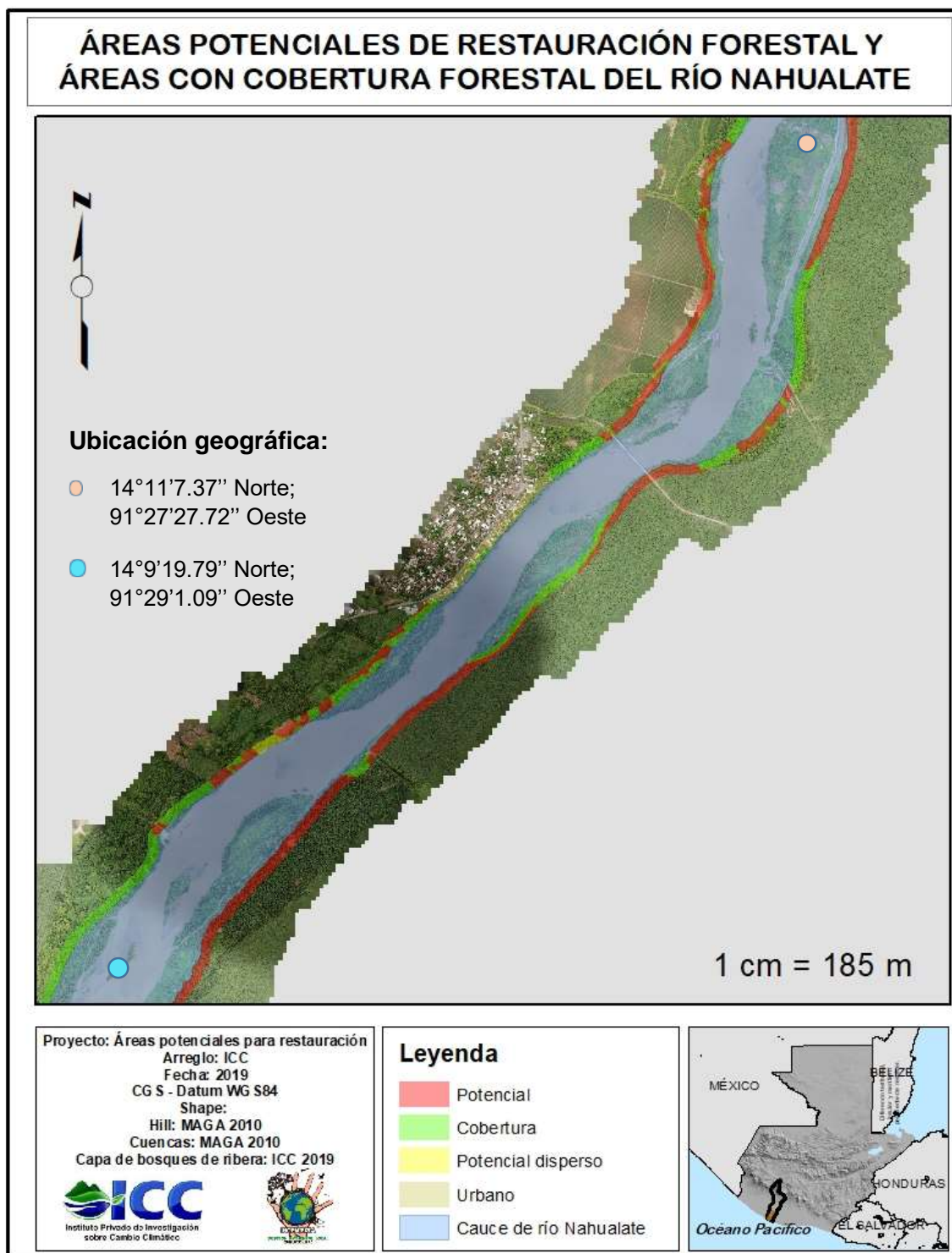


**Figura 19. Área con cobertura de la ribera de río Nahualate.**  
**Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019).**

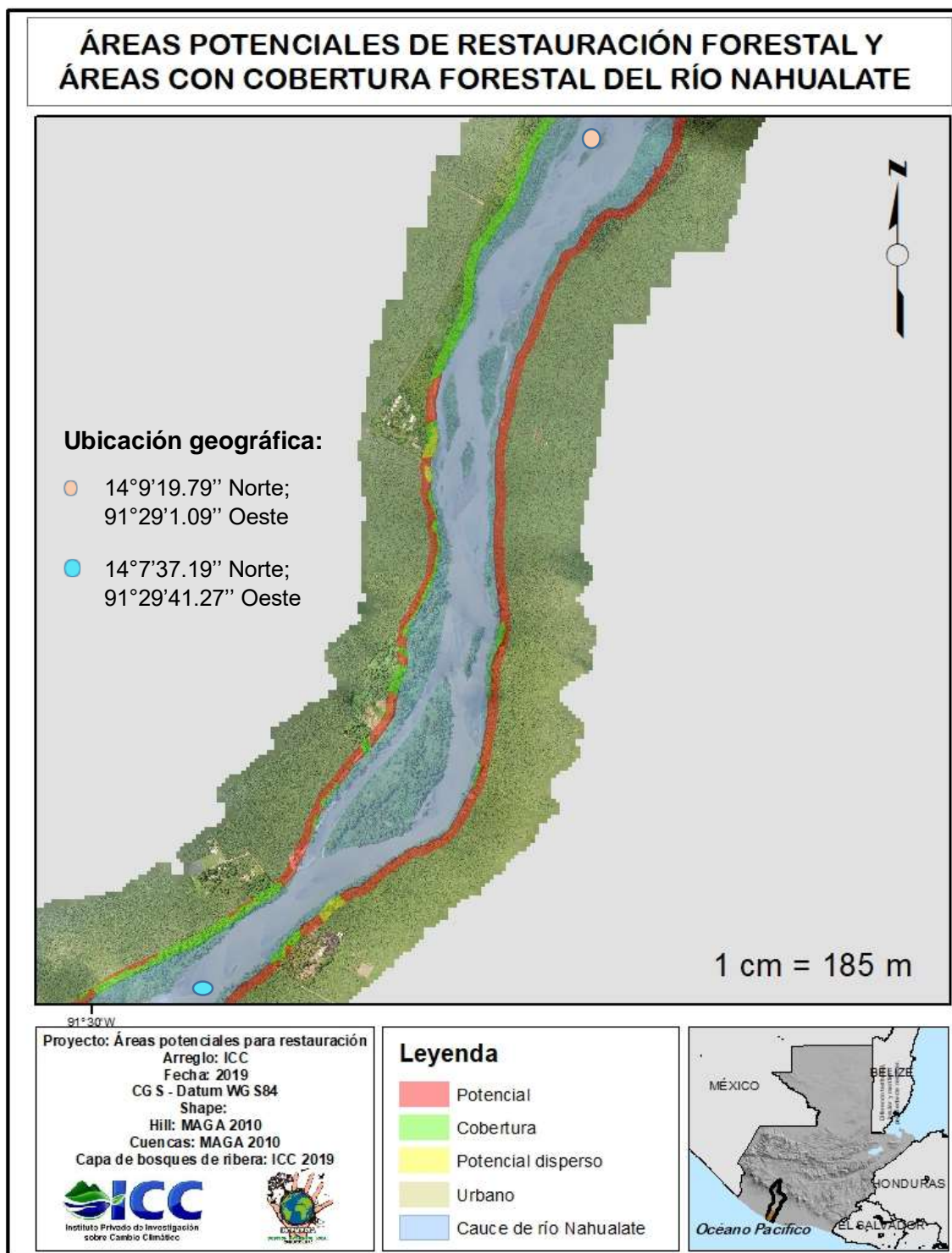




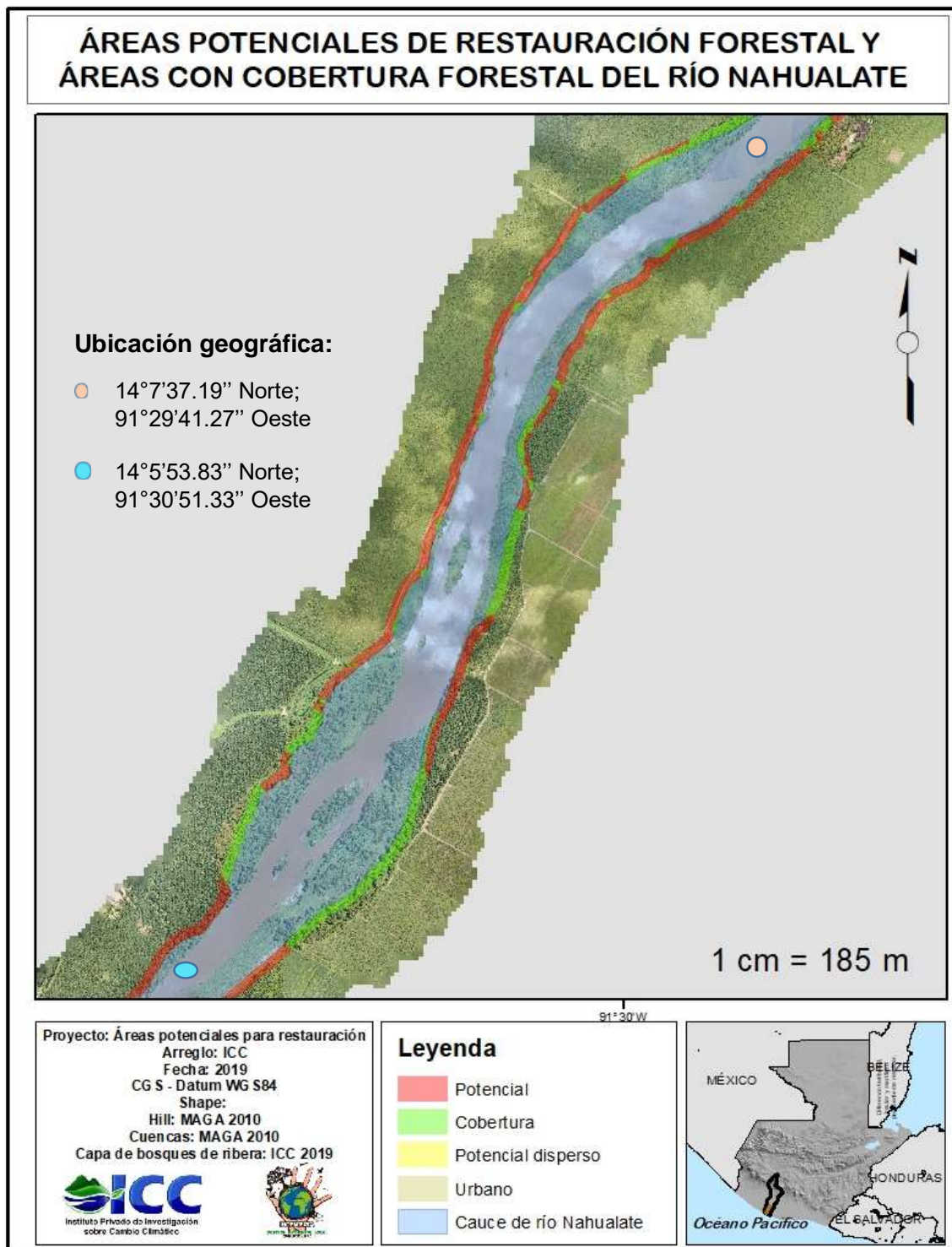
**Figura 20. Vista a detalle fracción 1.**  
**Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019).**



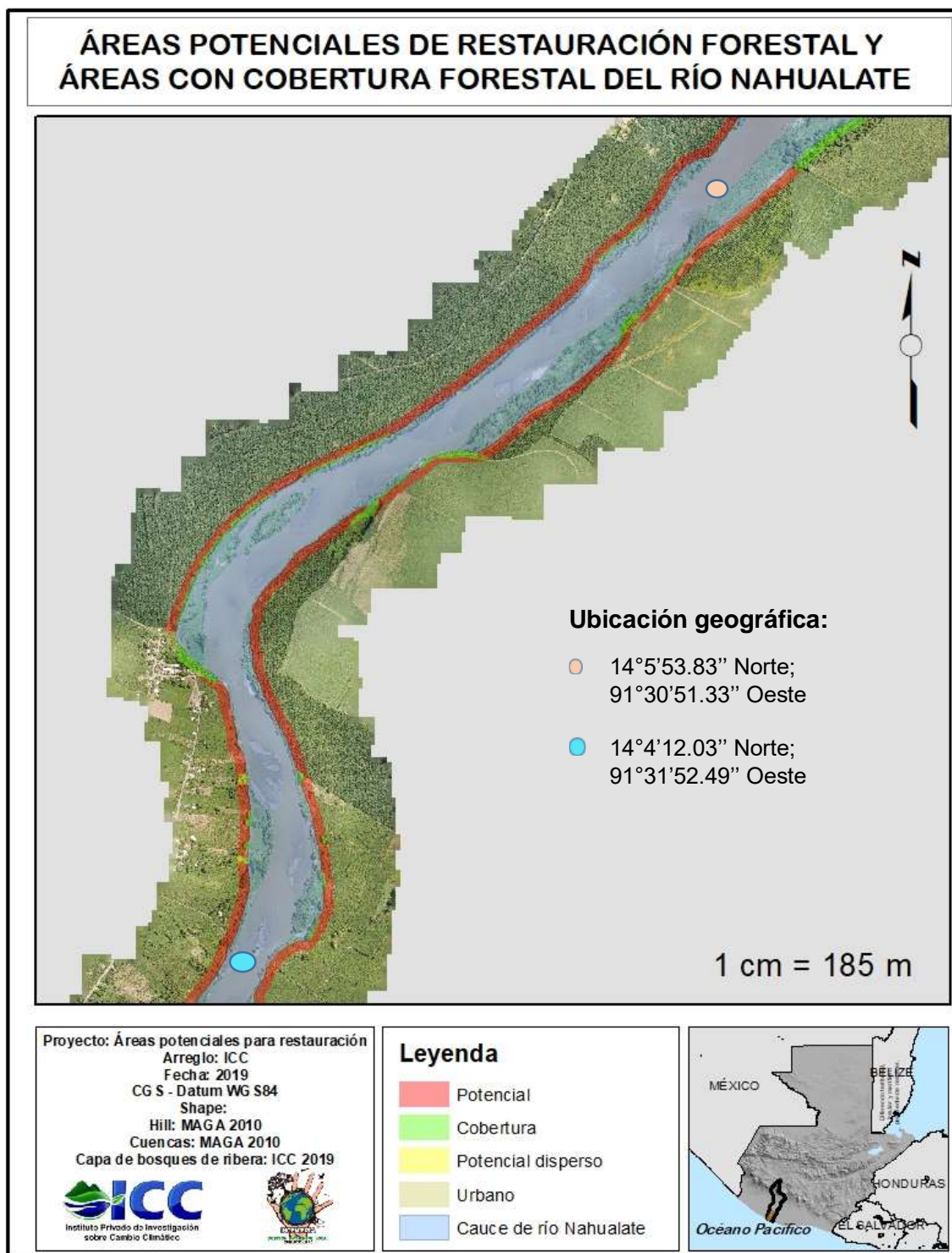
**Figura 21. Vista a detalle fracción 2.**  
Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019).



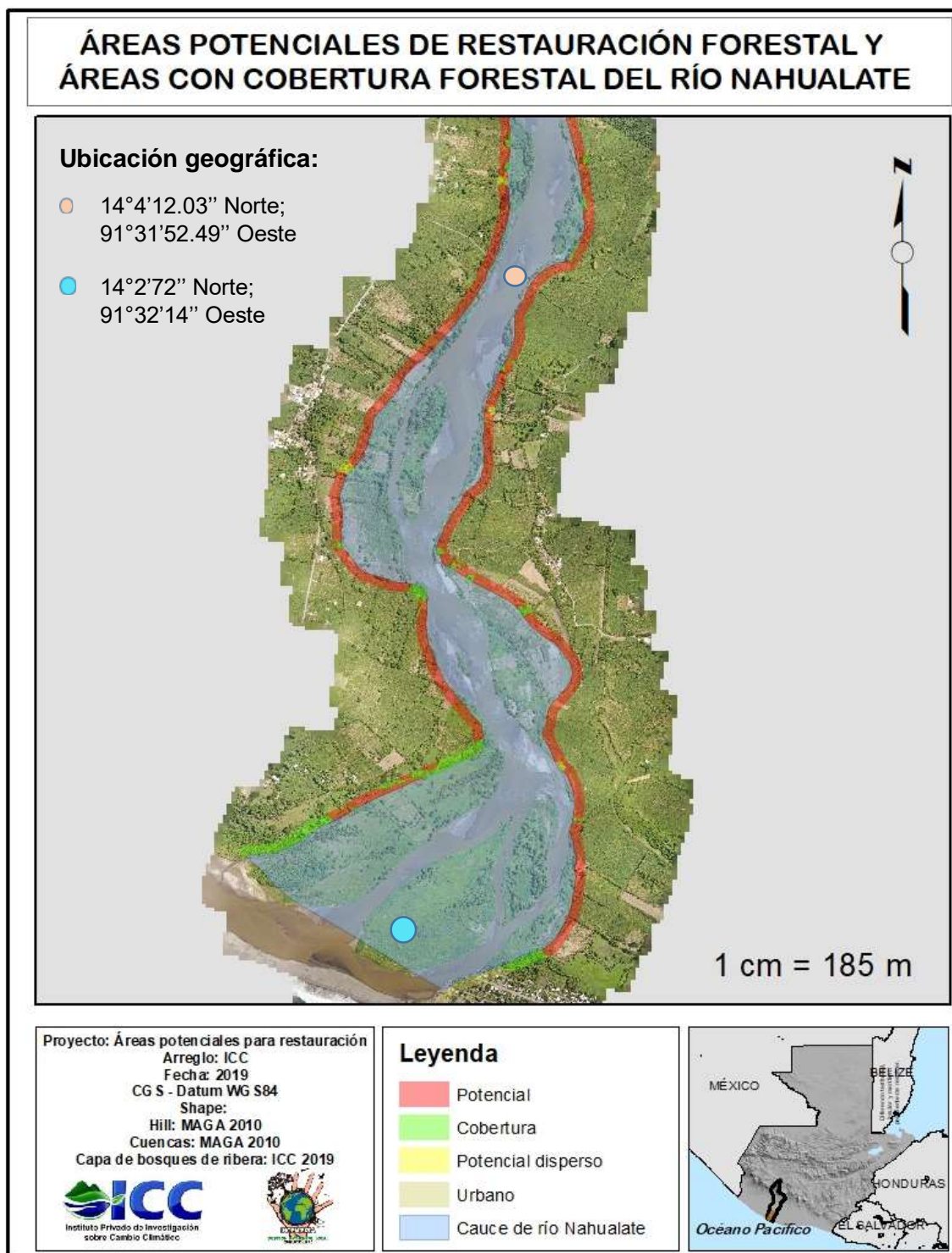
**Figura 22. Vista a detalle fracción 3.**  
**Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019).**



**Figura 23. Vista a detalle fracción 4.**  
**Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019).**



**Figura 24. Vista a detalle fracción 5.**  
**Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019).**



**Figura 25. Vista a detalle fracción 6.**  
Nota: con base ArcGIS 10.5 (2019).

#### **9.4 Propuesta de plan para la restauración de bosque de ribera de río Nahualate, parte baja.**

**Universidad San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Suroccidente  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**

**Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-  
Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla**



**PLAN PARA LA RESTAURACIÓN DE BOSQUE DE RIBERA  
EN LA PARTE BAJA DEL RÍO NAHUALATE.**

**Enero de 2,020**



## Índice General

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
I. Introducción .....	1
II. Objetivos.....	2
2.1 Objetivo general. ....	2
2.2 Objetivos específicos. ....	2
III. Determinación de especies arbóreas para la zona ribereña.....	3
IV. Identificación posibles actores para la restauración de la ribera del río. ....	4
V. Actividades para la restauración forestal.....	4
5.1 Establecimiento y mantenimiento de vivero forestal.....	4
5.2 Establecimiento y mantenimiento de plantación.....	9
VI. Diseño y arreglo de reforestación:.....	15
VII. Presupuesto .....	16
VIII. Conclusiones.....	18
IX. Recomendaciones.....	19
X. Referencias .....	20

## Índice de Tablas

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Especies forestales para la restauración del paisaje forestal de la ribera del río Nahualate.....	03
2. Actividades de establecimiento y mantenimiento de vivero forestal .....	05
3. Actividades de establecimiento y mantenimiento de plantación .....	09
4. Presupuesto para el establecimiento de especies forestales por hectárea.....	17

## Índice de Figuras

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Diseño de bosque de ribera con fines de conservación .....	15

## I. Introducción

Con base a estudio realizado para la determinación de áreas potenciales para la restauración de bosque de ribera en el río Nahualate, parte baja, se elaboró una propuesta para restaurar la cobertura forestal de dicha área, y así recuperar los servicios y beneficios ecosistémicos que proporciona un bosque de ribera. La estructura del plan consiste en una propuesta de especies arbóreas, identificación de posibles actores para participar en la restauración, actividades, diseño y arreglo de reforestación, calendarización de actividades de establecimiento y mantenimiento y, presupuesto general por hectárea reforestada.

Definiéndose 15 especies forestales para iniciar los procesos de restauración, entre los principales actores para intervenir en la recuperación del bosque de ribera están los usuarios que aprovechan la zona ribereña, pobladores aledaños, autoridades municipales y autoridades gubernamentales como INAB.

Estableciéndose actividades para el establecimiento de viveros forestales entre colecta de semilla, germinación, trasplante, actividades culturales y transporte, así mismo, actividades para el establecimiento de la plantación a campo definitivo como preparación del terreno (limpia, trazado, ahoyado), siembra, control de malezas, fertilización, control de plagas y enfermedades, prevención de incendios forestales, monitoreo de áreas reforestadas y resiembra.

Para el establecimiento de las especies forestales en la ribera del río es necesario aproximadamente de Q 7,210.74 por hectárea, incluyendo costos de producción, establecimiento y mantenimiento por un período de 3 años.

## **II. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general.**

Restaurar la cobertura forestal de la zona ribereña de la parte baja del río Nahualate.

### **2.2 Objetivos específicos.**

- Determinar especies arbóreas para la restauración del área ribereña.
- Identificar posibles actores para participar en la restauración del paisaje forestal de la ribera del río.
- Calcular el presupuesto por hectárea para la restauración forestal.

### III. Determinación de especies arbóreas para la restauración del paisaje forestal.

Con base a la determinación de especies forestales presentes y ausentes en la ribera del río Nahualate, en la parte baja, se proponen las siguientes especies forestales:

**Tabla 1.**

**Especies forestales para la restauración del paisaje forestal de la ribera del río Nahualate.**

<b>No</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre científico</b>
1	Conacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.
2	Aripín	<i>Caesalpinea velutina</i> (Britton & Rose) Standl.
3	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
5	Zapotón	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.
6	Sauce	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.
7	Matilisguate	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.
8	Cenicero	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.
9	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.
10	Palo de pito	<i>Erythrina fusta</i> (L.)
11	Madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.
12	Guachimol	<i>Pithecellobium dulce</i> Mart.
13	Palo de jiote	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.
14	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i> L.
15	Laurel	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken.

Excluyéndose especies como papaturro (*Coccoloba barbadensis* L.), hule silvestre (*Castilla elástica* Cerv), amate (*Ficus insípida* Willd) y otras, ya que son especies forestales que son fácilmente propagadas por factores como el viento, escorrentía superficial, aves y otros.

#### **IV. Identificación posibles actores para la restauración del paisaje forestal de la ribera del río.**

Entre los posibles actores para la restauración del paisaje forestal de la zona ribereña están el Instituto Nacional de Bosques –INAB-, la municipalidad de Santo Domingo Suchitepéquez y municipalidad de Tiquisate, Escuintla; a través de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal –UGAM-, pobladores de aldea Bolivia, aldea El Semillero, caserío El Jardín, caserío Nueva Venecia y aldea San José Los Tiestos, a través de los Comités de Desarrollo Comunitario –COCODEs-, ICC, empresas agrícolas privadas que intervienen en el uso de la zona ribereña e instituciones gubernamentales.

#### **V. Actividades para la restauración forestal.**

Las actividades de restauración, calendarización y presupuesto, están definidas por hectárea, debido a que los inicios de restauración serán por mosaicos, principalmente en las áreas que no están siendo ocupadas para producción agrícola.

##### **5.1 Establecimiento y mantenimiento de vivero forestal.**

Los viveros forestales deberán ser establecidos a partir de los meses de enero y febrero, con la finalidad de obtener plantas de buen tamaño para el momento de ser trasladados a campo definitivo, deben estar ubicados en aldea Bolivia, aldea Semillero, caserío El Jardín administrados por los comunitarios o entidades privadas que hacen uso de la ribera del río. El costo por producción de plantas en el vivero forestal es aproximadamente de Q2.00 por planta, incluyendo mano de obra, bolsas biodegradables, sustrato, agua y fertilizante. Específicamente, para la producción de 625 plantas para la reforestación de una (1) ha se necesita de Q1,250.00 de inversión. Proponiéndose el establecimiento de un vivero forestal en el área de influencia, en donde se deberán realizar las siguientes actividades:

Entre las actividades a realizar dentro del vivero forestal se mencionan las siguientes:

**Tabla 2**  
**Actividades de establecimiento y mantenimiento de vivero forestal.**

<b>No.</b>	<b>Actividad:</b> Recolección y tratamiento de semilla.
01	<p><b>Descripción:</b></p> <p>La colecta de semilla debe realizarse según la fenología de cada especie forestal y contar con personal capacitado para la identificación de árboles semilleros, con la finalidad de producir especies forestales tales como conacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb), aripín (<i>Caesalpineia velutina</i> (Britton &amp; Rose) Standl), caulote (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.), zapotón (<i>Pachira aquatica</i> Aub), matilisguate (<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.), cenicero (<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr), ceiba (<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.), palo de pito (<i>Erythrina fusta</i> (L.)), madre cacao (<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.), guachimol (<i>Pithecellobium dulce</i> Mart.), palo de jiole (<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg) y laurel (<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken.); colectándose la especie de sauce (<i>Salix humboldtiana</i> Willd) a través de plántulas de regeneración. La ubicación de árboles semilleros debe efectuarse con anticipación, estos árboles pueden ser identificados en la cercanía de la ribera del río Nahualate y otros ríos cerca de la zona de estudio. Para el tratamiento de las semillas que tienen frutos carnosos como zapotón (<i>Pachira aquatica</i> Aubl) deben ser retirados e inmediatamente sembrados para evitar que la semilla se dañe o adquiera un patógeno; para las semillas que están en frutos secos, deben abrirse naturalmente en sombra y si son de epidermis dura dejar en remojo en agua por la noche para acelerar la germinación. La escarificación de semillas se realiza si la epidermis de la semilla es demasiado dura para acelerar el proceso de germinación de la semilla. Puede llevarse a cabo, por método de agua fría, caliente e hirviendo, así también, de forma mecánica. Si la producción de especies forestales es considerada con estacas o vástagos estos deben ser desinfectados.</p>



	<b>Meta</b>	<b>Responsable</b>	<b>Recursos</b>	<b>Calendarización</b>																								
	✓ Producir 625 plantas por ha que será resforestada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viverista.</li> <li>• Personal de campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tijeras.</li> <li>• Lazo.</li> <li>• Semillas.</li> <li>• Sacos.</li> <li>• Machete.</li> </ul>	<p>Todo el año según la fenología de cada especie forestal.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>E</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>A</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																	
<b>No.</b>	<b>Actividad:</b> Preparación de bancales de germinación.																											
02	<p><b>Descripción:</b></p> <p>Los bancales de germinación pueden establecerse en tablones de madera, directamente al suelo u otro material. La mezcla del sustrato para los semilleros, es utilizar arena, tierra negra y materia orgánica en una proporción de 1x2x1. Se debe de realizar la desinfección del sustrato y tablón (si aplica) y esperar un día para hacer la siembra al voleo o en surcos con distanciamiento de 10 cm. La dimensión de los bancales en cuanto a longitud dependerá de lo espacioso del terreno, el ancho puede ser de 1 metro y 0.50 cm de espacio entre bancales. Los bancales deben ser protegidos con una cubierta de aproximadamente de 85 cm de alto del bancal, la cual debe ser quitada cuando está llegue al 70% de germinación para permitir la entrada de la luz del sol (Rodríguez R., 2010, pág. 7). El riego debe realizarse dos veces al día en áreas muy calurosas o dependiendo de la especie forestal.</p> <p>Tipos de producción: propagación sexual, semilleros, esquejes, acodos e injertos.</p>																											
	<b>Meta</b>	<b>Responsable</b>	<b>Recursos</b>	<b>Calendarización</b>																								
	✓ Producir 625 plantas por ha que será restaurada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viverista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustrato.</li> <li>• Madera.</li> <li>• Sarán.</li> <li>• Estacas.</li> <li>• Pala.</li> <li>• Cinta métrica.</li> </ul>	<p>Dependiendo la fenología de las especies forestales.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>E</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>A</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	X	X	X									X
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
X	X	X									X																	

No.	Actividad: Llenado de bolsas biodegradables para trasplante.																											
03	<p><b>Descripción:</b> El tamaño de las bolsas biodegradables estará en función a la planta que se trasplantará, sin embargo, es común utilizar bolsas con calibre de 8 cm* 7 cm* 17cm con capacidad de 1 litro. Para el llenado de bolsas es necesario contar con una mezcla de sustrato de 1 parte de arena, 2 partes de tierra negra y 1 parte de materia orgánica. También es importante la desinfección del sustrato con agua caliente con un aproximado de 5 litros por m².</p>																											
<b>Meta</b>		<b>Responsable</b>	<b>Recursos</b>	<b>Calendarización</b>																								
✓ Adquirir 625 bolsas por ha que será restaurada.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Viverista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>625 bolsas.</li> <li>Sustrato.</li> <li>Pala.</li> <li>Zaranda.</li> <li>Carreta.</li> </ul>	<table border="1" data-bbox="1312 760 1833 834"> <thead> <tr> <th>E</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>A</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		X	X	X	X							
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
	X	X	X	X																								
No.	Actividad: Trasplante																											
04	<p><b>Descripción:</b> Consiste en el traslado de las plántulas del bancal de germinación al envase (bolsa biodegradable). Debiéndose regar el sustrato contenido en el envase, abrir un agujero en el centro, introducir la planta, cubrir las raíces y presionar levemente alrededor de la planta. Eliminar las plántulas que presenten tallo torcido, raíz mal formada y síntomas de estar enfermas. Utilizando tijeras desinfectadas cortar la raíz aproximadamente de 5 cm para estimular el crecimiento e introducir la plántula al envase.</p>																											

	Meta	Responsable	Recursos	Calendarización																																																				
	✓ Trasplantar 625 plántulas por ha que será restaurada.	• Viverista.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 625 bolsas.</li> <li>• Sustrato.</li> <li>• 625 plántulas.</li> <li>• Regadera.</li> <li>• Tijeras de podar.</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>E</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		x	x	x	x																																			
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																																													
	x	x	x	x																																																				
<b>No. Actividad: Prácticas culturales.</b>																																																								
05	<p><b>Descripción:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Riego:</b> en lugares calurosos es recomendable regar dos veces al día y a los 15 días del trasplante reducir el riego a una vez por día. Preferiblemente regar los bancales de germinación con regadera para controlar la humedad y erosión.</li> <li>✓ <b>Desmalezado:</b> la finalidad es evitar que exista competencia entre las malezas y las plántulas.</li> <li>✓ <b>Fertilización:</b> se lleva a cabo cuando las plántulas presentan síntomas de deficiencia de nutrientes; aplicando abonos orgánicos o fertilizantes de etiqueta verde.</li> </ul> <p>Para poder trasladar las plantas a campo definitivo, estas deben tener una altura de 30 cm a 40 cm, ya que son más resistentes a las condiciones del clima y agentes externos.</p>																																																							
	Meta	Responsable	Recursos	Calendarización																																																				
	• Asegurar la sobrevivencia de las plantas producidas en el vivero forestal.	• Viverista.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regadera.</li> <li>• Fertilizante.</li> <li>• Agua.</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th><th>E</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Riego</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td> </tr> <tr> <td>Desmalezado</td><td>x</td><td></td><td>x</td><td></td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td>x</td><td></td><td>x</td> </tr> <tr> <td>Fertilización</td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Riego	x	x	x	x					x	x	x	x	Desmalezado	x		x		x	x	x	x		x		x	Fertilización			x	x	x							
Actividad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																																												
Riego	x	x	x	x					x	x	x	x																																												
Desmalezado	x		x		x	x	x	x		x		x																																												
Fertilización			x	x	x																																																			

## 5.2 Establecimiento y mantenimiento de plantación.

**Tabla 3**

**Actividades de establecimiento y mantenimiento de plantación.**

No.	Actividad: Preparación del terreno.																											
01	<p><b>Descripción:</b> La preparación del terreno se da previo a realizar la plantación y tiene la finalidad de facilitar la germinación de las semillas o el enraizamiento de las plántulas, efectuando las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpia del terreno: consiste en eliminar del terreno todos los residuos ajenos al medio rípicola que impida el desarrollo efectivo de las plántulas.</li> <li>• Trazado: consiste en marcar la localización de siembra para cada una de las especies arbóreas.</li> <li>• Ahoyado: consiste en la apertura mecánica de los agujeros de forma cilíndrica, con dimensión de 1 metro de profundidad por 1 metro de diámetro para árboles y, 0.60 metros por 0.60 metros para arbustos (Méndez et al., 2008, pág. 207).</li> </ul>																											
	<p><b>Meta</b></p> <p>✓ Limpiar el área de siembra, hacer el trazado y ahoyado para 625 plantas.</p>	<p><b>Responsable</b></p> <p>• Delegado. • Personal de campo.</p>	<p><b>Recursos</b></p> <p>• Machete. • Cinta métrica. • Ahoyador.</p>	<p><b>Calendarización</b></p> <table border="1" data-bbox="1213 1308 1913 1382"> <thead> <tr> <th>E</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>A</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D					X	X						
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																	
				X	X																							

**Presupuesto:**

Actividad	Medida	Cantidad	Costo Jornal	Tiempo	Costo/Ha
<b>Año 1</b>					
Primera limpia	Hectárea/jornal	0.15	Q 96.44	6.67	Q 642.93
Trazado y estaquillado	Hectárea/jornal	0.84	Q 96.44	1.19	Q 114.81
Ahoyado	Agujeros/jornal	200	Q 96.44	3.13	Q 301.38
<b>Total</b>					<b>Q 1,058.19</b>

**No. Actividad: Siembra.****02 Descripción:**

Para la siembra de establecimiento se deben sembrar 625 plantas por hectárea según la metodología de ICC (2012, pág. 12), para el siguiente año planificar resembrar 31 plantas por ha con un porcentaje de prendimiento de 95%.

En situaciones donde la tierra en la base del agujero sea de mala calidad debe de agregársele sustrato fértil. La cantidad dependerá del tipo de especie forestal y de la calidad de tierra del área (Méndez et al., 2008, pág. 207).

Para sembrar colocarse la planta aun con el envase para verificar que el tamaño del agujero sea adecuado y no quede muy profunda o muy superficial al suelo, retirar el envase e introducir la planta. Rellenándose con tierra los espacios vacíos y presionar levemente para eliminar los espacios de aire.

Meta	Responsable	Recursos	Calendarización																																									
✓ Sembrar 625 plantas por ha para el establecimiento de la plantación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Delegado.</li> <li>Personal de campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantas.</li> </ul>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D					x	x																				
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																																	
				x	x																																							
✓ Sembrar 31 plantas por ha para el segundo año de establecimiento.			<p><b>Presupuesto:</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>Medida</th> <th>Cantidad</th> <th>Costo Jornal</th> <th>Tiempo</th> <th>Costo/Ha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6"><b>Año 1</b></td> </tr> <tr> <td>Siembra</td> <td>Plantas/hectárea</td> <td>625</td> <td>Q 96.44</td> <td>1.00</td> <td>Q 96.44</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4"><b>Costos para producción de plantas:</b></th> </tr> <tr> <th>Plantas</th> <th>Medida</th> <th>Cantidad</th> <th>Costo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siembra</td> <td>Plantas/hectárea</td> <td>625</td> <td>Q 2.00</td> </tr> <tr> <td>Resiembra</td> <td>Plantas/hectárea</td> <td>31</td> <td>Q 2.00</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>Q 1,312.50</b></td> </tr> </tbody> </table> <p>En total se estima un costo de <b>Q1408.94</b> en siembra y producción de plantas por ha.</p>				Actividad	Medida	Cantidad	Costo Jornal	Tiempo	Costo/Ha	<b>Año 1</b>						Siembra	Plantas/hectárea	625	Q 96.44	1.00	Q 96.44	<b>Costos para producción de plantas:</b>				Plantas	Medida	Cantidad	Costo	Siembra	Plantas/hectárea	625	Q 2.00	Resiembra	Plantas/hectárea	31	Q 2.00	<b>Total</b>			<b>Q 1,312.50</b>
Actividad	Medida	Cantidad	Costo Jornal	Tiempo	Costo/Ha																																							
<b>Año 1</b>																																												
Siembra	Plantas/hectárea	625	Q 96.44	1.00	Q 96.44																																							
<b>Costos para producción de plantas:</b>																																												
Plantas	Medida	Cantidad	Costo																																									
Siembra	Plantas/hectárea	625	Q 2.00																																									
Resiembra	Plantas/hectárea	31	Q 2.00																																									
<b>Total</b>			<b>Q 1,312.50</b>																																									

No.	Actividad: Control de malezas.																																																	
03	<b>Descripción:</b> Está actividad consiste en realizar el desmalezado después de la siembra, puede efectuarse de forma manual para los primeros tres años de establecimiento, con ello evitar la competencia entre las especies forestales y malezas.																																																	
	<b>Meta</b>	<b>Responsable</b>	<b>Recursos</b>	<b>Calendarización</b>																																														
	✓ Limpiar el área de siembra para evitar competencia entre las plantas y las malezas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Delegado.</li> <li>Personal de campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Machete.</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>A</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>2-3</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>								Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1						x		x		x		x	2-3		x		x		x		x		x		x
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																																						
1						x		x		x		x																																						
2-3		x		x		x		x		x		x																																						
<b>Presupuesto:</b>																																																		
	<b>Actividad</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Jornal</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costo/Ha</b>																																												
<b>Año 1</b>																																																		
	1° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
	2° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
	3° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
<b>Año 2</b>																																																		
	4° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
	5° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
	6° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
<b>Año 3</b>																																																		
	7° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
	8° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
	9° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20																																												
	<b>Total</b>					<b>Q 4,339.80</b>																																												
En total se estima un costo de <b>Q4,339.80</b> en el control de malezas por ha.																																																		

No.	Actividad: Fertilización, control de plagas y enfermedades.																																										
04	<p><b>Descripción:</b></p> <p>La fertilización pretende mejorar la supervivencia y desarrollo de las plantas, los cuales deben aplicarse alrededor de la planta a una distancia de 15 cm y una profundidad de cinco (5) cm para evitar que perder la cantidad y efectividad del fertilizante. Es recomendable no aplicar fertilizante a las especies que fijan nitrógeno ya que crea un desequilibrio en esa función de la planta (CONAF, 2013, pág. 12).</p> <p>Para el primer año se debe aplicar dos (2) onzas por planta de fertilizante con fórmula 18-46-00 y para el segundo año 4 onzas de la misma fórmula. El manejo integrado de plagas puede realizarse con control mecánico y el control biológico mediante la utilización de enemigos naturales y plaguicidas biológicos (etiqueta verde) entre otros métodos de control sostenibles.</p> <p>Las enfermedades y las plagas de insectos pueden dispersarse de una ubicación a otra durante el movimiento de los equipos de preparación del suelo o ejecución de actividades rutinarias, siendo muy relevante limpiar y desinfectar el equipo y herramientas para evitar que se propaguen y contagien enfermedades o plagas.</p>																																										
	<p><b>Meta</b></p> <p>✓ Asegurar la sobrevivencia de las plantas en campo definitivo.</p>	<p><b>Responsable</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delegado.</li> <li>• Personal de campo.</li> </ul>	<p><b>Recursos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fertilizante.</li> <li>• Machete.</li> <li>• Bomba mochila.</li> <li>• EPP.</li> </ul>	<p><b>Calendarización</b></p> <table border="1" data-bbox="1213 1247 1913 1398"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>A</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fertilización</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Control de plagas y enfermedades</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Fertilización					x		x		x				Control de plagas y enfermedades		x		x		x		x		x		x
Actividad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																															
Fertilización					x		x		x																																		
Control de plagas y enfermedades		x		x		x		x		x		x																															

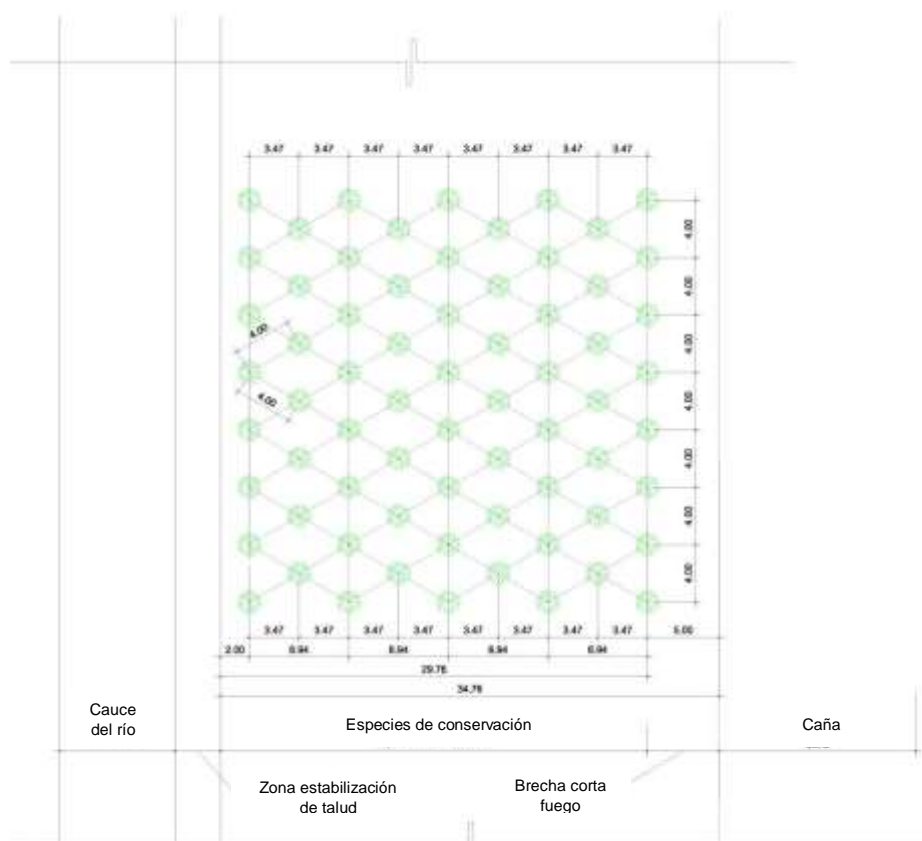


<b>Presupuesto:</b>																																													
Actividad	Medida	Cantidad	Costo Jornal	Tiempo	Costo/Ha																																								
<b>Año 1</b>																																													
1°Fertilización, control de plagas y enfermedades.	Plantas/hectárea	625	Q 96.44	1.00	Q	96.44																																							
Fertilizante 18-46-00	Plantas/onza	625	Q 0.056	2.00	Q	70.00																																							
<b>Año 2</b>																																													
2°Fertilización, control de plagas y enfermedades.	Plantas/hectárea	625	Q 96.44	1.00	Q	96.44																																							
2° Fertilizante 18-46-00	Plantas/onza	625	Q 0.056	4.00	Q	140.00																																							
<b>Total</b>					<b>Q</b>	<b>402.88</b>																																							
En total se estima un costo de <b>Q402.88</b> en fertilización, control de enfermedades y plagas por ha.																																													
<b>No.</b>	<b>Actividad:</b> Prevención de incendios forestales y monitoreo de áreas reforestadas.																																												
05	<p><b>Descripción:</b> Se refiere a las acciones de vigilancia de una brigada de monitoreo en las plantaciones, para detectar oportunamente la presencia de fuego y para asegurar el desarrollo normal en las plantas, verificando cualquier problema que pueda disminuir la sobrevivencia de la plantación durante los primeros tres años de establecimiento.</p>																																												
	<b>Meta</b>	<b>Responsable</b>	<b>Recursos</b>	<b>Calendarización</b>																																									
	✓ Asegurar la sobrevivencia de las plantas en campo definitivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Delegado.</li> <li>Brigada de monitoreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EPP.</li> <li>Machete.</li> <li>Radio.</li> <li>Agua.</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>A</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prevención de incendios</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Monitoreo</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>			Actividad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prevención de incendios	x	x	x	x							x	x	Monitoreo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Actividad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																																	
Prevención de incendios	x	x	x	x							x	x																																	
Monitoreo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																																	

## VI. Diseño y arreglo de reforestación:

Para el establecimiento de bosques de ribera la cual consiste en realizar franjas a orilla del cauce del río de un ancho de 35 m, distribuidos en 9 hileras de árboles nativos con un distanciamiento de 4x4 metros, plantados al tresbolillo; se plantea una separación de 2 metros para no desestabilizar los taludes naturales del cauce y una brecha cortafuego de 5 metros de ancho para evitar daños durante las actividades de quema de la caña u otras actividades (ICC, 2012, p. 12).

Tipo de arreglo para la reforestación:



**Figura 1. Vista de planta de bosque de diseño con fines de conservación**  
Fuente: ICC, 2012

Para reforestar 100.44 ha con distanciamiento de 4x4 metros en los 28 metros de la ribera de cada lado del río, es necesario para la siembra aproximadamente 62,775 plantas en el primer año de establecimiento y de resiembra 3,139 plantas considerando un porcentaje de prendimiento del 95%.

## VII. Presupuesto

**Tabla 4**

**Presupuesto para el establecimiento de especies forestales por hectárea en la zona ribereña.**

Actividad	Medida	Cantidad	Costo jornal	Tiempo	Costo/ha
<b>Año 1</b>					
Primera limpia	Hectárea/jornal	0.15	Q 96.44	6.67	Q 642.93
Trazado y estaquillado	Hectárea/jornal	0.84	Q 96.44	1.19	Q 114.81
Ahoyado	Agujeros/jornal	200	Q 96.44	3.13	Q 301.38
Siembra	Plantas/hectárea	625	Q 96.44	1.00	Q 96.44
1° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20
1° Fertilización	Plantas/hectárea	625	Q 96.44	1.00	Q 96.44
Fertilizante 18-46-00	Plantas/onza	625	Q 0.056	2.00	Q 70.00
2° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20
3° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20
Costo/ha año 1					Q <b>2,768.60</b>
<b>Año 2</b>					
2° Fertilización	Plantas/hectárea	625	Q 96.44	1.00	Q 96.44
2° Fertilizante 18-46-00	Plantas/onza	625	Q 0.056	4.00	Q 140.00
4° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20
5° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20
6° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q 482.20
Costos año 2					Q <b>1,683.04</b>

<b>Año 3</b>						
7° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q	482.20
8° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q	482.20
9° Control de malezas	Hectárea/jornal	0.2	Q 96.44	5.00	Q	482.20
Costos año 3					Q	<b>1,446.60</b>
<b>COSTOS TOTALES DE LIMPIA SIEMBRA Y MANTEMIENTO EN 3 AÑOS</b>					<b>Q</b>	<b>5,898.24</b>
<b>Costos para producción de plantas:</b>						
<b>Plantas</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>			
Siembra	Plantas/hectárea	625	Q	2.00	Q	1,250.00
Resiembra	Plantas/hectárea	31	Q	2.00	Q	62.50
Total					<b>Q</b>	<b>1,312.50</b>
<b>Total general / ha</b>					<b>Q</b>	<b>7,210.74</b>

### **VIII. Conclusiones**

- Se determinaron quince especies forestales para iniciar el proceso de restauración de la ribera del río Nahualate, en la parte baja, pretendiéndose propiciar el aumento de servicios ecosistémicos para las especies nativas de fauna y flora.
- Entre los principales actores para la restauración forestal de la ribera del río Nahualate en la parte baja, están los usuarios que intervienen en el uso de la zona ribereña, pobladores aledaños, autoridades municipales y autoridades gubernamentales como INAB.
- El establecimiento de los viveros forestales debe realizarse en las comunidades aledañas a la ribera del río Nahualate, tales como aldea Bolivia, caserío El Jardín y aldea El Semillero.
- Se determinó que para el establecimiento de especies forestales en la ribera del río es necesario aproximadamente Q 7,210.74 por hectárea, integrándose el costo de producción, establecimiento y mantenimiento por un período de tres (3) años.

## **IX. Recomendaciones**

- Realizar investigaciones sobre valoración económica y ambiental de los servicios prestados por un bosque de ribera con enfoque de restauración en tierras aprovechadas para uso agrícola.
- Priorizar la reforestación en áreas que no posean infraestructura relevante como tuberías para riego, caminos principales y construcciones grises.
- Durante los trabajos de preparación de sitios seleccionados, se deberán mantener las plantas forestales presentes en el área (aquellas que cuenten con diámetros superiores a cinco (5) cm y con una altura mínima de 1.5 m).
- Al momento de encontrar un árbol joven o maduro, es recomendable mantener un distanciamiento de cuatro (4) m para la siembra de nuevas plántulas.

## X. Referencias

- Bonilla, C., Pino, M. & Logroño, J. (2014). *Guía Técnica Manejo de Viveros Forestales*. Ecuador: Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).
- Corporación Nacional Forestal –CONAF-. (2010). *Guía Básica de Buenas Prácticas para Plantaciones Forestales de Pequeños y Medianos Propietarios*. Departamento de plantaciones forestales. Chile.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-. (2012). *Propuesta, diseño e implementación de bosques de ribera como primer paso para la restauración de corredores biológicos en las cuencas de los ríos Coyolate, Achiguate y Acomé en la costa sur de Guatemala*. Guatemala.
- Méndez, A., Arizpe, D. & Rabaca, J. (2008). *Sustainable Riparian Zones. A Management Guide*. Gráfica Vimar. Generalitat Valenciana. Portugal.
- Rodrigo, R. (2010). *Manual de Prácticas de Viveros Forestales*. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo. México.



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Mazatenango, Suchitepéquez, 14 de octubre de 2019.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora de Carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC


Respetable Maestra Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el Informe Final de Investigación Inferencial titulado "**Determinación de áreas potenciales para la restauración de bosque de ribera de la parte baja del río Nahualate**", realizado por la estudiante Linda María Mazariegos Guarchaj, quien se identifica con número de carné 201542657, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local -EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo 6, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como **Trabajo de Graduación**, para la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local

Sin otro en particular, con mis más altas muestras de estima y respeto.

Atentamente,



MSc. Sharon Ivelisse Frísselene Quiñónez Melgar  
Supervisora EPSIGAL  
CUNSUROC







Mazatenango, Suchitepéquez 8 de noviembre del año 2019

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora de Carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario de Suroccidente

Respetable Maestra:

De la manera más atenta me dirijo a usted, para comunicarle que de acuerdo al artículo 9 del Normativo de Trabajo de Graduación, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he finalizado la revisión de la investigación titulada **“DETERMINACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA LA RESTAURACIÓN DE BOSQUE DE RIBERA DE LA PARTE BAJA DEL RÍO NAHUALATE”**, de la estudiante **LINDA MARÍA MAZARIEGOS GUARCHAJ**, quien se identifica con número de carné **2015 42657** y CUI **2574 97935 0502**.

Por lo tanto en mi calidad de revisora, le informo que después de realizar el proceso, para lo cual fui asignada y verificar la incorporación de las observaciones a la investigación por parte de la estudiante, procedo a dar visto bueno al documento para que continúe con el proceso de mérito.

Respetuosamente:

Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume  
Revisora de Trabajo de Graduación  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC



Mazatenango 25 de noviembre 2019

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano  
Director  
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Determinación de áreas potenciales para la restauración de bosque de ribera de la parte baja del río Nahualate**", de la estudiante **Linda María Mazariegos Guarchaj** con carné número **201542657**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora de Carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC





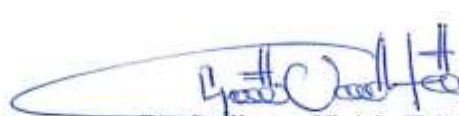
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO


CUNSUROC/USAC-I-03-2020

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, el veintiocho de enero dos mil veinte\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **"DETERMINACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA LA RESTAURACIÓN DE BOSQUE DE RIBERA DE LA PARTE BAJA DEL RÍO NAHUALATE."**, de la estudiante: **Linda María Mazariegos Guarchaj**. Carné **201542657** CUI: 2574 97935 0502 de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

  
Dr. Guillermo Vinicio Tello  
Director



/gris